

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Оразғали Әйгерім Нұркенқызы

Электролиз арқылы катодты мырышты алу процесін жетілдіру

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070900 – Metallургия мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

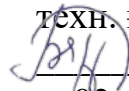
Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова

« 02 » маусым 2021 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Электролиз арқылы катодты мырышты алу процесін жетілдіру.»

Мамандығы 5B070900 – Metallургия

Орындаған

Оразғали Ә.Н.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., сениор-лектор

 Г.Ж. Молдабаева

« 02 » маусым 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра меңгерушісі, техн. ғыл. канд.,

 М.Б. Барменшинова
« 01 » ақпан 2021 ж.

Дипломдық жоба орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Оразғали Әйгерім Нұркенқызы

Тақырыбы: «Электролиз арқылы катодты мырышты алу процесін жетілдіру»

Университет Ректорының 2020 жылғы «24» қараша № 2131-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «18» мамыр 2021 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: есептеуге қажетті бастапқы мәліметтер, сульфатты мырыш ерітінділерінің электролиз процесінің материалды балансы, катодтық мырыштың құрамы мен шығымының есебі, ваннаның кернеу балансы

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) өндірістің технологиялық үдірістері мен шешімдері;

в) технологиялық процестің есептеулері;

г) қорытынды.

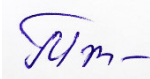
Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс): электролиз процесін гидрометаллургиялық алудың технологиялық сызбасы

Ұсынылған негізгі әдебиет 5 атаудан тұрады

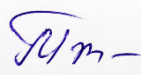
Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	15.02.2021 ж.	
Әдеби шолу	29.03.2021 ж.	
Технологиялық бөлім	12.04.2021 ж.	
Металлургиялық есептеулер	19.04.2021 ж.	
Қорытынды	03.05.2021 ж.	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Г.Ж.Молдабаева техн. ғыл. канд., сениор-лектор	02.06.2021 ж.	
Норма бақылау	С.Қ. Джуманкулова PhD д-ры	02.06.2021 ж.	К. Джуманкулова

Ғылыми жетекші



Г.Ж.Молдабаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Ә.Н. Оразғали

Күні

«01» ақпан 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның құрамына 32 беттен тұратын түсіндіру-жазбасы кіреді.

Бұл дипломдық жобада электролиз арқылы катодты мырыш алу процесі қарастырылады және мырышты электротұндыру процесінің теориялық негіздері зерттеледі.

Сонымен қатар технологиялық есептеулер, материалдық баланс есебі, кернеу баланс есебі, жылулық баланс есебі орындалды.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект состоит из 32 страниц пояснительной записки.

В данной дипломной работе рассматривается процесс получения катодного цинка электролизом и изучаются теоретические основы процесса электроосаждения цинка.

Также выполнены технологические расчеты, расчет материального баланса, расчет баланса напряжения, расчет теплового баланса.

ANNOTATION

The thesis project consists of 32 pages of an explanatory note.

In this thesis, the process of obtaining cathodic zinc by electrolysis is considered and the theoretical foundations of the process of electrodeposition of zinc are studied.

Technological calculations, calculation of the material balance, calculation of the voltage balance, calculation of the thermal balance are also performed.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе		
1	Жалпы түсіндірме жазба	9
1.1	Әлемдік және отандық тәжірибеде мырышты электролизбен алу технологиясын талдау	10
1.2	Жұмыс істеп тұрған кәсіпорын жұмысын талдау	11
2	Мырышты электрлі тұндыру процесінің теориялық негіздері	13
2.1	Катод процесі	15
2.2	Анодтық процесс	15
3	Мырышты электрлі тұндырудың тәжірибесі	16
4	Технологиялық процестің есебі	19
4.1	Электролиз бөлімді есептеуге қажетті бастапқы мәліметтер	19
4.2	Сульфатты мырыш ерітінділерінің электролиз процесінің материалды балансы	19
4.2.1	Катодтық мырыштың құрамы мен шығымының есебі	19
4.2.2	Қажетті ванналар мен катодтар және ванна арқылы өтетін ток мөлшерінің есебі	20
4.2.3	Ванна өнімділігі.	21
4.2.4	Шламға өтетін компоненттер мөлшері	22
4.2.5	Ваннадағы кернеу балансы	23
4.2.6	Бөлімдегі ванналардың орналасуы мен қатар жалғасының санын есептеу	27
4.2.7	Катодты мырыш балқыту процесінің есептеуі.	28
4.2.8	Бір тонна мырышқа кететін үлестік электр энергиясы.	28
4.2.9	Ванның жылулық балансы	29
4.2.10	Электролиз арқылы катодты мырышты алу процесін жетілдіру	29
Қорытынды		31
Пайдаланылған әдебиеттер		32

КІРІСПЕ

Мырыш -12- ші топтың химиялық элементі (ескірген классификация бойынша-екінші топтың қосалқы кіші тобы), периодтық жүйенің төртінші кезеңі, атомдық нөмірі 30. Zn (лат. Zincum). Қалыпты жағдайда мырыштың қарапайым заты-көгілдір-ақ түсті сынғыш өтпелі металл. Оның балқу температурасы 419,5 °С, қайнау температурасы 905,4 °С. Мырыш гексагональді жүйеде кристалданады. Мырыштың тығыздығы 7,13 г/см³, ал балқыған кездегі мырыштың тығыздығы 6,92 г/см³ болады.

Мырыш – электрөткізгіш металл және сутегінің бөлінуімен қышқылдарда ериді. Мырыш амфотерлі металл ретінде сілтілі ерітінділерде ериді. Темірге қатысты электр теріс және мырыш темірді коррозиядан қорғау үшін кеңінен қолданылады. Өртүрлі елде бұл мақсаттар үшін мырыш металы 30-60 % қолданылады. Мырыш көп қорытпалар түрінде тұтынылады, соның ішінде ең көп таралған жез және қысыммен құю үшін қорытпалар. Металлургия өндірісінде мырыш металы ерітінділерден электр оң металдарды бөліп алу үшін және қара қорғасынды бейтараптандыруда реагент ретінде қолданылады. Мырыш оксиді мен сульфиді ұнтақ ретінде қолданылады.

Мырыштың негізгі табиғи минералдары: сфалерит (ZnS) және марматит [(Zn, Fe) S]. Тотықты минералдары аз: цинкит (ZnO), смитсонит (ZnCO₃), виллемит (Zn₂SiO₄), каламин (Zn₂SiO₄·H₂O). Тиісінше құрамында мырыш бар кендердің екі түрі бар: сульфидті және оксидті. Кенде мырыш әрдайым қорғасынмен әрекеттеседі. Сульфидті кенде негізгі қорғасын минералы галенит (PbS). Мыс-мырыш сульфид кендері мен полиметалл кендерінде құрамында негізгі мыс бар минерал-халькопирит (CuFeS₂). Барлық сульфитті мырышты кендерді флотациялық байытуға ұшыратады, кеннің құрамына байланысты мырышты, қорғасынды, мысты концентраттар алынады. Бұл концентраттар 40 % Zn сонымен қатар 1,5 % PbS қорғасын сульфиді және PbO оксиді, 9,5 % Fe, 1,03 % Cu, 0,2-3% Cd, 31,3 %S, 0,42%As.

Электролиз-мырыштың гидрометаллургиялық өндірісінің соңғы сатысы электролиз көрсеткіштері едәуір дәрежеде алдыңғы операциялардың орындалу сапасына байланысты: концентраттарды күйдіру, тұқылдарды сілтілендіру және ерітінділерді қоспалардан тазарту.

1 Жалпы түсіндірмелік жазба

1.1 Әлемдік және отандық тәжірибеде мырышты электролизбен алу технологиясын талдау

Zn өндірісі б.з.д. 5-ші ғасырда Қытай мен Үндістанда пайда болған. Еуропа елдерінде пирометаллургиялық әдісімен мырышты өндірудің өнеркәсіптік өндірісі Ұлыбританияда 1740 жылы Bristol зауыты іске қосумен басталған болатын. Гидрометаллургиялық алғашқы мырыш өндірісі 1915 жылы басталды. 1998 және 2002 жылдары тиісінше 8,03 және 9,4 млн. тоннаға бағаланады, тиісінше осы кезеңде орта есеппен жылына 4,3 %-ға артты. Қазіргі кезде дамыған және енді дамып келе жатқан капиталистік мемлекеттердің ішінде 27 мемлекет мырыш өндіруші болып табылады. Бұл мемлекеттерде мырыш саласында ең бір маңызды ұғым қалыптасқан; өндірісті шоғырландыру, ол шығынды азайтады, нәтижесінде олардың қаржы мәселесін оңалтады. Негізгі мырыш өндіретін мемлекеттер Жапония, АҚШ, Канада, Германия, Австралия, Бельгия, Италия, Франция, Испания және Оңтүстік Корея. ТМД мемлекеттерде мырыштың негізгі бөлігін өндіретін зауыттар Қазақстан Республикасында (АО УКСЦК, АО ППК), Ресейде мырыш Челябин электролит және Беловта электроцинк, Украинада – Укрцинк зауыттарында өндіріледі. Металдық мырышты өндірісінің жалпы көлемінің 80 %-дан астам гидрометаллургиялық әдіспен өндіріледі.

Қазіргі кезде мырыш металын өндірудің екі әдісі бар: пирометаллургиялық және гидрометаллургиялық. Мырышты гидрометаллургиялық технологиялық әдіспен өндіру үшін келесі сатылар арқылы жүзеге асырылады:

- 1) Шикізатты металлургиялық өндіруге дайындау.
- 2) Мырыш концентратын күйдіру.
- 3) Күйдірілген заттарды және басқа да материалдарды ерітуге дайындау.
- 4) Құрамында мырышы бар материалдарды еріту.
- 5) Мырыш ерітінділерін басқа қоспалардан тазарту.
- 6) Мырышты электрлік тұндыру.
- 7) Катодты мырышты балқыту.

Мырышты гидрометаллургиялық әдіспен өндіру технологиясында электролизге түсетін ерітінділердің сапасы жақсаруы байқалады. Гидрометаллургиялық тәсілмен мырыш алу үрдісі төрт негізгі сатыдан тұрады; сульфидтік концентраторды сатылап күйдіру, еріту, қоспалардан ерітінділерді тазарту, мырышты электролитті тұндыру. Бұл әдістің негізгі артықшылығы - шикізаттан негізгі және қосалқы компоненттерді өндіру көрсеткіші жоғары, әсіресе мырыш өндірісінде кадмий, индий, талий өндірудің негізгі көзі; - қоршаған ортаны зиянды тастандылардан қоршаудың қолайлы мүмкіндігін жасау қамтамасыз етіледі; - қалған қуатты өндірісті

тұрғызудың мүмкіндігі қамтамасыз етіледі; - мырышы бар түрлі саладағы шикізатты өңдеу мүмкіндігі туғызылады;

Біздің зауыттарда күйінді мен возгондарды өндеудің технологиялық сұлбалары бойынша электролизге химиялық құрамы сәйкес ерітінділер дайындауға мүмкін емес.

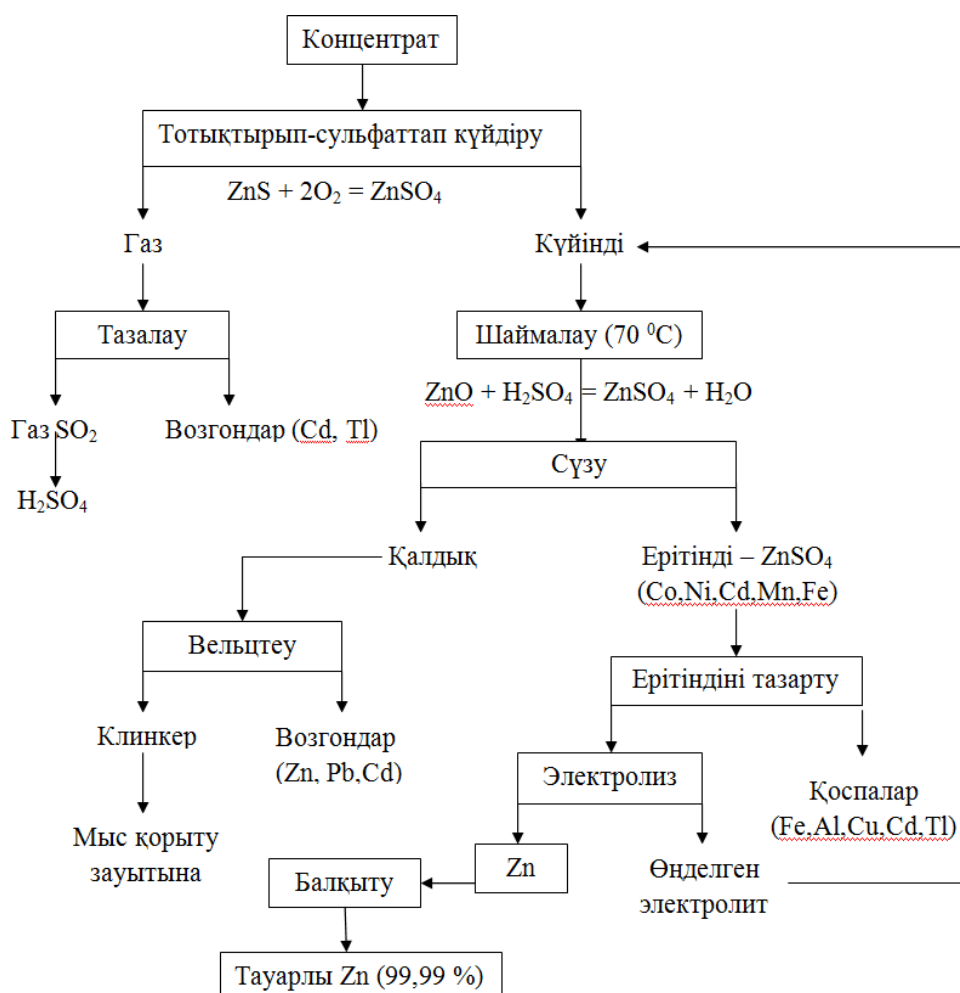
Мырыш электролитінің тазалық дәрежесі, заводтағы қабылданған сілтілеу және қоспалардан тазарту технологиясының жетістігін көрсетеді. Шет елдер заводтарында электролиттің жоғарғы тазалығын, технологиялық операцияны мұқият жүргізуіне байланысты қол жеткізеді: күйінді мен возгондар сілтілеуінен бастап (ертіндіні темірден, мышьяктан, сурьмадан және басқа қоспалардан терең гидролитикалық тазартудан өткізу, пульпаны жақсы тазарту және т.б.), ертіндіні көп кезеңді тазартудан өткізу, ертінді құрамын және сілтілеу және тазарту процесін бақылайтын жүйе енгізу. Сонымен қатар тура дозалайтын және бәрін өлшейтін қондырғыларды, үздіксіз химанализ және пробаалғыш қондырғыларын, дисперсті күйінді мен мырыш шаңын, кобальтты цементациялау үшін әртүрлі активтендіруші қосындыларды, тазалаудың бір стадияларында ертіндіні жоғары температураға дейін қыздыруды (80-95°C), аралық фильтрация және т.б. қолданады. Көп заводтарда, тазаланған ертінді құрамындағы қоспалар, мг/л: 1-10 темір, 0,05-0,1 мыс, 0,01-0,2 кадмий және 0,02-0,4 кобальт (басқа зауыттардағы кобальттың қоспасы: Порто-Маргера – 11мг/л, Даттельне – 9-15 мг/л, Энда – 15-20мг/л, Камиокада – 43 мг/л). Қазіргі кезде жоғары тазалықтағы металл маңызы өсті

1.2 Жұмыс істеп тұрған кәсіпорын жұмысын талдау

ЖШС «Казцинк» өнеркәсібінің құрылу алғы шарттары Металлургиялық объектіні салу кезінде оның шикізат, материалдық, сулы және энергетикалық ресурстар аймағына жақын орналастырылуына ең бірінші және шешуші фактор болып табылады. Бұл өндіріске қажетті қаражаттың шығымын азайтады. ЖШС «Казцинк» мырыш зауытының салынуы келесі факторлармен түсіндіріледі: – өнеркәсіптің шикізат ресурстарына: Лениногорск, Зыряновск, Березовск және Белоусовск полиметаллургиялық кенорындарының жақын орналасуы; – салынатын өнеркәсіптің сулы ресурстарына: Ертіс пен Ульба өзендеріне жақын орналасуы; – энергетикалық ресурстарының, 1940 жылы салынған Риддер энергетикалық аймағының басқару орталығы «Алтайэнерго», бар болуы. Өскемен мырыш зауытының құрамына кіреді: - күйдіру цехы; - сілтілеу цехы; - электролитті цех; 13 - букомпрессорлы цех; - құрылыс-жөндеу цехы; - механикалық-жөндеу цехы; - электрлі цех; - электрремонтты цех; - көлікті цех; - химиялық зертхана; - әскери күзет. Цехтардың құрылыс жұмыстары аяқталғаннан кейін оларды сынақтан өткізіп, мырыш зауыты іске қосылып тұрған зауыттар қатарына қосылып, алғашқы өнімін 25 қыркүйекте 1947

жылы берді. Қазіргі кезде мырыш өндірісінің технологиялық сұлбасы қалыпты: концентраттарды күйдіру – күйіндіні үздіксіз шаймалау – өнім ерітіндісін қоспалардан тазарту – электролиз – катодтық мырышты балқыту. Қазіргі уақытта ОАО «Казцинк» Бұқтырма ГЭС-і, Өскемен ГЭС-і мен ТЭЦ-тен энергия көзімен қамтамасыз етіледі, ал кендер көзіне Риддер мен Жезкенді кенорындары қосылды.

Өскемендегі «Қазмырыш» құрамына кіретін Zn зауыты қазіргі уақытта мырыш металын гидрометаллургиялық әдіспен өндіреді. Сульфидті мырыш концентратын қайта өңдейтін және тұйық периодта жұмыс істейтін Zn зауытының технологиялық сұлбасының (1-сурет) негізгі мақсаты – электролиз процесін қанағаттандыратын ерітінді дайындау.



1 Сурет - Гидрометаллургиялық әдіспен мырыш алу технологиялық схемасы

2 Мырышты электрлі тұндыру процесінің теориялық негіздері

Электролиз негізінен мырыштың гидрометаллургиялық өндірісінің соңғы сатысы болып табылады. Электрмен отырғызу арқылы алынған катодты мырыш құрамы жағынан дайын өнімнен аз.

Электролиз процесіне барлық алдыңғы операциялардың сапасы күрт әсер етеді-күйдіру, шаймалау және әсіресе ерітінділерді қоспалардан тазарту. Электролиз ванналары кейде бейтарап электролит құрамындағы ауытқуларды және электролит сапасын анықтайтын барлық белгілі аналитикалық әдістерге қарағанда қоспалардың жоғарылауын тезірек және толық көрсетеді.

Электролизге түсетін тазартылған ерітіндінің сапасына қойылатын талаптар үздіксіз артады. Қазіргі уақытта талданған қоспалардың саны артып, олардың электролиттегі рұқсат етілген құрамының жоғарғы шегі төмендеді. Енді көптеген зауыттарда мырыш электролитіндегі хлор, фтор, органикалық қоспалардың концентрациясы жүйелі түрде анықталады, кейбір зауыттарда германий, селен, қорғасын, рений, қалайы, калий, натрий, магний анықталады.

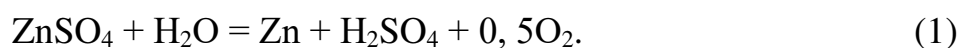
Бейтарап ерітіндіге қойылатын талаптардың артуы соңғы жылдары металлургиялық шикізат (сульфидті концентраттар) құрамының өзгеруімен, қайта өңдеуге тотыққан материалдардың (айдамалылардың, шаңдардың) едәуір мөлшерінің тартылуымен ғана емес, сондай-ақ металдың тазалығына қойылатын талаптардың өсуімен және катод сыдыратын машиналарда катодтық мырыштың сынуын жеңілдету қажеттілігімен де байланысты.

Электролизге бағытталған мырыш сульфатының бейтарап ерітіндісінің құрамы өте әртүрлі және белгілі бір кәсіпорынның ерекшелігімен түсіндіріледі. Төменде отандық және шетелдік кәсіпорындардың электролитіндегі компоненттер құрамының шектері көрсетілген: 120-180 г/л Zn; 0,05-0,2 мг/л As; 2-10 г/л Mn; 0,01 - 0,15 мг/л Sb; 0,1-2,0 мг/л Cd; 0,2-50 мг/л Fe; 2-4 мг/л Co; 20-300 мг/л Cl; 0,01-0,5 мг/л Ni; 20-50 мг/л F; 0,05-0,1 мг/л Si; 0,05-0,1 мг/л Ge.

Электролиз процесінің мәні келесідей. Бейтарап электролит күміспен легирленген қорғасын анодтары мен алюминий катодтары орнатылған электролиз ванналарына үздіксіз түседі. Тікелей электр тогы ванналар арқылы өтеді. Ток электролит арқылы анодтан катодқа өткен кезде алюминий катодтарында мырыш металы тұндырылады.

Бұл жағдайда бейтарап мырыш ерітіндісі мырышпен таусылып, босатылған SO₄ тобының сумен әрекеттесуі нәтижесінде пайда болатын күкірт қышқылымен байытылады. Осылайша, мырыштың электрлік тұндырылуы қышқыл ортада жүреді.

Жалпы алғанда, таза сульфат ерітіндісінен мырыштың электрлік тұндырылуы келесі схемамен ұсынылуы мүмкін:



Бұл схемада электролиз өнімдері мырыш, күкірт қышқылы және оттегі болып табылады.

Шын мәнінде, электролиз процесі әлдеқайда күрделі, өйткені мырыштан басқа, ерітіндіде басқа катиондар мен аниондар болады, олар электрохимиялық реакциялар нәтижесінде катод пен анодта шығарылады және белгілі бір дәрежеде мырыштың электротұндыруы жүруіне әсер етеді.

Электролиз кезінде пайда болатын негізгі реакцияларды жақсы түсіну үшін электролизге кіретін бейтарап электролит тек мырыш сульфатының сулы ерітіндісінен тұрады деп шартты түрде қабылдаймыз.

Тұздар, қышқылдар мен негіздер иондар түзетін ерітінділерде ыдырайтыны белгілі. Оң зарядталған иондар катиондар, ал теріс зарядталған иондар аниондар деп аталады. Су да ыдырайды, бірақ өте аз мөлшерде. Осылайша, мырыш сульфаты, күкірт қышқылы және су молекулаларының белгілі бір бөлігі диссоциацияланған күйде болады, бұл келесі теңдеулерден көрінеді:



Тұрақты электр тогының әсерінен, дәлірек айтқанда кернеудің әсерінен катиондар теріс электродқа (катодқа), ал аниондар оңға (анодқа) ауысады. Электродтарға жақындаған кезде катиондар мен аниондар ерітіндіден Атом күйінде бөлініп шығады. Катиондар мен аниондардың разряды электрондардың қосылуымен немесе берілуімен бірге жүреді. Біздің жағдайда мырыш (Zn^{2+}) және сутегі (H^+) иондары оң зарядталған иондар болады, ал SO_4^{2-} және OH^- -топтары теріс зарядталған болады. Катод пен анодта болатын процестерді бөлек қарастырайық.

2.1 Катод процесі

Катодта оң зарядталған мырыш пен сутегі иондары шығарылуы мүмкін:



Катодта мырыш және сутегі иондарын бірлесіп разрядтау жағдайында катодта сутектің бөліну себептері мынадай:

а) өндірістік ток тығыздығы кезінде мырышта сутектің бөліну потенциалы мырыштың бөліну потенциалына қарағанда (-1,13 В 600 А/м²) теріс (-0,96 В 600 А/м²);

б) катодта мырышпен бірге шөгетін сутектің төмен кернеулі қоспалары, сондай-ақ мырыш жауын-шашынының құрылымдық және беттік кедір-бұдырлығы сутектің бөлінуіне жағдай жасайды.

Мырыш иондарын шығару үшін де, сутегі иондарын шығару үшін де электрондардың шығыны қажет, яғни. екінші жағдайда пайдасыз тұтынылатын электр энергиясы. Сондықтан, ток өнімділігін арттыру үшін мырыштағы сутегі асқын кернеуін арттыратын факторларға ерекше назар аударылады.

2.2 Анодтық процесс

Анодтық процесс:

Қорғасын анодында таза электролитте келесі процестер байқалады:



Реакция бойынша ОН иондарының разряды жүреді - молекулалық оттегінің бір уақытта шығарылуымен, реакция бойынша - қорғасынның анодты еруі. ОН иондарының разрядының нәтижесінде анодта реакция тепе-теңдігі бұзылады, жаңа су молекулаларының диссоциациясы және электролитте сутегі иондарының жинақталуы басталады. Басқаша айтқанда, мырыштың электрлік тұндырумен бірге күкірт қышқылын қалпына келтіру процесі жүреді.

3 Мырышты электрлі тұндырудың тәжірибесі

Мырыш сульфат ерітіндісінің электролиздегі техника-экономикалық көрсеткіштер режиміне ғана емес, сонымен қатар процестегі аппаратураларына да байланысты болады. Мырышты электролизбен алуға арналған цехтар үш бөлімнен тұрады. Олар: түрлендіргіш қосалқы станция, электролиздік бөлімше және катодты мырышты қайта балқыту бөлімшесі. Түрлендіргіш қосалқы станцияда айнымалы тоқ электролизге қажетті тұрақты тоқ болып өзгертіледі. Бұл үшін қосалқы станцияларда тиісті агрегаттар орнатылады. Олар: мотор генераторлар, сынап және кремнийлі түзеткіштер. Мотор-генераторлар негізінен мырыштың гидрометаллургиясы дамуының бірінші кезеңінде қолданған. Қазіргі уақытта зауыттардың көпшілігінде мотор-генераторлар басқа және неғұрлым жетілдірілген агрегаттармен ауыстырылған. Шамамен 15- 20 жыл бұрын ең көп таралғаны – түрлендіргіш агрегаттар, соның ішінде отандық зауыттарда – сынап түзеткіштер болды. Соңғы уақытта оларда кремнийлі түзеткіштермен ауыстырылды. Кремнийлі түзеткіштердің артықшылығы – басқа агрегаттармен салыстырғанда пайдалы әсер коэффициенті жоғары (97% төмен емес), жинақты және сенімді. Олармен көптеген отандық мырыш зауыттары жабдықталған. Электролиз цехының негізгі қондырғылары – анод және катоды бар ванналар, тоқ өтізетін шиналар, электролитті түсіруге, шығаруға арналған құралдары және оның суыту құрылғысы. Катодты өзектерді дайындау үшін алюминий пластинасы және ерімейтін анодтар ретінде Ag-Pb құймасы (құрамында 0,5-1% Ag бар) қолданылады. Зауытта көбінесе темір-бетоннан жасалған ванналарды қолданады. Олардың ішкі қабырғалары қорғасынмен шегенделген. Сондай-ақ, полихлорвинил немесе винипластпен қапталған ванналарды да қолданады. Мырыш электролизінің энергетикалық көрсеткіштері келесідей: ваннадағы кернеу 3-3,6 В, тоқ бойынша шығым 88-93 %, электр энергиясының шығыны 2800-3300 кВт*сағ/т мырыш.

Дайын өнімді алу үшін мырыш сульфатының тазартылған ерітіндісінен мырышты бөлу ерітіндісінің электролизі арқылы жүзеге асырылады. Процесті жүзеге асыру үшін электролиз жасушасының электродтарына электр тогы беріледі: катод және анод. Катодта Zn^{2+} иондары ерітіндіден металл күйіне дейін қалпына келтіріледі. Анодта электр энергиясы анодтық реакцияларға жұмсалады. Металды электролиттік тазарту кезінде анодта пайдалы процесс жүреді-өрескел металдың еруі. Мырыш электролизі жағдайында анодты еріту мүмкін емес, өйткені анод металы немесе қоспалар ерітіндіні, содан кейін мырыш катодты тұнбаны ерітеді. Ерітіндіден мырыштың электрлік жауын-шашынында пайдалы анодтық реакциялар іс жүзінде жоқ. Сондықтан ерітіндіден мырыштың электролиттік қалпына келуін жүзеге асыру кезінде анод процесінің өнімдері электролитті ластамауы керек, ал процестің өзі ең аз энергия жұмсауымен жүруі керек; сонымен қатар, анодта бөлінетін заттар улы болмауы керек, бұл талаптар оттегі газын қалыптастыру үшін судың

анодтық ыдырау процесін қанағаттандырады:мырыш сульфатының тазартылған ерітіндісінен дайын өнімді алу үшін мырыштың бөлінуі ерітіндіні электролиздеу арқылы жүзеге асырылады. Процесті жүзеге асыру үшін электролиз жасушасының электродтарына электр тогы беріледі: катод және анод. Катодта Zn^{2+} иондары ерітіндіден металл күйіне дейін қалпына келтіріледі. Анодта электр энергиясы анодтық реакцияларға жұмсалады. Металды электролиттік тазарту кезінде анодта пайдалы процесс жүреді-өрескел металдың еруі. Мырыш электролизі жағдайында анодты еріту мүмкін емес, өйткені анод металы немесе қоспалар ерітіндіні, содан кейін мырыш катодты тұнбаны ерітеді. Ерітіндіден мырыштың электрлік жауын-шашынында пайдалы анодтық реакциялар іс жүзінде жоқ. Сондықтан ерітіндіден мырыштың электролиттік қалпына келуін жүзеге асыру кезінде анод процесінің өнімдері электролитті ластамауы керек, ал процестің өзі ең аз энергия жұмсауымен жүруі керек; сонымен қатар, анодта бөлінетін заттар улы болмауы керек, бұл талаптар оттегі газын қалыптастыру үшін судың анодтық ыдырау процесін қанағаттандырады:

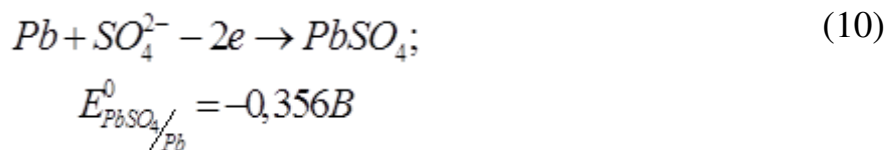


Бірақ,әлі де қажетсіз қоспалар пайда болады-сутегі иондары, олар катодта мырышпен бірге қалпына келтіріліп, ток пен энергия шығынын азайтады.

Процесті жүзеге асыру үшін анодтық поляризация кезінде 1,23 В-қа дейін (және оттегінің шамадан тыс жүктелуін ескере отырып-2 В-қа дейін) тотықпайтын және электролитте ерімейтін материалдан анод жасау керек.

$$E^0_{Pb^{2+}/Pb} = -0,126$$

Сульфатты электролит үшін анодты қорғасыннан жасауға болады, дегенмен , ол әлдеқайда электронды және анодтағы қорғасынның еруі судың ыдырауынан бұрын болуы керек. Қорғасын анодын қолдану мүмкіндігі келесідей түсіндіріледі. Сульфат ерітіндісінде Pb^{2+} иондары қиын еритін $PbSO_4$ қорғасын сульфатына байланысады. Бұл қорғасынның ионизациясын жеңілдетеді және сульфат ортасында қорғасын анодында электрод процесі жүреді



Қорғасын сульфатының ерігіштік шегі анод қабатында тез жүреді, ал анод бетінде $PbSO_4$ кристалданады. Қорғасын сульфаты төмен электр

өткізгіштікке ие және электролиздің берілген жылдамдығын (ток тығыздығын) сақтау үшін анодтық поляризацияны арттыру қажет.

Анодтың потенциалы жоғары болған кезде қорғасын PbO₂ диоксидіне дейін тотығады, ол PbSO₄ борпылдақ қабықшасының тесіктеріне жиналып, оларды жабады



Осыдан кейін қорғасын анодының еруі тоқтайды. Бірақ PbO₂ электронды өткізгіштікке ие болғандықтан, анодтың одан әрі поляризациясымен процесс жүруі мүмкін. Алайда, PbO₂-де оттегінің шығуы үлкен кернеумен жүреді және процесс қажетті жылдамдықпен жүреді ($i_a = 500 - 600 \text{ а/м}^2$)| анодтық потенциалда шамамен 2 В. анодты одан әрі ерітуден қорғайтын ең жақсы PbO₂ пленкасының пайда болуы тез жүреді, бірақ тұрақты пленканың пайда болуы кем дегенде 24 сағатқа созылады.

Анодтың химиялық тұрақтылығы мен механикалық беріктігін арттыру үшін оның құрамына күміс (0,75 - 1%) енгізіледі. Қорғасын-күміс анодтары электролиз кезінде аз ыдырайды және олардың қызмет ету мерзімі ұзағырақ. Олар PbO₂ суспензиясын аз береді және қорғасын мөлшері аз мырыш алуға мүмкіндік береді.

4 Технологиялық процестің есебі

4.1 Электролиз бөлімді есептеуге қажетті бастапқы мәліметтер

Электролиз процесіне құрамы келесідей болатын электролит түседі, г/дм³: Zn – 145,0; Fe – 0,017; Cd – 0,0019; Cu – 0,0003; Co – 0,006; Mn – 3,5.

Электролиз процесі нәтижесінде құрамы келесідей болатын қолданылған электролит шығады:

Zn – 28,0; Fe – 0,009; Cd – 0,002; Cu – 0,0004; Co – 0,005; Mn – 3,5.

Катодтың тоқ тығыздығы $D_k = 550 \text{ A/м}^2$;

Жұмыс істеп шыққан электролитте мырыш мөлшері - 55 г/л;

Ерітінді циркуляциясы - 1:7;

Электролит қышқылдығы 125 г/л H₂SO₄;

Түсетін электролит температурасы- 33°C;

Ваннадағы кернеу ;– 3,4 В;

Катод өлшемдері – 1100x660x4 мм

Ваннада катод саны – 33 дана

Электролиз бөлімінің өнімділігі 250 мың тонна

4.2 Сульфатты мырыш ерітінділерінің электролиз процесінің материалды балансы

4.2.1 Катодтық мырыштың құрамы мен шығымының есебі

Электролиз процесіне құрамы келесідей болатын электролит түседі, г/дм³:

Zn – 145,0; Fe – 0,017; Cd – 0,0019; Cu – 0,0003; Co – 0,006; Mn – 3,5.

Электролиз процесі нәтижесінде құрамы келесідей болатын қолданылған электролит шығады:

Zn – 28,0; Fe – 0,009; Cd – 0,002; Cu – 0,0004; Co – 0,005; Mn – 3,5.

Кадмий, темір және мыс катодта мырышпен бірге қондырылады. Айырмашылықтар арқылы бір литр ерітіндіден алынған катодтық мырыштың мөлшерін анықтаймыз, г:

$$\text{Zn: } 145,0 - 28,0 = 117,0;$$

$$\text{Fe: } 0,017 - 0,009 = 0,008;$$

$$\text{Cd: } 0,0019 - 0,002 = 0,001;$$

$$\text{Cu: } 0,0003 - 0,0004 = 0,0001;$$

$$\text{Барлығы: } 117,0048 \text{ гр.}$$

Катодты мырыш құрамында тәжірибие мәліметтері бойынша қорғасын мөлшерін 0,005 % пайыз бар деп қабылдаймыз, сонда:

$$117,0048 \cdot 0,005 / 100 = 0,0058\text{гр.}$$

Сондан кейін катодтық мырыштың құрамы мен шығымын 3.1–кестеге жазамыз.

4.1 Кесте – Катодтық мырыштың құрамы мен шығымы

Компоненттер	Құрамы, г	Шығымы, %
Мырыш	117,0	99,988
Қорғасын	0,0058	0,005
Темір	0,008	0,006
Кадмий	0,0001	0,00008
Мыс	0,0001	0,00008
Барлығы	117,136	100,0

ГОСТ-қа сәйкес мырыш ЦО маркалы болып алынады.

4.2.2 Қажетті ванналар мен катодтар және ванна арқылы өтетін ток мөлшерінің есебі

Цехта орналасқан барлық катодтардың активті беттерінің ауданы формуласы бойынша анықтаймыз:

$$F = Q \cdot 1000 / D_k \cdot 24 \cdot q \cdot \eta$$

мұндағы: F – цехтағы барлық катодтардың активті беттерінің ауданы, м^2 ;

Q – цехтың тәуліктік өнімділігі, кг;

D_k – токтың катодтық тығыздығы, А/м^2 ;

24 – тәулік ішінде ванналардың жұмыс істеу уақыты, сағ;

q – мырыштың электрохимиялық эквиваленті;

η – токтың пайдалану коэффициенті.

Катодтық мырыштың тәуліктік өнімділігі 79,5 т, токтың катодтық тығыздығы 550 А/м^2 , токтың пайдалану коэффициенті 0,98 болатын болса, яғни:

$$F = 79500 \cdot 1000 / 550 \cdot 24 \cdot 1,219 \cdot 0,98 = 5041,542$$

Стандартты бір катодтың активті беті $1,22 \text{ м}^2$ -қа тең. Бір ваннада 33 катод орнатып, бір ваннаның активті бетінің ауданын аламыз: $1,22 \cdot 33 = 40,2 \text{ м}^2$.

Цехта $5041,542 / 40,2 = 125,4$ ванна орнату керек.

Ремонт пен тазалауға қосымша 3 ванна орнатамыз.

Қабылдаған ток тығыздығы 550 А/м^2 болғанда, бір ваннадан келетін ток күшінің мөлшері: $J = 550 \cdot 40,2 = 22000 \text{ А}$.

Ток мөлшерінің жоғарлауы 5% болса, онда біздің ток мөлшерінің мәні келесідей болады: $J = 22000 \cdot 105 / 100 = 23100 \text{ А}$.

Сонда жүктеме максимум болған жағдайда, бір катод арқылы өтетін ток мөлшері: $23100 / 33 = 700$ А, ал қалыпты жағдайда $22000 / 33 = 666,6$ А.

4.2.3 Ванна өнімділігі

Электролитті цехке баратын электролит мөлшері:

Ваннаға берілетін электролит мөлшері келесі формуламен анықталады:

$$V = J \cdot q \cdot \eta \cdot n / P_1 - P_2;$$

Мұнда: J – ваннаға келетін ток мөлшері, η – мырыштың ток бойынша шығымы; n – ванналар саны, P_1 мен P_2 – бейтарап пен қолданылған электролит құрамындағы мырыш концентрациясы, г/дм³.

Бір ваннаға қажетті электролит мөлшері:

$$V = 22000 \cdot 1,219 \cdot 0,98 \cdot 1 / 145 - 28 = 224,6 \text{ дм}^3/\text{сағ}.$$

Тәулікте бір ваннаға қажет болатын электролит мөлшері $224,6 \cdot 24 = 5390,4$ дм³/сағ. Барлық ванналар үшін $5390,4 \cdot 125,4 = 675956,1 = 675,9$ м³.

Ванна өнімділігі:

Бір ванна арқылы 22000 А ток өтеді. Мырыштың ток бойынша шығымы 98 % болған кезінде ваннаның тәуліктік өнімділігі:

$$0,98 \cdot 1,219 \cdot 24 \cdot 22000 / 1000 = 630,7 \text{ кг},$$

демек цехтың жобаланған өнімділікті қамтамасыздандыра алады $630,7 \cdot 125,4 = 79089,7$ кг/тәу.

Қолданылған электролит мөлшері:

Құрамында мырыш концентрациясы 150 г/дм³, меншікті салмағы 1,285 болатын, мөлшері 224,6 дм³/сағ электролит ваннаға түседі. Сонда ваннаға баратын электролиттің массалық үлесі $224,6 \cdot 1,285 = 288,6$ кг болады.

Егерде әрбір литрден 117 г мырыш алынса, онда бір ванна сағатына:

$$224,6 \cdot 117 / 1000 = 26,27 \text{ кг Zn}$$

Ал анодта бөлінетін оттегі массасы:

$$26,27 \cdot 16 / 65,4 = 6,42 \text{ кг O}_2$$

Ерітіндінің әрбір литірінен $3,5 - 3,5 = 0$ г Mn алынса, онда сағатына:

$$224,6 \cdot 0 / 1000 = 0 \text{ кг Mn}$$

Электролиз процесі кезінде барлығы:

$$26,27 + 6,42 + 0 = 32,69 \text{ кг}$$

Қалатын электролит массасы:

$$288,6 - 32,69 = 255,91 \text{ кг}.$$

Электролиттің булануы бір текше метр ауданынан 1,0 кг-ға тең деп қабылдаймыз. Стандартты ванна беті 1,7 м² ауданға тең. Сонда булану нәтижесінде жоғалатын электролит массасы $1,0 \cdot 1,7 = 1,17$ кг-ға тең.

Шашыраудың нәтижесінде жоғалатын электролит мөлшері жалпы электролит массасының 0,3 %-ға тең болады. $255,91 \cdot 0,3 = 0,76$ кг.

Яғни, электролиттің меншікті салмағы 1,18-ге тең болған кезде, оның көлемі $231,28 / 1,18 = 196$ м³-қа тең болады.

4.2.4 Шламға өтетін компоненттер мөлшері

Тәжірибие деректері бойынша анод қорғасынның 1 т мырышқа шығыны 1,5 кг-ға тең екені белгілі. Катодта 26,27 кг мырыш шөктіру кезінде шығындалатын қорғасын салмағы:

$$26,27 \cdot 1,5 / 1000 = 0,039 \text{ кг Pb.}$$

Бұл мөлшерден катодтық мырышқа өтетін қорғасынның массасы:

$$26,27 \cdot 0,005 / 1000 = 0,0001 \text{ кг Pb.}$$

Сонда, $0,039 - 0,001 = 0,0389$ кг қорғасын шламға өтеді.

Қорғасын оксидін есептесек:

$$0,039 \cdot 239 / 207 = 0,45 \text{ кг PbO}_2.$$

Бір ваннада 0 кг Mn қондырылады, ал марганец оксидін есептейтін болсақ:

$$0 \cdot 87 / 55 = 0 \text{ кг MnO}_2.$$

Сонда, шламға барлығы $0,039 + 0 = 0,039$ кг өтеді. Мәліметтерді 4.2 кестеге жазып шығамыз.

4.2 Кесте – Электролиз процесінің материалдық балансы

Атаулары	Электролизге келіп түседі, кг	Электролизден алынады, кг
Бейтарап ерітінді	288,6	—
Анод қорғасыны	0,039	—
Катодты мырыш	—	—
Ауаға кететін оттегі	—	6,42
Шлам	—	0,039
Механикалық жоғалу	—	1,8
Қолданылған электролит	—	231,28
Барлығы	288,639	239,539

4.2.5 Ваннадағы кернеу балансы

Жалпы жағдайда электролиз ваннасындағы кернеу мына теңдікпен анықтайды:

$$U_{\text{ван}} = \varphi_A - \varphi_K + \rho \cdot D_K \cdot l + \Delta U_{\text{шл}} + \Delta U_{\text{ш}},$$

мұндағы: $U_{\text{ван}}$ – электролиз ваннасындағы кернеу, В;

φ_A – анодтың шынайы потенциалы, В;

φ_K – катодтың шынайы потенциалы, В;

$\rho \cdot D_K \cdot l$ – электролитте кернеудің төмендеуі (омическое), В;

ρ – электролиттің үлестік кедергісі, Ом·см;

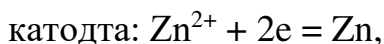
D_K – электролиз ваннасы арқылы өтетін ток тығыздығы, А/см²;

l – электрод арасындағы арақашықтық, см;

$\Delta U_{\text{шл}}$ – анодтың шламдық қыртысында кернеудің төмендеуі, В;

$\Delta U_{\text{ш}}$ – жанасу мен шиносым кернеудің төмендеуі, В.

$\varphi_A - \varphi_K$ мәндері электролиттің ыдырау кернеуін көрсетеді. Электролит процесінде электродтарда келесідей электрохимиялық реакциялар жүреді:



Катодта жүретін реакциямен сәйкесінше, оның шынайы потенциалын келесідей анықтаймыз:

$$\varphi_K = \varphi^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} + \frac{RT}{ZF} \ln a_{\text{Zn}^{2+}} + \eta_{\text{Zn}},$$

немесе

$$\varphi_K = \varphi^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} + \frac{RT}{ZF} \ln(j_{\text{Zn}^{2+}} \cdot C_{\text{Zn}}) + \eta_{\text{Zn}},$$

мұндағы: φ_K – катодтың шынайы потенциалы, В;

$\varphi^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} - 38^\circ\text{C}$ температурасы кезінде мырыш электродының стандартты потенциалы, В;

R – газ тұрақтысы, 8,31 Дж/(моль · К);

T – температура, К;

Z – потенциаланықтауыш ион зарядтары;

F – Фарадей саны, 96500 Кл;

$a_{\text{Zn}^{2+}}$ – ион активтігі;

η_{Zn} – мырыш бөлінуінің асқан кернеуі, В,

$j_{\text{Zn}^{2+}}$ – ерітіндідегі мырыштың активтілік коэффициенті;

C_{Zn} – электролиттегі мырыштың салмақтық концентрациясы, г/дм³.

59,647 г/дм³ мырыш құрайтын электролиттегі, мырыш концентрациясы құрайды:

$$C_{Zn^{2+}} = \frac{g_{Zn}}{M_{Zn}} = \frac{59,647}{65,38} = 0,912 \text{ г/дм}^3,$$

мұндағы: M_{Zn} – мырыштың молярлық салмағы, г.

Термодинамикалық кестеден, берілген концентрацияда күкірт қышқылды мырыштың орта коэффициенті 0,047 тең екенін табамыз. Көп қателіксіз Zn^{2+} ионының активтілік коэффициенті де 0,047 тең болады, себебі $ZnSO_4$ екі ионыда бірдей зарядты.

Мырыш электродында мырыш бөлінуінің асқан кернеуі Тафель теңдігіне бағынады деп алып, мырыш бөлінуінің асқан кернеуіне жазуға болады:

$$-\eta_{Zn} = \frac{RT}{\alpha ZF} \cdot \ln \frac{D_K}{i_0},$$

мұндағы: α – орын ауыстыру коэффициенті,

i_0 – мырыштың тоқ алмасуы, А/см².

Катодтық процеске қатысатын, потенциал үлесін ескеретін, орын ауыстыру коэффициентін 0,49 тең деп, ал тоқ алмасу тығыздығын $2 \cdot 10^{-5}$ А/см² тең деп аламыз.

38 °С мырыш электродтарының стандартты потенциалы 0,762 В деп аламыз.

Сандық мәндерді қойып есептеп аламыз:

$$\varphi_K = -0,762 + \frac{8,31 \cdot 311}{2 \cdot 96500} \cdot \ln(0,047 \cdot 0,912) - \frac{8,31 \cdot 311}{0,49 \cdot 2 \cdot 96500} \cdot \ln \frac{4,8 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-5}} = -1,0169 \text{ В.}$$

Анодта жүретін электрохимиялық реакцияға сәйкесінше, анодтың потенциалы мына теңдіктен анықталады:

$$\varphi_A = \varphi_{H_2O/O_2}^0 + \frac{RT}{ZF} \cdot \ln \frac{a_{H_2O}}{\rho_{O_2}^{1/2} \cdot a_{H^+}^2} + \eta_{O_2},$$

$a_{H_2O} = 1$ және $\rho_{O_2} = 1$ атм., деп санап, аламын:

$$\varphi_A = \varphi_{H_2O/O_2}^0 + \frac{RT}{ZF} \cdot \ln a_{H^+} + \eta_{O_2},$$

мұндағы: φ_a - анод потенциалы, В;

φ_{H_2O/O_2}^0 - 38°С – да оттегілі электродтың стандартты потенциалы, В;

a_{H^+} - ертіндідегі сутегі иондарының активтілігі;

η_{O_2} - оттегі бөлінуінің асқан кернеуі, В.

Электролит ерітіндісіндегі күкірт қышқылының концентрациясы:

$$C_{EPT(H_2SO_4)} = \frac{C_{H_2SO_4}}{M_{H_2SO_4}},$$

мұндағы: $C_{H_2SO_4}$ - қолданылған электролиттегі күкірт қышқылының салмақтық концентрациясы, г/дм³;

$M_{H_2SO_4}$ - күкірт қышқылының молярлық салмағы, г.

$$C_{epm(H_2SO_4)} = \frac{125}{98} = 1,275 \text{ г·моль/дм}^3.$$

Берілген концентрациядағы күкірт қышқылы ертіндісінің $pH=0,1$. Сонда оттегі иондарының активтілігін мына теңдікпен есептейміз:

$$pH = -\lg a_{H^+}$$

Сандық мәнді қойып келесідей мәнді аламыз:

$$0,1 = -\lg a_{H^+},$$

осыдан

$$a_{H^+} = 0,79.$$

Қорғасынды анодтағы оттегінің асқан кернеулігін 0,5 В тең деп жазып аламыз.

38°C оттекті электродтардың стандартты потенциалын 1,218 В деп қабылдаймыз.

Сандық мәндерді қойып аламыз:

$$\varphi_A = 1,218 - \frac{8,31 \cdot 311}{2 \cdot 96500} \cdot \ln 0,79 + 0,5 = 1,218 + 0,003 + 0,5 = 1,721 \text{ В.}$$

Осылайша, $ZnSO_4$ ыдырауының кернеуін құрайды:

$$1,721 - (-1,0169) = 2,74 \text{ В.}$$

Электролиттің үлестік кедергісінің есебі, Сковранский әдісімен, мына теңдік арқылы шығарамыз:

$$\rho_{эл.}^{38} = \rho_{H_2SO_4}^{38} + 0,0114 \cdot C_{Zn^{2+}},$$

мұндағы: $\rho_{эл.}^{38}$ - 38°C электролиттің үлестік салмағы, Ом·см;

$\rho_{H_2SO_4}^{38}$ - 38°C күкірт қышқылының үлестік кедергісі, Ом·см;

$C_{Zn^{2+}}$ - ертіндідегі мырыштың салмақтық концентрациясы, г/дм³

38°C күкірт қышқылының үлестік кедергісін, қышқылдың үлестік электрөткізгіштігінің, температураға байланыстылығымен есептейміз:

$$H_t = H_{18} + 0,014 (t - 18),$$

$H_{18} = 0,4825 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ деп қабылдаймыз, сонда:

$$H_{38} = 0,4825 + 0,014 \cdot (38 - 18) = 0,7625 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}.$$

Күкірт қышқылы ертіндісінің үлестік кедергісі құрайды:

$$\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{38} = \frac{1}{H_{38}},$$

мұндағы: H_{38} – 38°C күкірт қышқылының үлестік кедергісі, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

$$\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{38} = \frac{1}{0,7625} = 1,311 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Электролиттің кедергісі, құрамында мырыш барын ескере отырып, аламыз:

$$\rho_{\text{эл.}}^{38} = 1,311 + 0,0114 \cdot 59,647 = 1,991 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1},$$

мұндағы: 59,647 – қолданылған электролиттегі, мырыштың салмақтық концентрациясы, г/дм³.

Электролит құрамында қоспалар болады, олар электролиттің кедергісін жоғарылатады. Мысалы, Мп-тің салмақтық концентрациясы 1 г/дм³ болса, ол кедергіні 0,8% жоғарылатады. Мп-тің салмақтық концентрациясы 3 г/дм³ деп алғанда, электролит кедергісі өседі:

$$3,0 \cdot 0,8 = 2,4 \%,$$

Яғни, электролит кедергісі келесіні құрайды:

$$1,991 + \frac{1,991 \cdot 2,4}{100} = 2,039 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Басқа қоспалардың электролит кедергісін 20% пайызға өсіреді деп, басқа қоспаларды ескере отырып, электролит кедергісін анықтаймыз:

$$\rho = 2,039 + \frac{2,039 \cdot 20}{100} = 2,447 \text{ Ом} \cdot \text{см}.$$

Біздің жағдайда электролит ара қашықтығы 3 см болады, сонда электролиттегі кернеудің төмендеуін құрайды:

$$\Delta U_{\text{эл.}} = \rho \cdot D_{\text{к}} \cdot l,$$

мұндағы: $\Delta U_{\text{эл.}}$ – электролиттегі кернеу төмендеуі, В;

ρ – электролиттің үлестік кедергісі, $\text{Ом} \cdot \text{см}$;

$D_{\text{к}}$ – электролит ваннасы арқылы өтетін тоқ тығыздығы, А/см²;

l – электрод арасындағы ара қашықтық, см.

$$\Delta U_{\text{эл.}} = 2,447 \cdot 550 \cdot 10^{-4} \cdot 3 = 0,403 \text{ В}.$$

Шлам қыртысындағы кернеу төмендеуін, электролитте төмендегеннің 30% алуға болады, және ол келесі формуламен есептелінеді:

$$\Delta U_{\text{шл.}} = 0,403 \cdot 0,3 = 0,120 \text{ В}.$$

Шиносым мен жанасулардағы кернеудің төмендеуін, практика мәліметтері бойынша 0,4 В деп аламыз.

Формулаға салып электролиз ваннасындағы кернеуді анықтаймыз:

$$U_{\text{ван.}} = 2,74 + 0,403 + 0,120 + 0,4 = 3,663 \text{ В.}$$

4.2.6 Бөлімдегі ванналардың орналасуы мен қатар жалғасының санын есептеу

Жалғастырып қосылған ванналар қатарының, жалпы кернеуін есептеп аламыз:

$$U_{\text{жалпы.}} = U_{\text{ван.}} \cdot N,$$

мұндағы: $U_{\text{жалпы.}}$ - қатардағы кернеу, В;

$U_{\text{ван.}}$ - ваннадағы кернеу, В;

N – бөлімдегі ванна саны.

$$U_{\text{жалпы.}} = 3,663 \cdot 125,4 = 459,3 \text{ В.}$$

Қатар жалғасының саны құрайды:

$$n = \frac{U_{\text{жалпы.}}}{U},$$

мұндағы: n – қатар жалғасының саны;

U – тұрақты ток кернеуі (практика мәліметтері бойынша 700 В).

$$n = 459,3 / 700 = 0.65 \approx 1.$$

Мырыш электролизі бөлімі, олардан күнделікті мырыш алып отыратын, ванналар жүйесі болып есептеледі. Катодтарды алғанда ванналар өшірілмейді, сондықтан ванналар орналасуы оларды күту операциясының сипатына және жұмыс істеу бақылауына, бөлім алаңының тиімді рационалды қолдануына байланысты болады.

Ванналардың жалпы санын блоктарға бөледі. 26 ваннаны бір блокқа орналастырамыз, сосын сериядағы блок санын есептеп аламыз:

$$125,4 / 26 \approx 5.$$

Бөлім алаңында блоктар параллель орналасқан және арасында 1,5 м өту жолы бар. Ванналар блогы қатарға жалғастырып қосылады. Осылайша, біздің жобаланып отырған бөлімімізде 125,4 ванна, ол дегеніміз 26 ваннадан 5 блоктан тұрады.

4.2.7 Катодты мырыш балқыту процесінің есептеуі

Катодтық мырыш бөлімінің өнімділігі 25000т/жыл. Катодты мырышты индукциялық пештерде балқыту кезінде келесіні аламыз, %: чушкалық металды алу – 97, дростарға шығу – 2,85, угарға кетеді – 0,15.

Катодтық мырыштың чушкалыққа шығуын есептейміз:

$$25000 \cdot 97 / 100 = 242500 \text{ т / жыл.}$$

Сәйкесінше дростқа шығуын есептейміз – 826,5 т/жыл, сонымен қатар угар кезінде металдың жоғалуы – 43,5 т/жыл.

Жалпы металл жоғалуы келесіні құрайды:

$$826,5 + 43,5 = 870 \text{ т/жыл.}$$

4.2.8 Бір тонна мырышқа кететін үлестік электр энергиясы

Келтіруші шиносымдарындағы кернеудің төмендеуін есептейміз:

$$U_{\text{шин.}} = U_{\text{ван.}} \cdot P_{\text{жоғ.}},$$

мұндағы: $U_{\text{шин.}}$ – келтіруші шиносымдарындағы кернеудің төмендеуі, В;

$U_{\text{ван.}}$ – ваннадағы кернеу, В;

$P_{\text{жоғ.}}$ – бөлімнің шиносымындағы кернеудің жоғалуы (зауыт мәліметтері бойынша 2,5%).

$$U_{\text{шин.}} = 3,663 \cdot 0,025 = 0,091 \text{ В.}$$

Бір тонна мырышқа кететін үлестік электроэнергиясы құрайды:

$$W = \frac{U_{\text{ван.}} + U_{\text{шин.}}}{K_{\text{Zn}} \cdot \eta} \cdot K_{\text{м.у.}},$$

мұндағы: W – үлестік электроэнергиясының шығымы, кВт·сағ/т;

K_{Zn} – мырыштың электрохимиялық эквиваленті, $\frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$;

η – тоқ шығымы, үлес бірлігі.

$$W = 3,663 + 0,091 / 1,219 \cdot 0,98 = 3,1440 \text{ Вт·сағ/г} = 3144,0 \text{ кВт·сағ/т.}$$

4.2.9 Ванның жылулық балансы

Электролит кедергісінен өткен токтан, шлам мен электродтардың кедергісінен бөлінетін және электролитпен келетін жылу ваннаға келіп түсетін жылу болып есептелінеді.

Ал жылудың шығыны ретінде булану, шашырау және жылулық сәулелердің шығаруымен және қабырға арқылы жылуөткізгіштік арқылы қоршаған ортаға кететін жылуды айтады.

Келетін жылу:

а) электролит кедергісі нәтижесінде пайда болатын жылуды төменгі формуламен есептейді:

$$Q = 0,239 \cdot E \cdot j \cdot t,$$

мұндағы: E – электролит пен шламда кернеудің төмендеуі, 0,624 В;

J – ток күші, 18720 А;

t – уақыт, 1 сағ.

$$Q = 0,239 \cdot 0,624 \cdot 22000 \cdot 1 \cdot 3600 / 1000 = 11811,5 \text{ кДж.}$$

б) бейтарап электролитпен келетін жылу мөлшері:

$$Q_{б.е} = c \cdot m \cdot t^0$$

мұндағы: c – бейтарап электролиттің жылусиымдылығы, 0,78 ккал/кг · град;

m – бейтарап электролиттің массасы;

t^0 – бейтарап электролиттің температурасы, 50° С.

Электролиз ваннасына меншікті салмағы 1,285 болатын, 224,6 дм³/сағ ерітіндінің салмағы, $m = 1,285 \cdot 224,6 = 288,6$ кг.

$$Q_{б.е} = 0,78 \cdot 288,6 \cdot 50 \cdot 3600 / 1000 = 40519,4 \text{ кДж.}$$

Жалпы келетін жылу мөлшері $11811,5 + 40519,4 = 52330,9$ кДж.

Шығындалатын жылу:

Меншікті жылусиымдылығы 0,8 ккал/кг · град болатын қолданылған электролитпен кететін жылу:

$$Q_1 = 233,21 \cdot 38 \cdot 0,8 = 25522,5 \text{ кДж.}$$

Шашыраумен жоғалатын жылу:

$$Q_2 = 1,15 \cdot 0,8 \cdot 38 = 146 \text{ кДж.}$$

Буланумен бірге кететін жылу мөлшері:

$$Q = 1,7 \cdot 576,2 = 4104 \text{ кДж.}$$

Жалпы жылудың шығыны 29772,5 кДж. Артық жылу жылуауыстырғыштармен алынады. Шыққан мәліметтерді 3.3 кестеге толтырып жазып шығамыз.

4.3 Кесте – Ванның жылу балансы

Келетін жылу	кДж	Кететін жылу	кДж
Электр тогымен	11811,5	Қолданылған электролитпен	25522,5
Бейтарап электролитпен	40519,4	Шашыраумен	146
—	—	Сәулеленумен	4104
—	—	Буланумен	850
—	—	Артық	21708,4
Барлығы	52330,9	Барлығы	52330,9

4.2.10 Электролиз арқылы катодты мырышты алу процесін жетілдіру

Катод металын автоматтандырылған сыдыруымен жұмыс істейтін зауыттарда сульфатты мырыш ерітінділерінен мырышты электролиздеу кезінде катод тұнбасының құрылымын жақсартатын беттік-белсенді заттар ретінде негізінен сүйек желімі, мия тамыры сығындысы және лигносульфонат қолданылады. Ток бойынша мырыштың шығымын арттыру және катодты мырышты сыдыру процесін жеңілдету үшін беттік-белсенді зат ретінде сурьма тұздарын қолдану ұсынылады. Бұл кезде электролиз ваннасына сурьма қоспасының бір реттік порциясы құрамында 6-12 г/л калий-антимонил ($\text{SbOKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) шарап қышқылы бар ерітінді түрінде алюминий матрицасында мырышты тұндыруды бастар алдында электролиттегі сурьма концентрациясының 0,01-0,025 мг/л артуын қамтамасыз етеді, сонымен қатар катодты металды "қиын" сыдыру мәселесін бір мезгілде шеше отырып, ток бойынша мырыштың шығымын арттыруға мүмкіндік береді. Ұсынылған әдісті қолдану мырыш шығымын 10,5 % - ға арттыруға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорыта келгенде, дипломдық жұмыста электролиз процесі арқылы катодты мырышты алуды және электротұндыру процесі қарастырылды. Сонымен қатар әлемде қандай мемлекеттер мырышты өндіретіні туралы айтып өтілді. Жалпы мырыш негізгі ауыр түсті металдар тобына жатады. Табиғатта құрамында мырыш бар шикізат көздерінің алуан түрлері кездеседі. Сол себеппен мырышты өңдеу және алу екі әдіспен жүзеге асырылады: пирометаллургиялық және гидрометаллургиялық. Пирометаллургиялық әдісті қолданғанда соңында кеуекті және берік кесек түрінде өртенді алынады, яғни агломерат. Күйдіруді алдымен материал тотыққан кезде күкірттен айырылтады, одан кейін күйежентектейді. Гидрометаллургиялық әдістің артықшылығы - шикізаттан негізгі және қосалқы компоненттерді өндіру көрсеткіші жоғары, әсіресе мырыш өндірісінде кадмий, индий, талий өндірудің негізгі көзі болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Баймаков Ю. В., Журин А. И., Электрозис в гидрометаллургии. – Р.:Металлургия, 1977. – 616 с.
- 2 Выщелачивание огарка и возгонов. Электроосаждение цинка / –У.:Казцинк, 2003. – С. 35- 37.
- 3 Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка. – М.:Металлургия , 1985. – 263 с.
- 4 Технологические расчеты в металлургии тяжелых цветных металлов./Под ред. Н.В. Гудимы.-М.: Металлургия, 1977.
- 5 Валиев Х.Х., Романтеев Ю.П. Металлургия свинца, цинка и сопутствующих металлов. Учебник. – Алматы: ИИА «Айкос», 2000. – 441 с.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Оразғали Әйгерім Нұркенқызы

Название: Электролиз арқылы катодты мырышты алу процесін жетілдіру

Координатор: Гульнар Молдабаева

Коэффициент подобия 1: 7.1

Коэффициент подобия 2: 2.5

Замена букв: 65

Интервалы: 0

Микропробелы: 6

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

02.06.2021 ж.
.....

Дата


.....

Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Оразғали Әйгерім Нұркенқызы

Название: Электролиз арқылы катодты мырышты алу процесін жетілдіру

Координатор: Гульнар Молдабаева

Коэффициент подобия 1:7.1

Коэффициент подобия 2:2.5

Замена букв:65

Интервалы:0

Микропробелы:6

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Дата

 Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

.....

Дата 02.06.2021 ж.

 Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения