

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

Үркімбай Гаухар Әділханқызы

«Қазмырыш» ЖШС жағдайында мырыш сульфаты ерітінділерінен мырышты
электротұндыру

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070900 – Металлургия

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі,
техн. ғыл. канд.

М.Б. Барменшинова
« 15 » 05 2019 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Қазмырыш» ЖШС жағдайында мырыш сульфаты
ерітінділерінен мырышты электротұндыру»

5B070900 – Металлургия

Орындаған

Үркімбаев Г.Ә.

Ғылыми жетекші,
техн. ғыл. канд.,
сеңior-лектор

Бошкаева Л.Т.
« 15 » 11 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

5В070900 – Металлургия



**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Үркімбай Гаухар Әділханқызы

Тақырыбы: «Қазмырыш» ЖШС жағдайында мырыш сульфаты ерітінділерінен мырышты электротүндыру»

Университет Ректорының «8» қазандағы 2018 ж. №1113-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы «21» мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Өндірістік жағдайдағы шикізаттар мен материалдардың құрамдары, шығын коэффициенті, тәжірибелік көрсеткіштер

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Процестің теориялық негіздерін зерттеу

б) Технологиялық шешімдер, технологиялық есептеулер

в) Еңбек қорғау және қауіпсіздік техникасы бойынша сұрақтар

г) Жобаның экономикалық тиімділігін анықтау

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдарының слайдта көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 14 атаудан тұрады

Дипломдық жоба дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	ылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Әдебиетке шолу	14.01.2019 – 03.02.2019	
Технологиялық шешімдер	04.02.2019 – 28.02.2019	
Технологиялық есептеулер	01.03.2019 – 24.03.2019	
Экономикалық бөлім	25.03.2019 – 14.04.2019	
Еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы	15.04.2019 – 24.04.2019	
Қорытынды	06.05.2019 – 10.05.2019	

Дипломдық 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
Экономика бөлімі	Л.Т. Бошкаева, техн. ғыл. канд., сениор-лектор	16.04.19ж	
Еңбек қорғау бөлімі	Л.Т. Бошкаева, техн. ғыл. канд., сениор-лектор	24.04.19ж	
Норма бақылау	Г.М. Қойшина, PhD, лектор	16.04.2019	

Ғылыми жетекші: Бошкаева Ляйля Турсуновна

Тапсырманы орындауға
алған білім алушы: Үркімбай Гаухар Әділханқызы

Күні «14» қаңтар 2019 ж.

АҢДАТПА

Жобада «Қазмырыш» ЖШС жағдайында мырыш сульфаты ерітінділерінен мырышты электротұндыру цехының жұмысы қарастырылған. Мырышты электротұндыру процесінің теориялық негіздері зерттелді. Процестің тәжірибесі, өндірістің ерекшеліктері, процеске әсер ететін факторлар талданып, соңғы кездегі патенттік зерттеулерге шолу жасалды.

Сонымен қатар технологиялық есептеулер, оның ішінде, негізгі жабдықтың есебі, материалдық баланс есебі, кернеу баланс есебі, жылулық баланс есебі орындалды. Жобаның экономикалық тиімділігін анықтау үшін сәйкес есептеулер жүргізілді. Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімінде цехтағы негізгі қауіпті және зиянды факторлар анықталып, тиісті заңдарға сәйкес олармен күресу жолдары көрсетілді.

Жобаның басты жаңалығы мырыш электролиз процесіне қолданылатын анод және катодтардың материалын өзгерту арқылы процестің техника-экономикалық көрсеткіштерін арттыру болып саналады.

АННОТАЦИЯ

Проектом предусмотрена работа цеха электроосаждение цинка из растворов сульфата цинка в условиях ТОО «Казцинк». Изучены теоретические основы процесса электроосаждения цинка. Были проанализированы практика процесса, особенности производства, факторы, влияющие на процесс, проведен обзор последних патентных исследований.

Также выполнены технологические расчеты, в том числе расчет основного оборудования, расчет материального баланса, расчет баланса напряжения, расчет теплового баланса. Для определения экономической эффективности проекта были проведены соответствующие расчеты. В отделе безопасности и охраны труда были выявлены основные опасные и вредные факторы в цехе, а также с соответствующим законодательством были указаны пути борьбы с ними.

Новизной проекта является повышение технико-экономических показателей процесса путем изменения материала анодов и катодов, применяемых в процессе электролиза цинка.

ANNOTATION

The project provides for the work of the plant electrodeposition of zinc from zinc sulfate solutions in the conditions of LLP "Kazzinc". Studied theoretical foundations of the process of electrodeposition of zinc. The practice of the process, peculiarities of production, factors influencing the process were analyzed, the latest patent research was reviewed.

Also performed technological calculations, including the calculation of the main equipment, the calculation of the material balance, the calculation of the voltage balance, the calculation of the thermal balance. To determine the economic efficiency of the project, appropriate calculations were carried out. In the Department of safety and labor protection were identified the main dangerous and harmful factors in the shop, as well as with the relevant legislation were indicated ways to deal with them.

The novelty of the project is to increase the technical and economic performance of the process by changing the material of the anodes and cathodes used in the process of zinc electrolysis.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Теориялық бөлім	10
1.1 Мырыш электролиз процесінің мәні	10
1.2 Мырыш электролизі бойынша патенттік зерттеулер	13
1.3 Электролиз процесіне әсер ететін факторлар	14
1.3.1 Мырыштың электротұндыруына қоспалардың әсері	14
1.4 Электролиз процесінің негізгі көрсеткіштері	15
1.4.1 Тоқ бойынша шығымы	15
1.4.2 Тоқ тығыздығы және ПӘК-і	16
1.4.3 Ваннадағы кернеу	17
1.4.4 Электролиттің температурасы мен циркуляциясы	18
2 Технологиялық бөлім	21
2.1 Мырышты электролизбен алудың тәжірибесі	21
2.2 Электролиз ванналарының құрылымы	21
2.3 Анод және катод материалына қойылатын талаптар	24
2.4 Ванналардың қышқылға төзімді қаптамасы мен ошиновкасы	28
2.5 Электролитті салқындату	29
2.6 Катодты мырышты сыдырып алу	32
2.7 Ванналарды шламнан тазарту	33
2.8 Электрод шаруашылығына қызмет көрсету	35
3 Технологиялық процестердің есептелуі	37
3.1 Негізгі жабдықтың есебі	37
3.2 Материалдық баланс есебі	37
3.3 Кернеу баланс есебі	37
3.4 Жылулық баланс есебі	38
4 Еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы	39
4.1 Еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы бойынша заңдық-құқықтық актілер	39
4.2 Электролиз цехындағы қауіпті факторларды талдау	39
4.3 Жарықтандыру және электрқауіпсіздігі	41
4.4 Өрт қауіпсіздігінің шаралары	41
5 Экономикалық бөлім	43
Қорытынды	44
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	45
А қосымшасы	46
Б қосымшасы	50
В қосымшасы	61
Г қосымшасы	65
Д қосымшасы	69

КІРІСПЕ

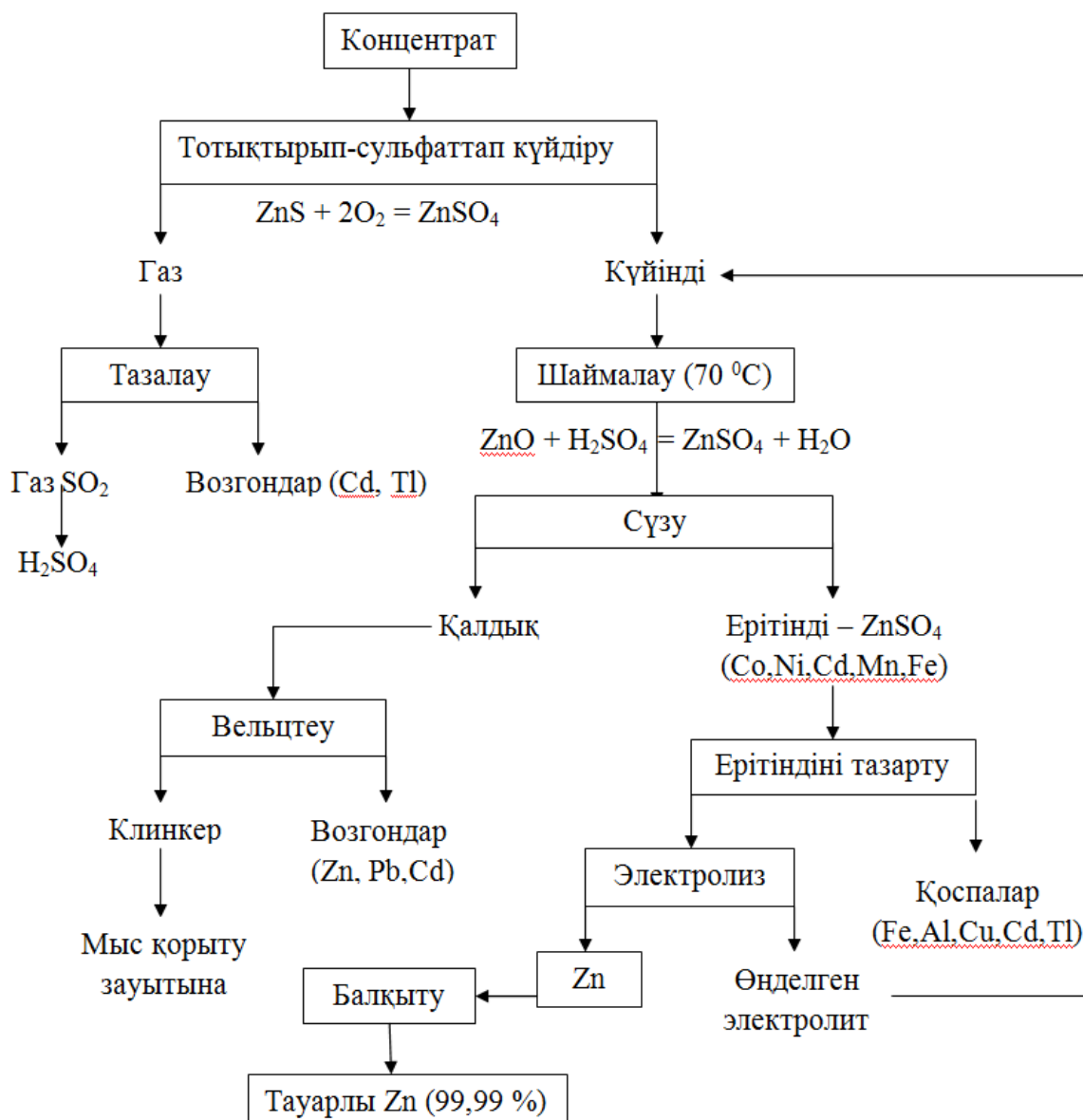
Үндістан мен Қытайда Zn өндірісі б.з.д. 5-ші ғасырда пайда болған болатын. Еуропа елдерінде пирометаллургиялық әдісімен мырышты өндірудің өнеркәсіптік өндірісі Ұлыбританияда 1740 жылы Bristol зауыты іске қосумен басталған болатын. Гидрометаллургиялық әдісімен (Канададағы Trail және АҚШ-тағы Анаконда) 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. Металдық мырышты өндірісінің жалпы көлемінің 80 %-дан астам гидрометаллургиялық әдіспен өндіріледі. Қытай, Канада, Германия, АҚШ, Австралия, Бельгия, Франция және т.б. мырыштардың негізгі өндірушілері.

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. Әртүрлі 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. Metallургия өндірісінде мырыш металынерітінділерден 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 (Zn₂SiO₄H₂O). 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).

1 Теориялық бөлім

1.1 Мырыш электролизі процесінің мәні

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.

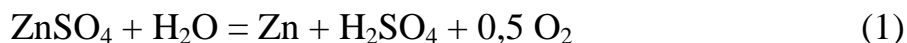


1 Сурет – Мырыштың гидрометаллургиялық технологиялық сұлбасы

Электролиз процесіне мырыш сульфатының сүзілген мөлдір бейтарап ерітіндісі келіп түседі. Ерітіндінің құрамы: Zn – 145 г/дм³; Mn – 5 г/дм³; Cd – 2,5

мг/дм³; Cu – 0,25мг/дм³; Co – 2,3 мг/дм³; Ni – 0,1 мг/дм³; Fe – 40 мг/дм³; Sb – 0,08 мг/дм³; F – 100 мг/дм³; Cl – 230 мг/дм³; As – 0,1 мг/дм³.

Мырыштың электротұндыру реакциясы:

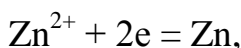


Бұл теңдеуден белгілі, электролиз үшін бастапқы өнім – мырыш сульфатының сулы ерітіндісі, ал соңғы өнімдер – мырыш металы, күкірт қышқылы және оттегі. Шын мәнінде мырыш электролизінің процесі әлдеқайда қиын. Мырыш электролизіндегі негізгі реакцияларды анықтау үшін ерітіндіде қоспалардың болуын елемейміз және ваннаға түсетін бейтарап электролит мырыш сульфатының су ерітіндісінен тұрады деп қабылдаймыз. Ерітіндідегі қышқылдар, тұздар және негіздер иондарға диссоциацияланады. Оң зарядталған иондар катиондармен, ал теріс зарядталған иондар аниондармен зарядталады. Су ішінара диссоциацияланады. Электролиттің құрамдас бөліктері диссоциацияланған күйде болады:

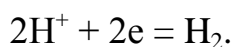


Электролит арқылы өтетін тұрақты электр тоғының әсерінен (дәлірек айтқанда, кернеудің әсерінен) катиондар теріс электродқа (катодқа), ал аниондар оң анодқа (анодқа) қозғалады. Электродтарға жақындаған кезде катиондар мен аниондар ерітіндіден бөлініп, разрядталады. Аниондар мен катиондардың разряды электрондарды қосу немесе қайтару арқылы жүреді. Біздің жағдайда оң зарядталған иондар Zn^{2+} және H^+ , ал теріс зарядталған иондар SO_4^{2-} және OH^- болады. Электролиз ванналарында болатын катод және анод процестерін бөлек қарастырайық [1].

Катод процесі. Катодтағы мырыш сульфатының сулы ерітіндісінің электролизі кезінде екі процесс болуы мүмкін: катодта шөгілетін металл мырыш түзілетін мырыш иондарының разряды:



және атмосфераға газ тәріздес сутекті бөліп шығаратын сутегі иондарының разряды:



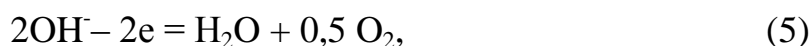
Осылайша, катодта бірлескен разряд ерітіндіден мырыш және сутегі иондарының бөлінуі мүмкін. Катиондар ерітіндіден металл мен сутектің қалыпты потенциалдары ұсынылған бірқатар кернеу тәртібінде бөлінеді [3].

1 Кесте – 25 °С кезіндегі металдардың қалыпты потенциалы

Электрод	Потенциал-дар	Электрод	Потенциал-дар	Электрод	Потенциал-дар
Li/Li ⁺	-2,959	Zn/Zn ²⁺	-0,762	H ₂ /H ⁺	+0,000
K/K ⁺	-2,924	Cr/Cr ³⁺	-0,557	Sb/Sb ³⁺	+0,100
Ca/Ca ²⁺	-2,760	Fe/Fe ²⁺	-0,441	Bi/Bi ³⁺	+0,226
Na/Na ⁺	-2,715	Cd/Cd ²⁺	-0,401	Cu/Cu ²⁺	+0,344
Mg/Mg ²⁺	-1,550	Co/Co ²⁺	-0,290	Ag/Ag ⁺	+0,798
Al/Al ²⁺	-1,330	Ni/Ni ²⁺	-0,231	Hg/Hg ²⁺	+0,799
Mn/Mn ²⁺	-1,100	Sn/Sn ²⁺	-0,136	Au/Au ³⁺	+1,360
		Pb/Pb ²⁺	-0,122		

Қалыпты потенциал кернеудің шамасын сипаттайды (вольт) және белгілі (қалыпты) жағдайларда металдың ерітіндіге өтуін немесе шығу мүмкіндігін береді. 1-кестеде көрсетілген плюс белгісі бар металдар – сутегі электрлік немесе асыл деп аталады. Ал сутегі үстіндегі минус белгісі бар металдар – қалыпты потенциалға ие және электронегативті немесе қымбат емес металдар деп аталады. Катодта мырышты басым тұндыру үшін ерітіндідегі мырыш иондарының концентрациясын пайдалана отырып, жасанды түрде қолайлы жағдай жасайды.

Анод процесі. Электролиз ваннасындағы қорғасын анодында келесі процестер болуы мүмкін:



(5) реакция бойынша ОН⁻ иондарының разряды жүреді, (6) реакция бойынша қорғасынның анодтық еруі жүреді. Анод процесінің соңғы өнімдері – атмосфераға бөлінетін оттегі және электролитте еритін күкірт қышқылы болып табылады. Оттегі сутегі сияқты анодта бөлінген кезде кейбір асқын кернеу болады. Асқын кернеу шамасы анод материалына, оның бетіне және басқа факторларға байланысты. Анодта оттегінің бөлінуі әрдайым мырыш электролизіне ілесе жүреді. Оттегінің кернеулігі жоғары болған сайын, электролиз кезінде электр энергиясының шығыны соғұрлым көп болады. Сондықтан әрқашан оттегінің асқын кернеуін төмендетуге тырысады. Электролиттің төмен температурасы және ерітіндіде марганец иондарының болуы анодта PbO₂ пленкасының беріктігін арттырады. Осы пленканың арқасында қорғасын аноды "ерімейді". Қорғасын мырышқа қарағанда электр оң потенциалы бар металл және ол катодта мырышпен бірге оңай тұнады [2].

1.2 Мырыш электролизі бойынша патенттік зерттеулер

Жұмыста [4] мырышты электролиз жолымен алу тәсілінің артықшылығы көрсетілген. Мұнда авторлар анодтарды перхлорвинилді матадан жасалған тыс қаптарға енгізу арқылы қорғасынның катодтық шөгіндіге бөлінуін азайтатынын дәлелдеген. Бұл кезде мырыштың катодқа бөлінуі жақсарған. Бірақ бұл жалпы процестің кейбір көрсеткіштерін (қорғасынның катодқа өтуін төмендету) жақсартқанымен, перхлорвинилді матаның құны мен шығыны катодтық мырыштың өзіндік құнын арттыруы мүмкін.

Жұмыста [5] авторлар электролитке фосфор қышқылын қосу арқылы шлам түзілуін азайтуын дәлелдеген. Өнертабыстың мақсаты шламның пайда болуын азайту болып табылады. Мырыш электролизі 36 °С температурада және 500 А/м² тоқ тығыздығында жүреді. Ондағы күкірт қышқылды электролиттің құрамы: мырыш – 42,5 г/л, күкірт қышқылы – 128 г/л, темір – 93 мг/л, мыс – 0,25 мг/л, кобальт – 2 мг/л, сурьма – 0,1 мг/л. Электролиз ванналарында ерітіндінің тұрақты құрамы 117 г/л мырыш концентрациясы бар бейтарап мырыш электролитін үздіксіз жеткізу арқылы сақталады. Мырыш электролизі 24 сағат жүреді. Электролитке қосымша құрамында фосфор бар кешенді енгізу арқылы күкіртқышқылды ерітінді келесі артықшылықтарды қамтамасыз етті: мырыш электролизі кезінде шлам түзілуі 40 %-ға азайды, анод пластинасынан қорғасынның еруі 20 %-ға және күмістің еруі 40 %-ға төмендеді. Бірақ, фосфорлы қоспа қосылған өңделген электролитті регенерациялау күрделі екені анық. Сондықтан өндірістік жағдайда бұл жұмысты ұйымдастыру көптеген қиындықтар туғызуы мүмкін.

Жұмысында [6] қорғасын және мыстың катодқа өтуін төмендету, катодты мырыштың сапасын көтеру мақсатында сурьма құрамдас қоспа ретінде оксиэтилидендифосфон қышқылындағы үш негізгі сурьма ерітіндісін қолдану тәсілін көрсетті. Әдіс келесідей жүзеге асырылды. Электролитті күкірт қышқылының құрамы: мырыш 43 г/л, күкірт қышқылы 130 г/л, темір 93 мг/л, мыс 0,26 мг/л, кобальт 2 мг/л, сурьма 0,1 мг/л. Электролиздің алғашқы минуттарында ваннаға 0,24 және 0,36 мг/л сурьманың үшоксидті оксиэтилидендифосфон қышқылында болатын ерітінді қосылды. Бұл 0,2-0,3 мг/л сурьманың енгізілуіне сәйкес келеді. Тоқ бойынша шығым барлық ванналарға, бақылаудағы Sb₂O және оксиэтилидендифосфон қышқылы қосылған ванналарда бәрінде бірдей болды. Мырышты сыдырып алу күші 0,5 кг. Жұмыстың басты кемшілігі – қосылатын реагенттің күрделі құрамды болуы, бағасының қымбаттылығы және өңделген электролитті регенерациялауда қиындықтарға әкеліп соғу мүмкіндігі.

1.3 Электролиз процесіне әсер ететін факторлар

1.3.1 Мырыштың электротұндыруына қоспалардың әсері

Электролиттің тазалығы мырышты электротұндыру процесінің көрсеткіштерін және катодты мырыштың сапасын анықтайды. Мырышта электролиз процесі жүрген кезде ваннадағы электролиттің құрамы ваннаға түсетін бейтарап ерітінді құрамының негізінде анықталады [2].

Электролиттің құрамы. Мырыш электролизі өтетін ваннадағы электролиттің құрамы электролиз ваннасына түсетін бейтарап ерітінді құрамымен және ұстап тұратын қышқылды режимімен анықталады. Электролиз ваннасынан шығатын өңделген қышқыл ерітіндінің құрамы – электродтар арасындағы электролиттерге сәйкес келеді деп есептеуге болады.

Мырыш концентрациясының әсері. Бейтарап ерітіндідегі Zn мөлшері электролитке және ваннадағы қышқылдың режимін белгілеуге әсер етеді. Өңделген электролиттегі мырыш аз болған сайын, соғұрлым электролиттің жатық қабаты мырыш иондарымен қанығады, сондай-ақ, "концентрациялық поляризация" деп аталатын тоқ шығымының төмендеуіне әсер етеді. Екінші жағынан, электролиз цехының бірдей өнімділігі кезінде шаймалау цехындағы жабдыққа арналған жүктемелер мен шығындар өседі.

Мыс, кадмий және қорғасынның әсері. Ерітіндідегі кадмийдің мөлшері 5 мг/л артық емес, ал мыстың мөлшері 0,5 мг артық емес болу керек. Кадмий мен мыс мырышқа қарағанда металл ретінде мырыш тұнбаларын ластай отырып, катодқа шөгеді. Бейтарап ерітіндідегі екі валентті иондар электролитте айтарлықтай мөлшерде болады. Қорғасын иондары мырышқа қарағанда электр оң металл ретінде толығымен катодты мырышқа өтеді және оны ластайды.

Темір мен марганецтің әсері. Электролитте темір мен марганец қоспаларының болуы мырыштың электролизін айтарлықтай нашарлатпайды. Катодты мырыштың сапасы да төмендемейді. Тіпті ерітіндідегі темір концентрациясы 500 г/л дейін, марганец 20 г/л-ге дейін ұлғайған кезде де, олар мырышты ластамайды. Бірақ, темір мен марганец қоспаларының болуы тоқ шығымын төмендетеді. Негізінен марганец пен темірдің әртүрлі валенттілігі бар және олар электр тоғының әсерінен анодта тотығуы мүмкін. Сондықтан бейтарап электролиттерде темір 50 мг/л, ал марганец 15 г/л артық болмау керек. Өңделген электролиттегі MnO_4^- анион ерітіндісінде аз мөлшерде темір бар болуына байланысты қызғылт түстес болады. Егер темір көп мөлшерде болса, электролит ағарады және жасыл түсті болады.

Мышьяк пен сурьманың әсері. Электролиз жағдайында кадмий, қорғасын, мысқа қарағанда сурьма мен мышьяк катодты мырыштың химиялық құрамын нашарлатпайды. Сурьма мен мышьяк электр оң металдар. Олар катодқа шөгеді және тоқ шығымын төмендетіп, ерітіндіге қайта ауысады. Себебі бұл металдардағы сутек мырышқа қарағанда салыстырмалылығы төмен. Сурьма - электролиттегі ең зиян қоспалардың бірі. Ерітінділерде тіпті аз мөлшерде сурьма болатын болса, электролиздің техника-экономикалық көрсеткіштерін

күрт өзгертеді. Сурьманың әсері мышьяққа қарағанда әлдеқайда күшті. Сондықтан көптеген отандық мырыш зауыттарында электролизге бағытталатын бейтарап ерітіндідегі сурьманың құрамын қатаң бақылайды [2].

Марганец, магний, кальций, натрий, калийдің әсері. Бұл қоспалардың барлығы мырышқа қарағанда электр теріс металлдар және олар катодта шөгілмейді. Олар ерітіндіде жиналады және пульпаларды жарықтандыру, сүзу кезінде белгілі бір қиындықтар туындатады. Сонымен қатар, марганец, магний және басқа қоспалар белгілі-бір түрде электролиз процесінің барысына да әсер етеді. Аз мөлшердегі (3-5 г/л) марганец қорғасынның ерітіндіге өтуіне кедергі келтіретін MnO_2 қорғаныс пленкасының пайда болуы үшін қажет. Тоқтың тығыздығы төмен болса – пленка бос, ал жоғары болса – тығыз болады. MnO_2 шөгіндінің түсін қара қоңырдан қара түске дейін өзгеруі мүмкін.

Хлор мен фтордың әсері. Хлор мен фтордың зиянды әсері алюминий катодтарының және қорғасын анодтарының бұзылуында (ажыратылуында) байқалады. Хлор мен фтордың агрессивті әсері электролиттің қышқылдығы мен температурасының артуымен өседі. Фтор – мырыш тұнбасының алюминий катодына жабысуына ықпал етеді. Мырыш электролитінен жасалған хлорлы иондар қорғасын анодында разрядталады:



Анодта түзілетін хлор-газ электролитте ерітілуі немесе атмосфераға бөлінуі мүмкін. Катодтың жұмысы еңбек жағдайлары ерітіндідегі хлордың құрамы 400-500 мг/л кезінде нашарлайды. Хлор-газ күшті тотықтырғыш болып табылады. Сондықтан оның атмосфераға бөлінуі хлордың валенттілік ауыспалы металмен өзара әрекеттесуі және оны хлор-ионға айналдыру нәтижесінде азайтылуы мүмкін [1].

1.4 Электролиз процесінің негізгі көрсеткіштері

1.4.1 Тоқ бойынша шығымы

Мырыштың тоқ шығымы бірнеше факторларға байланысты: электролит ішіндегі мырыш иондары мен концентрациясына, катодтық тоқ тығыздығына, электролит температурасына, электролиттегі қоспалар мөлшеріне, сондай-ақ, катодтың беткі күйіне. Электролиз кезінде жоғары тоқ шығымын алу үшін мына шарттарды сақтау қажет:

- электролиттің барынша таза болуы;
- электролитте күкірт қышқылының концентрациясы жеткілікті жоғары болуы;
- электролиттің электр өткізгіштігі жоғары болуы;
- тоқ тығыздығының жоғары болуы;
- электролиттің циркуляциясы жақсы болуы;

- электролиттің температурасы төмен болуы [6].
Мырыш электролизіндегі бірнеше қоспалардың тоқ шығымына әсері төменде 2-кестеде келтірілген.

2 Кесте– Мыс, мышьяк және сурьма қоспаларының мырыш электролизіндегі ток шығымына әсері

H ₂ SO ₄ мөлшері, г/л	Қоспалардың құрамы кезіндегі ток шығымы г/л, %:						
	Мыс			Мышьяк		Сурьма	
	0	5	10	5	10	5	10
30	99	93	90	94	90	91	84
60	96	87	81	83	77	80	65
90	93	75	65	66	50	63	35

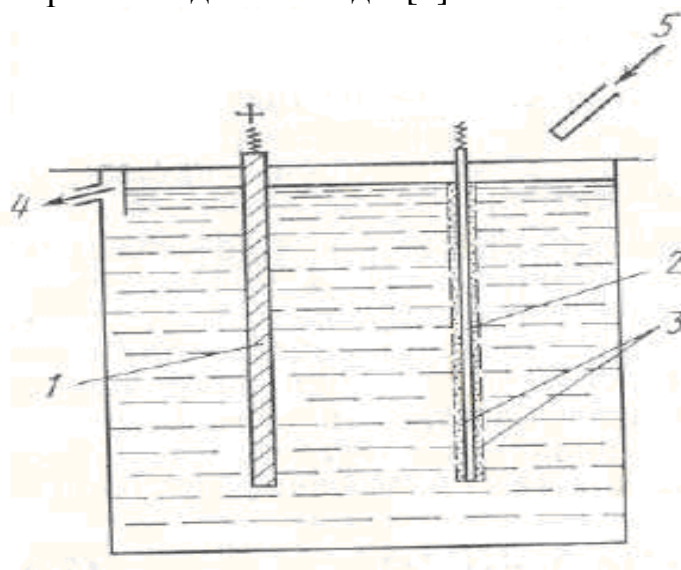
1.4.2 Ток тығыздығы және ПӘК-і

Ток тығыздығы мәні бойынша электролиз ванналарының өнімділігін анықтайды. Ток тығыздығы жоғары болса, бір ваннадан шығатын мырышта көп болады. Ток тығыздығы – мырыш электролизінде өте маңызды фактор. Ең аз ток тығыздығы тоқтың критикалық тығыздығы деп аталады. Мырыш үшін ол 240 А/м². Ток тығыздығының артуы мырыштағы сутектің асқын кернеулігін артырады және катодта сутектің бөлінуі қиындатады. Нәтижесінде мырыштың ток шығымы артады. Демек, ток тығыздығы ток шығымын арттыратын факторлардың бірі болып табылады. Бірақ іс жүзінде бірқатар басқа факторлар ток тығыздығының оң әсерін әлсіретеді. Бұл факторларға бірінші кезекте концентрациялық поляризациясы, ваннадағы кернеудің жоғарылауы, электролитке жылудың қарқынды бөлінуі жатады. Ток тығыздығының өсуі ваннадағы кернеу мен электр энергияның шығынын арттырады.

Тоқтың пайдалы әсер коэффициенті. Электролиздің негізгі көрсеткіштерінің бірі – тоқтың пайдалы әсер коэффициенті немесе ток шығымы. Фарадейдің заңына сәйкес, электролиттен электр тоғының өтуі кезінде катодта босатылған заттардың саны электр энергиясының шамасына бара-бар. Ток бойынша шығым катодты мырыш бірлігіне электр энергиясының шығынын анықтайды. Бейтарап электролиттің құрамы мен тазалығына, шөгіндінің ұлғаю уақытына, электрод шаруашылығының жағдайына, ванналарға қызмет көрсету сапасына және басқа себептерге байланысты ток бойынша шығым 85-92 % шегінде ауытқиды. Басқа тұрақты жағдайларда электр энергиясының шығыны ток бойынша шығымға кері пропорционал. Сондықтан ток бойынша шығымның әрбір пайызы электр энергиясының шығынын бір пайызға ұлғаюын білдіреді [7].

1.4.3 Ваннадағы кернеу

Мырыш сульфатының электролизінде энергия шығыны үшін электролиз ваннасының кернеуі де аз емес. Ваннадағы электродтар әрдайым параллель қосылған. Электродтар арасындағы кернеу ваннадағы кернеуді сипаттайды. Электродтардың бір жұптарынан тұратын ваннаның ұяшығында кернеу неден тұратыны 2-суретте көрсетілген. Мырыш катодта, ал оттегі анодта бөлінеді. Электр энергия химиялық энергияға айналады. Мырыштың сульфат ерітіндісінде әртүрлі тәсілдермен анықталған ыдырау кернеуі 2,35-2,45 В тең. Зауыттық тәжірибеде электролиз ваннасы бойынша нақты кернеу 3,2-ден 3,6-ға дейін өзгереді. Ваннаның кедергісіне: электролит кедергісі, электродтың кедергісі, контактілерге төзімділік жатады [7].



1 – анод; 2 – катод; 3 – электролиттің катодқа жақын қабаты; 4 – өңделген электролит; 5 – бейтарап электролит

2 Сурет – Электролиз ваннасы

Электродтардағы кернеуді үйлестіру сипаттамасы үшін мырыш зауыттарының бірінің жұмысына қатысты ваннаның кернеу балансынан мәліметтер келтіреміз (3-кесте).

3 Кесте – Электролиз ваннасының кернеу балансы

Баланс баптары	Кернеу, В	Кернеуді тарату, %
Мырыш сульфатының ыдырау кернеуі	2,45	68,15
Ванна кедергісі	0,295	8,24
Оның ішінде электролит кедергісі	0,26	7,28
Электродтарды поляризациялау	0,85	23,61
Ваннадағы жалпы кернеу	3,595	100,00

3-кестеден көріп отырғанымыздай кернеудің ыдырауы 68,15%, ваннаның кедергісі 8,24%, электродты поляризацияның үлесі 23,61% құрайды. Ваннаның кедергісінің басым бөлігі электролит кедергісін құрайды. Электродтар арасындағы қашықтық, тоқ тығыздығы, электролиттің қышқылдығы мен температурасы, сондай-ақ, басқа да көптеген факторлар ваннаның кедергі шамасына және электродтардың поляризациясына айтарлықтай әсер етеді. Барлық осы факторларды біліп және ваннадағы кернеуді айтарлықтай төмендетіп реттеп отырса, электролиз кезінде электр энергиясының шығынының азаюына көмектеседі [6].

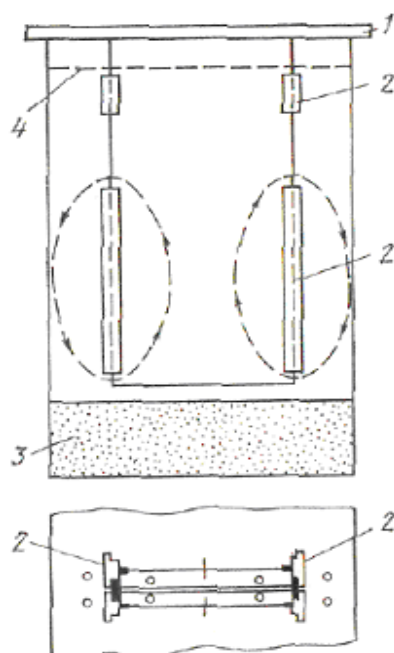
1.4.4 Электролиттің температурасы мен циркуляциясы

Электролиттің температурасы. Электролиз ваннасы арқылы электр тоғының өту нәтижесінде Джоуль заңы бойынша жылу бөлінеді және мырыш электролизі үшін электролит температураға дейін қыздырылады. Сондықтан берілген температуралық режим ваннада электролитті жеке (катушка) немесе орталықтандырылған (ваннадан тыс) салқындату жолымен ұсталады. Электролиттің төмен температурасында оның кедергісі және ваннадағы кернеу артады, содай-ақ, зиянды қоспалар (кобальт, сурьма және т.б.) әлсірейді. Температураның жоғарылауы иондардың жылдам қозғалуына ықпал етеді. Электролит кедергісі азаяды және ваннадағы кернеу төмендейді. Бұл кезде зиянды қоспалар әсері күшейеді, күкірт қышқылында мырыштың тотығу (кері еруі) жылдамдығы өседі. Сондықтан тоқ бойынша шығымы азаяды. Сонымен қатар қорғасынның анодтардан ерітіндіге ауысуы артады, бұл катодтық мырыш сапасының нашарлауына әкеледі [8].

Электролиттің төмен және жоғары температурасының электролиз көрсеткіштеріне әсерін ескере отырып, практикада бейтарап электролиттің сапасы мен электролиз шарттарына сүйене отырып, тоқ бойынша ең жақсы шығым және электр энергиясының шығыны алынатын оңтайлы температураны таңдайды. Тәжірибеден анық, таза ерітінділер мен тұрақты қорғасын-күміс анодтары болған жағдайда электролит температурасын 40 °С дейін ұстап тұруға болады. Бұл температурада электролиз көрсеткіштері тұрақты болады және мырыштың электролиз процесін тиімді жүргізу талаптарына сай келеді. Жоғары температураны қолдануға мүмкіндік бермейтін тағы бір маңызды жағдай бар. Ол қызмет көрсететін персоналдың еңбек жағдайының нашарлауына байланысты, өйткені электролиттің жоғары температурасы цехтың қышқыл тұманды атмосфераға неғұрлым қарқынды бөлінуіне ықпал етеді.

Электролиттің циркуляциясы. Егер электролитпен толтырылған анодтар мен катодтар бар ваннаны тұрақты тоқ көзін қосатын болсақ, онда электролиз деп аталатын тозуға өтеді. Бұл тозудың әсерінен электролиттегі мырыш концентрациясы үздіксіз азаяды, ал күкірт қышқылының құрамы артады. Мырыш концентрациясы 40 г/л кіші немесе тең кезінде тұнба сапасы

нашарлайды, ал электр энергиясының шығыны күрт өседі. Сондықтан электролит циркуляциясыз мырыш электролиз практикасында қолданылмайды. Ваннадағы ерітіндінің циркуляциясы катодты мырыштың тегіс тұнбасын алу үшін қажет.



1 – анод; 2 – шектегіштер; 3 – марганец шламы; 4– электролит деңгейі

3 Сурет– Ваннадағы электролит циркуляциясының тізбегі

Электролиздің тоқшығымын және электр энергия шығынын қанағаттанарлықтай техника-экономикалық көрсеткіштерін алу үшін, электролиттегі мырыштың белгілі-бір концентрациясын жатық жанындағы қабатта ұстау қажет. Бұл ретте электролиттің табиғи циркуляциясы қамтамасыз етіледі. Өйткені бейтарап ерітінді ваннаның бір шетінен беріледі, ал өңделген электролит екінші жағынан құйылады. Бұдан басқа, электролит электродтарда бөлінетін газдармен электрод аралық кеңістікте аздап араластырылады. Алайда, электролиттің табиғи айналымы әдетте бір ваннада 4-6 л/мин шегінде болады. 400-450 А/м² тоқ тығыздығы кезінде ғана жатық жанындағы қабатта мырыштың қажетті шоғырлануын қамтамасыз ете алады. Тоқтың тығыздығы жоғары болған кезде электролиттің әртүрлі тәсілдерімен жасалатын қарқынды циркуляция қажет. Тәсілдердің бірі – ваннаға бейтарап ерітіндінің есептік санымен қатар, өңделген электролиттің қосымша кейбір мөлшерін береді. Осы арқылы электролиттің қозғалыс жылдамдығы өседі және оны электрод аралық кеңістікте араластыруы жақсартады. Көрсетілген тәсілдің артықшылығы электродтың ваннадан тыс орталықтандырылған суыту мүмкіндігі болып табылады. Электролиттің циркуляциясын 10 есе артуы кезінде электролиздің берілген температуралық режимін ұстап тұру үшін, ерітінділердің келіп түсетін қоспасының температурасын 4-5 °С дейін төмендету қажет.

Электролиз ванналардың каскадты орналасуына негізделген күшейтілген электролит циркуляциясының әдісі де қолданылады. Бұл жағдайда бейтарап ерітінді каскадтың барлық ванналарына беріледі, ал өңделген электролитті каскадтың соңындағы ваннадағы ерітіндінің өту жылдамдығын бірнеше есе арттыра отырып, бір ваннадан екінші ваннаға құяды. Бұл тәсілдің кемшілігі – каскад ванналарындағы электролиттің циркуляциясы біркелкі емес болып табылады. Ал артықшылығы – циркуляцияны құруға электр энергиясының шығыны жоқ. Электролиттің күшейтілген циркуляциясын басқа жолмен де жасауға болады. Ол конвекция арқылы. Бұл үшін катод пен анод арасындағы кеңістікті (3-суретте көрсетілген) электродтардың шағын бөлігін ашық қалдыра отырып, бүйір жағынан арнайы шектегіштермен жабу қажет. Катод пен анод арасындағы тар кеңістікте ерітінді тез қызады және жоғары көтеріледі. Саңылаудан шығып, ол ваннаның түбіне дейін салқындатылады. Бұл әдіс кейбір мырыш зауыттарын қолданылады. Циркуляцияның жақсаруына электродтар арасындағы қашықтықтың артуы да ықпал етеді. Дегенмен, электролит кедергісі және ваннада жалпы кернеу сөзсіз артады [8].

2 Технологиялық бөлім

2.1 Мырышты электролизбен алудың 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 өтisetін 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 [9].

2.2 Электролиз ванналарының құрылымы

Ванна корпустары. Мырыш өндірісінде ағаш, болат және темір бетонды ванналарды қолданады. Ағаш ванналар бірнеше 10 жыл бұрын кеңінен қолданылды. Олар арзан және қызмет көрсетуде қауіпсіз болып табылады. Олар тез жөнделеді және жасалуы да оңай. Ваннаны дайындауға арналған материал құрғақ қарағай немесе мықты ағаштың тұқымдары болып табылады. Ванна – бөренелер, тақтайлар, қысқа борттардан тұрады. Ағашты күкірт қышқылының бұзылуынан сақтау үшін бүкіл ванна бөлшектерінің бетін ыстық битуммен сіңіреді. Ағаш ванналардың кемшіліктеріне – олардың шөгуі, қорғап

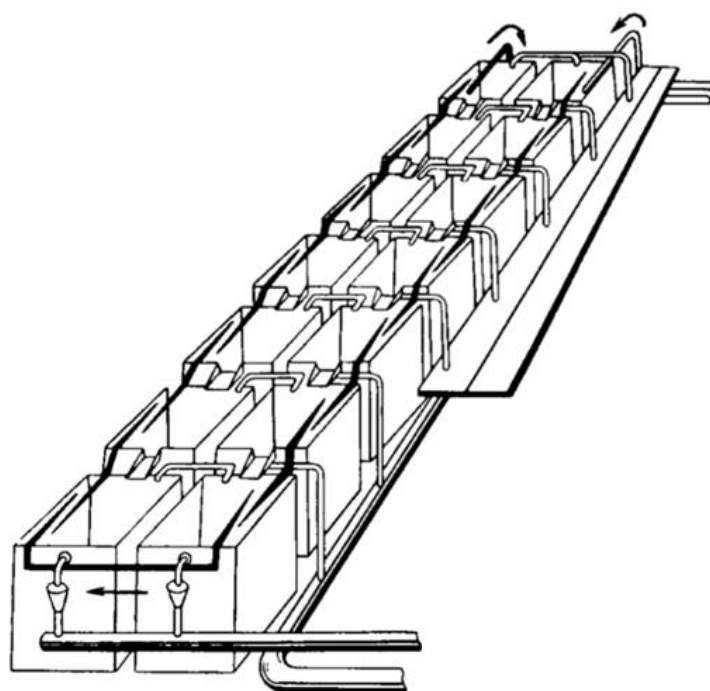
калу мүмкіндігі, өрт қауіпсіздігі және жөндеу арасындағы салыстырмалы түрде аз қызмет ету мерзімі жатады.

Кейбір отандық және шетелдік зауыттарда болат ванналар орнатылған. Олардың құрылымы қарапайым және тікбұрышты формадағы бактан ешқандай айырмашылығы жоқ. Болат ванналардың өлшемдері ағаш ванналардың өлшемдеріне сәйкес келеді. Болат ванналары ағаш немесе темір бетонды ванналармен салыстырғанда айтарлықтай артықшылықтары жоқ. Болат ванналар күкірт қышқылымен көбірек ажыратылады және жұмысқа қауіпті. Осы себептер бойынша олар кең таралған жоқ. Темір-бетонды ванналар (5-сурет) бірінші рет мыс электролиз зауыттарында қолданыла бастады, онда олар толығымен өзін ақтап шықты.

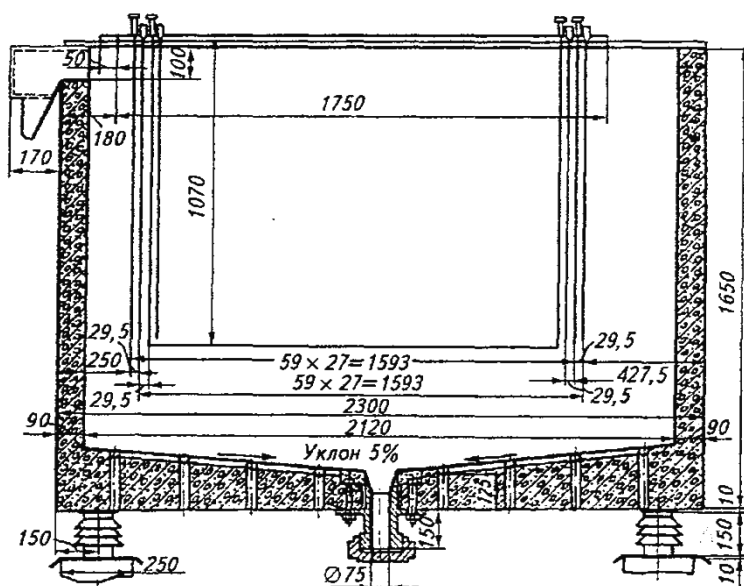
4 Кесте – Электролиз ваннасының негізгі өлшемдері

Көрсеткіштері	Материал		
	Ағаш+винипласт	Болат+ қышқылға төзімді плитка	Темір-бетон + қышқылға төзімді плитка
Ішкі өлшемдері, мм:			
Ұзындығы	2210	2330	2100-3000
Ені	810	800	750-900
Тереңдігі	1325	1275	1500
Ваннаның көлемі, м ³	2,38	2,38	-
Қабырға қалыңдығы, мм:			
Бүйір	60	10-12	80-100
Шеткі	50		
Аралық	40		
Түп қалыңдығы, мм:	60		
Қышқылға төзімді футеровканың қалыңдығы, мм:	10	70	80-120

Темір-бетон ванналарын жасау қиын, бірақ ағаш және болат ванналарға қарағанда берік болып келеді. Бұл ванналарды қышқылға төзімді материалдардан дайындайды. Олар: құм, қиыршық тас, торлы қаңқалар түріндегі арматура. Қабырғаларының тығыздығына жету үшін бетон арнайы вибраторлардың көмегімен төселеді. Темір-бетон ванналарды шламнан тазартуды жеңілдету үшін түбіне еңіс және дөңгелектеу етіп жасайды. Ваннаның түбінде марганец шламын шығаруға арналған клапаны бар тесік орналасқан. Ванна корпусының ішкі беті қышқылға төзімді битуммен қапталған. Жақында ваннаның мөлшері көбеюіне байланысты катодтар және анодтардың көлемі, ванналардың өндірісі ұлғайды. Мұндай мүмкіндік мырышты тазалау және ванналарға қызмет көрсету механизациясының дамуына байланысты пайда болды [10].



4 Сурет – Анодты және катодты шиналарды бір бортта орналастырумен мырыш электролизіне арналған қосарлы ванналарды дәйекті қосу схемасы



5 Сурет – Мырыш электролизіне арналған темір-бетонды ванна

«Қазмырыш» ЖШС мырыш зауытында полимербетоннан жасалған ванналарды қолданады. Олардың негізгі артықшылығы – шегендеуді қажет етпейді. Өйткені олардың корпусы қышқылдылыққа тұрақты болып табылады. Катодтарды дайындау үшін таза алюминий беттері (қалыңдығы 4-7 мм) қолданылады. Катод үш негізгі элементтерден тұрады: бет, штангалар және түйіспе. Түйіспе ретінде штангаға пісірілген мыс қолданылады. Катодтар

анодтарға қарағанда ұзындығы мен ені 20-25 мм ұзын болып жасалады. Қорғасын аноды – анодты полотнадан, қалыңдығы 6-12 мм қорғасын бетінен және анод штангасы мен түйіспелерден тұрады. Әрбір ваннаға 29-33 Al катодтар орнатылады, олардың стандарттық өлшемі 1100x660x4 мм және 30-34 Ag-Pb анодтар орнатылады. Бір атаулы электродтардың арасындағы қашықтық 58-60 мм тең. Тәжірибеде бір блокта 20-30 ванналар орнатылады. Ванналарды сериялар бойынша қосады, өйткені тізбектеліп қосылған ванналардың жалпы кернеуі түзеткіш агрегат кернеуімен сәйкес болу керек [11].

2.3 Анод және катод материалына қойылатын талаптар

Анодтар. Мырышты электротүндыру кезінде электр энергиясының жартысынан көбі анодты процеске жұмсалады. Сондықтан анодтардың электрохимиялық төзімділігі мен механикалық беріктігіне процестің техника-экономикалық көрсеткіштері, сондай-ақ катодты мырыштың тазалығы едәуір шамада тәуелді болады. Осыған сәйкес анодтар мынадай негізгі шарттарды қанағаттандыруы тиіс:

- а) күкірт қышқылында ең аз ерігіштігі болуы;
- б) электрөткізгіштігі жоғары болуы мүмкін;
- в) пайдалануға ыңғайлы болу.

Мұндай жағдайларға қорғасыннан жасалған анодтар жауап береді.

Қорғасын аноды үш бөліктен тұрады: қалыңдығы 8-12 мм қорғасын табақты білдіретін анод платинасы, 940x40x14 мм өлшемді мыс қорғасындалған анод штангасы және анодтық контактісі. Анодты пластина (оның өлшемі ваннаның конструкциясымен анықталады) электр тоғын электролит қабаты арқылы катодқа беру үшін қызмет етеді. Штанганың мақсаты – ваннада қорғасын кенепті таразыға ұстап тұру және бір уақытта электр тоғының өткізгіші болып қызмет ету. Анодтық контактінің рөлі – тоқты ошиновкадан немесе тікелей көрші ваннаның катодтарынан қабылдап отырады. Кенепте анодтың массасын азайту үшін ваннада электролит айналымын жақсарту қажет. Мыс штангасына тек кенептің ені бойынша қорғасын құйылады. Оның ұштары жалаңаш күйінде болады. Қорғасынды анодтардың қалыңдығы 10-12 мм. Мұндай анодтың салмағы 60-70 кг жетеді. Анодтық тор уақыт өте келе электролитке айтарлықтай ерітіліп, катодты мырышты қорғасынмен ластады. Мұндай анодтар қаттылығы жеткіліксіз болды, сондай-ақ, қызмет мерзімі 12 айдан аспады. Көптеген анодтарды ұстау қиынға соқты, ал анодтардың шөгінділерден тазартылуына тесіктердің болуы кедергі келтірді.

Мырыш гидрометаллургиясының дамуына байланысты анодтардың құрамы мен құрылымы айтарлықтай өзгерістерге ұшырады. Қорытпаның анодтық ерітіндісін азайту мақсатында металлургтер таза қорғасынды басқа материалдармен алмастыруға көптеген әрекеттер жасады. Графит, магнетит, марганец диоксиді, мышьяк, сурьма, барий, висмут, кальций, күміс, таллий, кобальт және басқа металдармен қорғалған қорытпалар сыналды. Анодты

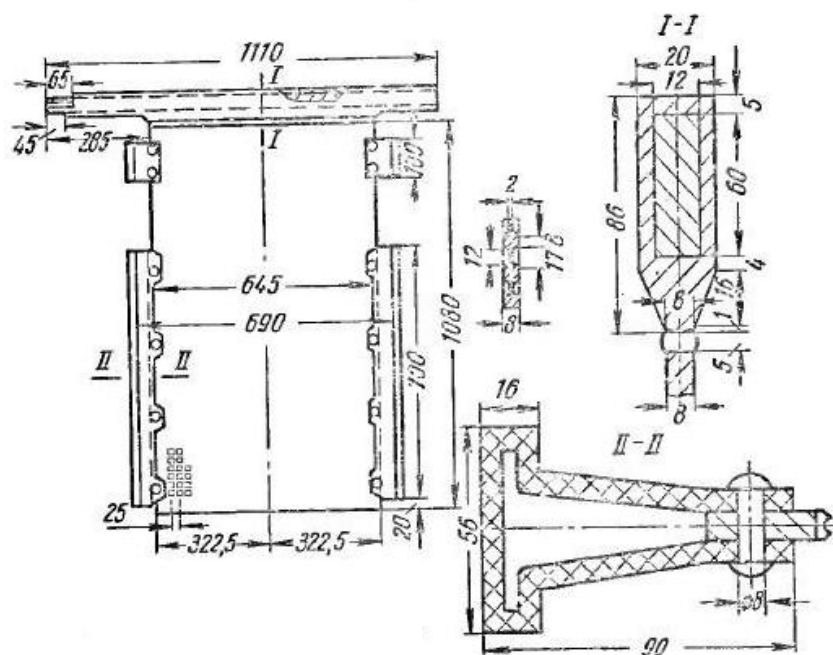
өндіруге арналған ең жақсы метал қорғасынның 1 % күмісімен қорғалған анодтар. Ол әлемдік тәжірибеде кеңінен таралған. Қазіргі уақытта барлық ішкі мырыш зауыттары осындай қорытпа анодтарымен жабдықталған. Соңғы уақытта жүргізілген зерттеулерде анодтардың тұрақтылығын қорғасын-күміс қорытпасын қосу арқылы одан әрі арттыруға болатындығын көрсетті. Оң нәтижелер, атап айтқанда, құрамында 98,4 % Pb; 0,5 % Ag; 1 % Tl; 0,1 % Ca бар қорытпадан дайындалған анодтарды сынау кезінде алынды. Бұл анодтар өнеркәсіптік сынақта үш жыл ішінде тек 5,84 кг немесе 13,3 % массасын ғана жоғалтты, ал кәдімгі қорғасын-күміс анодтары массаның кемуі осы уақыт ішінде 12,2 кг немесе 27,7 % құрады.

5 Кесте – Әртүрлі құрамдағы анодтардың жұмысы кезінде қорғасынның бөлінуі, мг

Процесс	Таза қорғасын	1% Ag қорғасын қорытпасы	Қорғасын қорытпасы 1% Tl, 0,5% Ag, 0,1% Cd
Анодта тотығуы	16,25	3,8	0,30
Қос тотық түріндегі шламға өтуі	13,26	3,21	0,26
Катодқа көшірілуі	2,70	0,01	0,01
Ерітіндіде қалуы	0,29	0,60	0,03

Қорғасын-күміс-таллий анодтары тағы бір оң қасиетке ие. Электр тоғының әсерімен ұзақ жұмыс істейді және анодты пластина материалының еруінде күміс қорғасынға қоныс аударады. Қорғасынға қарағанда көп дәрежеде ерітіндіге ауысады және одан кейін катодта мырышпен бірге тұнады. Осының салдарынан анодты платина күміспен бірігеді, коррозиялық және механикалық төзімділігін жоғалтады. Таллий мен кальций күміске қарағанда, тұрақты ток әсерінен анодта уақыт өте келе оның беріктігін арттыра отырып қоныс аударады. Егер жоғарыда келтірілген құрамның жаңа анодтары қазіргі уақытта қолданылатын анодтардан арзан екенін ескерсек, онда оларды өндіріске енгізу елеулі экономикалық нәтиже беруі мүмкін. Анодты жобалау кезінде біршама өзгерістер орын алды. Мыс штангасының барлық бетін жылдам және сенімді қорғасындау тәсілдері табылды. Анодтық контактінің шамалы беті ғана жалаңаш күйінде қалды. Анодтың қалыңдығын 10-12-ден 6-8 мм-ге дейін азайды. Дегенмен, қалың анодтар қалыңдығы 8 мм анодтарға қарағанда едәуір ұзағырақ қызмет етеді және күмістің 1 т мырышқа үлестік шығыны төмендейді. Бұл ретте анодтар салмағы 1,5 есе артады және ол қорғасын мен күмістің көп мөлшерін өндіруді талап етеді. Бұған қоса, анод массасының ұлғаюы анодтың жұмысын қиындатады. Сондықтан мырыш электролизін толық механикаландыруды енгізгенге дейін анодтың қалыңдығы 8 мм оңтайлы болып табылады. Анодтардың дайындау тәсілінің өзгеруі арқасында механикалық және коррозиялық беріктігінің артуына қол жеткізіледі. Отандық зауыттарда

тәжірибе жұмыстарына байланысты прокатталған анодтар, құйылған қорғасын-күміс анодтармен салыстырғанда айтарлықтай артықшылықтарға ие екенін көрсетті. Ең жоғары беріктілік және ең жақсы коррозияға төзімділік 30 %-ға жуық қысу дәрежесі кезінде алынады.

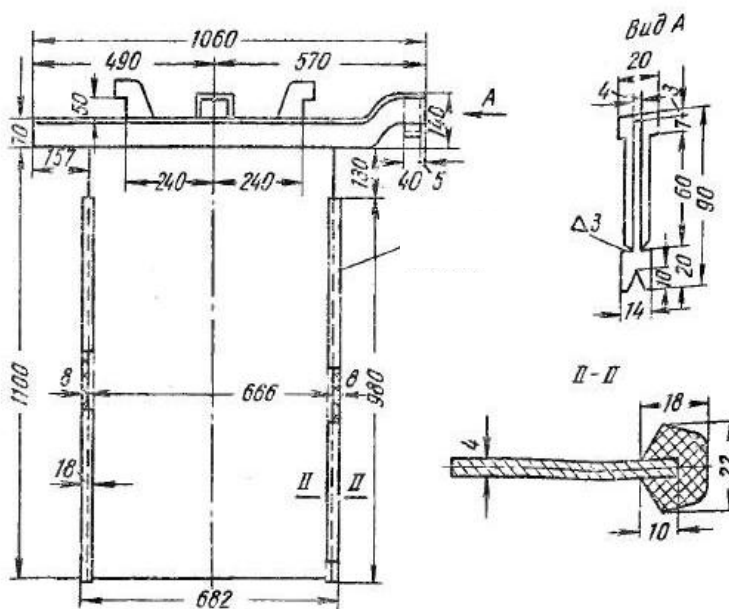


6 Сурет – Анод

Марганец шламын ұстап қалу үшін анод платинасының бетінде аздаған ойықтар жасалады. Жаңа анодтар ваннада 15-20 күн бойы "өңделеді". Осы кезеңде анод пластинасының бетінің коррозия жылдамдығы келесі уақытқа қарағанда 3-5 есе жоғары болады. Сондықтан түрлі ұсыныстар бойынша жаңа анодтарды алдын-ала бәсеңдету үшін оларды ваннаға орнатқанға дейін назар аудару керек. Ұсынылған тәсілдердің бірі анодтарды KMnO_4 (30-60 г/л) және H_2SO_4 (10-20 г/л) ерітіндісінде 80 °С температурада 3 сағат бойы ұстап тұру болып табылады. Сондай-ақ, марганец шламының қабатын илектеу кезінде анод төсемінің бетін жағу ұсынылды. Отандық зауыттарда көрсетілген тәсілдердің ешқайсысы әзірге қолданылмайды. Анод конструкциясы 6-суретте көрсетілген. Анодтардың өлшемдері: биіктігі 1070-1100 мм, ені 620-650 мм, қалыңдығы 6-8 мм. Мырыш электролизінің көрсеткіштері үшін анодты оқшаулағыштар деп аталатын құрылғылар маңызды. Олар катодтар мен анодтар арасындағы қашықтықты қатаң бекітуге және қысқа тұйықталудың алдын-алуға арналған. Оқшаулағыштар электродтар арасында тоқтың біркелкі таратылуына және электр энергия шығынын төмендетуге ықпал етеді.

Катодтар. Отандық және шетелдік зауыттарда катод ретінде қалыңдығы 4-7 мм таза алюминийден жасалған пластиналар пайдаланылады. Титан катодтарын қолдану жұқа мырыш пластиналары (мыс пен никель электролизінде жасалғандай) негіздерге шөгуге талпыныстар оң нәтиже берген

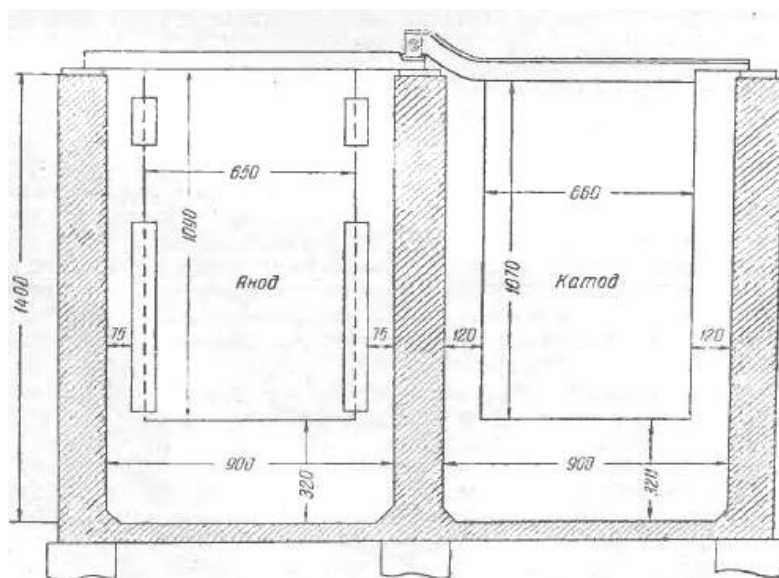
жоқ. Титан катодтары электролит ауа шекарасында салыстырмалы түрде тез сатылды. Бұл олардың қызмет ету мерзімін едәуір қысқартты. Сонымен қатар, мырыш пластиналарын пайдаланған кезде конструктивті тәртіптің қиындықтары болды. Мырыш пластинасының роторға дұрыс бекітілу мәселесін шешу мүмкін болмады. Күкіртқышқылды электролиттегі катодтардың жылдам тотығуын тудыратын алюминийдегі негізгі қоспалар темір және мыс болып табылады. Осыған байланысты ВНИИцветмет ТШ 48-08-398-71 орнына мыстың құрамы А5 маркалы алюминийге қарағанда 5 есе төмен болатын, А6 маркалы алюминийді қолдануды көздейтін катодты алюминий пластиналарына жаңа техникалық шарттар әзірленді. Бұл катодтардың қызмет мерзімін бірнеше есе арттыруға мүмкіндік береді. Алюминий пластинасының құрылымы да үлкен мәнге ие. Ең жақсы нәтижелер қапталған алюминийлі пластинаны (қатты иілген) қолдануға мүмкіндік береді. Анод сияқты катодта үш негізгі элементтен тұрады: пластина, штангалар және контактілер.



7 Сурет – Катод

Қазіргі уақытта катодты штангалар арнайы профильді алюминийден жасалған. Өндірісте Т-бейнелі профиль жиі қолданылады. Катодты контактінің сенімділігі электр энергиясының үлестік шығынына және мырыш ағынының шығымына әсер етеді. Катодтың шинамен нашар байланысы кезінде (немесе алюминий штангамен мыс ендімесі кезінде) ваннада өтпелі кедергі өседі. Нәтижесінде электр энергиясы катодты штангасына және түйіспелі қосылыстың қызуына көп мөлшерде жұмсалады. Электролиз тәжірибесінде жаңа катодты орнатқаннан кейін алғашқы күндерде роторлы болтпен байланыстың қиылысындағы өтпелі кедергісі 10-12 мВ болады. Бір-екі айдан кейін күкірт қышқылының буының әсерінен 50-100 мВ дейін артады. Мырыш зауыттарында қолданылатын катод конструкциясы 5-суретте көрсетілген. Катодтардың өлшемдері: биіктігі 1100-1125 мм, ені 660-682 мм. Т-тәрізді

штанганың өлшемдері; қалыңдығы 20 мм, биіктігі 70 мм. Дендрит түзілуді азайту үшін және мырыш шөгіндісін өсуінің алдын-алу үшін катод табағының екі жағынан 20-25 мм анодтар кең және ұзын болып орнатылады. Катодтардың шеттеріне резеңкелі планкаларды кигізеді немесе жиегін ерекше пластикпен жабады.



8 Сурет – Электродтардың ваннада орналасуы

2.4 Ванналардың қышқылға төзімді қаптамасы мен ошиновкасы

Электролиз практикасында қаптаудың төрт түрі қолданылады: табақты қорғасын, қышқылға төзімді керамика, винипласт немесе пластик және резеңке. Қорғасын қаптамасы электролиз техникасын дамытудан бастап осы уақытқа дейін өз маңызын сақтап қалды. Бұл қаптау қышқылға төзімді және монтажда ыңғайлы. Қаптау үшін қалыңдығы 3-5 мм табақты қорғасын қолданылады. Алайда, қорғасынды қаптаманың кемшіліктері де бар. Жұмыс істеп тұрған электролиз ваннасында қорғасын қаптамасының болуы катодты мырыштың қорғасынмен ластану деңгейін сөзсіз жоғарылатады. Керамикалық плиткалардан немесе винипластан жасалған металл емес қаптау осы кемшіліктерінен айырылған. Бұдан басқа, орнатудың мұндай түрлері орнату кезінде көп уақыт жұмсайды және жөндеу кезінде белгілі бір қиындықтар туғызады [2].

Темір-бетонды ванналар болаттан арматураланса, ал полимербетонды ванналар шыныпластикалық шыбықтармен арматураланады. Бетон ерітіндісін қышқылға төзімді инертті материалдардан дайындайды. Байланыстырғыш ретінде фуран шайырлары (ФА, ФАМ, 2ФА, 4ФА) және басқа синтетикалық материалдар қолданылады. Полимербетоннан жасалған ванналардың ішкі өлшемдері: ұзындығы 2400 мм, ені 950 мм, тереңдігі 1475 мм, ал сыртқы өлшемдері: ұзындығы 2600 мм, ені 1130 мм, биіктігі 1650 мм.

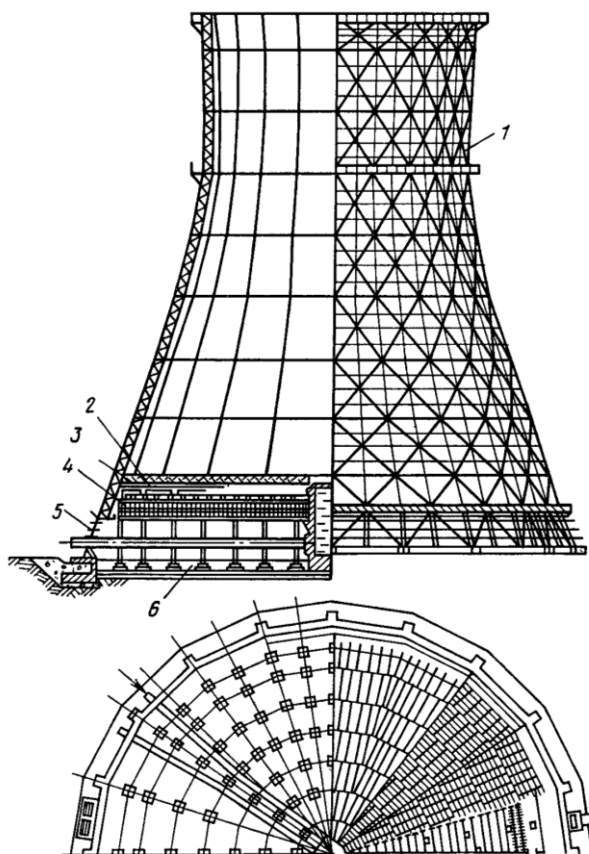
Полимербетоннан жасалған ванналар Өскемен қорғасын-мырыш және Лениногор полиметалл комбинатының мырыш өндірісінде қолданылады.

Ваннаның ошиновкасы. Мырыш электролизіне арналған өнеркәсіптік ванна электротехникалық жағынан кейбір ерекшеліктері бар. Ол арқылы үлкен күштің (25000 А дейін) электр тоғы өткізіледі, ал электродтағы кернеу әдетте 3,6 В аспайды. Сондықтан электролиз ванна серияның жалпы кернеуі түзеткіш агрегаттың кернеуіне сәйкес келетін мөлшерде серияда тізбектеледі. Мысалы, 600 В кернеуінде 150-160 ванналар және 800 В кернеуінде 200-220 ванналар орнатылады. Практикада ванналарды қатармен немесе блоктармен орнатады. Әрбір қатарда 20-30 ванналардан орналастыру қабылданған. Кейде ванналардың қатардағы саны 40-қа жетеді. Ондай жағдайда қатардың ортасында қызмет көрсетуші персоналға арналған өткел орнатылады. Қатарларда немесе блоктарда ванналар екі жолмен қосылады. Бірінші әдіс – бұл ванналар бір-бірімен бойлық қабырғалармен жанасатын блоктарға немесе қатарға бөлінеді. Бұл жағдайда түрлендіргіш қосалқы станциядан тоқ тек бірінші және соңғы қатардың бүйірлік ванналарына алюминий шиналарының пакетімен жүргізіледі, содан кейін алюминий шиналары тоқты борттық тиектермен жалғанған мыс шиналарына береді. Бұдан әрі тоқ ваннадан ваннаға, ванналардың ұзын борттарына арнайы төсемелерде төселген фасонды қима аралық (тікбұрышты немесе үшбұрышты) ошиновканың көмегімен беріліп отырады. Ошиновканың екінші әдісі – ванна жолдарда, блоктарда және серияларда, олар өздерінің ұштарымен байланыста болады. Қатарлар әдетте қосарланған болып келеді және олардың арасында қанықтандыратын ерітіндіні беру үшін коммуникациялар төселеді. Ванналардың сыртқы ұзын жақтары бойынша бір ваннаның анодтары мен басқа ванналардың катодтары тірелетін тоқ өткізетін шиналар өтеді. Параллель қатарларды бөлетін орта қабырғаға аралық төсем қойылады. Оған бір ваннаның анодтық штанганың және басқа көрші ваннаның катодтарының ұштары тіреледі. Бұл әдісте мыс шығыны бірінші әдіске қарағанда көп. Бірақ, бұл әдіс қызмет көрсетуге ыңғайлы. Сондай-ақ катодтарды механикалық ойып алуға және ванналарға орнатуға мүмкіндік береді. Бұл әдістің тағы бір ерекшелігі – катодтарды бір қатар бойымен ығыстыра тасымалдаған кезде контактілерді электролитпен сулаудан аулақ болуға мүмкіндік береді. Бұл әдіс жаңа отандық зауыттарда қабылданған [2].

2.5 Электролитті салқындату

Мырыш гидрометаллургиясы практикасында негізінен электролитті орталықтандырылған салқындатудың екі тәсілі қолданылады: градирня және вакуум–буландырғыш. Көрсетілген екі тәсіл де ылғалдың булануы есебінен өндірістік циклге әр түрлі кектер мен жартылай өнімдерді жууға қажетті судың едәуір мөлшерін талап етеді. Бұл металл шығаруды арттыруға және су балансын қажетті деңгейде ұстауға мүмкіндік береді. Градирняларда

электролитті ауамен салқындату әдісі ең көп таралған. Градирнялар – саптамамен толтырылған мұнара түріндегі құрылыстар болып табылады. Оған жоғарыдан ыстық электролит беріледі, ал төменгі жағынан электролит табиғи тартқышпен сорылады немесе желдеткіштің көмегімен салқындатқышқа ауа үрленеді. Табиғи тартқышы бар градирнялардың биіктігі үлкен болады, ал желдеткіш үрлегіші бар градирнялар салыстырмалы түрде жоғары емес. Ерітіндінің ауамен байланысын ұлғайту үшін саптама ретінде ағаш немесе пластмасса бөренелер мен планкалар қолданылады. Ауамен жақсы байланыс кейбір градирняларда электролитті арнайы шүмектермен шашырату арқылы қол жеткізіледі. 9-суретте табиғи ауа тартымы бар градирня көрсетілген[10].



1 – сорғыш монша; 2 – су ұстағыш; 3 – су тарату жүйесі; 4 – суару құрылысы; 5 – ауа реттеуші құрылғы; 6 – су жинағыш бассейн

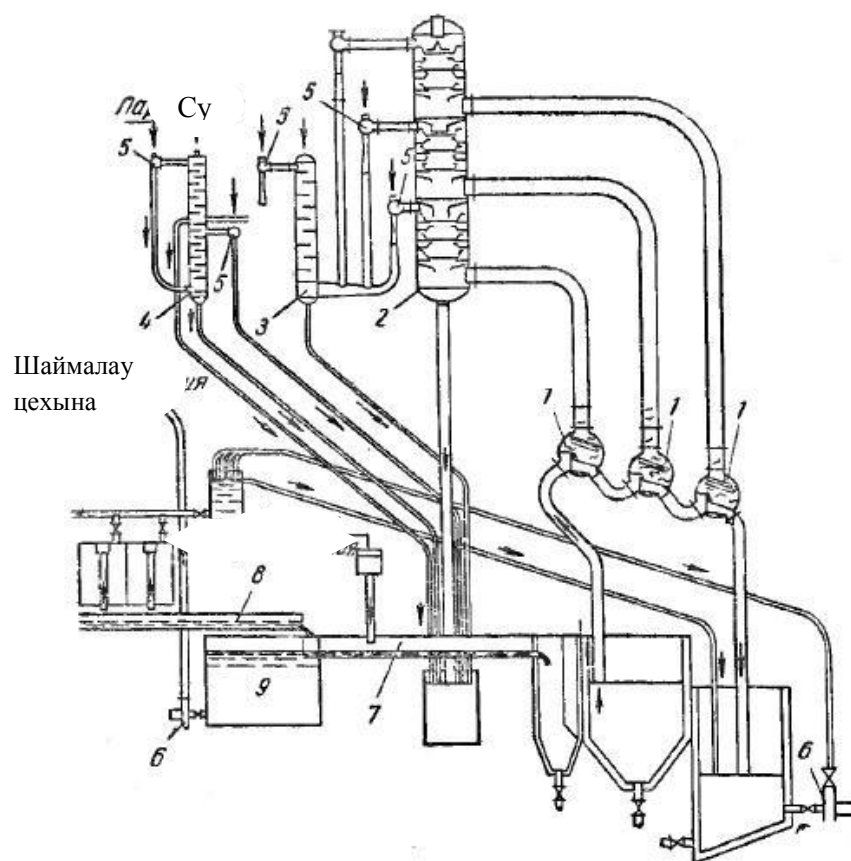
9 Сурет – Мұнаралы градирня

Градирняда электролит температурасының төмендеуі суық ауа мен ыстық электролит арасындағы жылу алмасу есебінен болады. Жылудың бір бөлігі атмосфералық ауаға судың беттік булануы есебінен беріледі (бу түзудің жасырын жылуы 2445 Дж/кг). Ең үлкен үлестік жылу жүктемесі желдеткіш градирняларда (334 400-418 000 кДж/(м²·сағ), ал ең азы – табиғи тартымда [209 000 кДж/(м²·сағ)]. Градирняларда электролитті салқындатудың негізгі кемшіліктері – салқындату дәрежесі ауаның температурасы мен

ылғалдылығына немесе жыл мезгіліне тәуелділігі, сондай-ақ, ерітіндінің үлкен шашырауы болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, градирняларда көктемде және күзде буланатын судың мөлшері жаздағыдан 1,5 есе, ал қыста 2 есе төмен. Электролиттің градирня шегінен тыс шашырауы салқындалатынын ерітіндінің жалпы санынан 0,02-0,07 % құрайды. Градирняларда мырыш ерітінділерін салқындалту біршама аз және пайдалану шығындарын талап етеді. Әрбір жер үшін оның климаттық ерекшеліктерін ескере отырып, техника-экономикалық есептеулер қажет.

Электролитті вакуум-буландырғыш қондырғысында салқындалту сұйықтықтың атмосфералық қысымға қарағанда төмен температурада, вакуумда қайнау қабілетіне негізделген. Қайнау нәтижесінде сұйықтықтың бір бөлігі буланады, ал екіншісі буланудың жасырын жылуын алу есебінен салқындалатылады. Вакуум көп болған сайын, сұйықтықтың қайнау температурасы төмен болады. Отандық мырыш зауыттарында бірдей вакуум-буландырғыш қондырғылар жұмыс істейді (10-сурет). Олар буландырғыштардан, конденсаторлардан және сепараторлардан тұрады. Әрбір қондырғыда диаметрі 1,6 м және ұзындығы 9,2 м үш болатты гуммиленген буландырғыш, үш конденсатор және электролиттің шашырауын ұстауға арналған тоғыз сепаратор (әрбір буландырғышқа үшеуден) бар. Үш эжекторы бар бас барометрлік конденсатордың диаметрі 1,6 м, биіктігі 13 м. Бір эжекторы бар орташа конденсатордың диаметрі 0,9 м және биіктігі 0,6 м. Диаметрі 0,6 м шағын қосарлы конденсатор екі эжектормен жабдықталған. Бұдан басқа қондырғыда бір буландырғыштан, бір конденсатордан және үш сепаратордан тұратын әрбір секциясында көлемі 7,5 м³ барометрлік бак, сорғыш және ағызу құбырлары, бу құбырлары, ыстық және суық электролит бактары, қондырғыны іске қосу кезеңінде вакуум құру үшін РМК-3 вакуум-сорғышы және электролитті айдауға арналған сорғылар болады. Мұндай қондырғылардың өнімділігі 18,8-25,0 МДж/сағ құрайды.

Вакуум-буландырғыш қондырғы келесідей жұмыс істейді. 4-0,5 МПа қысым бумен жұмыс істейтін бу эжекторларының көмегімен буландырғышта қалдық қысымы 2,66-3,99 кПа вакуум құрылады. Ерітіндіні қайнату нәтижесінде су буланады және сепараторлар арқылы өтіп, бу конденсаторға түседі. Онда ол сумен салқындалатылады және конденсацияланады. Бір қондырғының бу шығыны 2,5-3 т/сағ, бу конденсациясына судың шығыны 1000 м³/сағ. Электролитті ағызу құбырларында, буландырғышта, сыртқы коммуникацияларда салқындалғанда одан гипс бөлінеді. Ол тұнбаға басқа сульфаттар әкеледі. Гипс тұнбасының мөлшері салқындалатылған электролиттің температурасына байланысты. Температура төмен болса, гипс көп болады. Гипс тұнбасында кальций сульфатынан басқа (80-90 %) мырыш (3 %), марганец (2 %), қорғасын (0,02 %), натрий (0,03 %), калий (0,02 %), сурьма (0,001 %), кобальт (0,01 %), алтын, күміс және басқа да металдар шоғырланады. Вакуум-буландырғыш суытудың қасиеті – оның жұмысы атмосфералық жағдайларға байланысты емес, бірақ үлкен шығынды талап етеді [10].



1 –буландырғыштар; 2-4 – араластыру конденсаторлары; 5 – эжекторлар; 6 –КНЗ -10/35 сорғылары; 7 – аралас электролиттің науасы; 8 – өңделген электролиттің науасы; 9 – бөлу жәшігі

10 Сурет – Электролитті вакуум-буландырғыш салқындатқыштың принциптік схемасы

2.6 Катодты мырышты сыдырып алу

Мырышты қолмен сыдырып алу кезінде оны әдетте күндізгі ауысымда, ал механикаландырылған кезде – бірнеше ауысымда жүргізеді. Қолмен сыдырып алу процесі – катодтардан мырыш тұнбасын алу операциясынан және сыдырып алу кезеңінде ванналар мен электродтарға қызмет көрсетуден тұрады. Екі операцияны да ең білікті жұмысшылар - катодшылар орындайды. Күн сайын әрбір электролиз ваннасынан қолмен, электр немесе пневматикалық көтергішпен мырыш шөгіндісі ұлғайған бірнеше катод (3-7 дейін) алынады. Катодтардың саны көп болған сайын, анод-катодтың тікелей байланысы жүйесінде электр энергиясының едәуір шығыны жоғары болады. Өйткені бұл уақытта көрші ванналарда катодта мырыштың кері еруі жүреді. Көтерілген катодтардан электролит ағып тұрады. Катодтардан тікелей ванналардың үстінде (жылжымалы сөреде) немесе электролиз цехының бос алаңында мырыш тұнбаларын алады. Мырышты сыдыруды катодтың екі жағынан арнайы

пышақтың көмегімен қолмен жүргізеді. Бұл ретте алдын-ала резеңке борт планкасын қағады. Катодтардан алынған мырыш арбаларға орналастырылып, электрлі машиналармен балқыту бөліміне жеткізіледі. Алюминий катодтары қайтадан ваннаға орнатылады. Катодты шөгіндінің матрицамен қатты ілінуі кезінде ("қиын кескіш") катодтардан тұнбаны алудың жалғыз тәсілі – оны күкірт қышқылында еріту болып табылады. "Қиын сыдырудың" алдын-алу үшін әртүрлі құралдарды пайдаланады. Оның ішінде қабаттың бетінде алюминий тотығын жасау мақсатында келесі жұмыстар орындалады: ванналарға орнатар алдында өңделген электролиттерде алюминий катодтарын ұстау, матрицалардың бетін катодты тазалау машиналарында болат щеткалармен тұрақты тазалау, электролиз ваннасына сурьма концентрациясының еркін матрицасында мырышты тұндырудың бірінші сәтінде электролитте 0,2-0,3 мг/л болатын мөлшерде ерітілген тұзын сыдырып алу алдында енгізу. Осы сәтте сурьма матрицамен тығыз ілініс жасамайды, бірақ кристалдар құрылымы бар катодты мырыштың түзілуіне ықпал етеді. Егер бір ғана операция жүргізілсе, яғни мырыш катодтардан алынса және электродтар мен ванналарға күтім жасамаса, онда біраз уақыттан кейін мырыштың тоқ шығымы азаяды, ал электр энергиясының шығыны тиісінше өседі. Сондықтан катодшылардың міндетіне мырыш тұнбаларын алу ғана емес, сонымен қатар кесу кезінде ванналарға қызмет көрсету де кіреді [2].

2.7 Ванналарды шламнан тазарту

Электролиз процесінде анодтардың бетінде негізінен MnO_2 марганецтің қос тотығынан тұратын шлам түзіледі. Түзілетін шламның саны анод бетінің жағдайына байланысты. Жаңа анодтарда шлам түзілуі қарқынды жүреді. Марганец шламының бөлігі анодта қалады, ал қалғаны ваннаның түбіне шөгеді. Ерітіндідегі марганец мөлшері жоғары болған сайын, оны ваннада көп ұстайды. Орта есеппен 1 л ерітіндіден ваннада 0,5-1 г дейін марганец тұндырады. Ваннаның түбінде көп мөлшерде жиналған шлам электродтардың төменгі жиегіне дейін көтеріледі және электролиттің айналымын күрт нашарлатады. Сондай-ақ, анодтар мен катодтар арасындағы қысқа тұйықталуларға әкеледі. Катодты мырышқа түскен шлам бөлшектері балқыту кезінде оның сапасын нашарлатады. Осы себептер бойынша электролиз ванналарын үнемі шламнан тазарту қажет. Ванналарды шламнан тазалауды қатаң кесте бойынша жүргізу керек. Тазалау мерзімділігі ванналарда шлам жиналуына байланысты анықталады. Үлкен амперлік жүктеме кезінде шлам тез жиналады, ал оны ваннадан шығару кемінде 12-15 күннен кейін ғана жүргізу керек. Орташа ампер жүктемесі кезінде тазалау арасындағы кезең 20-25 күнге дейін ұзартылуы мүмкін.

Ванналарды шламнан тазарту әртүрлі тәсілдермен жүргізіледі. Олар: қол, вакуум-сорғылар және түптік штуцер арқылы шығару әдістері. Ванналарды қолмен тазарту кезінде алдымен оларды электр тізбегінен ажырату қажет және

электродтардың бір бөлігін алып тастау керек. Тікелей байланыс жүйесі арқылы ванналарды қанықтыру кезінде ваннаны өшіруге арналған анод-катодтың көмегімен жеке винттерді қолдануға болады. Соның көмегімен ванналарды кезкелген тоқты (20,000 А немесе одан да көп) өшіруге болады. Ванналарды жеке бөгет арқылы ажырату келесідей жүргізіледі. Екі жапсарлас ванналардан бір катод алынады және олардың орнына тоқ бірінші ваннаның анодынан үшінші катодқа беріледі. Бірінші бөгет сияқты қалғандары да солай орнатылып шығады. Осылайша секіргіштердегі анодтар тоқтан ажыратылады. Алғашқы 8-10 анодтарды ваннадан шығарып, қызмет көрсету алаңында бүктейді. Пайда болған ойық арқылы алдымен шлангімен электролитті сорып алады, содан кейін ваннада жиналған шламды қолмен қазып алады. Ваннаны шламнан толық тазалағаннан кейін оған қайтадан анодтар орнатылады және өңделген электролит құйылады. Ванналарды серияға қосу үшін бір маңдайша алынады және олардың әрқайсысының орнына бір катодтан орнатылып отырады. Айта кету керек, секіргіштерді алып тастағаннан кейін ваннаға электролитті құймай катодтарды алдын-ала орнатуға болмайды. Себебі бұл тізбектің ашылуына және апаттарға әкелуі мүмкін. Сондықтан, бірінші бөгетерді алып тастамас бұрын, ваннада электролиттің болуын тексеру қажет. Кейбір зауыттарда ванналардың резервтік блоктары бар. Бұл жағдайда тазалауға арналған ваннаны өшіру арнайы бөгет блоктарымен жүзеге асырылады. Алдымен тазалауға арналған блоктарды бөгет-тұйықтағыштарға апарды. Онда олар өтпелі шиналарға қысылған учаскелерді тазалайды және струбциналардың жарамдылығын тексереді. Содан кейін ажыратылатын блок орналасқан серияда жүктемені 10 кА дейін төмендетеді және әрбір ваннадан 22 катодтан алынады. Содан кейін серияны мүлдем тоқтан ажыратады. Ванналарда қалған катодтар мен анодтардың бөлігін алып тастайды, ал өтпелі шиналарға тұйықтағыштар орнатылады. Өтпелі шиналары бар тұйықтағыштың түйіспесінің сенімділігі струбциналармен қамтамасыз етіледі. Науа тұйықтағышты серияға орнатқаннан кейін жүктемені біртіндеп қалыпты деңгейге дейін ұлғайтады, ал ажыратылған блокта ванналарды тазалау немесе жөндеу жұмыстары орындалады. Қажетті жұмыстар аяқталғаннан кейін ажыратылған ванналарды электролитпен толтырады және оларға бұрын шығарылған анодтар орнатады. Содан кейін серияны қайтадан тоқтан ажыратады, ванналарға 12 катодтан тиейді және бөгеттерді шешеді. Осыдан кейін серияға жүктемені 10-ға дейін көтереді және оған қалған катодтарды жүктейді, содан соң жүктемені қалыпты деңгейге дейін көтереді. Блокты қалыпты жүктемеге қосқаннан кейін, катодтың шина контактілеріндегі өтпелі кедергіні тексереді. Ол 15 мВ аспауы тиіс. Ванналарды шламнан вакуум көмегімен тазалау отандық зауыттардың көпшілігінде жүргізіледі. Ол үшін бөлек ванналарды немесе тұтас блокты ажыратқаннан кейін, онда вакуумдық жүйеге қосылған винипласт немесе басқа қышқылға төзімді хрәппен шланг жүргізіледі. Ауамен араластыру кезінде шлам сілтілеу цехына арнайы ыдысқа сорылады. Шламды түбіндегі штуцер арқылы шығарады. Ванналарды футерлеуді жөндеу кезінде оларды шынжырдан ажыратады және жоғарыда сипатталған тәсілмен шламнан тазартады [1].

2.8 Электрод шаруашылығына қызмет көрсету

Электродтарды уақытылы профилактикалық жөндеу және тазалау – электролиз көрсеткіштері үшін технологиялық режимді сақтаудан және электролиттің тазалығынан кем емес мәнге ие.

Анодтарға күтім. Анодтың алғашқы 5-7 күндері қорғасынның ерітіндіге өтуі өте маңызды. Бұл кезеңде катодты мырышты талдауда қорғасынның құрамы 0,020 % дейін көрсетеді. Келесі 12-15 күндері анодтарда жұқа, бірақ тығыз PbO₂ пленкасы қалыптасады. Бұл күндері мырыштағы қорғасын мөлшері 0,005-0,01 % дейін төмендейді. Анод 20 күннен астам жұмыс істеген кезде оның бетінде марганец шламының қалың қабаты пайда болады, ол анодта ұсталмай, ваннаның түбіне қонады. Бұл кезеңде мырыштағы қорғасынның құрамы қайтадан өседі. Бұл тоқ тығыздығының күрт жоғарылауымен және шлам анодтан ажыратылған кезде қорғасынның еруімен түсіндіріледі. Анодтан түсетін шламның ірі кесектері анодтың катодпен қысқа тұйықталуын тудырады. Қорғасынның катодты мырышқа өтуінің алдын-алу үшін ваннаның кедергісін азайту қажет. Анодтың қорабын және қысқа тұйықталуын жою үшін анодтар кесте бойынша кезек-кезек ванналардан шығарып, шламнан тазартылып отырады. Анодтарды тазалау кестесі анодтардың құрылымын, электролиз режимінің ерекшеліктерін және т.б. ескере отырып жасалады және анодтардың 15-20 күн бойы жұмыс істеу кезеңін есептейді. Осы кезең өткеннен кейін анодтарды ванналардан шығарады және қолмен арнайы станоктарда шламнан тазартады. Тазалау кезінде анод бетінде қорғасынның тотықты пленкасын зақымдамауға тырысады. Бұл сақталмаған жағдайда қорғасынның ерітіндіге өтуі артады. Анодтарды тазартумен және оларды түзету, контактілерді тазарту, жарамсыз ақауларды шығару бір уақытта жүргізіліп отырады. Түзетілген және тазартылған анодтарды ваннаға қайта орнатады. Анодтардан алынған марганец шламын жинап, шаймалау цехына жібереді. Бұл шлам айтарлықтай үлкен, сондықтан ол бірінші кезекте тотықтырғыш ретінде пайдаланар алдында ұсақтауды қажет етеді.

Катодтарға күтім. Катодтардың жарамды жай-күйіне көп жағдайда процестің энергетикалық көрсеткіштері – тоқ шығымы және электр энергиясының меншікті шығыны тәуелді. Катод электролиз ваннасында жұмыс істеу барысында келесі өзгерістерге ұшырайды:

- алюминийдің беті нашар өткізгіш пленкамен жабылады және жиі дақ түрінде болады;
- катод матамен қорапталады;
- катодтың шеттері резеңке борттық планкамен жанасу орындарында тез тозады және онда планка берік сақталады;
- катодтың жоғарғы бөлігінде, штанганың астында, электролит бөлімінің шекарасында алюминий пластинасының ауасы жұқа болады және онай иіледі;
- катод штангасында мырыш сульфатының қабаты өседі;
- штангасы бар табақтың дәнекерленген тігісі күкірт қышқылымен ағады;

- байланыс тотығады және қызады, сондай-ақ, онда ауыспалы қарсылық артады;

- катод штангасын тасымалдау кезінде соққыдан бүгіледі.

Егер бұл ақаулардың барлығын уақытылы жоймаса, катодчиктердің жұмысын қиындатады және электролиз көрсеткіштерін нашарлатады. Сондықтан катодтарды кестеге сәйкес үнемі қарау, тазалау және жөндеу қажет. Бұны арнайы бригада жасайды, олар катодтарды бір немесе екі учаскеден жуғаннан кейін жинайды және оларды тексереді. Бұл ретте катод матасындағы саңылаулар саны көп болады, сондай-ақ, иілген табақтары немесе штангалары болады. Тігісі ажыратылған жоғарғы бөлігінің жұқа катодтарында бірден ақаулар байқалады. Катодтардан қалған жарамсыз резеңкелі планкалар алынып тасталынады, қайтадан жаңасымен немесе қалпына келтірілгендермен ауыстырылады. Катод штангаларын сульфаттан пышақпен және болат щеткалармен тазартады, содан кейін ыстық суда жуады. Катод табақтарын катод тазалайтын машинада тазалайды және тегістейді. Катодтарды бірқалыпты тазалау үшін машинаның табақтарынан бірінші және екінші жағынан екі рет өткізеді. Иілген табақтары мен штангалары бар катодтарды арнайы үстелдерде басқарады. Жұқа пластиналы және бүлінген жіктері бар катодтарды газ дәнекерлеу шеберханасына жібереді. Дәнекерлеу шеберханасында оларды жөндейді. Уақыт өте келе икемділігін жоғалтқан резеңкелі планкаларды қалпына келтіру үшін бу қысымы 0,2 МПа автоклавта жүргізіледі. Автоклавқа салу алдында планкаларды арнайы құралмен сауыт қорамдарда қысады. Автоклавта резеңкелі планкаларды кемінде 2 сағат ұстайды. Алюминийлі катод табақтарының қызмет ету мерзімі 9-12 ай, штангалар 5-6 жыл. Жаңа резеңкелі планка екі жылға дейін қызмет етеді. Планканы қалпына келтіру арқылы бұл мерзім 4-5 жылға дейін созылады [9].

3 Технологиялық процестердің есептелуі

3.1 Негізгі жабдықтың есебі

Бұл бөлімде цехтағы ванналар және олардың өлшемдері, электролиттің тәуліктік мөлшерін анықтадым. Ванналардың жалпы саны 660 ванна деп қабылданды. Егер резервті ескере отырып жазатын болсам, онда жалпы цехтағы ванналардың саны 720 тең. Ванналардың өлшемі: ені – 848 мм, ұзындығы – 2280 мм, тереңдігі – 1515 мм, қалыңдығы – 110 мм. Ваннаның ауданы – 1,82 м², ал көлемі – 2,71 м³. Тоқтың жиынтық күші – 15573165,89 А, тоқ күші – 27290 А. Бір сағат ішінде ванна арқылы электролиттің өтуі 267 л/сағ құрайды. Ал бір тәулік үшін бір ваннаға 6408 л/тәу, 660 ванна үшін 4203,6 м³/тәу, 720 ванна үшін 4615,2 м³/тәу электролит өтеді.

Негізгі жабдықтың есебі А қосымшасында келтірілген.

3.2 Материалдық баланс есебі

Бұл бөлімде материалдық балансты анықтау үшін электролизге түсетін ерітіндінің құрамын, шламның құрамы мен мөлшерін, газдардың бөлінуін есептедім. Материалдық балансты 1 м³ ерітіндіге есептедім. 1 м³-тағы ZnSO₄ – 357,84 кг, MnSO₄ – 9,79 кг, FeSO₄ – 0,08 кг. Қалған компоненттердің мөлшері аз болғандықтан есептеуде ескермедім. 1 ваннаның өнімділігі 0,641 т/тәу. 1 тәуліктегі 1 ваннаның шлам шығыны – 13,57 кг. Ал 660 ваннаның 1 тәуліктегі шлам шығыны – 8956,2 кг, 720 ваннаның 1 тәуліктегі шлам шығыны – 9770,4 кг. Сондай-ақ, анод және катодтың салмағын есептедім. Бір катодтың салмағы 8 кг, ал ваннадағы барлық катодтың салмағы 280 кг. Бір анодтың салмағы 54 кг, ал барлық анодтың салмағы 1944 кг. 1 м³ ерітіндіде бөлінетін оттегінің мөлшері – 24,46 кг, ал сутегінің мөлшері – 0,24 кг. Ерітіндінің булану және шашырату шығынын 1,25 см² деп қабылдадым. Сондай-ақ, бұл бөлімде 1 м³ өңделген электролит ерітіндісіндегі күкірт қышқылының мөлшерін, ондағы су мен оның компоненттерінің мөлшерін және ЦВ маркалы катодты мырышты есептедім.

Материалдық баланс есебі Б қосымшасында келтірілген.

3.3 Кернеу баланс есебі

Бұл бөлімде ванналардың кернеу балансын есептедім. Электродтағы тұрақты тоқ кезіндегі потенциалдардың айырымы 2,74 В. Электролиттегі кернеудің төмендеуі 0,49 В. Анодтағы кернеудің төмендеуі 0,04 В. Контактілердегі кернеудің төмендеуі 0,04 В. Ваннадағы кернеудің жалпы төмендеу шамасы 3,5 В. Мырыштың бір тоннасына кететін электр энергиясының шығыны 3183,16 кВт·сағ/т.

Кернеу балансының есебі В қосымшасында келтірілген.

3.3 Жылулық баланс есебі

Бұл бөлімде жылулық баланстың кіріс және шығыс жылуын есептедім. Кіріс жылуындағы электролит кедергісі есебінен бөлінетін жылу 64753,4 кДж, салқындатылған электролитпен енгізілетін жылу 9007,84 кДж. Шығыс жылуындағы булануға кеткен жылу жоғалымы 3651,27кДж. Шашыратуға кеткен жылу жоғалымы 78,08 кДж. Сәулеленуге кеткен жылу жоғалымы 401,61 кДж. Жылу беруге және жылу шығаруға кеткен жоғалымы 826,19 кДж. Бөлінетін газға кеткен жылу жоғалымы 249,87 кДж. Сутегіге кеткен жылу жоғалымы 0,25кДж. Өңделген электролитке кеткен жылу жоғалымы 328891,8 кДж.

Жылулық баланс есебі Г қосымшасында келтірілген.

4 Еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы

4.1 Еңбекті қорғау және қауіпсіздік техникасы бойынша заңдық-құқықтық актілер

Жобаланатын өндірістің қауіпті және зиянды факторларының талдауы Қазақстан Республикасының нормативті және заңнама құжаттарына сәйкес еңбек қауіпсіздігінің сұрақтары бойынша жүзеге асырылады.

- а) Қазақстан Республикасының Конституциясы.
 - б) Қазақстан Республикасының Азаматтық кодексі.
 - в) Қазақстан Республикасының Еңбек кодексі.
 - г) Қылмыстық және қылмысты-процессуалды кодексі.
 - д) «Нормативтік-құқықтық актілері туралы» ҚР заңы, 05.07.2018.
 - е) «Қауіпсіздік өндірістік нысандарда индустриялық қауіпсіздік туралы» ҚР заңы, 06.01.2012.
 - ж) «Өрт қауіпсіздік туралы» ҚР заңы, 17.07.2009.
 - з) «Қоршаған ортаны қорғау туралы» ҚР заңы, 15.07.1997.
 - и) «Денсаулық сақтау жүйесі туралы» ҚР заңы, 19.04.2019.
 - к) «Техникалық реттеу туралы» ҚР заңы, 09.04.2019.
- Нормативті құжаттамалар:
- а) МЕСТ-тер ССБТ
 - б) СН және П-ы
 - в) СанП және Н-ы
 - г) СН – санитарлы нормалар
 - д) ГН – гигиеналық нормалар.

4.2 Электролиз цехындағы қауіпті факторларды талдау

Мырыш өндіру бойынша жобаланатын бөлім Өскемен мырыш зауытының аумағында орналасқан. Электролиз процесі кезінде ваннадан сутегі және оттегі көпіршіктерімен қоса цех атмосферасына тұман күйінде күкірт қышқылының және мырыш сульфатының майда тамшылары бөлінеді. Осының салдарынан жұмысшыларда шырышты қабатының тітіркенуі, жоғарғы тынысалу жолдарының қабынуы, тістерінің бұзылуы және қызыл иектің қопсуы байқалады. Орталық жүйке жүйесінің және жүрек-тамыр жүйесінің функционалды өзгеруі, бауыр аурулары байқалады. Зиянды қоспалардың құрамы шеткі концентрациясын жалпы санитарлық-гигиеналық талапқа сай асырмау керек.

Электролиз бойынша кезекшінің міндетіне ваннаның бетінде көбік жамылғысының тұрақты болуын бақылау кіреді. Мырышты сыдыратын зауыттарда ванналарда емес, бөлек алаңда күкірт қышқылы тұманының әсері айтарлықтай аз. Құрамында 120-170 г/л H_2SO_4 бар өңделген электролиттің адам терісіне бірнеше рет әсер етуі ойық жара ауруларына әкеледі. Егер электролит

көзге түссе, ол мүйіз қабығын күйдіру мүмкін. Көз қышқылмен зақымдануы сутегі мен оттегіден жасалған, сабынды көбік қабатының астында жиналып тұратын кремний қоспасының жарылысы кезінде орын алуы мүмкін. Сондықтан ваннада көбікті артық мөлшерде жіберуге болмайды. Өңделген электролитпен жұмыс істегенде (бұл әсіресе анодтар мен ванналарды тазалайтын жұмысшыларға қатысты) жарамды қышқылдан қорғайтын арнайы киімді, резеңкелі етік пен қолғапты кию қажет. Осы топтың жұмыс киімін күн сайын жуып және кептіру қажет.

Ойық ауруларының алдын-алу үшін жұмысшының жеке гигиенасы үлкен маңызға ие. Қышқыл ерітінділермен жұмыс істеу кезінде дененің жалаңаш бөлігін бірнеше рет суық сумен жуу керек, әсіресе жұмыстан кейін мұқият жуыну қажет. Электролиз бөлімінде жұмыс істейтіндерге электр тоғы үлкен қауіп төндіреді. Электролиз ванналарының сериясы 600-800 В кернеуіне ие. Адамның денесі арқылы жерге токтың тұйықталуы ауыр бақытсыз жағдайларға әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, екі параллельді каскадтардың тұйықталуы қауіпті. Сондықтан электролиз ванналарында жұмыс істеген кезде және олардың жанында каскадтан каскадқа ешқандай заттарды (ысқылау пышақтары, катодтар және т.б.) беруге болмайды. Ванналар арасындағы жұмыс алаңдары таза және құрғақ болуы тиіс. Ванналардың астында тіректі шыны немесе фарфор оқшаулағыштарды, науалар мен құбырларды тазалау кезінде еденнен оқшауланған құрғақ баспалдақты пайдалану керек. Резеңкелі қолғаптар мен аяқ киім кию керек. Ванналар мен жұмыс алаңдары арасындағы барлық саңылаулар мырыш скрабы мен мырыш сульфатынан бос болуы тиіс. Соңғыларды күн сайын жою керек. Электролиз цехында денені катодты мырыштың өткір жиектері кесіп кету жағдайлары болуы мүмкін. Бұған жол бермеу үшін тек жарамды арнайы киімде және қолғаптарда жұмыс істеу қажет. Катодты мырыштың салбыраған қорабын балқыту цехына тасымалдау кезінде жұмысшылар қорапты шашқан кезде соғылуы мүмкін. Мырышты тегіс табанға салып, оларға мырыш сульфатының немесе скраптың түсуіне жол бермеу керек. Алюминий катодтарды тазалау кезінде катод тазалау машиналарында алюминийдің темірмен ұнтақ тәрізді жарылыс қауіпті қоспасы пайда болады. Сондықтан катодтарды тазалау жұмыстарын сору желдеткіші қосылған кезде ғана жүргізу керек. Жұмыс аяқталғаннан кейін машина щеткалары, бункер (әдетте цех қабырғасынан тыс орнатылған), циклондар мен жинағыштарды шаңнан мұқият тазарту қажет. Осы жұмыс орнында ашық отты қолдануға немесе тиісті сақтық шараларынсыз электрмен дәнекерлеуді жүргізуге тыйым салынады. Катодтарды тазалау кезінде пайда болатын жұқа дисперсті шаң тыныс алу органдарын зақымдауы мүмкін болғандықтан, катод тазалау машинасында тек респираторда ғана жұмыс істеуге рұқсат етіледі.

4.3 Жарықтандыру және электрқауіпсіздігі

Жұмыс жағдайын жасау үшін рационалды жарықтандыруға үлкен мән беріледі. Қанағатандырылмаған жарықтандыру жұмыс істеуге қиындықтар тудырады, жұмыс өнімділігін төмендетеді және көз ауруы мен оқыс оқиғалар себепшісі болуы мүмкін. Ғимарат жарықтандырылуы жұмысшының қалыпты жұмыс бейімділігі сақталып, барлық үрдістерге ұзақ уақыт көзге күш түсірмей, шаршатпайтын болуы керек. Ғимарат жарықтандыруының шегі тура және балама жолмен анықталады (техникалық шегі, геометриялық шегі). Жобаланатын цех үшін бұл шек $I_{орт} = 1 \%$, $I_{мин} = 0,25 \%$. Электролиз цехындағы ең аз жұмыс бетінің жарықтандырылуы жалпы жарықтандыру 20 лк қыздырылу шамдарына тән. Жобалау кезінде қор көрсеткіші ретінде беріктендіру шамдарына 1,5 аламыз. Ауыспалы жарық шамдар қорғаныс шыны қалпақтар, торлармен қамтамасыз етілуі керек.

Электрқауіпсіздік. Электр тоғымен адамның жарақаттануы оның электр құрылғыларының ашық тоқ өткізетін бөліктерімен жанасуынан болады. Электр тоғымен жарақаттану есінен танып қалу, толықтай тыныс және жүректің тоқтатылуымен жүруі мүмкін. Адам үшін 40 В, ал ылғал жерде 36 В кернеулік қауіпті болып келеді. Адам үшін тоқ күші 0,0005 А жоғары болса өте қауіпті. Адамның кері әсерлігі орта есеппен 1000 Ом-ға тең. Ол ғимарат температурасы және ылғалдылығына, тері қабатына, адам киіміне, шаршау шамасына байланысты өгеріп отырады. Электр құралдарымен жұмыс істеуге жіберілу үшін адамдардың дәрігерлік қарсылығы жоқ, жұмыс істеу қауіпсіздігін оқып, нұсқама өткен, атқаратын қызметі бойынша қауіпсіздік ережелерінің сақталуын тексеруден өткен, техника қауіпсіздігі бойынша мамандық тобын алған болуы керек.

4.4 Өрт қауіпсіздігінің шаралары

Өрт қауіпсіздігі – өрт болуын туғызбайтын, ал ол болса қалса адамдарға қауіпті жағдай төндірмейтін және заттық қымбаттылардың қорғанысын қамтамасыз ететін ғимарат жағдайы. Өндірісте өрт шығу үлкен қауіп төндіреді және айтарлықтай шығынға ұшыратады. Электролиз бөлімі өзінің технологиялық өндірісі бойынша «В» категориясына жатады және қатты, жаңғыш зат пен сұйықтық, жарқылдау температурасы 120 °С байланысты. Өрт шығу себептері отпен жұмыс істегенде салғырт қарау, технологиялық үрдістің бұзылуы, өндіріс құралдарының жарамсыздығы, электр сымдарын және құралдарын дұрыс жөндей бұзылуы, электр құралдарымен дұрыс қолданбау, электр қондырғыларынан жарық шоқтарының шығуы, статикалық электр тоғы және қысқа тұйықталу болып табылады.

Өрт сөндірудің біріншілік шаралары:

а) өрт шыққан кезде өрт сөндірушілер келгенге дейін қол астындағы бар заттарды қолдананысқа келтіру;

б) өртке қауіпті заттар мен бағалы құрылғыларды шығару;

в) электроэнергия, жанарғы заттарды беруді тоқтату;

г) өрт таралып кететін байланыстарды тоқтату;

д) өрт күзетіне өрт туралы хабарлау керек;

ж) өрт сөндіруге қатысып жатқан адамдарды жоғары температураның әсерінен жылу бөлінуден және газ тәріздес жану заттарынан қорғау жағдайын қамтамасыз ету керек.

Өртке қарсы су қоры – бұл өрт болып жатқан жерге су әкелетін құрылғылар жиынтығы. Өртке қарсы су құбырын өрт сөндіруге қажетті су көлемін сәйкес күшпен 3 сағат бойы беретіндей есептеу керек. Өртке қарсы су құбыры шаруашылық және өндірістік су құбырларымен байланысады. Ғимарат ішінде ішкі су ағызу жүйелерінде кіре берісте, баспалдық торы аумағында, сөрелер ішінде өрт крандарын орналастырады. Сөрелер еденнен 1,35 м биіктікте орналасқан және ұстағыш ұзындығы 20 м.

Өртсөндіргіш – бұл жаңа басталған өртті сөндіру үшін ылғида дайын тұратын құрал. Электролиз бөлімінде көбікті, көмірқышқылды және ұнтақты өртсөндіргіш, әктасты жабынды, қатты жүн матасы, құм және суық кілкі қолдануға кеңес берілген. Ғимаратта өрт шықса адамдарды жылдам әрі қауіпсіз алып шығу мүмкіндігін қамтамсыз етілу қажет. Алып шығу жолдарының келесі енін қабылдаймыз: есіктер – 0,8 м; бапалдақтар – 1,5 м; өткелдер – 1 м; есік биіктігі – 2 м.

5 Экономикалық бөлім

Бұл бөлімде электролиз цехындағы жұмыс уақытының жоспарлы балансын қарастырдым. Оның ішінде жұмысшылардың негізгі санаттарының тарифтік стафалары, 8 сағаттық ауысым бойынша үш ауысымдық бес бригаданың үздіксіз жұмысы және жұмысшылар санын анықтадым. Сондай-ақ, жобаланатын электролиз цехының техника-экономикалық көрсеткіштерін, анықтап айтатын болсам, жобаланатын электролиз цехы құрылысының сметалық құнын, өндірістік қорларын, орташа айлық жалақысын, 1 т құймалы мырыштың өзіндік құнын, өндірістің рентабельділігі, өндірістің пайдасын, өтелу мерзімін қарастырдым.

Экономикалық бөлім толықтай Д қосымшасында көрсетілген.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада мырыш сульфат ерітіндісінен мырышты электротұндыруы қарастырылды. Жалпы мырыш негізгі ауыр түсті металдар тобына жатады. Оның өндірісі мен тұтынылуы қазіргі уақытта алюминий мен мыстан кейін үшінші орында. Металдың аз мөлшердегі шығыны мырыш оксидін және әртүрлі химиялық қосылыстарды алуға кетеді. Олар пластмасса, бояу, қағаз, керамикалық бұйымдар өндірісінде қолданады.

Металлургияда металдық мырышты қорғасынды тазарту және ерітіндіден қоспаларды тазарту үшін қолданылады. Табиғатта құрамында мырыш бар шикізат көздерінің алуан түрлері кездеседі. Сол себеппен мырышты өңдеу және алу екі әдіспен жүзеге асырылады: пирометаллургиялық және гидрometаллургиялық. Пирометаллургиялық әдісті қолданғанда соңында кеуекті және берік кесек түрінде өртенді алынады, яғни агломерат. Күйдіруді алдымен материал тотыққан кезде күкірттен айырылтады, одан кейін күйежентектейді. Материалдың күйежентектелуі үшін қабаттағы температура 1300-1400 °С жетеді. Осыған сәйкес қазіргі уақытта жаңартылған технологиялық операциялар ұсынылады. Metallургиялық қондырғылардың бірлік қуаттылығы жоғарлап, технологиялық процесті бақылайтын автоматикалық жүйесі енгізілді.

Мырыш кендерінде металл мөлшері аз болғандықтан, оны бірден металлургиялық өндіріске түсірмейді, оны алдын-ала байытады. Полиметалды кендерде мырыштан басқа да құнды металдар болады. Сондықтан байытуды селективті немесе коллективті флотация әдістері арқылы жүзеге асырылады. Концентратта мырыштан басқа да мыс, қорғасын, кадмий, германий, индий және басқа металдар кешенді түрде болады. Концентраттың құрамында темір, мышьяк, сурьма, кремний оксидтері аз, бірақ сирек металдар көп болады. Сондықтан оларды гидрometаллургиялық әдіспен бөліп алу рационалды болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Диев Н.П., Гофман И.П., Metallургия свинца и цинка. – М.: Metallургиздат, 1961. – С. 314-348.
- 2 Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка. – М.: Metallургиздат, 1954. – С. 138-196.
- 3 Титов П.С., Введение в электрохимию. – М., Л.: Госхимиздат, 1941. – 14 с.
- 4 ҚР патентті №15850. Мырышты электролиттік жолмен алу тәсілінің артықшылығы / Романов Г.А., Сүлейменова Г.А. 15.06.2005 ж, Бюл. №6.
- 5 ҚР патентті №1709760 (SU). Электролитке фосфор қышқылын қосу арқылы шлам түзілуін азайту / Волкова Н.А., Крашенина С.В. 20.01.1993 ж, Бюл. №3.
- 6 ҚР патентті №1743178 (SU). Үрдісті арзандату және қорғасын мен мыс бойынша катодтық мырыштың сапасын көтеру мақсатында оксиэтилидендифосфон қышқыл ерітіндісін қолдану / Волкова Н.А., Крашенина С.В. 30.12.1993 ж, Бюл. №3.
- 7 Гаев А. И., Есин О. А., Электролиз цинка. – С., М.: ОНТИ, 1937. – 190 с.
- 8 Титов С.А., Выщелачивание и электролиз цинка. – М.: Metallургиздат, 1943. – 88 с.
- 9 Лоскутов Ф.М., Metallургия тяжелых цветных металлов, ч. II, Свинец и цинк. – М.: Metallургиздат, 1951. – 591 с.
- 10 Лоскутов Ф.М., Metallургия свинца и цинка. – М.: Metallургиздат, 1956. – 351 с.
- 11 Баймаков Ю. В., Журин А. И., Электролиз в гидрометаллургии.–Р.: Metallургия, 1977. – 616 с.
- 12 Выщелачивание огарка и возгонов. Электроосаждение цинка / –У.: Казцинк, 2003. – С. 35- 37.
- 13 Кирьяков Г. З., Бундже В. Г., Электролиз сернокислых растворов цинка. – А.: «Наука» Казахской ССР, 1977. – 142 с.
- 14 Хан О.А., Фульман Н.И., Новое в электроосаждении цинка. – М.: Metallургия, 1979. – 80 с.

А қосымшасы

Негізгі және қосымша жабдықтың есебі

Цехтағы ванналар санын анықтау.

Мырышты толықтай тұндыру үшін тоқтың жиынтық күші мынадай формула бойынша анықталады:

$$\Sigma I = \frac{P \cdot 10^6}{365 \cdot 24 \cdot g \cdot \eta}, \quad (\text{A.1})$$

мұндағы ΣI – ваннадағы тоқ күші, А;

q – мырыштың электрохимиялық эквиваленті, 1,219 г/А·сағ;

η – тоқ бойынша шығым, 0,902;

P – катодты мырыш цехының жылдық өнімділігі, т.

$$\Sigma J = \frac{150000 \cdot 10^6}{365 \cdot 24 \cdot 0,902 \cdot 1,219} = 15573165,89 \text{ А}.$$

Ваннаның жалпы саны:

$$N_B = \Sigma J / I, \quad (\text{A.2})$$

Тізбектегі тоқ күшін анықтау үшін ваннадағы катодтардың белсенді тығыздығын білу қажет. Алюминий катодының өлшемі 1145×620мм. Катодтың шетіне дендрит түзілімдерді азайтатын және мырышты жеңіл алуды қамтамасыз ететін резеңкелі планкалар киіледі. Планкалар катодтың белсенді бетін әр жағынан ені бойынша 8мм азайтады. Катод ерітіндіге 1035 мм тереңдікке батырылады, онда катодтың белсенді ауданы екі жағынан тең болады:

$$0,604 \cdot 2 \cdot 1,035 = 1,25 \text{ м}^2.$$

Вакуум-буландырғыш салқындатқышы бар зауыттардың тәжірибесіне сүйене отырып, ваннадағы катод саны 35 дана деп қабылдаймыз, сонда ваннадағы барлық катодтардың белсенді беті:

$$35 \cdot 1,25 = 43,76 \text{ м}^2.$$

Тоқ күші тең болады:

$$555 \cdot 43,76 = 24290 \text{ А}.$$

А қосымшасының жалғасы

Ванналардың жалпы саны:

$$N_B = 15573165,89 / 24290 = 641 \text{ (ванна)}.$$

Тоқ астындағы ваннаны пайдалану коэффициенті 0,98, ванналардың қажетті саны:

$$641/0,98 = 654 \text{ (ванналар)}.$$

Жұмысқа 660 ванна деп қабылдаймыз.

Қордағы ванналардың саны жұмыс істейтін ванналардың санынан 10 % деп есептейміз. Резервті ескере отырып, ванналардың жалпы санын анықтаймыз:

$$654 \cdot 1,1 = 720 \text{ (ванна)}.$$

Ваннаның өлшемі мен көлемін анықтау.

Ваннаның ені келесі теңдеу бойынша анықталады:

$$\beta = E_k + 2l, \quad (\text{A.3})$$

мұндағы: E_k – катодтың ені, 620мм;

l – ванна жиегінен электродқа дейінгі қашықтық, 114мм.

$$\beta = 620 + 2 \cdot 114 = 848 \text{ мм}.$$

Ваннаның ұзындығы келесі формуламен анықталады:

$$L_B = h \cdot L_3 + 2L_m, \quad (\text{A.4})$$

мұндағы: L_B – ваннаның ұзындығы, мм;

n – ваннадағы катодтардың саны;

L_3 – бір атаулы электродтар арасындағы қашықтық, 60мм;

L_m – соңғы электродтар мен ваннаның ішкі қабырғасының арасындағы қашықтық, 60мм.

$$L_B = 36 \cdot 60 + 2 \cdot 60 = 2280 \text{ мм}.$$

Ваннаның тереңдігі келесі формуламен анықталады:

$$H_B = h_k + h_B + h_n, \quad (\text{A.5})$$

А қосымшасының жалғасы

мұндағы: H_B – катодты электролитке батыру тереңдігі, 1035 мм тең;

h_B – катод жиегінен электролизер бортының жоғарғы жиегіне дейінгі қашықтық, 70 мм тең;

h_n – ваннаның түбінен катодтың төменгі жиегіне дейінгі қашықтық, 410 мм тең.

$$H_B = 1035 + 70 + 410 = 1515 \text{ мм.}$$

Ванна қабырғасының қалыңдығы 110 мм деп қабылдасақ, онда ваннаның сыртқы өлшемдері:

$$B_B = 848 + 2 \cdot 110 = 1068 \text{ мм.}$$

$$L_B = 2280 + 2 \cdot 110 = 2500 \text{ мм.}$$

Ванна түбінің қалыңдығы 130 мм:

$$H_B = 1515 + 130 = 1645 \text{ мм.}$$

20 мм шегендеу есебімен есепке алғандағы ваннаның ауданы:

$$0,808 \cdot 2,24 = 1,81 \text{ м}^2.$$

Ваннаның көлемі:

$$1,81 \cdot 1,495 = 2,71 \text{ м}^3.$$

Электролиттің тәуліктік санын есептеу.

Бір сағат ішінде ванна арқылы электролиттің өтуі келесі формуламен анықталады:

$$Q = \frac{I \cdot g \cdot \eta}{P_1 - P_2}, \quad (\text{A.6})$$

мұндағы: Q – сағатына түсетін электролит саны, л/сағ;

I – тізбектегі тоқ күші, 24290 А;

η – тоқ шығымы, 90,2 %;

$P_1 - P_2$ – келіп түсетін және өңделетін электролиттегі мырыштың мөлшері, $P_1 = 145$ г/л, $P_2 = 45$ г/л.

$$Q = \frac{24290 \cdot 1,219 \cdot 0,902}{145 - 45} = 267 \text{ л/с.}$$

А қосымшасының жалғасы

Бір тәулік ішінде бір ваннаға қажет:

$$267 \cdot 24 = 6408 \text{ л/тәу немесе } 6,41 \text{ м}^3/\text{тәу}.$$

Ал 660 ванна үшін:

$$6,41 \cdot 660 = 4203,6 \text{ м}^3/\text{тәу}.$$

720 ванна үшін:

$$6,41 \cdot 720 = 4615,2 \text{ м}^3/\text{тәу}.$$

Б қосымшасы

Материалдық баланс есебі

Материалдық балансты есептеу үшін электролизге түсетін ерітіндінің құрамын, шламның құрамы мен мөлшерін, газдардың бөлінуін есептеу қажет. Материалдық балансты 1 м³ ерітіндіге есептейміз:

$$\begin{aligned} \text{ZnSO}_4 &= 145 \cdot 161,4 / 65,4 = 357,84 \text{ кг}, \\ \text{S} &= 32 \cdot 357,84 / 161,4 = 70,95 \text{ кг}, \\ \text{O}_2 &= 64 \cdot 357,84 / 161,4 = 141,89 \text{ кг}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MnSO}_4 &= 3,56 \cdot 150,9 / 54,9 = 9,79 \text{ кг}, \\ \text{S} &= 32 \cdot 9,79 / 150,9 = 2,08 \text{ кг}, \\ \text{O}_2 &= 64 \cdot 9,79 / 150,9 = 4,15 \text{ кг}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FeSO}_4 &= 0,031 \cdot 151,8 / 56 = 0,08 \text{ кг}, \\ \text{S} &= 0,08 \cdot 32 / 151,8 = 0,016 \text{ кг}, \\ \text{O}_2 &= 64 \cdot 0,08 / 151,8 = 0,033 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Қалған компоненттердің мөлшері аз болғандықтан есептеуде ескермейміз.

Зауыт тәжірибесінің деректері бойынша олардың құрамын 12,5 кг тең деп қабылдасақ, онда 1 м³ ерітіндіде:

$$357,84 + 9,79 + 0,08 + 12,5 = 380,21 \text{ кг}.$$

Практика деректері бойынша ерітіндінің салыстырмалы салмағы 1,371 г/см³, онда ерітіндідегі су:

$$1371 - 380,21 = 990,79 \text{ кг}.$$

Бұл санда:

$$\text{O}_2 = 990,79 \cdot 16 / 18 = 880,7 \text{ кг},$$

$$\text{H}_2 = 990,79 \cdot 2 / 18 = 110,09 \text{ кг}.$$

Есептеу деректерін Б.1-кестеге енгіземіз.

Б қосымшасының жалғасы

Б.1 Кесте –1 м³ ерітіндінің рационалдық құрамы.

Компонент-тер	Zn	Mn	Fe	S	O ₂	H ₂	Қалғаны	Барлығы	%
ZnSO ₄	145			70,95	141,89			357,84	26,1
MnSO ₄		3,56		2,08	4,15			9,79	0,71
FeSO ₄			0,031	0,016	0,033			0,08	0,01
H ₂ O					880,7	110,09		990,79	72,27
Қалғаны							12,5	12,5	0,91
Жалпы	145	3,56	0,031	73,04	1026,77	110,09	12,5	1371	100

Шламның шығымы мен құрамын есептеу.

Электролиз процесінде анодтардың бетінде негізінен MnO₂-ден тұратын марганец шламы түзіледі. Пайда болған шламның саны анод бетіне байланысты (жаңа, ескі). Бұл шламның бөлігі анодта қалады, ал қалған бөлігі ваннаның түбінде жиналады. Анодта MnO₂ қабығының болуы анодтың қызмет ету мерзіміне оң әсер етеді, бірақ ваннаның кедергісін арттырады. Ваннаның түбінде жинақталатын шлам электролиттің айналымын күрт нашарлатады және электродтар арасындағы қысқа тұйықталуларға әкеледі. Осы себептер бойынша электролиз ванналарын үнемі шламнан тазарту қажет. Ванналарды шламнан тазалау 30 күнде 1 рет жүргізіледі. Тазалау жоғарғы вакуумды сорғымен жүргізіледі. Сорылатын шлам темірдің тотығуына жіберіледі. Тәжірибе бойынша зауыт шламының құрамы: Mn – 45,26 %, Zn – 3,62 %, Pb – 2,8 %, Ag – 59,6 г/т.

Есептеуді 100 кг шламға жүргіземіз.

ZnSO₄ саны:

$$\begin{aligned}
 &161,4 \text{ кг ZnSO}_4 - 65,4 \text{ кг,} \\
 &x \text{ кг ZnSO}_4 - 3,62 \text{ кг,} \\
 &x = 8,93 \text{ кг.}
 \end{aligned}$$

MnO₂ саны:

$$\begin{aligned}
 &86,9 \text{ кг MnO}_2 - 54,9 \text{ кг,} \\
 &x \text{ кг MnO}_2 - 45,26 \text{ кг,} \\
 &x = 71,64 \text{ кг.}
 \end{aligned}$$

PbO₂ саны:

$$\begin{aligned}
 &239 \text{ кг PbO}_2 - 207 \text{ кг,} \\
 &x \text{ кг PbO}_2 - 2,8 \text{ кг,} \\
 &x = 3,23 \text{ кг.}
 \end{aligned}$$

Б қосымшасының жалғасы

AgCl саны:

$$\begin{aligned} 143,3 \text{ кг AgCl} - 107,86 \text{ кг}, \\ x \text{ кг AgCl} - 0,00596 \text{ кг}, \\ x = 0,01 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Басқалары $1,8 \% = 1,8 \text{ кг}$.

H₂O саны:

$$100 - (8,93 + 71,64 + 0,01 + 3,23 + 1,8) = 14,39 \text{ кг}.$$

Қорғасынның шығыны норма шығыны бойынша 1 тонна катодты мырыштың 0,6 кг құрайды.

Бір ваннаның өнімділігін келесі формуламен анықтаймыз:

$$Q = \frac{I \cdot 24 \cdot g \cdot \eta}{10^6}, \quad (\text{Б.1})$$

мұндағы Q – ваннаның өнімділігі, т/тәу;

I – ваннадағы ток күші, А;

g – мырыштың электрохимиялық эквиваленті, 1,219 г/А·сағ;

η – ток шығымы, 90,2%.

$$Q = \frac{24290 \cdot 24 \cdot 1,219 \cdot 0,902}{10^6} = 0,641 \text{ т/тәу}.$$

Онда 1 ваннаға қорғасынның шығыны тәулігіне келесідей болады:

$$Q \cdot 0,6 = 0,641 \cdot 0,6 = 0,38 \text{ кг/тәу}.$$

Бір ваннадағы тәулік ішінде шлам шығыны:

$$0,38 \cdot 100 / 2,8 = 13,57 \text{ кг}.$$

660 ваннаның тәулік сайын шламы:

$$13,57 \cdot 660 = 8956,2 \text{ кг}.$$

720 ваннаның тәулік сайын шламы:

$$13,57 \cdot 720 = 9770,4 \text{ кг}.$$

Б қосымшасының жалғасы

1 м³ ерітіндідегі шлам шығынын есептейміз:

$$13,57/6,41=2,12 \text{ кг.}$$

Алюминий катодтарының механикалық жоғалымдары мен алюминий катодты мырыштың бір тонна ерітіндісінде еріту практиканың деректері бойынша 1,8 кг құрайды.

Бір катодтың салмағы – 8 кг. Ваннадағы барлық катодтың салмағы келесідей болады:

$$8 \cdot 35 = 280 \text{ кг.}$$

Бір анодтың салмағы – 54 кг. Ал барлық анодтардың салмағы:

$$54 \cdot 36 = 1944 \text{ кг.}$$

1 м³ ерітіндідегі 2,12 кг шламның рационалдық құрамын есептейміз.
ZnSO₄ қосындысы:

$$\begin{aligned} 100 \text{ кг ZnSO}_4 &- 8,93 \\ 2,12 \text{ кг} - \text{ZnSO}_4 &- x \text{ кг} \\ x &= 0,1893 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Оның ішінде:

$$\begin{aligned} S &= 0,1893 \cdot 32/161,4 = 0,0375 \text{ кг,} \\ O_2 &= 0,1893 \cdot 64/161,4 = 0,0751 \text{ кг,} \\ Zn &= 0,1893 \cdot 65,4/161,4 = 0,0767 \text{ кг.} \end{aligned}$$

PbO₂ қосындысы:

$$\begin{aligned} 3,23 \text{ кг PbO}_2 &- 100 \text{ кг} \\ x \text{ кг PbO}_2 &- 2,12 \text{ кг} \\ x &= 0,0685 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Оның ішінде:

$$\begin{aligned} Pb &= 0,0685 \cdot 207,2/239,2 = 0,0593 \text{ кг,} \\ O_2 &= 0,0685 \cdot 32/239,2 = 0,0092 \text{ кг.} \end{aligned}$$

MnO₂ қосындысы:

Б қосымшасының жалғасы

$$\begin{aligned}71,64 \text{ кг MnO}_2 - 100 \text{ кг} \\ x \text{ кг MnO}_2 - 2,12 \text{ кг} \\ x = 1,5188 \text{ кг.}\end{aligned}$$

Оның ішінде:

$$\begin{aligned}\text{Mn} &= 1,5188 \cdot 54,9 / 86,9 = 0,9595 \text{ кг,} \\ \text{O}_2 &= 1,5188 \cdot 32 / 86,9 = 0,55,93 \text{ кг.}\end{aligned}$$

Шламдағы H₂O мазмұны:

$$\begin{aligned}14,4 \text{ кг H}_2\text{O} - 100 \text{ кг} \\ x \text{ кг H}_2\text{O} - 2,12 \text{ кг} \\ x = 0,3051 \text{ кг.}\end{aligned}$$

Оның ішінде:

$$\begin{aligned}\text{H}_2 &= 0,3051 \cdot 2 / 18 = 0,0339 \text{ кг,} \\ \text{O}_2 &= 0,3051 \cdot 16 / 18 = 0,2713 \text{ кг.}\end{aligned}$$

Деректерді Б.1-кестеге енгіземіз.

Б.2 Кесте – шламның рационалдық құрамы.

Компоненттер	Zn	Pb	Mn	O ₂	H ₂	S	Қалғаны	Барлығы	%
ZnSO ₄	0,0767			0,0751		0,0375		0,1893	8,93
MnO ₂			0,9595	0,5593				1,5188	71,64
PbO ₂		0,0593		0,0092				0,0685	3,23
H ₂ O				0,2713	0,0339			0,3052	14,4
Қалғаны							0,0382	0,0382	1,8
Барлығы	0,0767	0,0593	0,9595	0,9149	0,0339	0,0375	0,0382	2,12	
%	3,62	2,8	45,26	43,15	1,6	1,77	1,8		100

Электролиз кезінде бөлінетін сутегінің және оттегінің мөлшерін есептеу.
1 м³ ерітіндіден бөлінетін оттегі:

$$16 \cdot 100 / 65,4 = 24,46 \text{ кг.}$$

Ваннада 1 сағат ішінде бөлінген мырыштың мөлшері мына формуламен есептеледі:

Б қосымшасының жалғасы

$$Q = J \cdot g_{zn} \cdot \eta_{zn} \cdot t, \quad (\text{Б.2})$$

мұндағы J – ваннадағы ток күші, А;

g_{zn} – мырыштың электрохимиялық эквиваленті, 1,219 г/л·сағ;

η_{zn} – мырыштың ток шығымы, 9,02 %.

$$Q = 24290 \cdot 1,219 \cdot 0,902 \cdot 1/1000 = 26,7 \text{ кг.}$$

Ваннада сол уақытта бөлінген сутегі мөлшері:

$$Q = J \cdot g_{H_2} \cdot \eta_{H_2} \cdot t, \quad (\text{Б.3})$$

мұндағы g_{H_2} – сутектің электрохимиялық эквиваленті, 0,0376;

η_{H_2} – сутектің ток шығымы, 0,07.

$$Q = 24296 \cdot 0,0376 \cdot 0,07 \cdot 1/1000 = 0,064 \text{ кг.}$$

$$\frac{100 \cdot 0,064}{26,7} = 0,24 \text{ кг.}$$

Булануға және шашыратуға кеткен ерітіндінің шығынын есептеу.

Ерітіндінің булану және шашырату шығынын 1,25 см² деп қабылдаймыз.

Ванна айналарының ауданы – 1,81 м², сонда ванна айналарының беті:

$$1,25 \cdot 1,81 = 2,26 \text{ кг/сағ немесе} \\ 2,26/1,371 = 1,65 \text{ л/м}^3.$$

ZnSO₄ мөлшері:

$$145 \text{ г} - 1 \text{ л/м}^3 \\ x \text{ г} - 1,65 \\ x = 0,290 \text{ кг.}$$

$$\text{ZnSO}_4 = 0,24 \cdot 131,4/465,4 = 0,59 \text{ кг,}$$

$$S = 0,53 \cdot 32/161,45 = 0,14 \text{ кг,}$$

$$\text{O}_2 = 0,59 \cdot 64/161,45 = 0,23 \text{ кг.}$$

MnSO₄ мөлшері:

$$3,56 \text{ г} - 1 \text{ л/м}^3 \\ x \text{ г} - 1,85 \\ x = 0,01 \text{ кг.}$$

Б қосымшасының жалғасы

$$\text{MnSO}_4 = 0,01 \cdot 150,93 / 54,93 = 0,03 \text{ кг},$$

$$\text{S} = 0,03 \cdot 32 / 150,93 = 0,007 \text{ кг},$$

$$\text{O}_2 = 0,03 \cdot 64 / 150,93 = 0,013 \text{ кг}.$$

Шлам және шашырату арқылы мырыштың жоғалуы:

$$0,24 - 0,0767 = 0,32 \text{ кг}.$$

Өңделген электролитте қалатын мырыш:

$$45 - 0,32 = 44,68 \text{ г/л}.$$

Өңделген электролитте қалатын марганец:

$$3,56 - (0,9595 + 0,01) = 2,59 \text{ кг}.$$

Өңделген электролитте қалатын темір:

$$0,031 - 0,00071 = 0,03 \text{ кг}.$$

0,00071 кг – катодты Zn-қа өтетін темір мөлшері. Өңделген электролитте мырыш, темір, марганец сульфид түрінде болады.

ZnSO₄ мөлшері:

$$44,680 \cdot 161,4 / 65,4 = 110,27 \text{ кг},$$

$$\text{S} = 110,24 \cdot 32 / 161,4 = 21,86 \text{ кг},$$

$$\text{O}_2 = 110,24 \cdot 64 / 161,45 = 43,73 \text{ кг}.$$

MnSO₄ мөлшері:

$$2,59 \cdot 150,93 / 54,93 = 7,12 \text{ кг},$$

$$\text{S} = 7,12 \cdot 32 / 150,93 = 1,51 \text{ кг},$$

$$\text{O}_2 = 7,12 \cdot 64 / 150,93 = 3,02 \text{ кг}.$$

FeSO₄ мөлшері:

$$0,03 \cdot 152 / 56 = 0,05 \text{ кг},$$

$$\text{S} = 0,08 \cdot 32 / 152 = 0,02 \text{ кг},$$

$$\text{O}_2 = 0,08 \cdot 64 / 152 = 0,03 \text{ кг}.$$

Б қосымшасының жалғасы

1 м³ өңделген электролит ерітіндісіндегі күкірт қышқылының мөлшері:

$$\left(\frac{145 - 45}{65,4}\right) \cdot 98 = 150 \text{ г/л,}$$

$$\begin{aligned} S &= 150 \cdot 32 / 98 = 48,98 \text{ г/л,} \\ O_2 &= 150 \cdot 64 / 98 = 97,96 \text{ г/л,} \\ H_2 &= 150 \cdot 2 / 98 = 3,06 \text{ г/л.} \end{aligned}$$

1 м³ өңделген электролит ерітіндісіндегі басқаларының мөлшері:

$$12,5 - (0,0382 + 0,001) = 12,45 \text{ кг.}$$

Су мен оның компоненттерінің мөлшерін анықтаймыз.
Өңделген электролиттегі суға байланысты оттегінің құрамы:

$$1026,773 - (97,96 + 0,03 + 3,02 + 43,73 + 0,013 + 0,23 + 0,9148 + 24,46) = 856,42 \text{ кг.}$$

Бұл судың келесі санына сәйкес келеді:

$$856,36 \cdot 18 / 16 = 963,41 \text{ кг.}$$

Осы судағы сутегі мөлшері:

$$963,41 \cdot 2 / 18 = 107,05 \text{ кг.}$$

Өңделген электролиттің үлес салмағы:

$$963,41 + 12,46 + 110,24 + 7,12 + 0,08 + 150 = 1,243 \text{ г/м}^3.$$

Бір ваннаға тәулігіне келіп түсетін ерітіндісі бар электролиттің мөлшерін есептейміз.

$$\begin{aligned} Zn &= 6,41 \cdot 145 = 929,45 \text{ кг,} \\ Mn &= 6,41 \cdot 3,56 = 22,82 \text{ кг,} \\ Fe &= 6,41 \cdot 0,031 = 0,2 \text{ кг,} \\ S &= 6,41 \cdot 73,046 = 468,22 \text{ кг,} \\ O_2 &= 6,41 \cdot 1026,773 = 6581,61 \text{ кг,} \\ H_2 &= 6,41 \cdot 110,69 = 705,68 \text{ кг,} \\ \text{Басқалары} &= 6,41 \cdot 12,5 = 80,13 \text{ кг,} \\ \text{Барлығы} &= 6,41 \cdot 1371 = 8788,11 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Б қосымшасының жалғасы

ЦВ маркалы катодты мырышты есептейміз:

$$\begin{aligned}Zn &= 100 \cdot 6,41 = 691 \text{ кг}, \\Fe &= 0,00071 \cdot 6,41 = 0,0045 \text{ кг}, \\Pb &= 0,0035 \cdot 6,41 = 0,0224 \text{ кг}, \\Басқалары &= 0,00116 \cdot 6,41 = 0,0074 \text{ кг}.\end{aligned}$$

Бір ваннадан бөлінетін оттектің мөлшері:

$$24,4 \cdot 6,41 = 156,79 \text{ кг}.$$

Бір ваннадан бөлінетін сутектің мөлшері:

$$0,24 \cdot 6,41 = 1,54 \text{ кг}.$$

Анодтар мен катодтардың қалдық саны:

$$Pb = 1944 - 0,38 - 0,0224 = 1943,5976 \text{ кг}.$$

Бір ваннада булану және шашырату ерітіндісінің жоғалымы:

$$\begin{aligned}Zn &= 0,24 \cdot 6,41 = 1,54 \text{ кг}, \\Mn &= 0,01 \cdot 6,41 = 0,06 \text{ кг}, \\O_2 &= (0,23 + 0,0013) \cdot 6,41 = 1,56 \text{ кг}, \\S &= (0,007 + 0,12) \cdot 6,41 = 0,81 \text{ кг}, \\Барлығы &= (0,03 + 0,59) \cdot 6,41 = 3,97 \text{ кг}.\end{aligned}$$

Механикалық жоғалымы:

$$1,8 \cdot 0,641 = 1,15 \text{ кг}.$$

Өңделген электролиттің мөлшерін есептейміз:

$$\begin{aligned}Zn &= 44,683 \cdot 6,41 = 286,42 \text{ кг}, \\Mn &= 2,59 \cdot 6,41 = 16,61 \text{ кг}, \\Fe &= 0,03 \cdot 6,41 = 0,19545 \text{ кг}, \\S &= (48,98 + 0,02 + 1,51 + 21,86) \cdot 6,41 = 467,17 \text{ кг}, \\H_2 &= (3,06 + 106,76) \cdot 6,41 = 703,92 \text{ кг}, \\O_2 &= (97,96 + 0,03 + 3,02 + 43,73 + 856,42) \cdot 6,41 = 6417,41 \text{ кг}, \\Басқалары &= 12,4608 \cdot 6,41 = 79,8726 \text{ кг}, \\Барлығы &= 1243,61909 \cdot 6,41 = 7971,59805 \text{ кг}.\end{aligned}$$

Б қосымшасының жалғасы

Шлам мөлшерін есептейміз:

$$\begin{aligned}Zn &= 0,767 \cdot 6,41 = 0,49 \text{ кг}, \\Pb &= 0,0593 \cdot 6,41 = 0,38 \text{ кг}, \\Mn &= 0,9595 \cdot 6,41 = 6,15 \text{ кг}, \\O_2 &= 0,9148 \cdot 6,41 = 5,86 \text{ кг}, \\H_2 &= 0,0339 \cdot 6,41 = 0,22 \text{ кг}, \\S &= 0,0376 \cdot 6,41 = 0,24 \text{ кг}, \\Басқалары &= 0,0382 \cdot 6,41 = 0,25 \text{ кг}, \\Барлығы &= 2,12 \cdot 6,41 = 13,59 \text{ кг}.\end{aligned}$$

Деректерді Б.3-кестеге енгіземіз.

Б.3Кесте – электролиздің бір ваннасының тәуліктік материалдық балансы

Компоненттер	Электролизге келіп түсті, кг			Электролизге барлығы келіп түсті, кг
	ерітіндімен	анодпен	катодпен	
Zn	929,45			929,45
Fe	0,2			0,2
Mn	22,82			22,82
S	468,22			468,22
O ₂	6581,62			6581,62
H ₂	705,68			705,68
Pb		1944		1944
Al			280	280
Басқалары	80,13			80,13
Барлығы	8788,11	1944	280	11012,12

Б қосымшасының жалғасы

Б.3 – кестенің жалғасы

Компоненттер	Электролизден кейін шықты, кг									
	O ₂	H ₂	Катодты мырыш	Ерітіндінің жоғалымы	Механикалық жоғалым	Өңделген электролит	Шлам	Қалдықтар	Сәйкестік	Барлығы
Zn			641	1,5		286,12	0,49			929,4
Fe			0,0046			0,19545				0,2
Mn				0,06		16,61	6,15			22,82
S				0,81		463,17	0,24			468,2
O ₂	156,79			1,56		6417,45	5,86			6581,6
H ₂		1,54				703,92	0,22			705,68
Pb			0,0224				0,38	1943,597		1944
Al					1,15			278,85		280
Басқалары			0,0074			79,8726	0,25			80,13
Барлығы	156,79	1,54	641,0343	3,97	1,15	7971,59805	13,59	2242,4476	0	11012,12

В қосымшасы

Кернеу баланс есебі

Ваннадағы кернеу балансы келесі формуламен есептеледі:

$$E=U+E+E_n+r, \quad (\text{B.1})$$

мұндағы E – ваннадағы кернеу, В;

U – мырыш сульфатының ыдырау кернеуі, В;

E_n – өткізгіштерде, катодта және анод желісінде кернеудің төмендеуі, В;

R – шлам қабығының кедергісі, В.

Мырыш сульфатының ыдырау кернеуін есептейміз. Электролит құрамында 45 г/л мырыш, 150 г/л күкірт қышқылы, 37 °С температурада болған кезде сутегі иондарының концентрациясы құрайды:

$$C_{H^+} + 150 \cdot 2 / 98 = 3,08 \text{ г·моль/л.}$$

Гидроксил иондарының концентрациясы мына формуламен есептеледі:

$$C_{OH^-} = \frac{K \cdot W}{C_{H^+}}, \quad (\text{B.2})$$

мұндағы C_{OH^-} – гидроксил иондарының концентрациясы, г·моль/л;

$K \cdot W$ – 37 °С температурада судың диссоциация константасы.

$$C_{OH^-} = \frac{3 \cdot 10^{-14}}{3,06} = 0,98 \cdot 10^{-14} \text{ г·моль / литр.}$$

Активтілік коэффициент иондарының OH^- ерітіндісіндегі концентрациясы 0,7 деп аламыз, ал қорғасын анодын 555 А/м² тығыздықта асқын кернеуі 0,58 В тең деп қабылдаймыз, сонда OH^- активтілігі:

$$0,7 \cdot 0,98 \cdot 10^{-14} = 0,686 \cdot 10^{-14} \text{ г·моль/л.}$$

Анод потенциалы тең:

$$\varphi_0 = \varphi_{O_2} - \frac{RT}{nF} \cdot \ln C_{OH^-} + \eta_{O_2}, \quad (\text{B.3})$$

мұндағы φ_0 – анод потенциалы, В;

φ_{O_2} – оттегі иондарының қалыпты потенциалы, В;

R – газ тұрақтысы;

В қосымшасының жалғасы

n – ион зарядтарының саны;

T – Кельвин температурасы;

F – Фарадей саны;

C – ион активтілігі;

η – анодта бөлінетін оттегінің асқын кернеулігі, В.

$$\varphi_a = 0,398 - \frac{8,316 \cdot 310}{1 \cdot 96500} \cdot 2,303 \lg(0,686 \cdot 10^{-14}) + 0,58 = 1,85 \text{ В.}$$

Ерітіндідегі Zn^{2+} иондарының концентрациясы:

$$C_{\text{Zn}^{2+}} = 45 / 65,4 = 0,688 \text{ г} \cdot \text{моль} / \text{литр.}$$

Осы ерітіндіде активтілік коэффициенті 0,047 тең, онда катод потенциалы тең болады:

$$\varphi_K = \varphi_{\text{Zn}^{2+}} - RT / nF \cdot \ln \cdot C_{\text{Zn}^{2+}} - \eta_{\text{Zn}^{2+}}, \quad (\text{B.4})$$

мұндағы φ_K – катод потенциалы, В;

$\varphi_{\text{Zn}^{2+}}$ – мырыш ионының қалыпты потенциалы, В;

n – заряд саны;

η – катод поляризациясының шамасы, В;

C – ион активтілігі.

$$\varphi_K = -0,762 + 8,316 \cdot 310 / 2 \cdot 96500 \cdot 2,303 \lg(0,047 \cdot 0,688) - 0,08 = 0,89 \text{ В.}$$

Электрохимиялық потенциал тең:

$$E = \varphi_a + \varphi_K = 1,85 + 0,89 = 2,74 \text{ В.}$$

Электролиттегі кернеудің төмендеуін келесі формуламен анықтаймыз:

$$E_{эл} = \frac{D_k \cdot \rho \cdot e}{1000}, \quad (\text{B.5})$$

мұндағы $E_{эл}$ – электролиттегі кернеудің төмендеуі, В;

D_k – катодтағы тоқ тығыздығы, А/м²;

ρ – электролиттің үлестік кедергісі, 2,28 Ом/м²;

e – электродты қашықтық, мм.

Ерітіндіде 3,56 г/л марганец болған кезде кедергі 0,8 %-ға артады:

В қосымшасының жалғасы

$$\rho = 100 + 3,56 \cdot 0,8 = 102,85 \%,$$

$$\rho = 2,28 \cdot 102,85 / 100 = 2,35 \text{ Ом/м}^2.$$

Ерітіндіде Cd, Mg, SiO₂ қоспалары бар болса, электролит кедергісі 25 % артады, сонда:

$$\rho = 2,35 \cdot 1,25 = 2,94 \text{ Ом/м}^2.$$

Осыдан электролиттегі кернеудің төмендеуі тең болады:

$$E_{эл} = \frac{555 \cdot 2,94 \cdot 30}{1000} = 0,49 \text{ В}.$$

Шламдағы кернеудің төмендеуі электролиттегі кернеудің төмендеуінен 30 % тең деп аламыз:

$$0,49 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ В}.$$

Кернеудің мұндай төмендеуі шламның қабығынан ғана емес, анодта бөлінетін газ тәрізді оттегінің көпіршіктерінің кедергісінен де туындайды. Анодтағы кернеудің төмендеуі 0,04 В, контактіде 0,04 В, катодты штангаларда 0,02 В, борттық шиналарда 0,02 В тең деп қабылдаймыз.

Ваннадағы кернеудің жалпы төмендеу шамасы тең болады:

$$E = 2,74 + 0,49 + 0,15 + 0,04 + 0,04 + 0,02 + 0,02 = 3,5 \text{ В}.$$

Мырыштың бір тоннасына электр энергиясының шығыны:

$$W = U \cdot 10^3 / \eta \cdot 1,219, \quad (\text{B.6})$$

мұндағы U – ваннадағы кернеу, В;

η – тоқ шығымы, 90,2 %.

$$W = 3,5 \cdot 10^3 / 0,902 \cdot 1,219 = 3183,16 \text{ кВт} \cdot \text{сағ/т}.$$

Деректерді В.1-кестеге енгіземіз.

В қосымшасының жалғасы

В.1 Кесте – Ваннадағы кернеу балансы

Кестені құраушылар	Тұрақты ток кезіндегі мәні В	Проценттер
Электродтағы потенциалдардың айырымы	2,74	78,29
Электролиттегі кернеудің төмендеуі	0,49	14
Анодтағы кернеудің төмендеуі	0,04	1,14
Контактілердегі кернеудің төмендеуі	0,04	1,14
Борттық шиналардағы кернеудің төмендеуі	0,02	0,57
Катодты штангалардағы кернеудің төмендеуі	0,02	0,57
Шламдағы кернеудің төмендеуі	0,15	4,29
Барлығы	3,5	100

Г қосымшасы

Жылулық баланс есебі

Ваннаға жылу келуі электролиттің, шламның және электродтардың кедергісін ескеру есебінен бөлінетін жылудан, сондай-ақ, салқындатылған электролитпен енгізілетін жылудан тұрады. Жылу шығыны электролиттің булануы мен шашырауы, жылудың сәуле шығаруымен, ваннаның қабырғаларымен жылу беру шығындарынан және пайдаланылған электролитпен жылу шығындарынан тұрады.

Кіріс жылуы.

Электролит кедергісі есебінен бөлінетін жылу:

$$Q_1 = 0,239 \cdot E \cdot I \cdot t, \quad (\text{Г.1})$$

мұндағы Q_1 – электролит кедергісі есебінен бөлінетін жылу, кДж;

E – электролиттегі, шламдағы, электродтағы кернеудің төмендеуі, В.

Энергетикалық баланс ванна келесідей:

$$E = 0,15 + 0,03 + 0,03 + 0,49 + 0,02 = 0,72 \text{ В},$$

$$Q_1 = 0,239 \cdot 0,74 \cdot 24290 \cdot 3600 \cdot 4,187 / 1000 = 64753,4 \text{ кДж}.$$

Дайын электролиттің ваннаға түсуі ерітіндідегі циркуляциясы 1:7 деп қабылдаймыз:

$$267 \cdot 7 = 1869 \text{ л/сағ}.$$

Барлық ерітінді келіп түседі:

$$267 \cdot 1,371 \cdot 1 + 267 \cdot 1,243 \cdot 7 = 366,06 + 2323,17 = 2689,23 \text{ кг/сағ}.$$

Салқындатылған электролитпен енгізілетін жылу:

$$Q_2 = 0,8 \cdot 2689,23 \cdot 4,187 = 9007,84 \text{ кДж}.$$

Ваннаға түсетін электролиттің температурасын табу үшін жылу шығынын анықтаймыз.

Шығыс жылуы.

Өңделген электролиттің жылу шығыны. Ваннада әрбір литрден 100 г мырыш алынады. Ерітіндінің шығыны 267 л/сағ кезінде мырыш мөлшері құрайды:

$$267 \cdot 100 = 26700 \text{ г/сағ} = 26,7 \text{ кг/сағ}.$$

Г қосымшасының жалғасы

1 сағатта анодта бөлінетін оттегі:

$$26,7 \cdot 16 / 65,4 = 6,53 \text{ кг/сағ.}$$

Электролизде барлығы бөлінеді:

$$26,7 + 6,53 = 33,23 \text{ кг/сағ.}$$

Ваннадан буланған электролит мөлшерін анықтаймыз. Ванна айналарының ауданы $1,81 \text{ м}^2$. Буланатын электролит мөлшерінің температураға тәуелділігінің графигіне сүйене отырып, $37 \text{ }^\circ\text{C}$ температурада 1 м^2 -та $0,9 \text{ кг/сағ}$ буланады.

Электролитте барлығы буланады:

$$0,9 \cdot 1,81 = 1,63 \text{ кг/сағ.}$$

Ваннаның ішінде өткізілген электролитті қаншалықты жылу өткізетінін білу үшін шашырату мен булану кезінде жылудың қанша жылжытылғанын, жылуға және конвекцияға, газдар шығаратын жылуға, сондай-ақ, өңделген электролитті вакуум-буландырғыштан кейін жоғалтқан жылуды білу керек.

Электролитті шашырату:

$$2,26 - 1,63 = 0,63 \text{ кг.}$$

Онымен жоғалатын жылу:

$$Q_{\text{шашырау}} = 0,8 \cdot 0,63 \cdot 37 \cdot 4,187 = 78,08 \text{ кДж.}$$

Буланудағы жылудың жоғалымы:

$$Q_{\text{булану}} = i \cdot W, \quad (\text{Г.2})$$

мұндағы $Q_{\text{булану}}$ – буланудағы жылу жоғалымы, кДж;

i – булану жылуы, $2240,04 \text{ кДж}$;

W – буланған электролит саны.

$$Q_{\text{булану}} = 1,63 \cdot 2240,04 = 3651,27 \text{ кДж.}$$

Бөлінген газдар жоғалымын және жоғалған сәулелену жылуын, конвекция жылуын анықтаймыз. Деректер бойынша, булануға кеткен жылу 11% құрайды:

Г қосымшасының жалғасы

$$Q_{\text{булану}} = 3651,27 \cdot 0,11 = 401,64 \text{ кДж.}$$

Ванның қабырғаларынан және төменгі бөлігінен жылу және жылу сәулеленуімен жылу жоғалуы ерітіндінің бетінде жоғалған жылудың шамамен 20 % құрайды, ол:

$$Q_{\text{жылу}} = (3651,27 + 401,61 + 78,08) \cdot 0,2 = 826,19 \text{ кДж.}$$

Бөлінетін газдардан жылу жоғалымын анықтаймыз:

а) бөлінетін оттегі 6,53 кг/сағ, меншікті жылу сыйымдылығы 0,247 Ккал/кг·град тең.

$$Q_{O_2} = 0,247 \cdot 6,53 \cdot 4,187 \cdot 37 = 249,87 \text{ кДж.}$$

б) сутегі бар жылу шығыны оттегі арқылы алынатын жылудың 0,1 % деп қабылдаймыз:

$$Q_{H_2} = 249,87 \cdot 0,001 = 0,25 \text{ кДж.}$$

Өңделген электролиттің жылу энергиясы салқындатылған электролиттің жылуымен тең, жылу шығыны минусы:

$$Q_{\text{өнд}} = Q_{\text{салқ}} - Q_{\text{шығ}} \quad (\text{Г.3})$$

Өңделген электролиттің саны:

$$2689,23 - (0,63 + 1,63 + 33,23) = 2653,74 \text{ кг/сағ.}$$

Ал оның жылуы тең болады:

$$Q_{\text{өнд}} = 2653,74 \cdot 0,8 \cdot 37 \cdot 4,187 = 328891,8 \text{ кДж.}$$

Шығындарды есепке ала отырып, өңделген электролиттің жылуын есептейміз:

$$328891,8 + 78,08 + 3651,27 + 401,61 + 826,19 + 249,87 + 0,25 = 334099,07 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{кіріс}} = Q_{\text{шығыс}} \quad (\text{Г.4})$$

$$9007,84 \cdot t_x = 334099,07 - 64753,4$$
$$t_x = 29,9^\circ\text{C.}$$

Г қосымшасының жалғасы

Деректерді Г.1-кестеге енгіземіз.

Г.2 Кесте – Ваннаның жылулық балансы

Кіріс	кДж	%	Шығыс	кДж	%
Электролиз кезінде электролит кедергісі есебінен бөлінетін жылу	64753,4	19,38	Булануға кеткен жылу жоғалымы	3651,27	1,09
Салқындатылған электролитпен енгізілетін жылу	269345,67	80,62	Шашыратуға кеткен жылу жоғалымы	78,08	0,02
			Сәулеленуге кеткен жылу жоғалымы	401,61	0,12
			Жылу беру және жылу шығару кеткен жоғалымы	826,19	0,25
			Бөлінетін газға кеткен жылу жоғалымы	249,87	0,08
			Сутегіге кеткен жылу жоғалымы	0,25	0,0001
			Өңделген электролитке кеткен жылу жоғалымы	328891,8	98,44
Барлығы	334099,07	100	Барлығы	334099,07	100

Д қосымшасы

Экономикалық бөлім

Е.1 Кесте – Жұмыс уақытының жоспарлы балансы

Көрсеткіштер	Белгіленуі	Сегіз сағаттық жұмыс күні, сегіз сағаттық ауысым
Күнтізбедегі күндер саны	$T_{\text{күн}}$	365
Демалыс және жұмыс емес күндер саны	$T_{\text{дем}}$	62
Жұмыс уақытының номиналды қоры	$T_{\text{ном}}$	$T_{\text{күн}} - T_{\text{дем}} = 303$
Жұмысқа шықпау күндері: -демалыс -сырқаттануы -қоғамдық міндеттерді орындау - өндірістен қол үзбей оқуға байланысты демалыстар	$T_{\text{дем}}$ $T_{\text{а}}$ $T_{\text{коғ}}$ $T_{\text{оқу}}$	36 1 - -
Жалпы шықпау күндері	$T_{\text{шықпау}}$	37
Жұмыс уақытының тиімді қоры	$T_{\text{тиім}}$	$T_{\text{ном}} - T_{\text{шықпау}} = 266$
Келу санынан тізімдік санға көшу коэффициенті	$K_{\text{к.т}}$	$T_{\text{ном}} / T_{\text{тиім}} = 1,14$

Е.2 Кесте – Жұмысшылардың негізгі санаттарының тарифтік ставкалары

Профессияның атаулары	Дәреже	Тарифтік ставкалары, теңге/сағат
1	2	3
Катодчик	V	441,12
Катодчик	IV	395,04
Катодчик	III	360,8
Су ерітінділерінің электролизшісі (катодчик)	IV	395,04
Су ерітінділерінің электролизшісі (катодчик)	III	360,8
Су ерітінділерінің электролизшісі (анодчик)	IV	395,04
Су ерітінділерінің электролизшісі (анодчик)	III	360,8
Су ерітінділерінің электролизшісі	III	360,8
Электромонтер	IV	395,04
Су ерітінділерінің электролизшісі	II	306,8
ӨҚ операторы	III	360,8

Д қосымшасының жалғасы

Е.2 –кестенің жалғасы

1	2	3
Таразшы	II	306,8
Жинаушы	II	306,8
Жұмыс бөлуші	II	306,8
Хим.анализдің лаборанты	III	360,8
Жөндеу слесары	IV	395,04
Қолмен дәнекерлеудің электродәнекерлеушісі	III	360,8
Электрик	III	360,8
Қорғасын дәнекерлеуші	III	360,8

Е.3 Кесте – Ауысымдарды кері кезектестірумен 8 сағаттық ауысым бойынша үш ауысымдық бес бригаданың үздіксіз жұмысы

Ай күндері	Ауысым				
	1	2	3	4	5
1	1	2	B	3	B
2	1	B	2	3	B
3	1	B	2	B	3
4	B	1	2	B	3
5	B	1	B	2	3
6	3	1	B	2	B
7	3	B	1	2	B
8	3	B	1	B	2
9	B	3	1	B	2
10	B	3	B	1	2
11	2	3	B	1	B
12	2	B	3	1	B
13	2	B	3	B	1
14	B	2	3	B	1
15	B	2	B	3	1
16	1	2	B	3	B
17	1	B	2	3	B
18	1	B	2	B	3
19	B	1	2	B	3
20	B	1	B	2	3
21	3	1	B	2	B
22	3	B	1	2	B
23	3	B	B	B	2
24	B	3	1	B	B
25	B	3	B	1	2
26	2	3	B	1	B
27	2	B	3	1	B
28	2	B	3	B	1

Д қосымшасының жалғасы

Ауысым айналымының ұзақтығы

$$T_{\text{ау.ай.}} = n_6 \cdot T_M, \quad (\text{Д.1})$$

мұндағы n_6 – бригадалардың саны; $n_6 = 5$;

T_M – бригаданың бір ауысымда шығатын күндер саны, $T_M = 5$.

$$T_{\text{ау.ай.}} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ күн.}$$

Қалған күндері әр бригададан бір-бір жұмысшы шығады. Осылай әр ай сайын үздіксіз жұмыс қайталанып отырады. Жұмысшы 1 жыл ішінде орташа тәулікте демалады: $(365 \cdot 10)/28 = 130$ күн.

Е.4 Кесте – Жұмысшылар санының есебі

Профессияның атаулары	Бірлік саны	Ауысым саны	Стандартты саны	Қатысу саны	$K_{к.т}$	Адамның тізімдік саны
Катодчик	4836 катод	1	0,3 адам·см 100 катодқа	15	1,14	17
Су ерітінділерінің электролизшісі (катодчик)	4836 катод	1	4,6 адам·см 1000 катодқа	22	1,14	25
Су ерітінділерінің электролизшісі (анодчик)	4992 анод	1	2,5 адам·см 100 анодқа	13	1,14	15
Су ерітінділерінің электролизшісі	156 ванна	1	0,7 адам·см 100 ваннаға	2	1,14	3
Су ерітінділерінің электролизшісі	156 ванна	3	0,44 адам·см 100 ваннаға	3	1,14	4
Электромонтер	-	3	2 адам·см	6	1,14	7
ӨҚ операторы	1 ӨҚ	3	1 адам·см	3	1,14	4
Таразшы	1 таразы	1	1 адам·см	1	1,14	2
Жинаушы	-	1	2 адам·см	2	1,14	2
Жөндеу слесары	-	1	3 адам·см	3	1,14	4
Қолмен дәнекерлеудің электродәнекерлеушісі	-	1	2 адам·см	2	1,14	2
Электрик	-	1	3 адам·см	3	1,14	4
Қорғасын дәнекерлеуші	-	1	2 адам·см	2	1,14	2
Хим.анализдің лаборанты	-	1	3 адам·см	3	1,14	4
Жұмыс бөлуші	-	1	1 адам·см	1	1,14	1
Жиынтығы				81		95

Е.5 Кесте – Жобаланатын электролиз цехының техника-экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер атауы	Көрсеткіштер
1. Катодты мырыш өндірісінің жылдық көлемі, т	270000
2. Құймаметалл мырыштың жылдық көлемі: Табиғи есептеуде, т Көтерме бағамен, мың. тенге	116 400 19 671 600
3. Мырыш мөлшері: Бейтарап ерітіндіде, % Құйма металл мырышта, %	0,025 99,975
4. Катодты мырыштың құймаметалда бөлінуі, %	97
5. Жобаланатын электролиз цехы құрылысының сметалық құны, мың. тенге	1 720 742, 778
6. Өндірістік қорлар, барлығы, мың. тенге Оның ішінде: Негізгі қорлар, мың. тенге Айналмалы қорлар, мың. тенге	2 795 596,36 1 224 731,8 1 570 864,56
7. Жұмыскерлердің тізімдік құрамы, оның ішінде: Жұмыскерлер ИТҚ Қызметкерлер	133 14 2
8. Орташа айлық жалақы, тенге	30 820
9. 1 т құймалы мырыштың өзіндік құны, тенге	134 954
10. Өндірістің рентабельділігі, %	50
11. Пайда, мың. тенге	3 962 954,4
12. Өтелу мерзімі, жыл	4,3

Отчет подобия



Университет:	Satbayev University
Название:	«Қазмырыш» ЖШС жағдайында мырыш сульфаты ертінділерінен мырышты электролұндыру
Автор:	Үрімбай Гаухар
Координатор:	Лайла Бошжаева
Дата отчета:	2019-05-02 11:11:54
Коэффициент подобия № 1:	3,0%
Коэффициент подобия № 2:	0,6%
Длина фразы для коэффициента подобия № 2:	25
Количество слов:	7 385
Число знаков:	57 739
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок:	8

! К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.

Количество выделенных слов 10

>> Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

>> Документы, в которых найдено подобные фрагменты: из RefBooks **11**

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

Ғылыми жетекшінің пікірі

дипломдық жобасына
(жұмыс түрлерінің атауы)

Үркімбай Гаухар Әділханқызы
(оқушының аты жөні)

5B070900 – «Металлургия»
(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: «Қазмырыш» ЖШС жағдайында мырыш сульфаты ерітінділерінен мырышты электротұндыру

Дипломдық жобада, мырыш сульфаты ерітінділерінен мырышты электротұндыру процесі зерттелінді. Жобада мырыштың электротұндыру процесі, соның ішінде электролиз процесінің теориясы және тәжірибесі қарастырылды. Жобада мырышты электротұндыру процесінің материалдық, кернеу және жылулық баланстары есептелінді. Жобаның металлургиялық есептеулер бөлімінен алынған нәтижелерден мырышты электротұндыруынан кейін алынған өнімдер арасында бөлініп таралуы зерттелінді. Жобада алынған нәтижелер бойынша тәжірибеге ұсыныстар берілді.

Орындаушымен түсіндірме жазбасында барлық зерттеулердің кешені жасалған. Жобадағы сызбалық материалдар толығымен орындаушымен жасалғанын айқындайды. Жобада қойылған тапсырмалар толығымен орындалды. Ескертулер жоқ.

Жалпы дипломдық жоба «өте жақсы, 98 %» деп бағалана алады деп ойлаймын, ал диплом қорғаушының дайындығы «5B070900 – Металлургия» мамандығы бойынша бакалавр квалификациясының талаптарына сәйкес келеді.

Ғылыми жетекші

Тех.ғыл.канд., сениор-лектор
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

Бошқаева Л.Т.
(қолы)

«14» маусым 2019 ж.