

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

Әбікенова Гүлсая Алматқызы

Мысты электролиттік тазарту 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

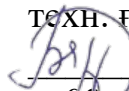
Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова

« 03 » маусым 2021 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Мысты электролиттік тазарту процесін жетілдіру»

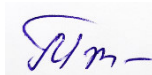
Мамандығы 5B070900 – Metallurgy

Орындаған

Әбікенова Г.А.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., сениор-лектор



Г.Ж. Молдабаева

« 03 » 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

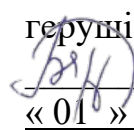
Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра мең-

герушісі, техн. ғыл. канд.,

 М.Б. Барменшинова

« 01 » ақпан 2021 ж.

Дипломдық жоба орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Әбікенова Гүлсая Алматқызы

Тақырыбы: «Мысты электролиттік тазарту процесін жетілдіру»

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

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «18» мамыр 2021 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: өндірістің жалпы сипаттамасы, есептеуге қажетті бастапқы мәліметтер, катодты мыс өндірісі бойынша цехтың жылдық өнімділігі, тоқ шығымы, ваннадағы тоқ күші, тоқ тығыздығы, ваннадағы кернеу

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) процестің теориялық негіздерін зерттеу;

в) өндірістің технологиялық үдірістері мен шешімдері;

г) технологиялық есептеулер жүргізу.

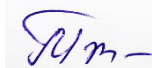
Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс): мысты электролиттік тазарту сызбасы, электролиз ваннасының сызбасы, электролизер.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 12 атаудан тұрады

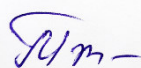
Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

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	03.06.2021 ж.	
Норма бақылау	С.Қ. Джуманкулова PhD д-ры	03.06.2021 ж.	К. Джуманкулова

Ғылыми жетекші



Г.Ж.Молдабаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Г.А. Әбікенова

Күні

«01» ақпан 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жоба 41 беттен, 21 кестеден тұратын түсіндірмелік жазбаны, 10 атаудан тұратын библиографиялық тізімді және 6 сызбадан тұратын графикалық бөлімді қамтиды.

Сөздер: электролиз, электролизер, бейтарап электролит, қолданылған электролит, электролиз ваннасы, анодты мыс, катодты мыс, тоқ бойынша шығымы, тоқ бойынша мыс шығымы, тоқ тығыздығы, материалды баланс, жылулық баланс, кернеу балансы, құрамы үшметалы мыс-титан-мыс болатын катод, калькуляция, өзіндік құны.

Дипломдық жобаның мақсаты болып технологияны жетілдіру және соңғы ғылыми жетістіктер мен ұсынылған жаңа катодты мыс алудың электролитті практикасына сәйкес келетін ААҚ «Қазақмыс» корпорациясы жағдайында электролиз бөлімін жобалауды өңдеу болып табылады.

Жобаны жетілдіру кезінде тоқөткізгіш ретінде үш металдың қосындысы: мыс-титан-мыс катоды енгізіледі.

Ол катодтың электротехникалық қасиеттерін жоғарылатады, олардың металсыйымдылығын және қолдану уақытын арттырады, сонымен қатар электроэнергия шығынын төмендетеді.

Катодты мыс өндірісі бойынша жобалау өнімділігі жылына 180 000 тонна құрайды.

Жобада мыс сульфаты ертіндісінің электролиз үрдісінің аппаратты безендірілу облысындағы қазіргі жұмыс жағдайы зерттеліп, технологиялық сұлба таңдалып, материалды және жылу балансы мен кернеу балансы есептеулері жүргізілген.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект включает пояснительную записку, состоящую из 41 страниц, 21 таблицу, библиографический список из 10 наименований и графическую часть из 6 рисунков.

Ключевые слова: электролиз, электролизер, нейтральный электролит, примененный электролит, ванна электролиза, анодная медь, катодная медь, выход по току, выход по току меди, плотность тока, материальный баланс, тепловой баланс, баланс напряжения, катод с трехметаллом медь-титан-медь, калькуляция, себестоимость.

Целью дипломного проекта является совершенствование технологии и разработка проектирования раздела электролиза в условиях корпорации ОАО «Казахмыс», соответствующих последним научным достижениям и предложенной электролитической практике получения новой катодной меди.

При доработке проекта в качестве проводника вводится соединение трех металлов: медь-титан-медный катод.

Он повышает электротехнические свойства катода, увеличивает их металлоемкость и время использования, а также снижает расход электроэнергии.

Проектная производительность по производству катодной меди составляет 180 000 тонн в год.

В проекте изучено современное рабочее состояние процесса электролиза раствора медного купороса в области аппаратного оформления, выбрана технологическая схема, проведены расчеты материального и теплового баланса и баланса напряжений.

ANNOTATION

Thesis project includes an explanatory note, consisting of 41 pages, 21 tables, bibliographic list of 10 titles and the graphical part of the 6 drawings.

KL. words: electrolysis, electrolytic cell, a neutral electrolyte, the electrolyte bath electrolysis, anode copper, copper cathode, current output, the current output of copper, the current density, material balance, heat balance, the balance of the voltage, the cathode with Rahmatulla copper-titanium-copper, costing, cost.

The purpose of the diploma project is to improve the technology and design of the electrolysis section in the conditions of the Kazakhmys Corporation, corresponding to the latest scientific achievements and the proposed electrolytic practice of obtaining new cathode copper.

When finalizing the project, a compound of three metals is introduced as a conductor: copper-titanium-copper cathode.

It increases the electrical properties of the cathode, increases their metal consumption and time of use, and also reduces electricity consumption.

The design capacity for the production of copper cathode is 180,000 tons per year.

In the project, the current working state of the process of electrolysis of a solution of copper sulfate in the field of hardware design is studied, the technological scheme is selected, the calculations of the material and thermal balance and the voltage balance are carried out.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Жалпы түсіндірмелік жазба	10
1.1 Кәсіпорынның қысқаша сипаттамасы	10
1.2 Шикізат базасы, реагенттің, материалдың, өнімнің сапасы мен номенклатурасы	10
1.3 Анодты мысты электролитті тазалау процесінің теориялық негіздері	11
1.4 Қоспалардың қозғалысы	13
2 Негізгі жабдықтың сипаттамасы	17
2.1 Катодты мыс өндірісі	18
2.2 Катодтарды дайындау	20
3 Технологиялық есептер	22
3.1 Материалдық баланстың есебі	22
3.2 Регенерацияға енгізілетін электролит көлемінің есебі	23
3.3 Ваннадағы кернеулік есебі	24
3.4 Электрэнергия шығынын есептеу	25
3.5 Өңделген электролит құрамының есебі	26
3.6 Электролиз ваннасының жылу баланс есебі	27
3.7 Буланған сумен жоғалған жылу	28
3.8 Конвекция мен сәуле шашу кезіндегі ванна айнасымен жылудың жоғылымы	28
3.9 Ванна бетімен жоғалған жылу	29
3.10 Кремнийлі түзеткіштер мен ванна санының есебі	32
3.11 Электролиз ваннасының өлшемі мен катод мөлшерінің есебі	34
3.12 Матрицалық ванна мен катод мөлшерінің есебі	35
3.13 Регенеративті ванна мөлшерінің есебі	36
3.14 Басқа қосымша жабдықтың сипаттамасы	37
3.15 Анодты мысты электролитті тазалау нәтижесі	37
3.16 Мысты электролиттік тазарту процесін жетілдіру	39
Қорытынды	40
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	41

КІРІСПЕ

Түсті металлургия Қазақстандағы индустрияның ең бір маңызды және жетекші бөлімі болып табылады, сондықтан оның экономикамыздың дамуына әсері мол.

ААҚ «Қазақмыс» корпорация шығаратын өнімінің саны мен сапасы Республика экономикасына әсері маңызды.

Мысты алу технологиялық сұлбасында гидрометаллургиялық өндеу әдісі ең маңызды болып табылады. Осы гидрометаллургиялық технология бойынша катодты мысты сульфатты ерітіндісінен электролиз арқылы алады.

Технико-экономикалық көрсеткіштері жоғары болуына қарамастан, бұл процесс ғылыми-техникалық, сонымен қатар патентті ақпараттарды талдау барысында анықталған себептерге байланысты жетілдіруді қажет етеді. Осы мақсатта техника-экономикалық нәтижелерді негіздей отырып, тоқөткізгіш ретінде құрамы үш металл мыс-титан-мыс болатын катод қарастырылады.

Берілген жобаның ғылыми жаңалығы болып катодтың электротехникалық қасиетін жақсарту, олардың металл сыйымдылығы мен сапасын жоғарылату және электроэнергия шығынын төмендету мақсатында осы жұмыста мысты алу үшін жаңа технологияны қолдану ұсынылады.

1 Жалпы түсіндірмелік жазба

1.1 Кәсіпорынның қысқаша сипаттамасы

Қазақстан әлем бойынша мыс өнімін өндіруден алдыңғы қатарлы орын алады. «Қазақмыс Корпорациясы» ашық акционерлік қоғамы (ААҚ) мыс өндіру жағынан Қазақстандағы алдыңғы қатарлы өнеркәсіп аймағы болып саналады.

ААҚ «Қазақмыс корпорациясы» құрамына:

ААҚ «Жезқазған мыскомбинаты» (құрамына мысбалқыту зауыты, 3 байыту фабрикасы, 5 кеніш кіреді);

ААҚ «Балқаш кен-металлургия комбинаты» (мысбалқыту зауыты, байыту фабрикасы, 2 кеніш кіреді);

ААҚ «Шығыс-Казмедь» (Өскемен), (Ертіс мысбалқыту зауыты, 4 байыту фабрикасы, 4 кеніш кіреді), 2 көміртегі кенорны бар.

Жезқазған мыскомбинаты Қазақстан Республикасы бойынша түсті металлургия саласындағы алдыңғы қатардағы өндіріс орны. Бұл өндіріс орны технологиялық үрдістерді басынан аяғына дейін толығымен қамтиды.

Жезқазған комбинаты ең жоғары сапалы мыс, рений, осмий, 187 таза изотобын, бірқатар кендердің концентратын шығаратын ірі тау-кен кәсіпорындарының бірі. Жезқазған кеніші өзінің карьерімен және жоғары механикаландырған ірі шахталарымен белгілі.

Жезқазған мыс қорыту зауытына үш байыту фабрикалары кіреді. Байыту фабрикаларына жергілікті кен орындарынан кен жіберіледі. Онда флотациялау арқылы кеннен мыс, қорғасын және мырыш концентраты алынады.

Қазіргі таңда мыс қорыту зауытының мынадай негізгі цехтары бар:

- 1) шихта дайындау цехтарының блоктары, құрылымдық бөлімдері болып:
 - тұндыру және кептіру, араластыру, тазалау, түйіршіктеу бөлімдері;
 - шихта дайындау бөлімі кіреді;
- 2) электропеш, конвертерлік және анодты бөлім кіретін металлургиялық цех;
- 3) электролиттік цех;
- 4) күкіртқышқылын өндіру цехы;
- 5) сирек металдар цехы;
- 6) әртүрлі жөндеу және көмекші орындар.

1.2 Шикізат базасы, реагенттердің, материалдардың, өнімнің сапасы мен номенклатурасы

Жезқазған мыс балқыту зауытының негізгі шикізат көзі Жезқазған кен орны болып табылады. Кендер жер қойнауына жақын орналасқандықтан өндірудің ашық әдісі қолданылады, бұл кеннің өзіндік құны мен сапасын төмендетеді.

Флюсті кварц кені ретінде Жезқазған кен орнының мысты кені мен басқа жақтан әкелінетін алтын құрамды кварц кені қолданылады.

ЖМЗ Атасу, Найзатас, Қарсақпай пен Жездідегі темір-марганец кенін өндіруші болып табылады.

Мысты электролиттік тазалау кезінде негізгі шикізат ретінде маркасы «МЗ-99,5» анодты мысты пайдаланады. Сонымен бірге ерітіндіні де өзі дайындайды. Отты рафинирлеудегі мысты анодтың сапасы СТП 38820 – У – 8.01.02 сәйкес келу керек.

Процесске қажетті МЕСТ 2184 бойынша 1 сорт техникалық күкірт қышқылын күкіртқышқыл цехынан жібереді.

Бетті активті заттар ретінде электролитке МЕСТ 6344 тиомочевина мен МЕСТ 11293 желатин қосады. Электролит құрамына МЕСТ 857 тұз қышқылы түрінде хлор (Сl) ионы кіреді.

Жұғыш заттар ретінде ерітіндіге қосатын МЕСТ 25644 синтетикалық ұнтақ қолданылады.

Регенеративті ваннада қорғаныш қабатын түзу үшін көпіршік түзгіш МЕСТ 982 өңделген трансформаторлық майы қолданылады.

Сонымен қатар тауарлық өнімдердің бірнеше түрін өндіреді:

- катодты мыс (ГОСТ 546 - 2001. Катоды медные. Технические условия);
- алтын, күміс, рений құрайтын аралық өнімдер;
- радиогенді осмий;
- қорғасынды шаң (үш маркасы: ПФГ-1, ПФГ-3, ПФГ-4);
- күкірт қышқылы (2 сорты: техникалық 1-і сорт (90 %) және техникалық 2 сорт (10 %));
- мысэлектрлік шлам (сапасы ТУ 98 РК 17 сәйкес келу керек, аффинаждық заводқа жөнелтіледі);
- екі маркалы мыс купоросы – А және Б (ГОСТ 19347-99. Купорос медный. Технические условия).

Жезқазған мыс зауытында өндірілетін мыс халықаралық стандартқа сай келеді және ТМД мемлекеттерінде мен шетелдерде үлкен сұранысқа ие. Өнімнің жоғары сапасы өндірудің жоғарғы дәрежесіне сай келеді. Өңделген мыстың маркасы «М1-9,9» және «М0-99,95».

Жезқазған мысбалқыту зауытында жыл сайын жоғары технологияға ену үшін эффективті қондырғылар мен технологиялық процестің жалпы циклының бөлек сатыларының экономикалық көрсеткіштерінің жоғарылауының маңызды жұмыстары өндіріледі.

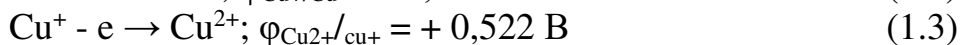
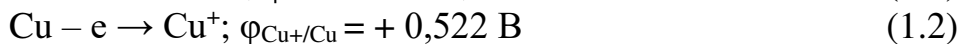
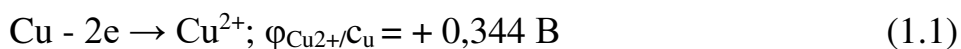
1.3 Анодты мысты электролитті тазалау процесінің теориялық негіздері

Таза әрі қатты мыс алу үшін және бағалы сирек металл алу үшін анодты мыс құймасын электролитті тазалаудан өткізеді. Электролиз үрдісінің жалпы түрін мына электрохимиялық схемамен көрсетеді:

Катодты негіз $^-$ CuSO_4 , H_2SO_4 , H_2O , қоспа, қосылыс $^+$ анодты мыс.

Электролит тазалауды арнайы жылдамдықпен электр тоғын тиімді қолданумен үрдісті шектік жылдамдықпен жүргізуге тырысады.

Анодты мыста мынадай электрохимиялық үрдістер жүреді:



Теориялық анодты мыстың еруі тепе теңдік потенциалына жауап беретін мөлшерде Cu^{2+} Cu^+ түзуімен жүруі керек. Электролитте металдық мыстың болуымен үрдіс бойынша тепе теңдік орнатылады:



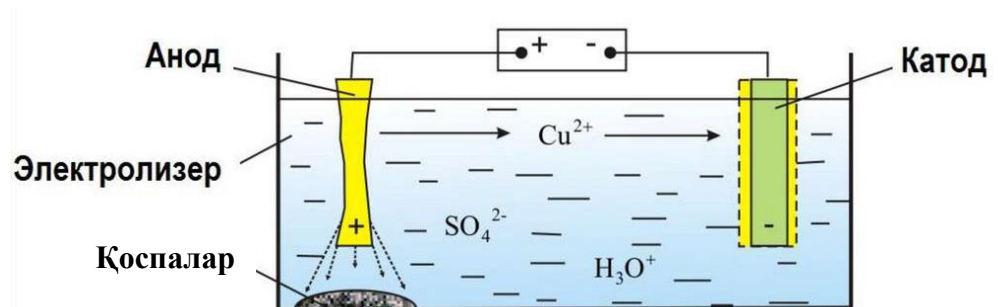
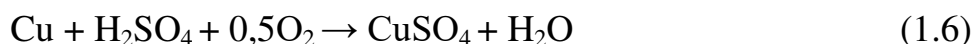
Электролиздің технологиялық жағынан қарағанда бұл үрдісті жетілдіру электролитті эквивалент Cu^+ (1,185) болғандықтан қажет, сондықтан мысты катодқа отырғызу кезінде электрэнергияның екі есе аз мөлшері қажет етіледі.

Реакция константасы бойынша мыстың бір валентті ионы

$$K = [\text{Cu}^{2+}]^2 : [\text{Cu}^+] \quad (1.5)$$

25 °C кезінде $0,62 \cdot 10^6$ құрайды, сондықтан Cu^+ концентрациясы ерітінде жоқтың қасы, осыдан барып анодтан мыс электрлік ток әсерімен (1.1) реакция бойынша ғана ерітіндіге өтеді.

Мыстың электрохимиялық еруімен қатар келесі реакциялар жүреді:



1 Сурет – Мысты электролиттік тазарту

Мыстың химиялық еру жылдамдығы электрохимиялық процеске қарағанда айтарлықтай аз, бірақ ол температураның артуымен, қышқыл концентрациясымен, электролиттің оттегімен қанғуымен артады.

Әсіресе ертіндінің беттік қабаты оттегімен ауа шекарасында байытылған. Сондықтан анод ерітінді көлеміне қарағанда, бөліну шекарасында газ тәрізді және сұйық фазалар жылдам ериді. Егер арнайы шара қолданбаса (электролит деңгейін периодты түрде езгерту, анодтың жоғарғы бетін коррозияға қарсы қалқанмен жабу), анодтың өз салмағымен бөлінуі мүмкін.

Анодта байқалған түзілген өсім (0,2 % дейін) байқалған бірвалентті мысты диспропорционирленген процесінде көрінгеніндей болады:



Бір валентті мыс анод кезінде тек мыстың шала тотығының еруі кезінде ғана түзілмейді, сонымен қатар (1.4) реакциясымен де түзіледі, тіпті температураның ұлғаюымен тепе теңдік оңға жылжиды.

Көрсетілген қосымша процестер электролитті мыспен байытуға және оны күкірт қышқылымен байытуға алып келеді, бұл электролитті регенерациялау үшін арнайы шараларды қажет етеді.

1.4 Қоспалардың қозғалысы

Ертіндіге қойылатын негізгі талап оның жақсы тоқ өткізгіштігі және тазалығы. Бірақ ертіндіде мыс сульфатынан, күкірт қышқылынан және судан басқа қоспалар бар. Ол анодты мыстан еріген қосындылар. Тазалау кезінде олардың қозғалысы кернеу қатарына байланысты анықталады. . Анодты мыстың құрамындағы қоспалар, электродты потенциалдың шамасы мен таңбасына қарай, электролиз өнімдерінің арасында әртүрлі таралады (1.1 кесте).

1.1 Кесте – Электролиз процесі кезінде мысты анодтардың элементтерінің таралуы, %

Ион	Электродты потенциал, В	Катодта жиналады	Өтеді	
			электролитке	шламға
Al^{3+}	-1,80	5	75	20
Zn^{2+}	-0,76	3	93	4
Fe^{2+}	-0,44	10-20	80-90	-
Ni^{2+}	-0,24	5	95	-
Pb^{2+}	-0,13	1-5	-	95-99
Sb^{3+}	+0,10	20-30	20-50	25-60
Bi^{3+}	+0,20	5	26	15
As^{3+}	+0,30	11-20	60-66	20-23
Cu^{2+}	+0,34	98-98,7	1,2-2	0,1
Ag^{1+}	+0,80	2-5	-	95-98
Au^{1+}	+1,51	1-3	-	97-99

Электрохимиялық құрамына байланысты қоспаларды төрт топқа бөлуге болады:

I топ – мысқа қарағанда теріс электрлі металдар (Ni, Fe, Zn және т.б.);

II топ – мысқа кернеу қатары жақын орналасқан металдар (As, Sb, Bi);

III топ – мысқа қарағанда оң электрлігі жоғары металдар (Au, Ag, платиноидтар);

IV топ – мыстың электрохимиялық қосындылары (Cu_2S , Cu_2Se , Cu_2Te , AuTe_2 , Ag_2Te).

Теріс электрлі металдар электролитке толығымен өтеді. Оның ішінде никельдің 5 % ғана анодтан шламға мыстағы никельдің қатты ерітіндісі түрінде отырады. Қатты ерітінділер Нернст заңы бойынша мысқа қарағанда оң электрлі болып келеді, сондықтан шламға жылдам әрі оңай өтеді.

Барлық көрсетілген топтағы қоспалардың ішінде қалайы мен қорғасын өздерінің электрохимиялық қасиетіне байланысты электролиз кезінде бірінші топта болса, кейде үшінші және төртінші топтарға жатқызылуы мүмкін. Қалайы мен қорғасын қышқыл ерітіндісінде ерімейтін қорғасын сульфатын (PbSO_4) және металды қалайы қышқылын (H_2SnO_3) түзеді.

Теріс электрлі қоспалар катодта электролиз жағдайында мыс тұнбаға отырмай электролитке жинала береді. Электролитте I-топ металдардың үлкен концентрациясы кезінде электролиз төмендейді.

Электролитте темір, никель және мырыш сульфатының жиналуы, электролиттегі мыс сульфатының концентрациясын төмендетеді. Одан басқа, теріс электрлі металдардың электролит арқылы тоқты жүргізуде болуы катодтағы концентрациялық поляризациясын күшейтеді.

Теріс электрлі элементтер катодты мысқа негізінде тұз түрінде, әсіресе электролитте концентрация мөлшері көп болғанда өтуі мүмкін. Мысты электролитті тазалау тәжірибесінде ерітінді концентрациясы мынадан мөлшерден аспауы керек, г/л; Ni - 20,0; Zn – 25,0; Fe – 5,0;

II - топтағы қоспалар (As, Sb, Bi) мысқа электрлік потенциалдары жақын элементтер катодты ластау мүмкіндігі тұрғысынан зиянды болып табылады. Мысқа қарағанда теріс электрлі металдар анодта толығымен еріп, электролитте жиналатын сульфаттар түзеді. Бірақ бұл қоспалардың сульфаттары тұрақты емес, олар гидролизге өтіп, негізгі тұздар (Sb және Bi) немесе мышьякты қышқыл түзуі мүмкін. Сурьманың негізгі тұздары қалқыма шлам түзіп, өзімен бірге мышьяк бөлігін де алып кетеді.

Мышьяк, сурьма, және висмут қоспалары катодты тұнбаға электрохимиялық және механикалық жолмен де «қалқыма шламның» жұқа дисперсті бөлшектерінің адсорбциялануы арқылы отыра алады. Осылайша, екінші топтағы қоспалар электролит пен катодты мыс және шлам арқылы реттеледі. Электролитке жіберілетін II-топ қоспаларының концентрациялары мына түрде болуы керек, г/л; As – 9,0; Sb – 5,0; Bi – 1,5.

Мысқа қарағанда оң электрлігі жоғары (III-топ) қоспаларға кернеу қатарындағы орнына сәйкес шламға жұқа дисперсті қалдық түрінде тұнбаға

өтетін асыл металдар жатады (бастысы Au, Ag), Бұл мысты электролиттік тазалау тәжірибиесі арқылы расталады.

Анодтағы құрамнан алтынның шламға өтуі 99,5 % аса, ал күмістің – 98 % аса құрайды. Күмістің алтынға қарағанда шламға өтуінің аз болуы күмістің электролитте азда болса еруіне және ерітіндіден катодқа бөліну қабілетіне байланысты. Күмістің ерітіндіде еріуін азайту үшін және шламға қолайлы өтуі үшін электролитке аз мөлшерде ион-хлорын қосады. AgCl ($L = a_{\text{Ag}} + a_{\text{Cl}}$) ерігіштігі аз көлемде көрсетіледі, бұл күмістің шламға толығымен өтуіне мүмкіндік береді.

Алтын мен күмістің шламға толық өтуіне қарамастан олар аз да мөлшерде катодқа отырады. Ол шламды механикалық лайлануын алумен түсіндіріледі. Шламның лайлануы есебінен циркуляция жылдамдығының артуы күміс пен алтынның катодқа өтуін жоғарлатады. Тоқ тығыздығы мен электролит циркуляция тәсілін таңдау алдында анодтағы асыл металдар құрамын ескерген жөн. Егер олардың құрамы жоғары болса, онда тоқ тығыздығы аз болуы тиіс. Көптеген зауыттарда электролитті циркуляция кезінде ваннаға қайта жіберу алдында фильтрлейді, бұл шлам шығынын азайтып, таза мыс алуға жол ашады.

Оң электрлі қоспаларға сәйкес химиялық қосылыстар (IV-топ қоспалары) әрекет етеді. Негізінде, химиялық қосылыстар анодта тотығып, катодта тотықсыздана алады, бұл арнайы процестерде қолданылады, ал мыс электролиттік тазарту жағдайында анод потенциалы олардың тотығуы үшін жеткіліксіз. Бірақ мысты электролитті тазалау кезінде электродты үрдісіне қатыспайды және анодтың еру шегіне байланысты ванна түбіне отырады және селенидтер мен теллуридтер түрінде шламға 99 % Те өтеді.

Сонымен анодты мысты электролитті тазалау нәтижесінде ондағы барлық қоспалар катодты мыс, электролит пен шлам арқылы реттеледі.

Жоғарыда келтірілгендей ваннада циркуляцияланатын электролит әрдайым мыспен және I және II топтағы қоспалармен байытылады және күкірт қышқылымен қосылады. Электролиздің тұрақты режимін ұстап тұру үшін электролитті регенерлеу керек, яғни қажетті құрамын сақтау мақсатында өңдеу қажет. Электролит регенерациясын екі тәсілмен жүзеге асырады:

1) Ерімейтін анодтары бар регенерациялық ванналарда мысты бөлу мақсатында электролизбен электролит бөлігін алу.

2) Сульфат түріндегі мыс пен никельді шығару үшін электролиттің бір бөлігін арнайы өңдеу және зиянды қоспалардан тазалау.

Электролит көлемінің регенерацияға бір бөлігін жіберуі есебінен азаюына байланысты электролитке күкірт қышқылы мен судың арнайы мөлшерін толтырып орнына келтіреді.

Регенерациялық ваннада электролиз кезінде катодта әдеттегідей ерітіндіден мыстың тұнбаға түсу үрдісі жүреді:



Анодта қорғасыннан су молекула разряды бос оттегін бөледі:



Регенерациялық ваннадағы үрдіс суммарлық реакциясымен сипатталады:

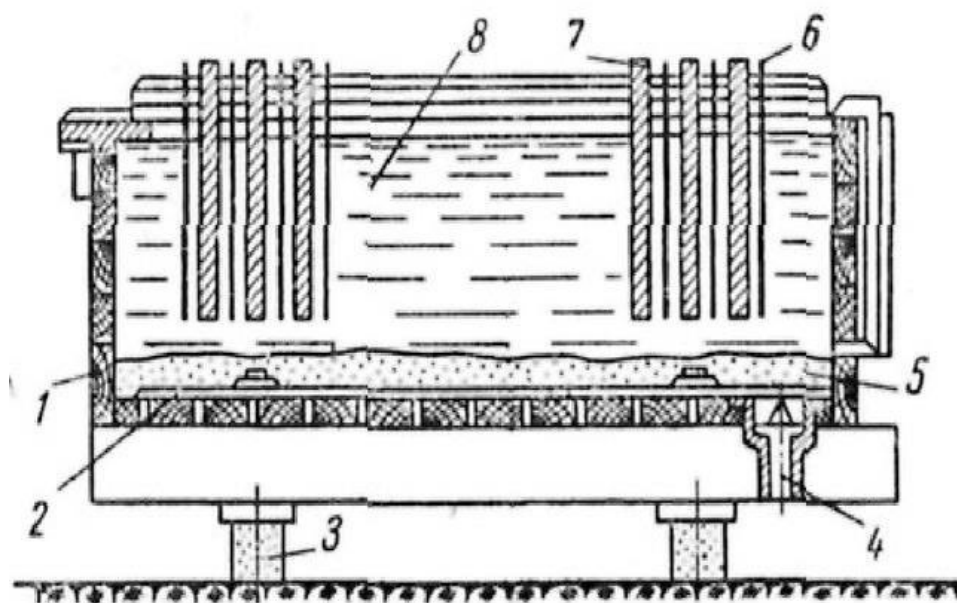


Осы жағдайда электролит мыспен бірігеді және күкірт қышқылымен байытылады.

Шламға асыл металдар толығымен өтеді, Se, Te, Sn, Pb. Мысэлектрлік шламда айтарлықтай көлемде мыс болады. Ол оның құрамында диспропорционалды катион $\text{Cu}^+[\text{Cu}^{2+} + \text{Cu}^- \rightarrow 2\text{Cu}^+]$ реакциясы өту нәтижесінде түзілген дисперсті ұнтақ түрінде және бастысы олармен механикалық байланысында анодтың бірдей ерімеу нәтижесінде жоғалған мыстың айтарлықтай ірі бөлшектері түрінде болады.

2 Негізгі жабдықтың сипаттамасы

Мысты электролитті тазалауды ванна деп аталатын электролизерде жүргізеді.



1 – ванна корпусы; 2 – қорғасын; 3 – оқшаулағыштар; 4 – шламды түсіруге арналған бұрау; 5 – шлам; 6 – анод; 7 – катод; 8 – электролит

2 Сурет – Мысты электролиттік тазартуға арналған ванна

Қазіргі кезде ванналарды темірбетонды монолитті 10-20 тонналы блокқа, содан соң, ереже бойынша, екі блоктан тұратын серияларға біріктіріп жасайды. Сонымен қатар құрылым жиынтығынан жасалған ваннаны қолданады, мысалыға, балка мен қабырғаны темірбетоннан, ал бүйір қабырғасы мен түбін ағаштан жасайды. Темірбетон бөлшек толық жиынтығынан да ванна құрастырады. Кейбір заводтар тығызқылдық бетоннан жасалған монолитті блокты қолданады. Күкір қышқылының жоғары концентрациясынан электролиттің агрессивтілігін есепке ала отырып, ваннаның ішкі бөлігі қаланады, бетін қаптауын станкаға жинайды, шетін фаскаға кеседі және ыстық ауа струясымен қайнатады. Қайнатылған қорапшаны кранмен ваннаға қояды. Бетонды ваннаны дайындау кезінде және винипласты бетін қаптау кезінде максималды дәлділік керек, ондай болмаған жағдайда (бет қаптамасы көлемі ваннаның ішкі көлемінен кіші болған жағдайында) бет қаптамасы электролиттің гидростатикалық қысымымен тігісімен ажырауы мүмкін. Ваннаның қырларында тақтай қояды, ал оның үстіне шинаға бекітілген текстильді және резеңкелі қаптамалар. Ваннаның ішкі бөлігі стандартталмаған. Ванна ұзындығы электрод саны мен қалыңдығы, олардың арасындағы қашықтығымен анықталады. Одан басқа, шеткі катод пен қабырға арасындағы 155 мм және 205 мм (электролит бет жағындағы – соңғы көлем) қалу керек.

Ванна ені катод ені мен ванна қабырғасына дейінгі 50 мм-ден екі аралықты қосқанға тең. Ванна тереңдігі катод ұзындығына 50 мм электролит дәрежесінен жоғарғы және 100-150 мм катод шетінен төменгіні қосқанға тең. Ваннаның мысал өлшемдері: ұзындығы 3,5-тен 5,5 м-ге дейін, ені 1-ден 1,1 м-ге дейін және тереңдігі 1,2-1,3 м. Электрод көлемі әрбір заводта әртүрлі. Содан механизация жұмысымен ваннаға жүктеу және одан түсіруімен олар көбейеді. Тиеу жұмыстары механизациясының енгізілуімен анодтың үлкен көлемін - 860x860 мм қолданатын болды, және соңғы жылдары ары қарай 914x914 мм және одан жоғарыға дейін өсіру тенденциясы байқалды. Анод массасы кейбір заводтарда 350 кг дейін жетті. Анод қалыңдығы 35-45 мм тең. Процестің толық емес механизациясы кезінде анод көлемі мен массасының көбеюі ваннаның қызметі кезіндегі қиыншылықтармен байланысады, мысалы, өңделген анодты жою мен оны подсоспен ауыстыру кезінде.

2.1 Катодты мыс өндірісі

Катодты мысты және ертіндіні регенерациялау катод бөлімінде жүзеге асады. Анодты анод бөлімінен (металлургиялық цехтан) арнайы анодты вагонеткамен жеткізеді. Электрокөпірлі кранмен анодты арнайы орындармен ваннаға жүктейді. Әр ваннаға 36 анодты жүктейді.

Жарты серияға 200-240 тонна анод қажет. Жүктелетін анодтың бір жағы ағашты рейкаға екінші жағы мысты тоқ өткізгіш шинаға ілінеді және олар тігінен орналасады.

Катодтар ілінген қалпында арнайы сталяжда ванна серияларына көпірлі кранмен жеткізіледі. Ваннаға сапалы әрі қатты ілмектері бар катодтар ғана жіберіледі. Ілінгеннен кейін оларды түзеп, контактыларын ыстық конденсатпен жуады. Жүктелген катодтарды электролитпен толтырады, ол электролит циркуляциялық бактан алынады. Содан кейін циркуляцияны нормальды жылдамдыққа қойып серияларды жылытады. Тоқты қосу кезіндегі ертінді температурасы 0°C болмауы керек.

Ертінді циркуляциясы мынадай жолдармен жүреді: Ертінді циркуляционды бактан насостар арқылы жылу алмасудан өтіп катодты коллекторға, одан дегазационды бактарға беріледі. Коллектордан полиэтиленді рожкалар арқылы ваннаның қалтасына беріледі. Ваннаның төменгі бөлігінде терезе бар, ол 155 мм орналасқан.

Ертіндіні ағызу ваннаның қарсы бетінде жоғарғы ағызынды бак арқылы коллекторға барып, өз ағынымен циркуляционды бакка барады. Катод ілмектерінің арасын белгілеу үшін «ауа ертінді» шекарасында ертіндінің денгейін келтіру керек.

Катодты мысқа отыратын мыс жұқа кристаллды структуралы және беткі қабаты тығыз болуы керек. Катодты тұнбаның сапасын жақсарту үшін ертіндіге дозатор арқылы коллойдты қоспалар жібереді.

Желатинаны бір күн бұрын өлшеп жылы суға ($25-30^{\circ}\text{C}$) салып қояды (16-

20 сағ), содан кейін ерітіп ертіндіге жібереді. Ал тиомочевинаны алдымен дайындап, артынан бөлек қосады.

Процесс кезінде серияның екі жағы да жұмыс істеп тұруы керек. Анод бір партияда жұмыс істеп ілінеді, ал катод екі партияға дейін ілінеді.

Сериялар 3-4 кезенге дейін жіберіледі.

Сериялар келесі операцияларда жұмыс атқарады:

- жаңа анодты жүктеу;
- катодтарды жүктеу;
- катодты алып, ертіндіні тазалау;
- анодты тұнбаны шығару;
- ваннаны тазалау;

Тұйық от шашуды қарау үшін электрощуптар және термодинамикалық жабдықтар қолданады «ТИП-МПЗ (краска)».

Ілмектердің бір жақ беттерін сырлап қояды, себебі тұйық от шашу кезінде қызыл түстен қоңырға өзгереді.

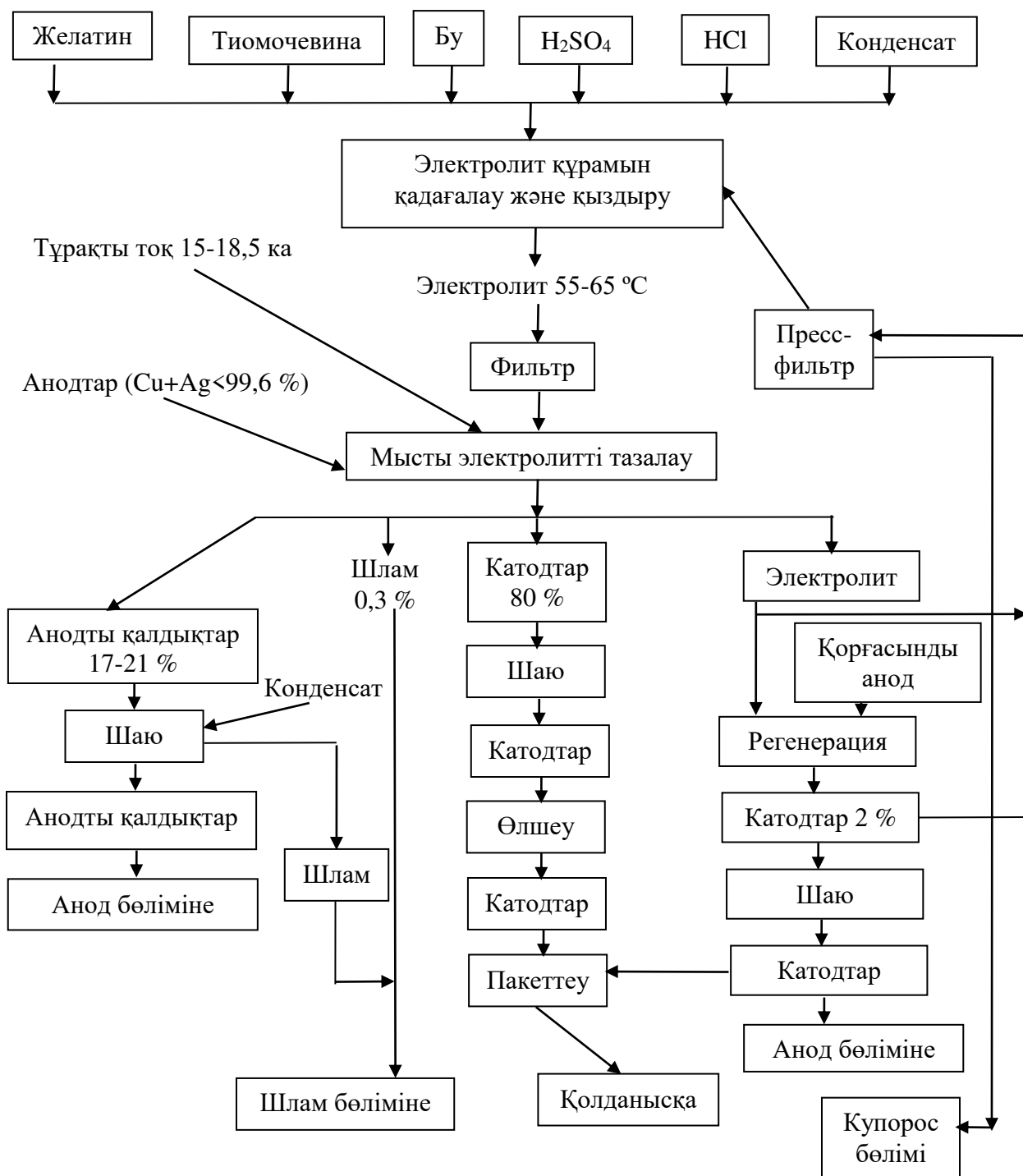
Катодты мысты ваннадан шығарғанда міндетті түрде басынан тоқ өтетін шиналардан бастайды. (серияларды өшіріп). Катодты сериядан шығару алдында ертінді аққанша жарты минут ұстап тұрады. Содан кейін катод жайғыш машиналарына береді. Катодты 600 С-та «новость» реагентімен конденсат қосып шаяды. Жуушы ертінді ($2,5-3,0 \text{ кг/см}^2$) $2,5 \cdot 10^5-3,0 \cdot 10^5$ Па қысыммен беріледі. Толық тазалау үшін катодты вагонеткаларды бумен немесе сығылған ауамен үрлейді. Жуылған катодты мыс қоймаға жеткізіліп, артынша өлшенеді. Шайылған сулар бакка жиналып, ертіндіге қолданады.

Анодты тұнбаны бороналы крапмен механикалық түрде алады және ертінді ағып болғанша ванна серияларында ұстап тұрады. Содан анодты тұнбаға үрлеуші қондырғыларға тасымалдайды, одан оны шламнан конденсат арқылы жуады. Жуғаннан қалған қалдықты анод бөліміне қайта балқытуға жібереді.

Ваннадан алынған рейкаларды жинап реттейді, қолданысқа келетіндерін қайтадан қолданысқа жіберіп, жарамсыздарын анодты пеште жағып жібереді.

Шлам арнайы қондырғылар арқылы вакууммен құбырларға беріліп, одан рессиверлерге жібереді.

Ваннаны шламнан тазалау әр сериялар алынғаннан кейін жүреді.



3 Сурет – Катодты мыстың электролитті тазалаудың принципиялдық сұлбасы

2.2 Катодтарды дайындау

Катодтарды жасау ванна серияларында жүреді. Матрицаларын титаннан жасайды. Катод беті қышқылдан таза болуы керек, әрі ешқандай сызық

түспеген күйде материалмен жабылған болуы керек. Титанды матрицаны төрт ай жұмысынан кейін жөндеуге жібереді.

Матрицаға отырғызылатын мыстарды кранмен станкаларға алып келеді, катодты негізді түсіру үшін. Матрицалы листтардан матрицаны қолмен немесе арнайы станкалармен сыпырады.

Катодты негізге келесі талаптар қойылады:

- бет 980x860 мм көлемі болу қажет;
- беттің кромкасы тегіс, жыртылмаған болу керек;
- бетте дендрид болмау керек;
- катод бетінің массасы 4-7 кг болу керек;
- бетке қатты рёбра жағылу керек;
- катодты негізден кесілген құлақшаларын полотно негізіне қадалған болу керек.

Катодты негізді дайындау автоматты тізбекте (поз. 18) жүргізеді, қалыңдығы 0,5 мм кем емес катодты негіздерге алтыға дейін қатты реберін жағады. Қалғандары (қалыңдығы 0,5 мм аз кезінде) ақауланады, анодты бөлімге балқытуға жіберіледі. Жіберілетін ақау пайызы - 7,5 %.

3 Технологиялық есептер

Жобадағы технологиялық процестің есебі келесі технологиялық корсеткіштерде жүреді:

- 1) анодты мыстың құрамы, %: 99,0 - Cu; 0,045 - Au; 0,47 - Ag; 0,049 - Se; Te – 0,016; 0,04 - Pb; 0,09 - Ni; 0,06 - As; 0,031 - Sb; 0,009 - Bi; 0,085 - Fe; 0,024 - O₂.
- 2) Анодтық скрап шығыны – 17 %;
- 3) Цехтың тәулік өнімділігі – 180 000 тонна.
- 4) Электролиз кезіндегі анодты мыс негізгі компоненттерінің үлестірілуі 3.1 кестеде келтірілген.
- 5) Электролиттегі элементтер құрамының шегі, г/л: 40 Cu, 20 Ni, 4 As, 0,7 Sb.
- 6) Түзеткіштер ретінде кремнийлі түзеткіштер қолданылады;
- 7) ванадағы тұрақты тоқ күші – 12500 А;
- 8) тоқ тығыздығы – 260 А/м²;
- 9) ваннадағы кернеулік – 0,4 В.

3.1 Кесте – Электролиз кезіндегі анодты мыс негізгі компоненттерінің үлестірілуі, %

Компонент	Cu	Au	Ag	Se	Te	Pb	Ni	As	Sb	Bi	Fe	O ₂
Ерітіндіге	1,9	-	-	-	-	8,0	92,0	25,0	7,0	52,0	70,0	-
Шламға	0,1	99,0	98,0	99,0	99,0	83,0	1,0	51	64,0	7,0	20,0	90,0
Катодқа	98	1	1,5	1	1	9	7	24	29,0	41,0	10,0	10,0

3.1 Материалдық баланстың есебі

Берілген үлестіру бойынша компоненттердің скрапқа өту мен қалдықтарды келесі формула бойынша есептейміз:

$$m_{\text{скр}} = m_{\text{ан}} \cdot \omega, \quad (3.1)$$

мұндағы $m_{\text{скр}}$ – скрап массасы, кг;

$m_{\text{ан}}$ – анодты мыс массасы, кг;

ω – анодты скрап шығыны.

Барлық есепті 1000 кг жүргіземіз. Сонда скрап массасы мынаған тең:

$$m_{\text{скр}} = 990 \cdot 0,17 = 168,3 \text{ кг.}$$

Содан скрап пен қалдыққа өткен қалған компоненттерді есептейміз.

ЖМЗ тәжірибиесінің берігендері бойынша мыстың келесі үлестірілуін скрап пен ерітінді, шлам және катодты шөгінді арасын 3.1 кестесіне сәйкес келесідей аламыз.

Көрсетілген үлестірілуді есепке ала отырып, мыс электролизінің материалдық балансын құрамыз, ол 3.2 кестесінде көрсетілген.

3.2 Кесте – Материалдық баланс

Компонент	Келгені	Өткені			
		Скрапка, қалдыққа	Шламға	Ерітіндіге	Катодқа
Cu	990,00	163,3	0,826	15,70	810,17
Au	0,45	0,076	0,370	-	0,004
Ag	4,7	0,799	3,82	-	0,058
Se	0,49	0,083	0,402	-	0,005
Te	0,16	0,027	0,131	-	0,002
Pb	0,40	0,068	0,275	0,026	0,03
Ni	0,90	0,153	0,007	0,767	0,052
As	0,60	0,102	0,254	0,124	0,120
Sb	0,31	0,052	0,165	0,018	0,075
Bi	0,09	0,015	0,005	0,039	0,030
Fe	0,85	0,14	0,142	0,497	0,007
O ₂	0,24	0,04	0,18	-	0,02
БАРЛЫҒЫ	1000	164,85	6,57	17,171	810,57

3.2 Регенерацияға енгізілетін электролит көлемінің есебі

Регенерацияға енгізілетін электролит көлемін электролиттің шектік құрамын анықтау арқылы анықтаймыз. Берілген тәжірибие негізінде өз мысалымыз үшін электролиттегі элементтердің шектік құрамын аламыз, г/л : 40 Cu, 20 Ni, 4 As, 0,7 Sb.

Процестен шығатын электролит көлемін алдыңғы қоспалар арқылы анықтайды. Материалдық баланс берілгені арқылы 1000 кг анодтан электролитке келетін қоспа мөлшерін анықтаймыз және оны 3.3 кестесінде көрсетеміз.

3.3 Кесте – Электролитке келетін қоспа мөлшері

Элементтер	Анод құрамында, кг	Электролитке өтеді, г/л	Келісілген құрам, г/л	Электролитке енгізу қажет, г
Ni	0,9	0,767	20,0	38,35
As	0,6	0,124	4,0	31
Sb	0,31	0,018	0,7	25,71
Cu	990,0	15,7	40,0	392,5

Сонымен мыстың қойылған құрамын ұстау үшін циркуляциядан регенеративті ваннадағы анодтың әрбір тоннасына 392,15 л электролитті енгізу қажет, одан никелдік купоростың өнімі үшін 38,35 л апару қажет, ал регенеративті ваннаға:

$$392,5 - 38,35 = 354,15 \text{ л.}$$

3.3 Ваннадағы кернеулік есебі

Ваннадағы кернеудің төмендеуінің негізгін құрамын электролит кедергісі құрайды, ол С. Сковронский тәсілімен есептеледі. Көрсетілген тәсілді қолдана отырып электролит құрамының келесі құрамын есептейміз, г/л: 40 Cu; 200 H₂SO₄; 20 Ni; 4 As; 2 Fe (қалған қоспаларды есептемейміз).

200 г/л H₂SO₄ құрамдағы электролит кедергісін теңдіктен азайту арқылы алуға болады:

$$R = 1,11 + 0,01 a - 0,0065 (t - 55^{\circ}\text{C}), \quad (3.2)$$

мұндағы R – кедергі, Ом·см;

a – Мыс, никель және темірдің суммарлық құрамы, г/л;

t – жұмыс температурасы, °C.

С. Сковронский формуласы арқылы электролитті құрайтын кедергі мынаған тең, %:

$$\text{Cu} \dots 100 + 0,657 \cdot 40 = 126,28$$

$$\text{Ni} \dots 100 + 0,766 \cdot 20 = 115,32$$

$$\text{As} \dots 100 + 0,0725 \cdot 4 = 100,29$$

$$\text{Fe} \dots 100 + 0,818 - 2 = 101,636$$

мұндағы Cu, Ni, As, - электролиттегі элемент (г/л) концентрациясы.

Электролиттің кедергі коэффициентін формула бойынша табамыз:

$$R_k = \frac{H_2SO_4 \% \cdot Cu \% \cdot Ni \% \cdot As \% \cdot Fe \%}{10^{10}} \quad (3.3)$$

$$R_k = \frac{81,5 \cdot 126,28 \cdot 115,32 \cdot 100,29 \cdot 101,636}{10^{10}} = 1,209.$$

Сонымен, 55 °C кезіндегі электролит кедергісі мынаған тең:

$$1,364 - 1,209 = 1,649 \text{ Ом/см}^3.$$

Осы кедергіні жеңу үшін катодты өсіру екі мерзімде жүреді деп ваннадағы кереуді есептейміз. Электрод бетінің арасындағы орташа қашықтық кезінде электролит қабатының максималды кедергісі болады. Электролиздің

материалдық баланс бойынша анодтық қалдық 18 % дейін құрайды, ал катодқа 79,958 % анодтық мыс өтеді. Сонымен, анодтық қалдық $45 \cdot 0,18 = 8,1$ мм құрайды, катодты негіздің қалыңдығы 1 мм, яғни электродтар арасындағы максималды қашықтық былайша болады,

$$(100 - 8,1) : 2 = 45,45 \text{ мм.}$$

Электролит қабатының кедергісі:

$$R_9 = 1,649 - 4,545 - 86,0 - 86,0 = 0,001013 \text{ Ом.}$$

Барлық ваннадағы электролиттің жалпы кебергісі мынаған тең:

$$R_9 = 0,0010113 : 32 : 2 = 0,00001583 \text{ Ом.}$$

12500 А тоқ күші кезінде осы кедергіні жеңу үшін керекті кернеу мынаған тең болады:

$$U = I \cdot R_{\text{жал}} = 12500 \cdot 0,00001583 = 0,198 \text{ В.}$$

Ваннадағы кернеудің төмендеуінен 55 % құрайтын шартында ваннадағы кернеудің жалпы төмендеуі тең болады:

$$U = 0,198 : 0,55 = 0,36 \text{ В.}$$

3.4 Электрэнергия шығынын есептеу

Мысты электролиттік тазалау кезінде электрэнергия шығыны келесі қатынас арқылы анықталады:

$$E = E_v + E_{\text{ш}},$$

мұндағы E – бір ваннадағы кернеудің толық төмендеуі, В;

E_v – ваннадағы кернеудің төмендеуі, В;

$E_{\text{ш}}$ – ванна шиналарындағы кернеудің төмендеуі, В;

1,186 – мыс үшін электрохимиялық эквивалент, г / (А · сағ);

B_T – тоқ бойынша шығын, %.

Электрэнергия шығынын анықтау үшін әдетте машиналық уақыт пен тоқ бойынша шығынның тәжірибиелік берілгендермен сұралады, ол тең:

$$B_T = 91-93 \%,$$

$$B_T = 94-96 \%.$$

Ваннадағы кернеудің төмендеуінің жалпы түрі келесідей анықталады:

$$E_v = E_a - E_k + E_{ш} + E_{эл}, \quad (3.4)$$

мұндағы E_a – анод потенциалы;

E_k – катод потенциалы;

$E_{эл}$ – электролиттегі кернеудің төмендеуі, онымен қоса шламда да төмендеуі;

$E_{ш}$ – контакт пен бірінші қатардың өткізгіштерінде төмендеуі.

Жалпы, ваннада кернеудің төмендеуінің негізгі бөлігінде электролитке әсер ететін электрэнергияның жоғалуы 50–70 % кернеуді құрайды.

Мысэлектролитті цехтерде шиналау үшін материал ретінде мыс және алюминийді қолданады. Алюминийді шиналар әдетте қайта өңдеу цех агрегатына дейін төсейді. Цех ішіне алюминий тұрақтылығына зиянды әсер ететін оның атмосферасын есепке ала отырып, ошиновканы мыстан жасайды. Тәжірибие берілгені бойынша ваннадағы кернеу төмендеуінен шинадағы кернеу жоғалымы 12–15 % құрайды. Жоғарыда айтылғанды есепке ала отырып, 1 т катодты мысқа электрэнергияның технологиялық шығынының анықтаймыз, егер ваннадағы кернеу 0,36 В құраса, ал шинадағы кернеудің төмендеуі шиналау кедергісін ванна есебімен 0,04 В береді. Ваннаның машиналық уақыты 91 % құрайды, ал тоқ бойынша шығым 94 %.

Көрсетілген мәндерді қойып, алатынымыз,

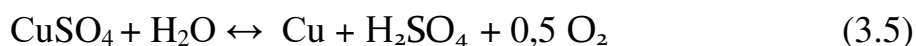
$$W = [(0,36 + 0,04) : 1,186 \cdot 0,94] 10^3 = (0,4 : 1,115)10^3 = 359 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{т}.$$

Тәжірибиеде 1 т катодты мысқа электрэнергия шығымы 320–400 кВт·сағ құрайды.

3.5 Өңделген электролит құрамының есебі

Регенеративті ваннаға 1 сағатта 0,4 м³ электролит түседі, құрамында, г/л: Cu – 40 және H₂SO₄ – 150. Өңделген электролит құрамын анықтау қажет.

Ерімейтін анод электролизі ерітіндіден мыстың бөлінуі мен күкірт қышқылының регенерациясы мына реакция бойынша жүреді:



Электролиз кезінде тоқ күші 12500 А тең, ал тоқ бойынша шығын 88 % тең. Сонда 1 сағатта бөлінетін мыс: $12500 \cdot 1,185 \cdot 1 \cdot 0,88 = 12294$ г. 1 сағатта ерітіндіге түсетін мыстың мөлшері мынаған тең $400 \cdot 402 = 16000$ г. Өңделген электролитте қалған мыс $16000 - 12294 = 3706$ г, ал электролиттегі мыстың құрамы былайша болады:

$$3706 : 400 = 9,3 \text{ г/л.}$$

Жоғарыда келтірілген реакция бойынша 63,5 г Cu-қа 98 г H₂SO₄ бөлінеді, ал $40 - 9,3 = 30,7$ г/л мысқа $30,7 \cdot 98 : 63,5 = 47,3$ г/л H₂SO₄ бөлінеді. Электролитте қышқыл мөлшері $150 + 47,3 = 197,3$ г/л құрайды.

Мыс тазалау ваннасындағы электролитке өтетін мыс артығын шектеу үшін кейбір катодкез мысты тазалау ваннасының электролитке өтетін мыс қалдығын шектеу үшін катодтағы ток бойынша анод шығымын кейбір жоғарылату нәтижесінде мыс тазалау цехында ерімейтін қорғасын-сурмалы анод электролит регенерациясын ваннаға қондырады. Мұндай ванналарда ерітінді анодпен қосылады және күкірт қышқылымен байытылады.

Регенерация ваннасындағы суммарлық процестің реакциясы (3.5) формуласы бойынша сипатталады:

$$m_{\text{изб}} = I \cdot \tau \cdot k_3(\text{Cu}) \cdot V_{\text{т}} \cdot n\omega(\text{Cu}) \quad (3.6)$$

мұндағы I – ток күші, А;

τ – уақыт, сағат;

n – ванна мөлшері, дана;

$\omega(\text{Cu})$ – 2 % тең катодқа тұнған мыстағы тазалау ваннасы анодынан ерітілген мыс массасын жоғарылату.

Тазалау ваннасында тәулік ішінде электролитке өткен мыстың артық массасын анықтаймыз:

$$m_{\text{изб}}(\text{Cu}) = 12,5 \cdot 24 \cdot 1,185 \cdot 0,94 \cdot 1800 \cdot 0,02 = 12000 \text{ кг.}$$

Бір ванна регенерациясын бір тәулікте шығарылған мыс массасын анықтаймыз:

$$m(\text{Cu})_{\text{в}} = I \cdot \tau \cdot k_3(\text{Cu}) \cdot V_{\text{т}} = 12,5 \cdot 24 \cdot 1,185 \cdot 0,94 = 335 \text{ кг.}$$

3.6 Электролиз ваннасының жылу баланс есебі

Өзіміз есептеген ванна көлемі (метрде: ұзындығы – 3,55; ені – 1,02; тереңдігі – 1,25 электролитпен толмаған бөлігін есепке алағанда); шеткі қабырғасының қалыңдығы – 90 мм, бүйір – 190 мм және ванна түбі – 100 мм.

Электролит температурасы 55 °С. Ваннадан өтетін ток күші 12500 А..

Әрбір жоғалым көзі үшін ваннамен жоғалған жылуды бөлек есептейміз:

3.7 Буланған сумен жоғалған жылу

Ванна беті $3,7 \cdot 1,01 = 3,74$ м тең. Анод $0,855$ м ені мен $0,0377$ м қалыңдықта болады. 32 анод игерген айна аймағы:

$$S_a = 32 \cdot 0,855 \cdot 0,0377 = 0,999 \text{ м}^2.$$

Катодтың $0,62$ мм қалыңдығы мен $0,5$ м ені бар. 33 катод игерген аймақ:

$$S_k = 33 \cdot 0,9 \cdot 0,00062 = 0,0178 \text{ м}.$$

Электродтар алатын жалпы аймақ:

$$S_{\text{жалпы}} = S_a + S_k = 0,99 + 0,0178 = 1,017 \text{ м}^2.$$

Ваннадағы электролиттің бос беті:

$$S_{\text{бос}} = 3,74 - 1,017 = 2,72 \text{ м}^2.$$

55°C температура кезінде 1 м^2 бетімен буланатын су көлемі $1,45$ кг деп алуға болады. Сонда ванна бетінен буланады:

$$2,72 \cdot 1,45 = 3,94 \text{ кг су}.$$

1 кг су булануы үшін 55°C кезінде:

$$618 - 55 = 563 \text{ кал және } 563 \cdot 4,186 = 2356,7 \text{ Дж},$$

Сонымен электролит булануынан бір ванна жоғалтатын су:

$$563 \cdot 3,94 = (2215 \text{ кал}) = 9272 \text{ Дж}$$

3.8 Конвекция мен сәуле шашу кезіндегі ванна айнасымен жылудың жоғалымы

Фурье формуласын қолданып осы жоғалымды есептейміз:

$$Q = K (t_1 - t_2) F, \quad (3.7)$$

мұндағы F – жылу беретін бет, м^2 ;
 $t_1 - t_2$ – электролит температурасы мен қоршаған ауа айырмашылықтары;
 K – жылуберу коэффициенті, $\text{Дж} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$.

Жылу беру коэффициенті C . Больцман формуласы бойынша анықталады:

$$K = \alpha_{\text{сәу}} + \alpha_{\text{конв}} = C [(T_1:100)^4 - (T_2:100)^4] : [T_1 - T_2] + 2,2^4 t_1 t_2 \quad (3.8)$$

мұндағы C – 3,2 электролит айнасына тең коэффициенті.

Цех температурасын 20°C тең деп алған кезде:

$$T_1 = 273 + 55 = 328^\circ\text{C},$$

$$T_2 = 273 + 20 = 293^\circ\text{C}.$$

$$K = 3 \cdot 2 [(328:100)^4 - (293:100)^4] : [328 - 293] + 2,2^4 \cdot 55 - 20 = 3,84 + 5,3 = 9,19 \text{ кал} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$$

$$\text{және } 9,19 \cdot 4,186 = 38,47 \text{ Дж} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$$

Сонда:

$$Q = 9,19(55 - 20) \cdot 2,72 = 9,19 \cdot 35 \cdot 2,72 = 875 \text{ кал} / \text{сағ} = 3662,75 \text{ Дж} / \text{сағ}.$$

Ванна айнасымен жоғалған жылуды есебінен басқа айтатын жағдай электролит арқылы шығатын электрод бөлшегінің кейбір қосымша орны бар. Есепті дәлдіктеу үшін жеткілікті берілгендердің жоқтығынан оларды есепке алмаймыз, сонымен қатар олар артығымен алынған жылу шығыны бабымен қайтарылады.

3.9 Ванна бетімен жоғалған жылу

Шығынның бұл бабы Фурье формуласы арқылы анықталады, бірақ мұнда K басқа мағына береді:

$$K = 1 : [(1:\beta) + (\delta:\lambda)] \text{ кал} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2, \quad (3.9)$$

мұндағы $\beta = \alpha_{\text{сәу}} + \alpha_{\text{конв}} = C[(T_1:100)^4 - (T_2:100)^4] : [T_1 - T_2] + 2,2^4 t_1 t_2$ (ішкі қабырға температурасын 30°C тең деп аламыз, $C = 4,0$ бірге);

δ – ванна қабырғаларының қалыңдығы;

λ – 10 см қалыңдықтағы темірбетонды қабырға үшін 1,2 тең.

Ішкі қабырға температурасы 35°C – 308 K:

$$\beta = 4 \cdot [(308:100)^4 - (293:100)^4] : (308 - 293) + 2,2^4 \cdot 35 - 20 = 4,4 + 4,33 = 8,73.$$

Шеткі қабырға үшін:

$$K = 1 : (1:8,73 + 0,09:1,2) = 1 : (0,1145 + 0,075) = 5,265 \text{ кал} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2 = 22,03 \text{ Дж} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2.$$

Бүйір қабырғасы үшін:

$$K = 1:(1:8,73 + 0,1:1,2) = 19,5 \text{ Дж} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2 = (4,66 \text{ кал} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2) = 19,5 \text{ Дж} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2.$$

Түбі үшін:

$$K = 1:(1:8,73 + 0,1:1,2) = 21,1 \text{ Дж} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2 = 5,05 \text{ кал} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2 = 21,1 \text{ Дж} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2.$$

Шеткі қабырға беті:

$$S_1 = (1,25 \cdot 1,26)^2 = 3,15 \text{ м}^2.$$

Бүйір қабырға беті:

$$S_2 = (3,88 \cdot 1,26)^2 = 9,78 \text{ м}^2.$$

Ванна түбі беті:

$$S_3 = 3,88 \cdot 1,25 = 4,85 \text{ м}^2.$$

Шеткі қабырғасымен жылу жоғалымы:

$$Q_1 = 5265 \cdot (35 - 20) \cdot 9,78 = (249 \text{ кал} / \text{сағ}) = 1042,3 \text{ Дж} / \text{сағ}.$$

Бүйір қабырғасымен жылу жоғалымы:

$$Q_2 = 4,66 \cdot (35 - 20) \cdot 9,78 = (684 \text{ кал} / \text{сағ}) = 2863,2 \text{ Дж} / \text{сағ}.$$

Ванна түбімен жылу жоғалымы:

$$Q_3 = 5,05 \cdot (35 - 25) \cdot 4,85 = (325,5 \text{ кал} / \text{сағ}) = 1362,5 \text{ Дж} / \text{сағ}.$$

Ванна қабырғасы мен оның түбімен жалпы жылу жоғалымы:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3;$$
$$Q = 249 + 684 + 325,5 = (1258,5 \text{ кал} / \text{сағ}) = 5268,1 \text{ Дж} / \text{сағ}.$$

Ваннамен жалпы жылу жоғалымы:

$$Q = 2215 + 875 + 1258,5 = (4348,5 \text{ кал} / \text{сағ}) = 18202,5 \text{ Дж} / \text{сағ}.$$

Бұл есеп ваннаның орналасу ерекшелігіне байланысты запасымен алынған. Қабырғасын жалғау жылу шығынын азайтады.

Енді ваннадағы тоқпен бөлінетін жылу көлемін анықтаймыз. Джоуль-Ленц заңы бойынша:

$$Q = 0,239 \cdot I^2 R t, \quad (3.10)$$

мұндағы I – тоқ күші, А;

R – Электролит пен шламның кедергісі, Ом;

t – уақыт, сек.

Біздің жағдайда ваннада бір сағат уақыт аралығында бөлінгені:

$$Q = (0,293 \cdot 10000^2 \cdot 0,000013235 \cdot 3600) : 1000 = (1138 \text{ кал/сағ}) = 4763,6 \text{ Дж/сағ.}$$

55 °С дейін бір ваннада электролитті қыздыру үшін $4348,5 - 1138 = 3210,5$ кал/сағ шығындау керек, ал барлық ванна үшін:

$$1260 \cdot 3210,5 = (4045000 \text{ кал/сағ}) = 16932370 \text{ Дж/сағ.}$$

Бу шығынын анықтау үшін құбырдағы жылу жоғалымын есептеу керек.

Электролиттің ваннадағы көлемі $3,162 \text{ м}^3$, ваннада электролитті ауыстыру уақыты 3 сағат. Электролиттің ваннадағы жалпы көлемі $V = 1260 \cdot 3,162 = 3980 \text{ м}^3$. Бір сағатта 3 құбырмен $3980 : 3 = 1330 \text{ м}^3$ өтеді. Ваннадан жылытқышқа дейінгі баратын және қайтқан кездегі температураның төмендеуін бір градусқа тең және бірдей деп аламыз. Электролит тығыздығы 1,25, ал жылу сыйымдылығы – 0,82 тең. Осы мәліметтерді қолдана отырырып, құбырлардағы жылу жоғалымын табамыз:

$$q = 1330000 \cdot 1,25 \cdot 0,82 \cdot 2 = (2672000 \text{ кал/сағ}) = 11184992 \text{ Дж/сағ.}$$

Электролит жылытқыштарына қажетті жылу мөлшері мынаған тең болады:

$$Q = 4045000 + 2672000 = (6717000 \text{ кал/сағ}) = 28117362 \text{ Дж/сағ.}$$

Буды жылыту үшін 2,6 атм. қысымда және М 9,9 кал жылу құрамымен аламыз. При температуре конденсаттың 90 °С температурасы кезінде, жылытқыштан жылуды 1 кг буды береді:

$$q = 649,0 - 90 = (559,9 \text{ кал}) = 2347,7 \text{ Дж.}$$

Барлық электролитті жылыту үшін бір сағат ішіндегі бу массасы тең:

$$m_n = 6717000 : 559,9 = 12000 \text{ кг.}$$

Тәуліктегі бу шығыны тең болады:

$$m_{\text{мәу}} = 12000 \cdot 24 = 288000 \text{ кг.}$$

1 тонна катодты мыстың бу шығыны:

$$288000:333,3 = 865 \text{ кг,}$$

Бұл тәжірибиелік мәліметтерге сәйкесінше жақын. Жылу балансы келесі 3.4 кестеде көрсетілген.

3.4 Кесте – Жылу балансы

Келген жылу			Жылу шығыны		
Баланс бабы	кДж	%	Баланс бабы	кДж	%
1.Шлам,электролит және электрод кедергісі есебімен келген жылу	4,783	0,01	1.Судың булануымен жоғалатын жылу	9,3	0,03
			2. Ванна айнасы жоғалған жылу	3,7	0,01
2. электролит жылытқышы есебімен келген жылу	28117,34	99,9	3. Ваннамен жоғалған жылу	16950,6	60,3
Барлығы	28122,2	100	4. Құбырмен жүрген жоғалған жылу	11185,0	39,8
			5. Сәйкеспеушілік	-26,0	0,9
			Барлығы	28122,2	101,2

3.10 Кремнийлі түзеткіштер мен ванна санының есебі

Мыс массасының шөгуі үшін суммарлық тоқ күшін формула бойынша цехтың тәуліктік өнімділігіне сәйкес анықтаймыз:

$$nI = \frac{Q_{\text{сут}}}{\tau \cdot k_y (Cu) \cdot \kappa \cdot \hat{A} \delta} ; \quad (3.11)$$

мұндағы $Q_{\text{сут}}$ – цехтың тәуліктік өнімділігі, т;

τ – шөгу ұзақтығы, сағ;

$k_y (Cu)$ – мыстың электрохимиялық эквивалент, г/(А·сағ);

κ – машиналық уақытты есептейтін коэффициент;

I – Ток күші, А;

n – Ванна саны, дана;

B_t – Ток бойынша шығын, % немесе бірлік үлесі;

Электрохимиялық эквивалент формула бойынша анықталады:

$$K_y (Cu) = \frac{Ar(Cu)}{z \cdot F} ; \quad (3.12)$$

мұндағы $A_r(\text{Cu})$ – мыстың салыстырмалы атомдық массасы, г;
 Z – валенттілік;
 F – Фарадея тұрақтысы, 96500 А·с немесе 26,8 А·сағ.

$$k_3(\text{Cu}) = \frac{63,54}{2 \cdot 26,8} = 1,185 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{сағ}),$$

сонда

$$nI = (548 \cdot 10^6) : (24 \cdot 1,185 \cdot 0,91 \cdot 0,94) = 22,5 \cdot 10^6 \text{ А}.$$

Электролитті заводтарда түзеткіш ретінде 12500 А тұрақты тоқ күшін қамтамасыз ететін және 300 В кернеуі бар кремнийлі түзеткіштер қолданылады.

Ваннаға тоқ күшін 12500 А дейміз, яғни ваннаны ретімен қосу кезіндегі бір түзеткіш. Цехтағы қажетті ванна саны анықталады:

$$n = nI/I = (2 \cdot 2500000) : 12500 = 1800 \text{ ванна}.$$

ЖМЗ тәжірибие мәліметтері бойынша ванна кернеулігін 0,4 В деп аламыз. Шынжырдағы қажетті кернеуді формула бойынша анықтаймыз:

$$U_p = n - U_B \cdot 1,15, \quad (3.13)$$

мұндағы U_p – ретімен қосылған 1800 ваннадағы кернеу, В;
 n – ванна саны, дана;
 U_B – бір ваннадағы кернеу, В;
 1,15 – шинаөткізгіштерде, тоқөткізгіштерде, қалқада және т.б. кернеу жоғалымын есептейтін коэффициент. (10-15 %).

Ваннадағы кернеуді 0,4 В деп алып, табамыз:

$$U_p = 1800 \cdot 0,4 \cdot 1,15 = 830 \text{ В}$$

Сөйтіп кремнийлі түзеткіштердің техникалық сипаттамасынан шыға отырып, осындай өнімділіктегі цехке 12500 А тоқ күшіндегі және 300 В кернеулі үш кремнийлі түзеткіштерді орнату қажет.

Ванна сериясының санын формула бойынша анықтаймыз:

$$n_{\text{скр}} = U_{\text{ж}} : U_{\text{түзет}} \quad (3.14)$$

мұндағы $U_{\text{ж}}$ – ваннадағы жұмыс кернеуі, В;
 $U_{\text{түз}} – түзеткіш кернеуі, В;$

$$n_{\text{сер}} = 830 : 300 = 3$$

Әрбір сериядағы ванна санын анықтаймыз, дана:

$$1800 : 3 = 600.$$

Әрбір 600 ванна үшін бір кремнийлі түзеткіштер қызмет етеді, яғни олардың саны 3 дана.

3.11 Электролиз ваннасының өлшемі мен катод мөлшерінің есебі

Бір ваннадағы катодтың жалпы аймағы тоқ күші мен тоқтың тура тығыздығы арқылы анықталады. Қазіргі уақытта ЖМЗ тоқ тығыздығы таврлық серияларда 260 А/м^2 тең. Сонда 12500 А тоқ тығыздығы кезінде ваннаның катодты бетінің аумағы:

$$S = 12500 : 260 = 48 \text{ м}^2.$$

ЖМЗ катодты полотна мынаған тең: $a = 860 \text{ мм}$ (ұзындығы), $b = 860 \text{ мм}$ (ені).

Ваннадағы катодтар саны анодтар санына қарағанда бірге көп және шеткі катодтар тек бір жағында ғана жұмыс жасағандықтан, барлық катодтың жалпы аумағы мынаған тең болды:

$$S = 2ab(n - 1) \quad (3.15)$$

мұндағы ab – катодты полотна көлемі;

n – катод саны;

S – жалпы аймағы;

Осыдан ваннадағы катод саны тең болады:

$$n = F : (2ab) + 1 = 48 : (2 - 0,86 - 0,86) + 1 = 32 + 1 = 33.$$

Анод саны тең болады:

$$n - 1 = 33 - 1 = 32.$$

Ваннаның ішкі көлемі (ұзындығы L , ені B и тереңдігі V) технологиялық талаптардан шыға отырып, конструктивтік пайымдау, анод көлемі мен катодтық полотна, катод санымен анықталады.

Анод қалыңдығы 45 мм , катод қалыңдығы 12 мм деп аламыз. Аттас электродтар арасын L центрі бойынша 100 мм тең деп аламыз. Ваннаның ішкі бетінен катодтың шеткі бетіне дейін саңылауларды 200 және 150 мм тең деп аламыз. Бұл жағдайдағы ванна ұзындығы мынаған тең болады:

$$100(n - 1) + 200 + 150 = (33 - 1)100 + 350 = 3550 \text{ мм}.$$

Б ванна енін катод ені (860мм) және катод пен ваннаның ішкі беті арасындағы саңылау 80-2 теңдігінен анықтаймыз. Сонымен:

$$Б = 860 + 160 = 1020 \text{ мм.}$$

Ванна тереңдігі түбінен катод полотнасына дейінгі қашықтық 250 мм және электролит бетінен ванна өрнеуіне дейін 50 мм және полотно ұзындығы 860 мм тең болады:

$$В = 860 + 50 + 250 = 1160 \text{ мм.}$$

Шламның көп шығыны кезінде оны 1250 мм дейін көбейтеді.

3.12 Матрицалық ванна мен катод мөлшерінің есебі

Жылына катодты мыстың 200 мың тонна цех өнімділігі кезінде матрицалық ваннасының көлемі мен катод мөлшерін есептеу қажет. Катодтың көлемі 860x860 мм. Анодтың көлемі 820x820 мм.

Мыстың $8,5 \text{ т/м}^3$ тығыздығы кезіндегі бір анодтың массасы, құлақшаларын есептемегенде мынаған тең:

$$0,860 \cdot 0,860 \cdot 0,045 \cdot 8,5 = 283 \text{ кг.}$$

Материалдық балансына сәйкес катодтан анодқа 79,958 % немесе $283 \cdot 0,79958 = 226,28 \text{ кг}$ мыс өтеді.

200 мың тонна катодты мыс өндірісі үшін анодты өңдеу қажет:

$$200000:0,22628 = 883856 \text{ дана.}$$

260 А/м^2 тоқ тығыздығы мен 94% тоқ шығымы кезінде катодта тәулігіне мыс жабысады:

$$1,186 \cdot 0,94 \cdot 260 \cdot 20,86 \cdot 24 = 11965,4 \text{ г} = 11,965 \text{ кг.}$$

Анод еру ұзақтығы тең болады:

$$226,28:11,965 = 18,9 \text{ тәул.,}$$

Катодты екі рет өсіру кезінде катодты өсіру мерзімі мынаны құрайды:

$$19:2 = 9,5 \text{ тәул.,}$$

ал катод саны құрайды:

$883856 \cdot 2 = 1767712$ дана жылына, немесе $1767712 : 365 : 24 = 202$ катод жылына, орташа масса кезінде $226,28 : 2 = 113,14$ кг.

Матрицалық сериялар тәулігіне $202 \cdot 24 = 4848$ шт. товарлық сериялардың негізін ілу үшін беру керек. Одан басқа, осы негіз мөлшерінің 10 % шамасын құлақша мен ақаулар қаптау үшін алу қажет.

Негіздің 1 мм қалыңдығында және 860×860 мм көлемінде мыс тығыздығы $8,8$ г/см жағдайында бір негіздің массасы тең болады:

$$0,860 \cdot 0,860 \cdot 0,001 \cdot 8,8 = 6,5 \text{ кг.}$$

Матрицалық серия тәулігіне мыстың мынандай көлемін бөлу керек:

$$1,1 \cdot 4848 \cdot 6,5 = 34663 \text{ кг.}$$

Матрицалық мыс өндірісі үшін товарлық катодқа қолданылатын ванна дәл осыған қолданады деп аламыз, тоқ тығыздығы 200 А/м^2 , ал тоқ бойынша шығын 96 % құрайды. Бұл жағдайда тәуліктік өнімділігі тең болады:

$$Q_{\text{тәул}} = 1,186 \cdot 200 \cdot 32 \cdot 0,860 \cdot 0,860 \cdot 0,96 \cdot 24 = 134,7 \text{ кг,}$$

ал матрицалық ванналардың мөлшері былайша болады:

$$n = 34663 : 134,7 : 0,93 = 277 \text{ дана,}$$

мұндағы 0,93 – матрицалық шектегі ваннаның машиналық уақыты.

3.13 Регенеративті ванна мөлшерінің есебі

Регенерация ваннасының қажетті үлесі мынаны құрайды:

$$N_{\text{рег}} = m_{\text{арт}}(\text{Cu}) : m(\text{Cu})_{\text{в}} = 12000 : 335 = 36 \text{ дана.}$$

Регенерация ваннасының мөлшері цехтағы жалпы ванна мөлшерінен әдетте аз көлемін құрайды, себебі электролиттің бір бөлшегі циркуляциядан никель тұзы (NiSO_4) мен мыс (CuSO_4) алу үшін, сонымен қатар қоспаларды жою үшін енгізіледі.

3.14 Басқа қосымша жабдықтың сипаттамасы

Қосымша жабдықтың сипаттамасы 3.5 кестесінде келтірілген.

3.5 Кесте – Қосымша жабдықтың сипаттамасы

Жабдық типінің аталуы, марка	Негізгі сипаттама (көлемі)
Запастағы бак	Көлемі 63 м ³ , диаметрі 400 мм, биіктігі 6000 мм
Циркуляционды бак	Көлемі 20 м ³ , диаметрі 3000 мм, биіктігі 2800 мм
Жылуалмастырғыш 800 ТКГ-П-6-10-МТ20	Көлемі 46 м ³ 38-2-2
Конденсатқа арналған бак	Көлемі 20 м ³ , диаметрі 3000 мм, биіктігі 2800 мм
Шайынды суға арналған бак	Көлемі 20 м ³ , диаметрі 3000 мм, биіктігі 2800 мм
Катод жуғыш машина	Ұзындығы 20500 мм, өніділігі 750 кат/сағ
Катодты вагонетка (П 963)	Самағы 760 кг
Қышқылданған конденсат багі	Көлемі 20 м ³ , диаметрі 3000 мм, биіктігі 2800 мм
Зумпф	Көлемі 25 м ³ , диаметрі 3000 мм, биіктігі 3000 мм
Ресивер	Көлемі 25 м ³ , диаметрі 3000 мм, биіктігі 3000 мм
Күкірт қышқылы багі	Көлемі 10м ³ , диаметрі 2000 мм, биіктігі 2000 мм
Анодты вагонетка (П 964)	Салмағы 2200 кг
Мосттық кран	Жүккөтергіштігі 10 т
Аккумуляторлық электровоз (АМ-8Д)	Салмағы 9 т
Аккумуляторлық электровоз	Салмағы 2700 кг
Қорғасынды анод балқымасы үшін пеш	Ковш көлемі 0,7 м ³
Мысты «Оутокумпу» фирмасының автоматты пакеттеу сызығы	-
«Оутокумпу» фирмасының құлақшасын кесу станогі	-
«Оутокумпу» фирмасының катодты негіздерді автоматты дайындау сызығы	-
Катодты штангты тазалау мен дұрыстау құрылғысы	-
Клепальный станок	-
Шығатын беттерінің сыдыру с станогі	-
Каллоидты қоспа дозаторы	-
Патронды фильтр ПТЖ-20-ЗК-12	Өнімділігі 20 м ³
Пресс-фильтр РЗМ-100-1К-001	Өнімділігі 40 м ³
Пресс-фильтр СМ-40	Өнімділігі 20 м ³

3.15 Анодты мысты электролитті тазалау нәтижесі

Осы жоба бойынша анодты мысты электролитті тазалау нәтижесі 3.6 кестесінде келтірілген.

3.6 Кесте – Анодты мысты электролитті тазалау нәтижесі

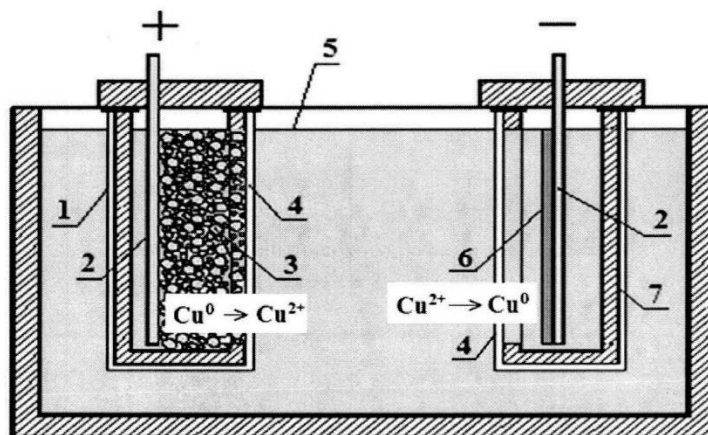
Көрсеткіш атауы	Технологиялық режим нормасы	
	тауарлық серия	матрицалық серия
Электролиттегі массалық үлес:		
- мыс, г/л	40 – 60	35 - 50
- бос күкірт қышқылы, г/л	130 - 200	90 - 135
- мышьяк, г/л, артық емес	20	20
- хлор-ион, мг/л	30 – 70	10-50
Сериядағы анод массасы, т	227-236	227-236
Желатин массасы (немесе столярлық клей), кг	60-110 г/т катодты мыс есебінен	
Тиомочевина, кг	70-120 г/т катодты мыс есебінен	
Су температурасы, °С:		
- желатин салған кезіндегі	25-30	25-30
- оның еруі кезінде	50-60	50-60
Электролит жылдамдығы, л/мин	12-20	12-20
Электролит температурасы, °С	55-65	55-65
Бу температурасы, °С	150-200	150-200
Бу қысымы, кгс/см:		
-кіріс;	10(х10 ⁵ Па)	
-шығыс;	4(х10 ⁵ Па)	
Бу шығыны,	20	20
Сериядағы кернеу, В:		
- тоқ күші 12500-13200 А тоқ кезінде	7-12	7-12
-тоқ күші 13200-14500 А кезінде	7,3-13,0	7,3-13,0
- тоқ күші 24500-15500 А кезінде	7,5-13,5	7,5-13,5
Регенеративных ваннадағы кернеу, В	2-5	
Регенеративті ваннадағы жылдамдық л/мин	24-40	
Жуғыш ерітінді температурасы, °С, кем емес	60	
Жуғыш ерітіндідегі массалық үлес, г/л		
- мыс, артық емес	2	
- күкірт қышқылы, артық емес	10	
Жуғыш ерітіндідегі БАЗ («Новость» және т.б.) массасы, кг	0,0038 г/т катодты мыс есебінен	
Титан матрицасының геометриялық көлемі, мм	-	1180x880
Катод негіздің геометриялық массасы, мм	-	980x860
Катодты негіз қалыңдығы, мм	-	0,5-1,0
1 бет массасы, кг	-	4-7

3.16 Мысты электролиттік тазарту процесін жетілдіру

Соңғы уақытта жаңа бағыт - түйіршікті материалдардың электролизі дамуда. Бұл әдіс құрамында 2% - ға дейін қоспалары бар мысты тазартуға мүмкіндік береді.

Онда мыс анодының пайда болуы және катодты мыстың тұндыруымен күкірт қышқылы ерітіндісінде анодтың электролиттік еруі: 0,5-20,0 мм мыс түйіршіктерінен сусымалы (насыпной) анодты қалыптастырады.

Түйіршікті материал дамыған реакциялық бетке ие, бұл төмен ток тығыздығы ($50,0-100,0 \text{ А/м}^2$) кезінде электролиз жүргізуге мүмкіндік береді. Ток тығыздығы $50,0 \text{ А/м}^2$ - ден төмен болған кезде электролиз ұзақтығы артады, себебі процесс жылдамдығы баяулайды, ал $100,0 \text{ А/м}^2$ -ден жоғары болғанда ұсақ бөлшектердің катодқа катафоретикалық ауысуы және металл сапасының нашарлауы байқалады.



- 1 – анодтық камера; 2 – токөткізгіш; 3 – түйіршіктелген мыс; 4 – сүзгіш мата;
5 – электролит деңгейі; 6 – катодты мыс ұнтағы; 7 – катод камерасы

4 Сурет – Электролиттік ұяшықтың схемалық сұлбасы

Артықшылығы - электролиз процесін түйіршіктердің дамыған реакциялық бетіне байланысты төмен анодтық ток тығыздығымен жүргізу мүмкіндігі болып табылады. Дамыған реакциялық аймақтың арқасында электролиз өнімділігі артады. Бұл электролиздің тиімділігі мен металдың сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар бұл тәсіл операциялар санын қысқартады (анодтарды құю, матрицадан ықшам катодтық тұнбаны алу), құйылған анодтардың электролизімен салыстырғанда ең жақсы көрсеткіштерге қол жеткізіледі, анод қалдықтары түрінде айналым материалдарының түзілуін болдырмауға, электролиз ванналары алып жатқан өнеркәсіптік ауданды қысқартуға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жоба бойынша мыс өндірісінің электролизі кезінде технологияны жетілдіру мақсатында ұсынылған тәсіл мыс алу үрдісінің бірден-бір тиімді екені толығымен көрсетілді. Осы нәтижесінде (жылына 180 000 тонна катодты мыс құрайтын) маркасы МООК 99,95 катодты мыс алынды.

Өндірістік технологиялық есептері бойынша ваннадағы тұрақты тоқ күші 12500 А-ға жетті, сонымен қатар тоқ тығыздығы 260 А/м^2 ал ваннадағы кернеулік 0,4 В шамасында болды.

Технологиялық көрсеткіш бойынша ванналар саны 1800 құрады, оның ішінде 36 регенерациялық ванна, матрицалық ванналар саны 277 дана. Келтірілген өнімділік көрсеткішіндей көлемдегі катодты өңдеу үшін 883856 дана анод өңдеу қажет.

Технологияны жетілдіру және соңғы ғылыми жетістіктер мен ұсынылған жаңа катодты мыс алудың электролитті практикасына сәйкес келетін ААҚ «Қазақмыс» корпорациясы жағдайында электролиз бөлімін жобалауды өңдеу тоқөткізгіш ретінде үш металл мыс-титан-мыстан орындалған үрдіс өнімділігі келтірілгендей нәтиже берді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Козлов В.А. и др. Рафинирование меди,-М., Металлургия, 1992.
- 2 Технологическая инструкция ЖМЗ «Корпорации Казахмыс» цеха электролиза меди, 2008 г.
- 3 Исаков В.Т. Электролиз меди – М.: Металлургия, –1970 г.
- 4 Андрющенко Ф.К. и др. Теоретическая электрохимия. - Киев: Высшая школа, 1979 г.
- 5 Гудима Н.В. и др. Технологические расчеты в металлургии тяжелых цветных металлов. - М.: Металлургия, 1977 г.
- 6 Меркулова В.П. Методические указания к выполнению раздела "Охрана труда и окружающей среды" в дипломном проекте-Алматы; КазНТУ, 1999г
- 7 Шокобаев Т. Микроэкономика промышленности. - Алматы: 1999 г.
- 8Сажин Ю.Г., Романтеев Ю.П. Дипломное проектирование.- Алматы: КазНТУ, 1999 г.
- 9 Козлов В.А. и др. Рафинирование меди, М., Металлургия, 1992.
- 10 Ю.В Баймаков, А.И Журин "Электролиз в гидрометаллургии - М.: Металлургия, 1977 г.
- 11 Д.М Чижиков "Металлургия тяжелых цветных металлов"- М.: Москва, 1948 г.
- 12 www.ru.Google. Цена на медь (график изменения цен цветных металлов) 15.05.2009 год.

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: Әбікенова Гүлсая Алматқызы

Название: Мысты электролиттік тазарту технологиясы

Координатор:Гульнар Молдабаева

Коэффициент подобия 1:0.3

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:75

Интервалы:9

Микропробелы:2

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

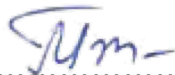
- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении 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:

.....

03.06.2021 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: Әбікенова Гүлсая Алматқызы

Название: Мысты электролиттік тазарту технологиясы

Координатор: Гульнар Молдабаева

Коэффициент подобия 1:0.3

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:75

Интервалы:9

Микропробелы:2

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:

.....

.....

.....

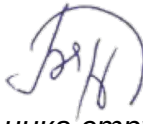
.....

.....

.....

.....

Дата

 Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

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

.....

.....

Дата

 Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения