

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

Усенов Манас

Ақтоғай кен орнының аралас кендерінен мыс алуды зерттеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В070900 – Metallургия мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар
технологиясы кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МПЖжАМТ кафедрасының меңгерушісі

PhD докторы, техн. ғыл. кандидаты,

қауымдас-ған профессор

Чепуштанова Т.А.

« 08 » _____ 06 _____ 2020 ж

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: “Ақтоғай кен орнының аралас кендерінен мыс алуды зерттеу”

5B070900 – Metallургия мамандығы

Орындаған: Усенов М.Р.

Ғылыми жетекші

PhD докторы, ассист. проф.

Мамырбаева К.К. 

“8” маусым 2021 ж

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өндірістік инженерия институты

Кафедра: Metallургиялық процестер және арнайы материалдар

5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН

МПЖ және АМТ кафедра
менгерушісі PhD докторы,
техн. ғыл. кандидаты,
қауымдасқан профессор

Чепуштанова Т.А.

“08” маусым 2021 ж.

05.01.2021

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы *Усенов М.*

Тақырыбы: «Ақтоғай кен орнының аралас кендерінен мыс алуды зерттеу»

Университет Ректорының 2021 жылғы "24" қараша №2131-б бұйрығымен
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2021 жылғы "8" маусым

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: мыс, аралас кендерді
гидрометаллургиялық технологиямен өндіру тәсілдері, аралас кендерді
шаймалау.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) кіріспе, жұмыстың өзектілігі және тәжірибелік маңыздылығы көрсетілген;
- б) жұмыс тақырыбы бойынша әдеби шолу көрсетілген;
- в) эксперименттік бөлім;
- г) экономикалық бөлім;
- д) қауіпсіздік және еңбек қорғау сұрақтары;

Сызба материалдар тізімі: жұмыстың тақырыбы бойынша қорытындыны қоса
15 слайдта көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 17 әдеби көздер

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Әдеби шолу	08.02.2021	
Тәжірибелік бөлім	16.03.2021	
Экономикалық бөлім	12.04.2021	
Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	19.04.2021	
Норма бақылау	07.06.2021	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономика бөлімі	PhD докторы, ассист.проф. К.К. Мамырбаева	06.05.2021	
Еңбек қорғау бөлімі	PhD докторы, ассист.проф К.К. Мамырбаева	06.05.2021	
Норма бақылау	т.ғ.к., сениор–лектор, С.С. Коныратбекова	07.06.2021	

Ғылыми жетекші



Мамырбаева К.К.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Усенов М.Р.

Күні

"15" қаңтар 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 5 тараудан, қорытындыдан және қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс дербес компьютерде терәлген 41 бетте баяндалған және құрамына 7 кестелер мен 8 суреттер кіреді. Қолданылған әдебиеттер тізімі 17 атаудан тұрады.

Өзекті сөздер: мыс, шаймалау, үйінді шаймалау, қышқыл, термодинамика бөліп алу дәрежесі.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – аралас мыс кендерінен мысты бөліп алудың тиімді шаймалау параметрлерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу объектісі: Ақтоғай кен орнының аралас мыс кендері.

Дипломдық жұмыста мыс, мыс минералдары, олардың әлемдегі және еліміздегі қоры, гидрометаллургиялық процестердің негізгі түрлері, мысты шаймалау арқылы бөліп алу әдістеріне әдеби шолу нәтижелері, аралас мыс кендерінен мысты бөліп алуға қышқыл концентрациясының, температураның, қатты мен сұйық қатынасының, шаймалауға кеткен уақыттың, кен ірілігінің, сонымен қатар күйдірілген кеннен мысты бөліп алу бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Алғашқыда мыс кенін тікелей шаймалау барысында 48 % қол жеткіздік, ал 873-973 К аралығында күйдірірілген кендердің шаймалану дәрежесі 48-ден 81% артты. Бұл күйдірілмеген кеннен мыстың шаймалану дәрежесінен 33 % артты.

Сонымен қатар, жұмыста қоршаған ортаны қорғауға қатысты және зерттеуге жұмсалатын экономикалық көрсеткіштер мен іс-шаралар қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, 5 глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 41 странице, напечатанной на персональном компьютере, и включает в себя 8 рисунков, 7 таблиц. Список использованной литературы состоит из 17 наименований.

Ключевые слова: медь, выщелачивание, кучное выщелачивание, кислота, термодинамика, степень извлечения.

Цель дипломной работы – изучение параметров эффективного выщелачивания извлечения меди из смешанных медных руд.

Объект исследования: смешанные медные руды Актогайского месторождения.

В дипломной работе представлены медные, медные минералы, их запасы в мире и стране, основные виды гидрометаллургических процессов, результаты литературного обзора методов выщелачивания меди путем выщелачивания, результаты концентрации кислот на извлечении меди из смешанных медных руд, твердого и жидкого отношения, температуры, времени выщелачивания, крупности руды, а также влияния на степень извлечения меди от обожженных руд.

Вначале при непосредственном выщелачивании медной руды достигалось 48 %, а в пределах 873-973 К степень выщелачивания обожженных руд увеличилась с 48 до 81. Это на 33 % превысило степень выщелачивания меди из необожженной руды.

Кроме того, в работе были рассмотрены экономические показатели и мероприятия, связанные с охраной окружающей среды и направленные на исследование.

ANNOTATION

The thesis consists of a task, an introduction, 5 chapters, a conclusion and a list of references. The work is presented on 41 pages, printed on a personal computer, and includes 8 figures, 7 tables. The list of references consists of 17 titles.

Key words: copper, leaching, heap leaching, acid, thermodynamics, extraction degree.

The purpose of the thesis is to study the parameters of effective leaching of copper extraction from mixed copper ores.

Object of research: mixed copper ores from the Aktogay deposit.

The thesis presents copper and copper minerals, their reserves in the world and in the country, the main types of hydrometallurgical processes, the results of a literature review of methods of leaching copper by leaching, the results of the concentration of acids on the extraction of copper from mixed copper ores, the solid and liquid ratio, temperature, leaching time, ore size, as well as the impact on the degree of copper extraction from burnt ores.

At first, the direct leaching of copper ore reached 48 %, and in the range of 873-973 K, the degree of leaching of burnt ores increased from 48 to 81. This is 33 % higher than the degree of leaching of copper from unfired ore.

In addition, the work considered economic indicators and measures related to environmental protection and aimed at research.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	10
1	Аралас кендерден мысты бөліп алу бойынша аналитикалық шолу	11
1.1	Мыс және оның қасиеттері	11
1.2	Мыс минералдары мен кен орындары	13
1.3	Гидрометаллургиялық технологиямен мысты алу жолдары	13
1.3.1	Мысқұрамды кендерді, аралас кендерді шаймалау технологиясы	13
1.3.2	Үймелі шаймалау	14
1.3.3	Жерасты шаймалау	15
1.3.4	Орнында шаймалау	16
1.3.5	Агитациялық шаймалау	16
1.3.6	Автоклавты шаймалау	16
1.3.7	Бактериалды шаймалау	17
1.3.8	Аралас кендерді тотықтырғыштардың қатысында шаймалау	17
1.3.9	Аммиак ерітіндісімен шаймалау: гидрометаллургиялық технологиясында мыс өнеркәсібінің жаңа тәсілі	19
1.3.10	Хлоридті ерітінділермен аралас кендерді шаймалау	20
2.	Эксперименттік бөлім	23
2.1.	Қолданылған реагенттер мен жабдықтар	23
2.2.	Зерттеуде қолданылған әдістемелер	23
2.2.1	Мысты титрлеу арқылы сулы ерітінділерде анықтау	23
2.2.2	Сулы ерітінділерде металды қоспаларды анықтау әдістері	24
2.3	Мыс минералдарын термодинамикалық талдау	25
2.3.1	«Cu - H ₂ O» жүйесінің термодинамикалық талдауы	25
2.3.2	«Cu – C – H ₂ O» жүйесінің термодинамикалық талдауы	25
2.3.3	«Cu-S-H ₂ O» жүйелерін термодинамикалық талдау	26
2.4	Аралас кендерден мысты шаймалауға әртүрлі параметрлердің әсер етуін зерттеу	27
2.4.1	Күкірт қышқылының концентрациясының әсері	27
2.4.2	Мысты шаймалау дәрежесінің шаймалау уақытына тәуелділігі	29
2.4.3	Мысты шаймалау дәрежесіне қатты : сұйық фазалар қатынасының әсер етуі	30
2.4.4	Мысты шаймалау дәрежесіне температураның әсері	31
2.4.5	Аралас мыс кен үлгілерінің еруі бөлшек іріліктеріне тәуелділігі	32
2.4.6	Күйдірілген кендерді шаймалау әдісі	33
3	Экономикалық бөлім	35
3.1	Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу	35
3.2	Ғылыми-зерттеу жұмысының жинақ қорын есептеу	36
4	Қауіпсіздік және еңбек қорғау	37

4.1	Жалпы сипаттама	37
4.2	Кәсіпорында электр және өрт қауіпсіздігі	37
4.2.1	Электр қауіпсіздігі	37
4.2.2	Өрт қауіпсіздігі	38
4.3	Бақытсыз жағдайлардан сақтандыру шаралары	38
4.4	Еңбектің қауіпсіз жағдайларын қамтамасыз ету	39
	Қорытынды	40
	Пайдаланған әдебиеттер	41

КІРІСПЕ

Қазақстан кенге бай өлкені ауқымды пайдалану тек 1920 жылдардан бастап дами бастады. Ал қазіргі таңда республикамызда түсті металдар, оның ішінде мыс, қорғасын, мырыш, тіпті көпметалы бар кендер, Қазақстанның түсті металлургия саласындағы кәсіпорындарын толық бейнелейді.

Көпметалды кендердің негізгі қорлары – Шығыс және Орталық Қазақстанда шоғырланған. Жезқазған, Қоңырат, Шатыркөл, Бозщакөл, Ақтоғай сияқты алыптары өзінің қоры жинағы жағынан Қазақстанның мыс өнеркәсібін кеңінен дамытуға зор мүмкіндік береді. Осы айтылған кен орындарын тиімді пайдаланып, елімізде мыс зауыттары салынып, олардан алынған таза мыс, мемлекетіміздің өндіріс орындарынан басқа елге де жіберіліп жатыр. Қазіргі таңда Қазақстанда қолданылатын технологиялар жаңартылу қажет. Осыған байланысты кедей мысқұрамды Қазақстандық кендерден мысты бөліп алудың тиімді технологиясын жасау және жетілдіру маңызды мәселе болып табылады. Қазіргі уақыттағы әдістер, бұған дейін өндеуге алынбай жатқан мыңдаған тонна кедей тотыққан кендерді, ірі және ұсақ кен орындарын өзімізге тиімді әрі экологиялық таза өндеуге мүмкіндік береді [1].

Дипломдық жұмыста құрамында мыс бар аралас кендерді гидрометаллургиялық технологиямен алу қарастырылған.

Диплом жұмысының мақсаты – Ақтоғай кен орнының аралас мыс кендерінен мысты бөліп алудың тиімді шаймалау параметрлерін зерттеу болып табылады.

Қойылған мақсатты жүзеге асыру үшін келесідей міндеттер қойылды:

- мысқұрамды аралас кендерді гидрометаллургиялық өңдеу туралы аналитикалық шолу;
- мысты шаймалауға термодинамикалық талдау жүргізу;
- потенциалдарын зерттеу HSC 5.0 бағдарламасы арқылы істелді;
- мысты шаймалау параметрлерін зерттеу;
- аралас кендерден мысты шаймалаудың экономикалық тиімділігі;
- шаймалау кезіндегі еңбек қауіпсіздігі мен еңбек қорғау шараларын қарастыру.

Дипломдық жұмыс «Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының оқу зертханаларында жүргізілді.

1 Аралас кендерден мысты бөліп алу бойынша аналитикалық шолу

1.1 Мыс және оның қасиеттері

Металл ежелгі заманнан бері танымал 7 металдың біріне жатады. Адамдар мыспен өте ерте кезеңде танысқан; бұл, бір жағынан, біздің планетада мыстың жиі кездесетіндігімен түсіндіріледі, ал екінші жағынан – он қосылыстардан қарапайым алынуымен. Іс-шарада мыстың тағы бір атауы – халькос сақталды. Халькосты тіпті шығу тегі бойынша ең ежелгі гректер де атаған. Тікелей осы факторға сәйкес қызыл-сары минералдар атауға ұқсас: NaI - копирит, минерал, цианоз және т.б.

Қоғамдағы табиғи таза мыстың ең үлкен жер қойнауы Солтүстік Америкада, АҚШ-тағы Жоғарғы су қоймасының жарты күндік жағалау аймағында орналасқан.

Іс бойынша егер 19 ғасырда металды құрамында 6-9 % мыс бар кеннен алса, қазір қызыл-сары кеннің 5 %-ы өте бай. Көптеген мемлекеттердің өнеркәсібі құрамында мыс мөлшері 0,5 % болатын кендерді өңдейді.

Металл тіршілік ету үшін қажетті микроэлементтер санына кіреді. Ережеге сәйкес, металл негізде бес водород бар сульфат-қызыл-сары түсті витриол түрінде жазылады. Металл, оның басқа қоспалары сияқты, үлкен пропорцияларда, әсіресе ең үлкен организмдер үшін улы болып табылады. Бірақ мыстың шамалы мөлшері жалпы белсенді организм үшін өте жақсы жүреді.

Мыс - Менделеев кезеңдік тұжырымдамасында 1-ші категорияның химиялық компоненті ретінде көрсетілген. Мыстың атомдық нөмірі - 29, атомдық массасы - 63,546, балқу температурасы – 1083 °C; қайнау температурасы – 2595 °C; тығыздығы - 8,98 г/см³. В. М. Гольдшмидтің геохимиялық жүйеленуі бойынша металл қисық ядролық өлшемдердің жоғарғы шекарасында кездесетін, сондай-ақ S, Se, сияқты ұқсас халькофильді компоненттер санына жатады; олар мантияның төменгі бөлігінде жиналып, сульфидті-тотықты қабатын құрайды.

Жұпталмаған компонент қасиетінде металл 2 изотоптан тұрады – ^{63}Cu және ^{65}Cu . ^{63}Cu изотобының бөлігі 69,09 % -ды қажет етеді, ал ^{65}Cu -тың изотобының мәні - 30,9 %. Қосылыстарда Cu_2 тотығу деңгейін көрсетеді, бірақ бұған қоса, мыстың үш валентті комбинацияларының аз саны ғана анықталған. Тағы 100-ге жуық минералдар Cu_2 тотығу деңгейіне жатады. Бір валентті мыс радиусы +0.96 құрайды.

Мыс – салыстырмалы түрде төмен белсенді металл. Құрғақ атмосферада, сондай-ақ оттегі, қалыпты жағдайлардың болуы, ешқандай жолмен тотықтырылмайды. Ол галогендермен, күкіртпен, селенмен жақсы әрекеттеседі. Бірақ сутегі, көміртегі және азот, оның ішінде өте маңызды жылу бар болса, ол ешқандай жолмен шектелмейді. Бірақ сутегі, көміртегі және азот ешқандай жолмен әрекеттеспейді. Тотығу қасиеттері жоқ қышқылдар, мысқа үлкен әсер

етпейді. Cu^{2+} электртерістілігі - 984 кДж/моль, Cu^{+} - 753 кДж/моль. Мыс амфотерлі металлдардың ішіне жатады – жердің сыртқы қабатында аниондар мен катиондар түзеді.

Металл, күмістен кейін, айтарлықтай электр және жылу өткізгіштікке ие. Мыс құрамындағы фосфор, мышьяк, кремний, темір, сурьма, кобальт және басқа қосындылардың концентрациясы белгіленген қасиеттерді төмендетеді. Тазарту іс-әрекеттерінде белгіленген қоспаларды мыстан бөліп алу үшін кезеңнің қосымша ресурстарын ұлғайту қажет. Өндірістік әдебиеттегі осы факторға сәйкес, жоғарыда аталған консистенцияларды «зиянды» деп атау өндірістік тәжірибеде де қалыптасқан. Өндірісте алынған мыстың химиялық құрылымы халықаралық (ISO) және муниципалдық стандарттарға сәйкес келуі керек. Осы стандарттарға сәйкес жиырма бес сұрыпты мыс ескеріледі, бұл жерде мыс құрамына 0,005-0,5 % дейін қосудың мәні кіреді.

Металл коррозияға төзімділік пен иілгіштікке ие. Бұл оны жай өңдеуге мүмкіндік береді. Мысалы, Жезқазған мыс балқыту зауытында жасалған 1 мм кесіндісі бар қызыл-сары түсті жіпті кристаллизатор үзілісі болмаған кезде 4 км дейін ұзартуға болады. Бұл мыстың жақсы қасиеттерін зерттеу факторы. Мысты қоса есептегенде 99,99 % жоғары сапалы металл электр қозғалтқыштарының орамдарының басқа тізімі шығарылған кезде 22 отандық және 7 Балтық зауыттарының фабрикаларында қолданылады. Бір уақытта жылдамдығы 1350 айналыммен айналатын қозғалтқыш білігінде «май» қасиетінде жоғары сапалы металл қолданылады.

Мыстың керемет жылу өткізгіштігі оны құрылыста, электр және электр өндірісінде, машина жасау мен машина құрастыруда, әртүрлі жылу алмастырғыштарда пайдалануға мүмкіндік береді. Бірақ бұл жағдайда, кезең, сондай-ақ қоғамдағы балқытылған мыстың елу пайызы барлық энергия тасымалдаушыларда, қоспағанда, станцияларда, қосалқы станцияларда, кабельдерде және сымдарда тұтынылды, біздің уақыт кезеңінде экономиканың осы салаларында, негізінен дюралюминий өнімдерін қолдану көбейді. Олар электр тогы әлсіз болғанына қарамастан, қызыл-сарыға қарағанда үнемді, қарапайым және қол жетімді [4].

Қазақстан барлық елдердің мыс өндірісінің 4 %-ға жуығын ал ТМД елдерінің ішінде 50 %-ға жуығын құрайды. Осыдан елімізде мысты қолдану жалпы өндірістің 8 %-ын алады, 22 %-ы көршілес елдерге, 70 %-ы алыс елдерге экспортталады.

Мыс өнеркәсібі – Қазақстанның басты салаларының қатарына кіреді. Қазақстанда мыс кендерінің біршама ресурстары белгіленген (мыс қоры бойынша әлемде төртінші орын) және әлемдік нарықтың 10 %-ын бақылай алады. Қазақстандық геологтардың бағалауы бойынша, еліміздің жер қойнауында шамамен 40 млн. тонна мыс, осыдан республикамыз 17 кен орнын игере отырып, әлемдегі ірі тазартылған мыс өндірушілер мен экспорттаушылардың қатарына кіруге мүмкіндік береді. Қазақстандағы мыстың сенімді қоры шамамен 36,6 млн. тоннаға бағаланады.

1.2 Мыс минералдары мен кен орындары

Мыс құрамына 198 минерал кіретініне қарамастан, оны өндіруде тек он жеті минерал алады. Бұл негізінен сульфидтер, фосфаттар, силикаттар, карбонаттар және сульфаттар. Негізгі рудалық минералдары халькопирит CuFeS_2 , ковеллин CuS , борнит Cu_5FeS_4 және халькозин CuS . Сульфаттар: брошантит, халькантит. Сульфидтер: ковеллин, халькозин, халькопирит, борнит. Қызыл түсті, иілгіш, созылғыштың нағыз мыс қорытпасы.

Карбонаттар су жағдайында көк және жасыл түске ие, бұл сапа карбонаттарды іздеудің тәжірибелік белгісін анықтайды. Тәжірибелік маңыздыларға: таза мыс, сульфидтер, сульфаттар және карбонаттар (силикаттар).

Қазақстанның шикізат базасын дамыту Шығыс Қазақстандағы Ақбастау, Құсмұрын, Ақтоғай мыс кен орындары, Павлодар облысындағы Бозшакөл, Қарағанды облысындағы мыс-молибден кен орындарының Қаратал тобы базасында тау-кен өндіру кәсіпорындарын салу қолға алынды.

Бұл кен орындарын игеруге тарту мәселелері, ең алдымен, төмен сұрыпты кендерді тиімді игеруге мүмкіндік беретін технологиялық проблемаларды шешумен байланысты.

Мысалы, қазіргі уақытта құрамында (0,33 %) мысы бар 1 604 млн тонна минералды ресурстарды Ақтоғай кен орны үймелеп шаймалау әдісімен игеруде. 2021 жылға қарай қайта өңдеу қуатын екі еселеу үшін өндірісті кеңейту жүзеге асырылуда. Бұл ретте Ақтоғай кенішін пайдалану мерзімі шамамен 40 жылға бағаланады. Шығыс аймақ мысты жер асты өндіреді үш кеніш және ілеспе байыту фабрикалары бар, құрамында (2,26 %) мысы бар 35 млн тонна минералды ресурстарды меңгеруде. 2019 жылы мырыш, алтын және күміс түріндегі ілеспе өнімнің елеулі көлемі бар 48 мың тонна мыс өндірілді.

Кен өндіру кәсіпорындарының пайдалануға дайындалған мыс қорымен қамтамасыз етілуі шамалы және шамамен 25-30 жылды құрайды. Сонымен қатар республикада мыс кені өнеркәсібінің минералдық-шикізат базасын дамыту үшін әлеуетті мүмкіндіктер бар. Шығыс және Орталық Қазақстанның бірқатар полиметалл кен орындары минералдық-шикізат базасын нығайтуға арналған резерв болып табылады. Ақтоғай, Айдарлы, Ақтөбе, Құсмұрын, Шадыркөл, Қарағайлы, Көктажал, Көксай және Бозшакөл мыс-порфир үлгісіндегі ірі кен орындары Республика кен базасының жетекшісі болып табылады. Сонымен қатар Жезқазған, Шемонаиха, Ақбастау, Усть-Таловка, Саяқ, Сатпаев, Балқаш қалаларында мысты өндіруде зор үлес қосып жатыр [5].

1.3 Гидрометаллургиялық технологиямен алу жолдары

1.3.1 Мысқұрамды кендерді, аралас кендерді шаймалау технологиясы

Гидрометаллургиялық технологиялармен мысты өндіру әсіресе оның құрамындағы тотыққан мыс минералдарына қолданылады. Шет елдердің 85 пайыздан астамы мысты гидрометаллургиялық технологиямен өндіріледі, әсіресе үймелік және кестелік шаймалау негізгі бағытына айналды. Мыстың оннан бірі үймелік және бактериалды шаймалау әдісімен алынады. Жер асты шаймалауға шығын жоғары болғандықтан, сұйықты дренажды қолдануға тура келеді. Құрамында мыс кездесетін тотыққан кендерді үймелеп шаймалау экономикалық тиімді, себебі оны құрайтын 0,2 % мысы бар жарамайтын деп аталған тотыққан кендерді де пайдалануға мүмкіндік береді.

Күкірт қышқылы көп жағдайларда мысты шаймалауда, үймелеп немесе жерасты кен материалдарын шаймалау және қажетті металды алу кезінде қолданылады [3].

1.3.2 Үймелі шаймалау

Үймелеп шаймалау мыс құрамы төмен тотыққан және аралас кендерден, сондай-ақ байыту қалдықтары мен аршылған жыныстардан мыс алу үшін қолданылады. Шаймалау бастапқы материалдың мөлшері 50-100 мм болған кезде, қабаттарға үйіліп, сәтті өтеді. Содан кейін материал ылғалдандырылады, желдетіледі, шаймаланады және жуылады. Бұл шетелде тотыққан кендер үшін кеңінен қолданылатын ұзақ процесс. Кананеа (Мексика) кен орнында шамамен 35 мың тонна кен (0,15-0,45 % Cu) қатарлап жиналады. Кендегі мыс 90 % халькозин, ковеллин және малахитпен ұсынылған. Ерітінді мыспен қаныққанға дейін асбоцементтен немесе пластиктен жасалған тесілген түтіктер арқылы сорылады, содан кейін дренаж жүйесі арқылы мыс алуға түседі.

Соңғы жылдары баланстан тыс кендер мен үйінділерден мысты үймелеп шаймалау кеңінен қолданылады. Кесек кенді су өткізбейтін негізге үйіп қояды, тұндырғыш бассейндерде ерітінділерді ұйымдасқан түрде жинау үшін еңісі бар. Олардан мыс бөлінгеннен кейін су мен айналмалы ерітінділер үйінділерді суару үшін беріледі, олар кеннің қалыңдығынан өтіп, мысты ерітеді. Өнімді ерітінділердің құрамында 0,3-3 г/дм³ мыс бар.

Үймелеп шаймалау Моңғолияның Эрдэнэт кен орнының тотыққан мысмолибден кендерінің үйінділерінде ұйымдастырылған. Кенді қайта өңдеу технологиясы алаңды дайындауды және массасы шамамен 2 млн. т кенді үйінді қалыптастыруды, оны жұмыс ерітінділерімен суаруды, шаймалау ерітінділерінен мысты экстракциялық алуды, реактратіден электролиттік тұндыруды қамтиды.

Үймелеп шаймалауды Орта Азия кен орындарының кедей тотыққан кендерін өңдеу үшін пайдалану ұсынылады. Кальмакыр кен орнында аралас мыс кендерін өңдеуге арналған үймелеп шаймалау учаскесі 1978 жылы пайдалануға берілді.

Үйінді шаймалау АҚШ, Чили, Болгария, Испания және т.б. кәсіпорындарында нашар тотыққан және сульфидті кендерді өңдеу үшін

қолданылады. ерітіндінің рН-ы 2-2,5. Сульфидтерді шаймалау кезінде үйінді аэрациясы қолданылады, сонымен қатар минералдардың еру жылдамдығын арттыру үшін бактериялар қолданылады. Қаныққан ерітінділер шламдарды тұндыру үшін тоғандарда жиналады, содан кейін мыс алуға жіберіледі.

Мыс кен орындарының тотыққан және аралас кендерінің үйінділерін өңдеудің жаңа технологиясының нәтижелері ұсынылған [9]. Тасқора кен орнындағы үйінді материалына қатысты аралас флотациялық-гидрометаллургиялық технология әзірленді. Кенді минералдану шамамен бірдей мөлшерде тотыққан және сульфидті мыс минералдарымен ұсынылған, ал мыс қорлары 20 мың тонна, ал оның орташа мөлшері 1,01 %. Мыстың аммиакпен шаймалануы аз зерттелген болса да, күкірт қышқылына балама болып табылады. Әзірленген технологияның жаңа инновациялық шешімі - тотыққан мыс минералдарын қышқылсыз күрделі түзуші реагент - аммоний сульфатымен-аралас мыс кенін ұнтақтау процесінде тікелей шаймалау, содан кейін сульфидтерді шартты мыс концентратына флотациялау. Мысты шаймалау механизмі аммоний сульфатының малахитпен су ортасында артық аммоний сульфатымен бірге ұнтақтау процесінде өзара әрекеттесуі мысалында ұсынылған.

Инновациялық технологиялар ғылыми-зерттеу Орталығының тәжірибелік-өнеркәсіптік учаскесінде "Қазгидромедь" ЖШС құрамында мыс бар 27,86 % мыс концентраты алынды, оны алу кезінде 47,6 % және ерітіндіге алу кезінде мыс концентрациясы 1,24 г/дм³ өнімді ерітінді алынды 40,36 %. Осылайша, мыстың жоғары жиынтық алынуына қол жеткізілді-87,96 %. Сұйық фазаны флотациялық қайта өңдеудің барлық өнімдерінен бөліп алатын құрамында мыс бар өнімді ерітінді Lewatit MonoPlus TP 207 катионитінде сорбцияға және электролизге жіберілді. Нәтижесінде M00к маркалы катодты мыс алынды.

1.3.3 Жер асты шаймалау

Жерасты шаймалау кезінде еріткіш кен қабаты арқылы кенжарларға немесе минералдану аймақтарына ағызылады немесе құйылады. Жинау құдықтары өнім ерітінділерін жинауға және көтеруге арналған сорғылармен жабдықталады. Өндірудің бұл әдісімен металдарды алу көбінесе анықталмайды, бірақ үйінділерді шаймалау немесе шаймалау кезіндегіге қарағанда айтарлықтай төмен болады деп күту керек. Жер астындағы ерітінділердің қозғалысын бақылау үлкен проблема болып табылады

Авторлар "Волковское" кен орнының тотыққан, аралас және үйінді мыс кендерін үймелеп шаймалауды қарастырды. Зерттеу нәтижелері бойынша ұсақталған кенді күкірт қышқылымен (25-75 кг/т кен) алдын ала түйіршіктеу ұсынылады. Бұл операцияны енгізу шаймалау ұзақтығының 15-30 % - ға төмендеуіне әкеледі және мыс бойынша концентрацияланған ерітінділерді алуға мүмкіндік береді. 90-100 тәулік ішінде ерітіндіге мыс алу: үйінді кенінен

– 65-72 %, тотыққан кеннен – 76 - 78 %, аралас кеннен – 46 - 50 % құрады. Шаймалау ұзақтығының артуы кеннің барлық түрлерінен мыс алудың өсуіне әкеледі.

1.3.4 Орнында шаймалау

Орнында шаймалау жарылыспен жойылған кен қабатына айдалатын немесе құйылатын еріткішті дренаждау арқылы жүзеге асырылады. Жерасты шаймалау кезіндегі сияқты, жинау құдықтары орнында шаймалау кезінде өнім ерітінділерін жинауға және көтеруге арналған сорғылармен жабдықталады. Өндірудің бұл әдісімен металдарды алу көбінесе анықталмайды, бірақ ол үйінділерге немесе үйінділерді шаймалауға қарағанда едәуір төмен болады, бірақ жер астыға қарағанда жоғары болады деп күту керек. Жер астындағы ерітінділердің қозғалысын бақылау жеткіліксіз. Мысал ретінде кәсіпорындар бола алады: Asarco Silver Bell, Gunpowder Copper and Myanmar Ivanhoe Copper Company.

1.3.5 Агитациялық шаймалау

Кенді немесе концентраттарды үгіттік шаймалауды (чандық шаймалау) үгіттеушілерде жүзеге асырады.

Ұсақталған кен шаймалауға ұшырайды. Әдетте бұл әдіс алынатын металдың көп мөлшері бар тотыққан кен үшін және еріту процесінің жоғары жылдамдығымен, сондай-ақ флотация қалдықтары мен тотыққан мыс кендері үшін қолданылады. Өндірістік ерітінділерде үйінді шаймалауға қарағанда көп металл бар, бұл шаймаланатын материалдардағы жоғары металл құрамымен және жоғары технологиялық жылдамдықпен қамтамасыз етіледі.

Схемаға кіретіні кенді -13 мм-ге дейін ұсақтау, 0,3 мм класының 95 % - на дейін ұнтақтау, күкірт қышқылымен шаймалау. Целлюлоза қалыңдатқыштарға, қоюландырылған өнім қоқысқа, ал РН 1,5-2 кезінде ағызу экстракцияға түседі. Төгіндідегі мыс мөлшері 2,5 г/дм³, қатты 4-10 г/дм³, температура 20 °С, экстракцияны Lix - 64N реагентімен жүргізеді. органикалық фаза бөлінгеннен кейін 25 г/дм³ Si және 130 г/дм³ H₂SO₄ бар ерітінді электролизге түседі.

1.3.6 Автоклавты шаймалау

Соңғы онжылдықтарда автоклавты шаймалау кеңінен таралуда. Ол жоғары сапалы кенді немесе концентраттарды өңдеу үшін қолданылады. Мысалдарға Albion Process, CESL Process, Mt Gordon Process және Phelps Dodge Process жатады. Сапа бойынша өндірістік ерітінділер, әдетте, барлық басқа процестерге қарағанда жақсы.

Қиыстырылған және тұтас сульфидті кендер үшін байыту сатысында қойыртпақты механикалық және пневмомеханикалық араластыра отырып автоклавты шаймалау арқылы қайта өңделетін бай мыс, мырыш, қорғасын концентраттарын және полиметалл өнеркәсіп өнімдерін ала отырып, аралас технологиялар.

Қышқылдың болуы мыс сульфидтерін әртүрлі тотықтырғыштармен, мысалы, ауа оттегімен (автоклавты шаймалау әдісі) немесе тотықсызданған темір ионымен тотықтыруға қолайлы орта жасайды. Бірінші жағдайда реакция теңдеулер бойынша ағады:

1.3.7 Бактериалды шаймалау

Бұл зерттеуде тотыққан мыс кендері қолданылды. Ұнтақтаудан және елеуден кейін кен бөлшектерінің мөлшері 0,105-0,149 мм дейін болды, кендегі мыс үлесі 0,64 % құрады. Осы зерттеуде *Acidithiobacillus thiooxidans* бактериялары (штамм FG01) 30 °C-та өсіріліп, шаймалауда рН 2.8 ортасында қолданылды. Зерттеу нәтижесінде шаймалау сынағын төрт күн бойы стандарттік масштабта өткізгеннен кейін мыналар байқалды: кендегі мыс құрамының шамамен 90 % бөлігі бактериялық күкірт қышқылды шаймалаумен бөліп алынды; *Acidithiobacillus thiooxidans* әсерінің нәтижесінде элементті күкірт мыс рудасымен үздіксіз араласып, күкірт қышқылы түзіліп отырды, ол шаймалаудың тиісті рН мәні мен потенциалын қамтамасыз етіп тұрды [7].

1.3.8 Аралас кендерді тотықтырғыштардың қатысында шаймалау

Аралас кендерден мысты толық бөліп алу үшін кейбір зерттеушілер негізгі шаймалаушы еріткішке әр түрлі тотықтырушы реагенттерді қосу арқылы шаймалау процесін жүргізеді.

Зерттеушілер [8] құрамында 1,5 % Со және 1,6 % Си бар Конго Республикасының катинга провинциясындағы Си-Со кенінен мысты бөліп алу зерттеулерін жүргізді. Шаймалау реагенттері ретінде күкірт қышқылы мен сутегі асқын қоспалары қолданылды. Алдымен шаймалау эксперименттері сутегінің асқын тотығынсыз күкірт қышқылының 0,36-1,1 М ерітінділерімен жүргізілген, сондағы мыс пен кобальттың бөлінуі ~80 % және ~15 % құрады. Кейіннен тотықтырушыны 0,008-0,042 М көлемінде 0.36 М күкірт қышқылы ерітіндісіне қосудымен шаймалау эксперименттерін 20 °C температурасында 3 сағ. бойы жүргізген кезде мыс пен кобальттың ерітіндіге бөліну дәрежелері 90 % дейін жоғарылады. 30 °C температурасында жүргізілген эксперименттер кобальттың 90 % дейін шаймалану ұзақтығы 2 сағатқа төмендегенін көрсетті. Термодинамикалық талдаулар, Eh-pH диаграммалары көрсеткендей, сутегі асқын тотығы өте маңызды реагент, яғни ерітіндінің потенциалын 300-350 mV төмендететіндігін көрсетті. Шаймалау кинетикасын зерттеу кен

бөлшектерінің радиучтарының азаю бағытының моделінің кинетикасына сәйкес екендігін, жылдамдық константасының сутегі асқын тотығының концентрациясының 0-0,025 М аралығында сызықты тәуелдікте болатындығын және $(1/r^2)$ мәніне пропорционалды екендігін дәлелдеді. Шаймалау процесінің активтілік энергиясы 72,3 кДж / моль құрады.

Конго Республикасының Катанга провинциясы сияқты Орталық Африканың аймағындағы мыс-оксидті кен орнында мыс (2-4 % Cu) және кобальт (1-3 % Co) бар. Бұл кендер үшін үймелеп және бактериялық шаймалауды қарастырды. Өнеркәсіптік үйінділерде немесе құмырда күкірт қышқылы малахит сияқты оксид минералдарынан мыс алу үшін қолданылады. Азурит $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ және хризоколла $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Күкірт қышқылы штейннен мысты жеңіл түрде шаймалау үшін де қолданылды. Феррон оның үлгілерінің 95 % Cu 45 минут ішінде әлсіз күкірт қышқылында (pH 1,9) 33 °C кезінде ерігенін анықтады

Конго Республикасы катинга провинциясындағы Cu-Co кені әр түрлі жағдайларда Cu және Co шаймалануын анықтау үшін сыналды, атап айтқанда: (А) бөлшектердің мөлшері 5-тен 52-ден 150 мкм-ге дейін, (б) температура: 10, 20 және 30 ° C, (в) күкірт қышқылы: 0,046-1,10 м және (г) сутегі асқын тотығы: 0-0,42 М. мыс күкірт қышқылын қолдана отырып, 80 % экстракцияға қол жеткізу үшін шаймалануы мүмкін. сутегі асқын тотығын қосу арқылы > 90 % дейін жақсарды (0,008-0,042 М). Кобальт 20 ° C кезінде ~ 90 % - ға дейін шаймалау үшін кем дегенде 0,025 М сутегі асқын тотығын қосуды қажет ететіндігі анықталды. Шаймалау термодинамикасы (E_h және pH диаграммалар), Stabcal бағдарламалық жасақтамасымен анықталған және тестілеу кезінде бақыланатын, сутегі асқын тотығының тотықсыздандырғыш ретіндегі рөлін растады. Шаймалау негізгі шөгу моделінің кинетикасына сәйкес жүргізілді. Жылдамдық тұрақтысы 0-0,025 М диапазонындағы сутегі асқын тотығының концентрациясына сызықтық тәуелді және пропорционалды $(1/r^2)$, мұндағы r-бөлшектердің орташа радиусы.. Шаймалау үшін активтендіру энергиясы 72,3 кДж / моль құрайды.

Орталық Африкадағы отқа төзімді мыс кендерінде карбонатты, сульфидті және фосфатты минералдармен байланысқан мыс минералдары бар екен. Бірнеше зерттеушілер CrO материалынан қышқылды шаймалау арқылы мыс алу кальцит, доломит, асболан және темір оксидтері сияқты қышқылды тұтылатын артық минералдардың болуына байланысты экономикалық тұрғыдан мүмкін емес деп мәлімдеді. Мыс қышқылында (CuS) ерімейтін үлесі мыстың жалпы мөлшерінің шамамен 28 % құрайды. Демек, Замбиядағы Нчанг шахтасында жүздеген миллион тонна CrO материалы жиналды. CrO материалындағы Мыстың таралуы тұрғысынан жалпы Мыстың едәуір бөлігі карбонаттар (39 %) және оксидтер (17 %) түрінде болады, ал 28 % мыс қышқылда (CuS) ерімейді. Мыстың қалған бөлігі карбонаттар (16 %) және (гидр) оксидтер (17 %) түрінде болады. Бұл қышқылсыз қышқылды шаймалау процесінде барлық Мыстың тек 72 % ғана алынады дегенді білдіреді. Бұл зерттеу шикізаттың pH-нің әртүрлі мәндерінде ганга қышқылының Шығыс

мәндерін анықтау және CrO материалындағы мыс, марганец және темірдің шаймалану сипаттамаларын бағалау үшін CrO бөлшектерін ($d_{95} = 95 \%$) мерзімді шаймалау сынақтарын өткізді. Кейіннен мерзімді сынақтардан алынған шаймалаудың оңтайлы жағдайларын қолдана отырып, CrO қатты бөлшектерін (106 мкм, 80 % өткізу) үздіксіз шаймалау сынақтары жүргізілді. Бұл жұмыстың мақсаты Мыстың тұрақты шығарылуына гангтық қышқылдың (GAC) тұтыну мәні едәуір аз болатын және шаймалау ерітіндісіндегі марганец пен Темірдің соңғы концентрациясы айтарлықтай төмен болатын шаймалау жағдайларын таңдау арқылы қол жеткізуге болатындығын көрсету болып табылады [9].

1.3.9 Аммиак ерітіндісімен шаймалау: гидрометаллургиялық технологиясында мыс өнеркәсібінің жаңа тәсілі

Гидрометаллургиялық процестерде аммиак пен аммоний тұздарымен шаймалау тиімді, себебі бұл тұздарды алу жеңіл, металдарды алудың жоғары селективтілігі және құны төмен. Осы шаймалаудың артықшылары жайында зерттеулердің жаңа нәтижелері мен қышқыл шаймалаумен байланысты проблемаларды жою барлық елдердегі осы тәсілге жаңа көзқарасқа алып келді. Бұл саладағы зерттеулер басқа негізгі металдармен салыстырғанда кендер мен концентраттардан мыс алу үшін осы тәсілді пайдалану туралы толықтырады. Зерттеушілер жүргізген жұмыста аммиакты шаймалаудың негізгі және түрлі әдістерін сипаттауға, мыс бойынша зерттеулерді, сонымен қатар жаңа процестерді ұсынды. Осы әдістің қышқылмен шаймалауға қарағанда артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалауды, мыстың аммиакпен шаймалануын кинетикалық зерттеуді және су, аммиак бар жүйедегі Eh–pH диаграммаларын бағалаумен бірге, салыстырулар осы зерттеудің басқа бөліктері болып табылады. Соңында алынған ерітінділерден мыс алу жөніндегі зерттеулерді сипаттай отырып, қолданылатын экстракциялық агенттер қарастырылды [11-12].

Ұсынылған зерттеулер [10] минералдардың оксидтері мен сульфидтерінің қоспасынан мыс алудың тұрақты әдісін жасауға бағытталған. Процедура бөлме температурасында және pH әртүрлі мәндерінде аммиактың Сулы ерітінділерімен шаймалау, аммиак концентрациясы, қатты заттардың концентрациясы және бөлшектердің мөлшері. Бұл жұмыста алынған нәтижелер: шаймалау кезеңінде мыс алудың 70 %, 90 % қоршап тұрған мыс сульфидтерінің жауын-шашынына және флотациялық экстракцияның 75 % жетті.

Сынақтар 0,95 % мыс және 40 % еритін мыс (шамамен) бар Мантос Бланкос аралас кендерімен жүргізілді. Алдын-ала талдаулар әр түрлі pH, бөлшектердің мөлшері және аммоний мен хлоридтің концентрациясы кезінде аммиакты шаймаланудан бастап, ең жақсы жұмыс жағдайларын анықтауға бағытталған. Жауын-шашын сынақтары кезінде күкірт пен күкірт диоксидінің

аммонийдің әртүрлі деңгейіне әсері зерттелді. Эксперименттер реагенттерді (коллекторлар мен көбіктендіргіштерді) және олардың тиісті дозаларын таңдау үшін жүргізілді. Аммиакты шаймалау 500 мл ерітіндіні және келесі сатыға сәйкес жіктелген уақытты ескере отырып, көлемі 1 л араластыратын реакторларда 60 мин шаймалау жүргізілді.

Осы жұмыста ЛАПФ емдеу кезіндегі операциялық айнымалылар талданады және келесілер хабарланады: Аммиакты шаймалаудың ең жақсы шарттары: рН 9, 2 м аммиак концентрациясы, 30 мас. % қатты заттар мен шаймалау уақыты 60 минут болды. Бұл максималды қалпына келтіру жылдамдығын 75 % берді. Аммиакты шаймалау рН 8 - де басталды, содан кейін рН 9 әкпен бекітілді. Кейін тұндыру сульфуризация кезінде өздігінен жүреді, аммиактың жалпы концентрациясы 1 М, 100 % SO₂, 200 % S және 30 % мас. қатты заттар. Еритін мыс жұмыс жағдайында 0,38-ден 0,035 % - ға дейін төмендеді, сондықтан кенді сульфациялағаннан кейін флотацияның келесі сатысына өтуге болады. Жақсы көрсеткіштерге SF-323 (15 г/т), SF-114 (40 г/т) және МВС (55 г/т) көмегімен қол жеткізілді, бұл мыс концентратының 12,9 % және 80 % экстракциясын берді. Шаймалау мен тұндырудың тиімділігі 3 М NaCl қосудан айтарлықтай зардап шеккен жоқ, өйткені атакамитке ұқсас минералдарды өндеу және теңіз суын пайдалану үлкен проблемалар туғызбайды.

1.3.10 Хлоридті ерітінділермен аралас кендерді шаймалау

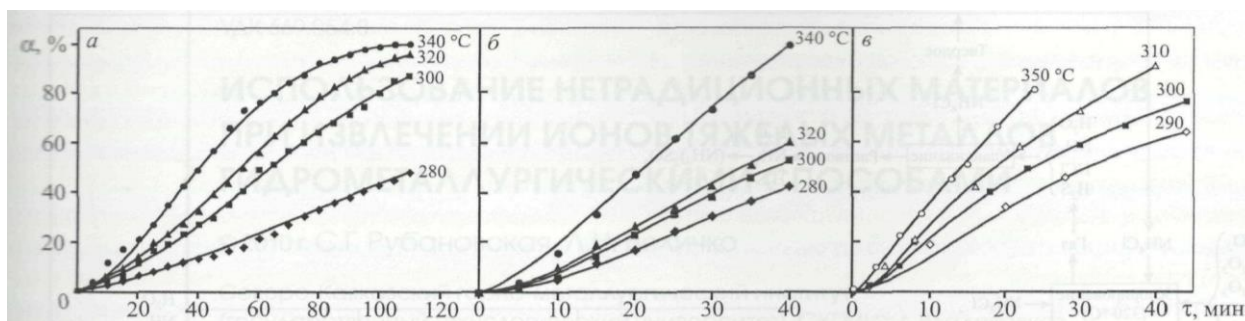
Металлургия саласында және өнеркәсіпте маңызды орын алатын хлоридтер негізіндегі процестер. Басты факторы - хлор негізделген процестер хлорлы рециркуляциялау жеңілдігі. Хлорды су ортасының электролизімен газ болып алынуға мүмкіндік бар. Хлоргидрат пен аммоний хлориді су ерітінділері мен қатты заттардан ұшуға болады. Осыдан, қалдықтарды жоймай хлоридтер негізіндегі процестер таза технологиялар саласындағы заманауи үрдістерге сай келеді. Сонымен қатар, хлоридті тұздар тұрақты, улы емес, бағасы төмен және суда ериді. Хлорлы ортадағы материалдардың көпшілігі үшін еріту кинетикасы кей орталардан жақсы. Бұл көптеген металл иондарының хлорид-ионды кешендері және кешендер пассивті пленкалардың өсуін азайтады

Хлорид және оның қосылыстары, металл хлоридтерін қосқанда, қолайлы тотықтырғыштар болып табылады. Темір хлориді мен мыс хлориді көп материалдарды жылдам тотықтырады және электролизбен немесе хлормен тотықтандырумен өндірілуі мүмкін. Мыс сульфидтерін, халькопиритті жылдам және толық шаймалау үшін күшті тотықтырғыштар керек. Бұл хлоридтің темір қосылыстарымен өте тиімді. Бұл тарифтер қалыпты температура мен қысымда, металды жоғары ұшырып ажыратуға мүмкіндік береді. Пирит әрекеттеспей және қарапайым күкіртпен шаймалау қалдығында қалады [13-14].

Зерттеушілер көрсеткендей [6] кремний, алюминий, титан оксидтерімен әрекеттеспейтін, бірақ темір, марганец, мырыш, мыс оксидтерімен

әрекеттесетін аммоний хлориді көмегімен сульфидті шикізаттан мыс шығару мүмкіндігі өте зор. Хлор мен сутегі хлоридінен айырмашылығы, ол улы емес қатты зат болып табылады, сонымен қатар химиялық өндірістердің қалдықтарына жатады. Аммоний хлоридінің негізгі компоненттермен өзара әрекеттесу процестері бұрын зерттелген мыс-никель концентраттары - мыс оксидтері, никель, темір жатады. Тотыққан кендерден гидрометаллургиялық жолмен бөлуге жеке оксидтер мүмкіндік беретін операциялардың технологиялық реттілігі ұсынылды. Бұл жұмыста аралас (оксидті-сульфидті) мыс кендері компоненттерінің аммоний хлоридімен өзара әрекеттесу механизмдері зерттелген, бұл химиялық кенді химиялық өңдеу операциялары тәсілімен істейді. Термодинамикалық есептеулер көрсетті (гидролиз кезінде аммоний хлориді ескерілді $t = 338\text{ }^{\circ}\text{C}$ толығымен аммиак пен хлорсутекке ыдырайды), темір сульфиді мен кальций оксидін аммоний хлоридімен хлорлау процестерінің тепе-тендігі бірінші жағдайда $t=272\text{ }^{\circ}\text{C}$, ал екінші жағдайда $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде де темір хлориді мен кальций хлоридінің түзілу жағына ығыстырылады.

Мыс сульфиді $t = -73\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде сутегі хлоридімен әрекеттеседі. Термогравиметриялық мыс және темір сульфидтері мен кальций оксидінің аммоний хлоридімен өзара әрекеттесуін дифференциалды-термиялық (ДТА) талдау. Алынған деректерді талдау әзірге- хлорлау процестері келесі жағдайларда басталады $t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ аммоний хлорметаллат түзе отырып жоғарыда аталған NH_4 , CuCl_3 , (NH_4) , FeCl_5 , NH_4 , CaCl_3 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ -тан жоғары жалпы формуласы MeCl_2 хлоридтеріне ыдырайды, одан әрі қыздырғанда хлоридтер металлдар су буымен пирогидализіне ұшырайды ауа.



1 Сурет – мыс (а) сульфидін, темір (б) сульфидін және кальций оксидін (с) хлорлау процестері үшін айналу дәрежесінің уақытқа тәуелділігі

Қарастырылып отырған хлорлау процестерінің шектеулі сатыларын анықтау үшін реакция массасын үздіксіз өлшеу арқылы кинетикалық зерттеулер жүргізілді (сурет. 1)

Өзара әрекеттесу процесін белсендіру энергиясы аммоний хлориді бар мыс сульфиді $9,9\text{ кДж/моль-ға}$ тең. Процестің шектеулі кезеңі диффузия, хлорлау реакциясының жылдамдығын арттыру үшін қарқынды араластыру қажет реакциялық массаны. Мыс сульфидін аммоний хлоридімен хлорид қосындысына кемінде $95\text{ \%}$ аударуға $t = 310\text{--}320\text{ }^{\circ}\text{C}$ үшін $T = 110\text{--}120\text{ мин}$ (а)

Темір сульфидін хлоридті қосындыға аммоний хлоридімен кемінде 95 % ауыстыруға $T = 40+50$ мин үшін $t = 330+340$ °C кезінде қол жеткізіледі (б).

Өзара әрекеттесу процесін белсендіру энергиясы аммоний хлориді бар кальций оксиді 56,1 кДж / моль. Процестің шектеу кезеңі - химиялық реакция кинетикасы, үдеу тәсілі процесс-температураның жоғарылауы.

Кальций оксидін хлоридті қосылысқа аудару аммоний хлориді кем дегенде 95 % жететіні $T = 40+50$ мин (с) үшін $t = 310+320$ °C

Термодинамикалық есептеулердің, термогравиметриялық талдаулардың және кинетикалық зерттеулердің нәтижелері негізінде аралас мыс кендерін өңдеу операцияларының технологиялық реттілігі ұсынылды, эксперименталды түрде сыналды және расталды құрамында мыс бар кенді аммоний хлоридімен термиялық ашып, кейіннен бағалы компоненттерді хлоридтер ерітіндісіне шаймалаудан тұрады. Әдісті сынақтан өткізу Удокан кен орнының мыс кенінің өкілдік сынамаларында жүргізілді, ерітіндіден металл гидроксидтерін біртіндеп тұндыру мыс, темір және кальций бар концентраттарды алуға мүмкіндік берді: химиялық таза гидроксидтер немесе оксидтер. Бұл әдістің экономикалық тиімділігі гидроксидтердің аммиак тұндыруымен жүретін хлорлаушы агент-аммоний хлоридінің қарапайым қалпына келуімен байланысты. Алынған аммоний сульфаты нарықта да сатылуы мүмкін.

Қорыта келгенде:

1) Термодинамикалық есептеулер нәтижелері бойынша құрамында мыс бар кендерді ашудың оңтайлы температурасы 320 ± 10 °C құрады;

2) Термогравиметриялық әдіспен аралас кендер компоненттерінің аммоний хлоридімен өзара әрекеттесуі 300 °C-тан жоғары хлораммоний кешендерінің түзілу сатыларынан өтетіні анықталды;

3) Кинетикалық зерттеулер мыс кені компоненттерінің аммоний хлоридімен толық (95 %) өзара әрекеттесуі 2 сағат ішінде 310-330 °C температура аралығында жүретінін көрсетті; құрамында мыс бар кендерді хлораммоний әдісімен ашуды оңтайландыру үшін қарқынды араластыру қажет екендігі анықталды;

4) Таза мыс оксидін алу үшін аралас мыс кенін өңдеудің хлораммоний циклінің технологиялық реттілігі ұсынылды.

2 Эксперименттік бөлім

2.1 Қолданылған реагенттер мен жабдықтар

Ақтоғай кен орнында тотыққан кен қорлары (құрамында 0,37% мыс бар) 119 млн тоннаны, ал сульфидті кендердің қорлары 1,27 млрд тоннаны (құрамында 0,38 % мыс бар) құрайды.

Кен орнынан зерттеуге қабылданған кен сынамасының құрамы 1 кестеде көрсетілген.

1 Кесте – Ақтоғай кен орнынан алынған кеннің химиялық құрамы

Аты	Аралас кен
Cu	0,68
SiO ₂	58,80
Al ₂ O ₃	17,41
Fe ₂ O ₃	9,74
CaO	5,54
MgO	4,20
K ₂ O	1,71
Na ₂ O	1,92

Дипломдық жұмыста зерттеулерді жүргізуге қолданылған реагенттер мен жабдықтар:

Бастапқы реагенттер:

- Ақтоғай кен сынамасы;
- Күкірт қышқылы (H₂SO₄) – 20 - 140 г/дм³;
- Дистилденген су;
- Натрий тиосульфаты (Na₂S₂O₃);
- Калий йодиді (KI) кристалдары (1 %);
- Крахмал ерітіндісі (1%);

қондырғылар: муфельді пеш, SNOL 6,7\350; муфельді пеш, SNOL 7.2\1100; Бюхнер воронкасы; рН-метр, И-160; Вакуумдық насос; таразы, Shimadzu AX200; таразы, Kern and Sohn GmbH

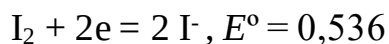
Бастапқы сынамада мыстың құрамы – 0,68 %. Осыдан, Ақтоғай кен орны бойынша зерттеуге қабылданған сынамада мыс мөлшері сол кен орынның орташа мәнінен жоғары болды.

2.2 Зерттеуде қолданылған әдістемелер

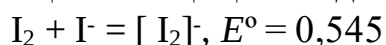
2.2.1 Мысты титрлеу арқылы сулы ерітінділерде анықтау

Мыстың құрамы йодометриялық титрлеу әдісімен анықталды, ал темір спектрометриялық әдіспен анықталды.

Йодометриялық талдау әдісі I_2 – ден I^- иондарға дейін және I^- иондардың I_2 - ге тотығуымен байланысты тотықтырғыш қалпына келтіру реакцияларына негізделген:



Кристалды йод суда аз ериді. Сондықтан йод ерітіндісі әдетте KI - де қолданылады, онда йод күрделі қосылысқа қосылады:



Йодометрия әдісімен тотықтырғыштарды да, тотықсыздандырғыштарды да анықтауға болады. Қарапайым йодпен оңай тотығатын тотықсыздандырғыштар тікелей йодометриялық титрлеу әдісін қолдана отырып, стандартты йод ерітінділерімен тікелей титрленеді. Сульфидтер, сульфиттер, тиосульфаттар және басқа да күшті тотықсыздандырғыштар осылай анықталады. Индикатор ретінде йодқа сезімтал реактив (йодпен қарқынды көк түсті қосылыс түзетін крахмал ерітіндісі) қолданылады. Крахмал болған кезде титрлеу кезінде титрлеудің соңғы нүктесі йодтың бір тамшысынан туындаған көк түстің пайда болуымен анықталады

2.2.2 Сулы ерітінділерде металды қоспаларды анықтау әдістері

Шаймалаудан кейін металдардың құрамы әртүрлі электрохимиялық әдістермен анықталады - полярографиялық(вольтамперометрлік), Потенциометриялық, кулонометриялық, кондуктометриялық және басқалар, сонымен қатар аталған әдістердің кейбірін титрлеумен біріктіру. Көрсетілген әдістермен металдардың құрамын анықтау вольт-амперлік сипаттамаларды, ион-селективті электродтардың потенциалдарын, электрохимиялық жасушаның катодта қажетті металды тұндыру үшін қажетті интегралды зарядты, ерітіндінің электр өткізгіштігін және т.б. талдауға, сондай-ақ ерітінділердегі бейтараптандыру реакцияларын және т. б. электрохимиялық бақылауға негізделген [17].

Мысты ерітіндіде анықтауда титрлеу әдісі қолданылды. Буретті $Na_2S_2O_3$ ерітіндісімен толтырыңыз. Конустық колбаға 10,0 мл $CuSO_4$ тұзы тасымалданады, 10 мл 1 % KI ерітіндісі өлшеуіш цилиндрмен қосылады. Колбаны бір сағатқа әйнекпен жауып, қоспаны қараңғыда 3-5 минутқа қалдырды. Осыдан кейін оны стандартталған тиосульфат ерітіндісімен қоңыр түсті ашық сарыға ауысқанға дейін титрленеді. Содан кейін крахмал ерітіндісінің 20 тамшысын қостылды және титрлеуді $Na_2S_2O_3$ ерітіндісінің бір тамшысынан титрленетін ерітіндінің көк түсі жойылғанша жалғастырды (титрлеуді аяқтағаннан кейін CuI тұнбасы ақ болуы керек).

2.3 Мыс минералдарын термодинамикалық талдау

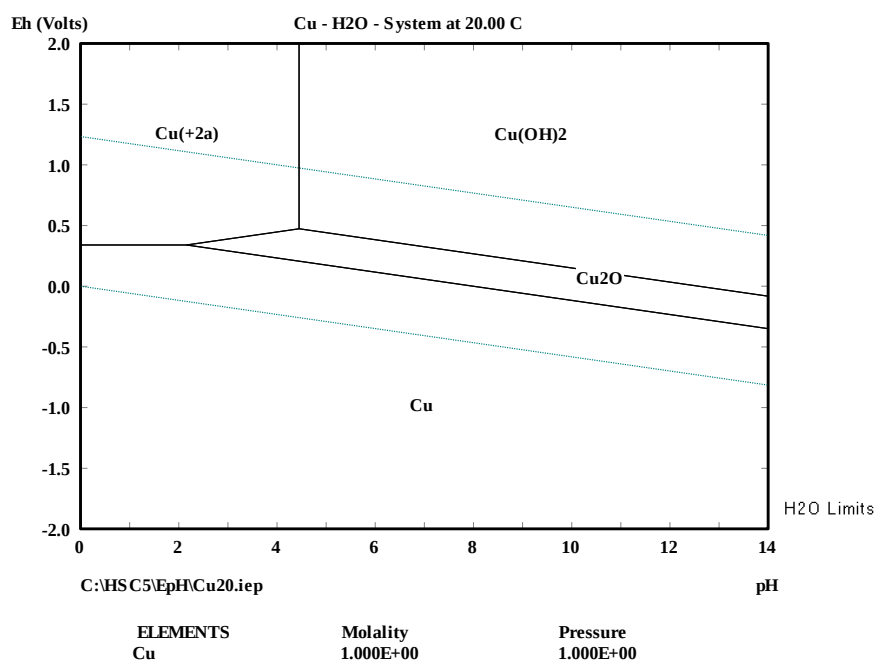
Бастапқы кендердің тотыққан және сульфидті минералдарының және оларды термиялық өңдеу өнімдерінің күкірт қышқылында еруін болжау үшін біз потенциал – рН диаграммаларын қолдана отырып, кен мен оттың негізгі мыс фазалық компоненттерінің еру процестеріне термодинамикалық талдау жасадық. "Cu - H₂O", "Cu - C - H₂O" және "Cu - S - H₂O" жүйелерінің күй диаграммалары қарастырылған.

Термодинамикалық есептеулер HSC 5.0 компьютерлік бағдарламасының көмегімен жасалды.

2.3.1 «Cu – H₂O» жүйесінің термодинамикалық талдауы

Cu - H₂O жүйесінде (1-сурет) тұрақты қатты фазалар элементтік мыс және оның Cu₂O және CuO оксидтері болып табылады.

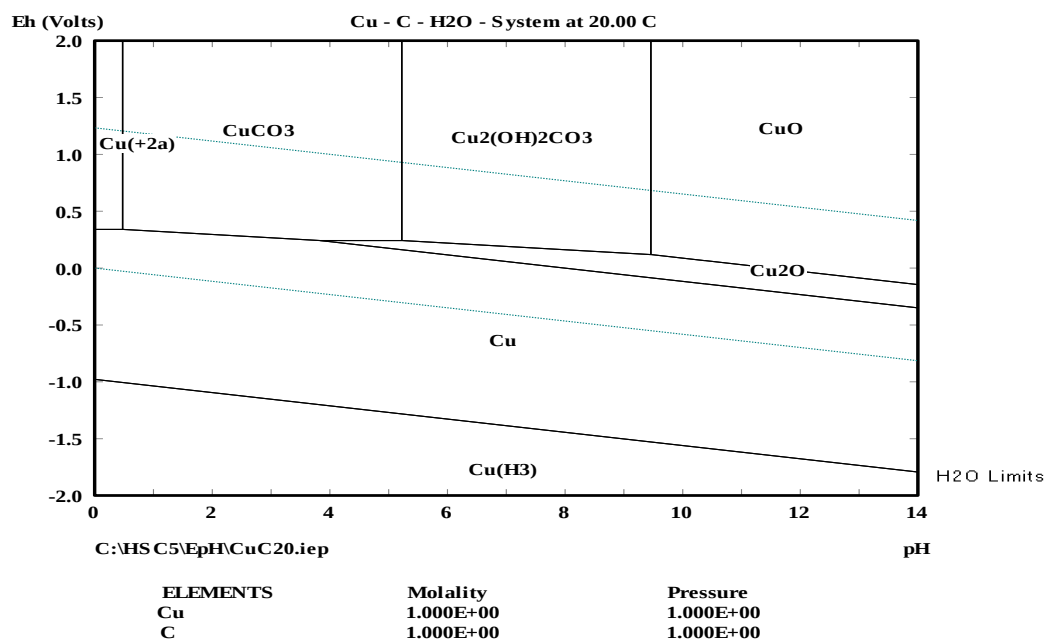
Қышқыл ортада рН = 0 – 4,4 кезінде мыс Cu²⁺ түрінде ерітіндіде болады.



1 Сурет – «Cu - H₂O» жүйесінің термодинамикалық талдауы (20 °C)

2.3.2 «Cu – C – H₂O» жүйесінің термодинамикалық талдауы

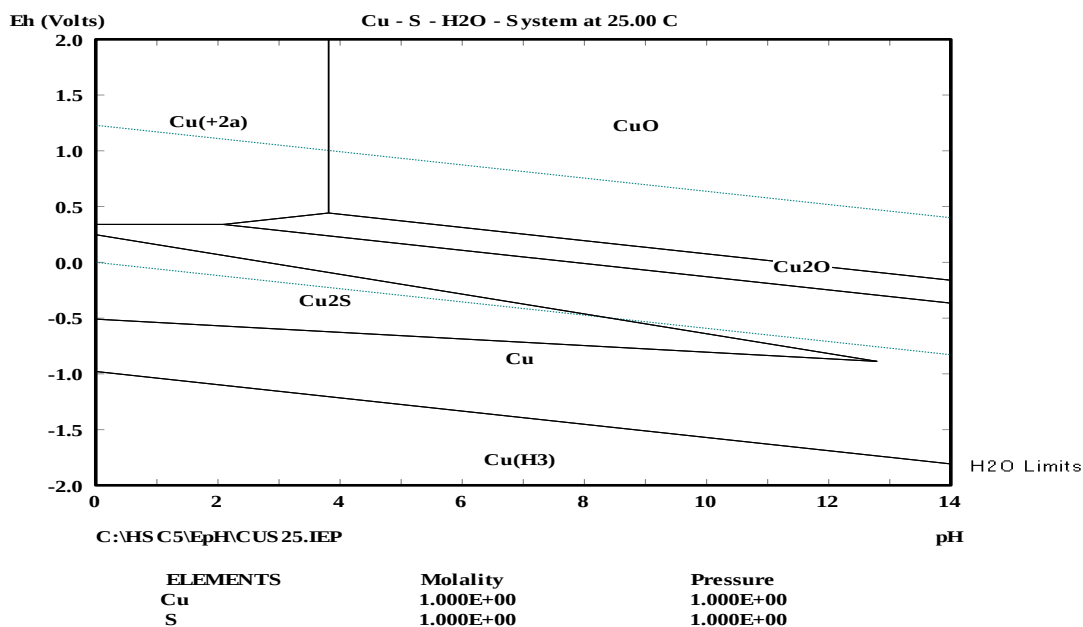
Газ фазасындағы CO₂ жоғары қысымымен мыс карбонатының еруі жоғары қышқылдарда мүмкін болады (2-сурет). CO₂ қысымының төмендеуімен рН жоғарырақ мәндерінде еру мүмкін болады.



2 Сурет – «Cu - C - H₂O» жүйесінің «pH – потенциал» диаграммасы (20 °C)

2.3.3 «Cu-S-H₂O» жүйесін термодинамикалық талдау

Мыс сульфидтерінің еруі тек тотықтырып шаймалау жүргізілген кезде ғана мүмкін болады (3-сурет). Cu^{2+} мыс иондарының болуы тек тотығу потенциалы 0,45 В - тан төмен емес, pH 0–4,5 аралығында мүмкін.



3 Сурет – «Cu-S-H₂O» жүйелерін термодинамикалық талдау (25 °C)

2.4 Аралас кендерден мысты шаймалауға әртүрлі параметрлердің әсер етуін зерттеу

Шаймалау кезінде шаймалаушы реагенттің концентрациясы барынша дұрыс таңдалуы тиіс. Егер шаймалау реагентінің концентрациясы жеткіліксіз болса, онда кендегі метал қалдықта қалып, жалпы металды бөліп алу тиімсіз болып қалады. Басқа жағдайда, яғни реагенттің концентрациясы аса көп болса, онда тиімсіз еру процестері жүріп, металды ерітіндіден бөліп алу үшін қосымша тазарту процестері жүргізілуі қажет болады, соңында жалпы шығын көбейе түседі.

2.4.1 Күкірт қышқылының концентрациясының әсері

Шаймалау кезінде шаймалаушы реагенттің концентрациясы барынша дұрыс таңдалуы тиіс. Егер шаймалау реагентінің концентрациясы жеткіліксіз болса, онда кендегі метал қалдықта қалып, жалпы металды бөліп алу тиімсіз болып қалады. Басқа жағдайда, яғни реагенттің концентрациясы аса көп болса, онда тиімсіз еру процестері жүріп, металды ерітіндіден бөліп алу үшін қосымша тазарту процестері жүргізілуі қажет болады, соңында жалпы шығын көбейе түседі.

Біз зерттеу барысында ең тиімді шаймалаушы реагент ретінде күкірт қышқылын таңдап алдық. Өндірісте кедей кендерді үймелі, жерасты, кеннің жатқан орнында шаймалау үшін негізінен 3-5 г/л күкірт қышқылы ерітіндісі пайдаланылады. Бірақ шаймалау өте ұзақ уақыт бойы, сатылы жүргізілетіндіктен мұндай концентрациялы қышқыл тиімді болады. Эксперименталды түрде бір сатылы шаймалау кезінде тиімді реагент концентрациясын анықтау эксперименттері күкірт қышқылының 20, 40, 60, 80, 100, 120 және 140 г/дм³ концентрациялы ерітінділерімен жүргізілді.

Шаймалау процесіне кеткен уақыт – 2 сағат, температура – 20 °С, қатты және сұйық фазалардың қатынасы 1:3 құраған кездегі өзгерулер мен нәтижелер (2-кестеде) келтірілген.

2 Кесте – Мысты бөліп алуға күкірт қышқылы концентрациясының әсер етуін зерттеу

C_{H^+} , г/л	20,00	40,00	60,00	80,00	100,00	120,00	140,00
$V_{Cu\text{ еріт}}$, мл	85,00	83,00	81,00	79,00	77,00	76,00	75,00
m_{Cu} , г	0,0144	0,0242	0,0264	0,0257	0,0251	0,0248	0,0244
E_{Cu} , %	25,00	44	48	48,3	48,5	48,5	48,8
C_{Cu} , г/дм ³	0,17	0,2924	0,3264	0,3264	0,3264	0,3264	0,3264
E_{Fe} , %	1,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00

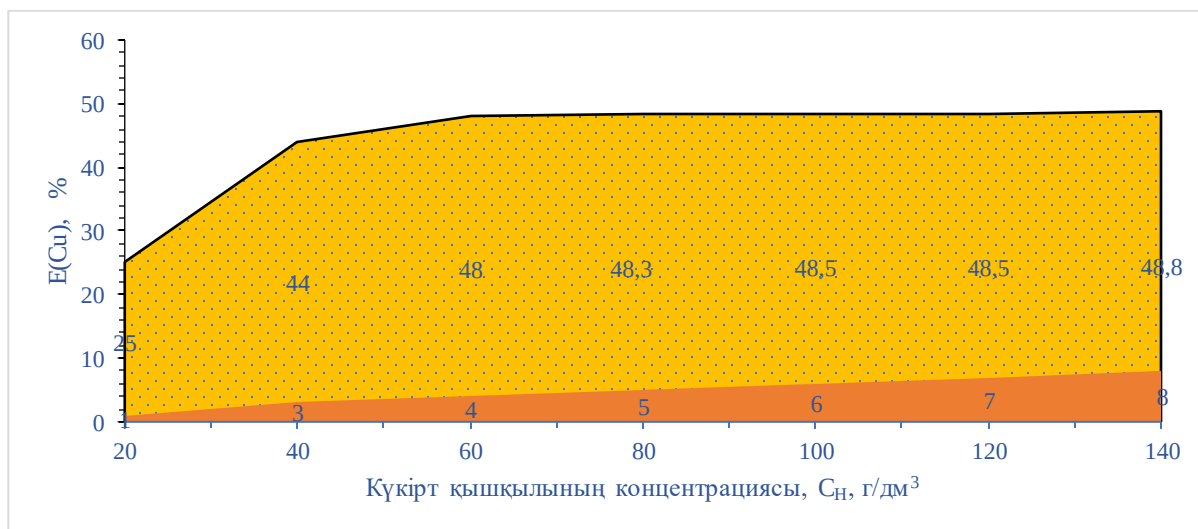
Бұл жерде: V - өнімді ерітіндінің көлемі, мл;

m_{Cu} – шаймаланған мыстың массасы, г;

C - өнімді ерітіндідегі мыс концентрациясы, г/дм³.

Зерттеу нәтижелері күкіртқышқылы концентрациясының артуымен мыстың бөліну дәрежесі де артты.

Төмендегі (4-суретте) аралас кенді бір сатылы күкіртқышқылды шаймалау нәтижелері келтірілген.



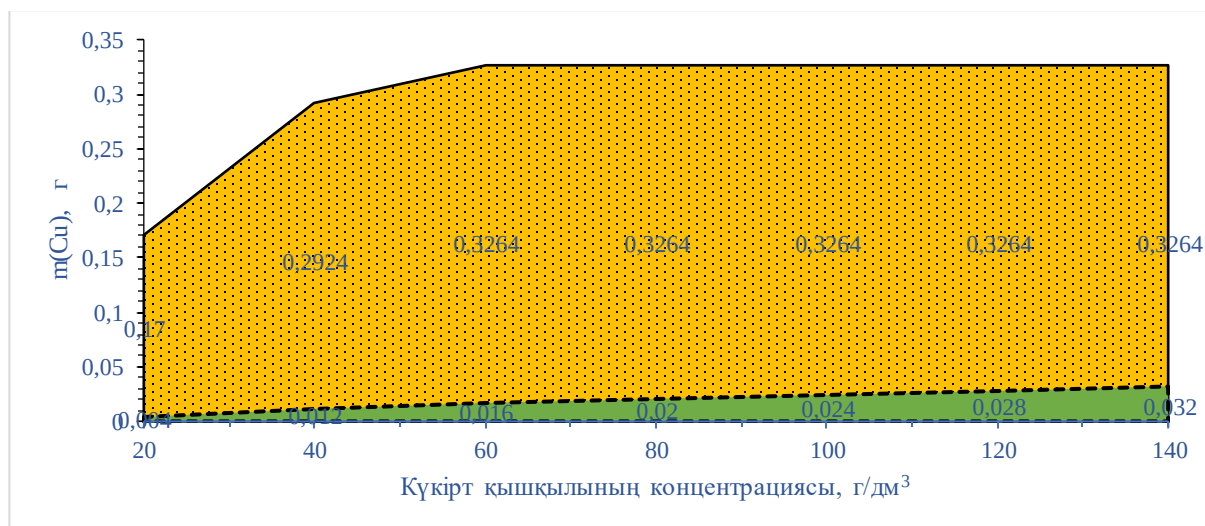
4 Сурет – Мыс және темір бөліп алуының күкірт қышқылының концентрациясына тәуелділігі

Зерттеу нәтижелері бойынша қышқыл концентрациясының 20-60 г/дм³ дейін жоғарылауы мыстың 23-48 % дейін ерітіндіге бөлінуіне әкелетінін көрсетті. Мыс концентрациясының одан әрі жоғарылауы мыстың бөліну дәрежесін аздап, тек 0,8 % ғана арттырады.

Мыс иондарымен қатар күкірт қышқылының концентрациясы артқан сайын темір де ерітіндіге бөліне бастайды (күкірт қышқылының концентрациясы 60-140 г/дм³ аралығында темірдің еру дәрежесі 0-ден 8 % құрады). Шаймалау кезінде темірдің еруі таза мысқұрамды электролит алуға кері әсерін тигізеді.

Осыдан, аралас мысқұрамды кенді шаймалауға тиімді күкірт қышқылының концентрациясы болып 60 г/дм³ табылды (мыстың бөліну дәрежесі – 48 %, ал темір – 4 %), ал одан жоғарғы концентрацияны алсақ мыстың бөліну дәрежесі тіпті аз мөлшерге ғана артады, сондықтан шығынға кетуімізге мүмкіндігіміз көп, бұл қаржы жағынан тиімді емес деп санауға болады.

Шаймаланған мыс массасының және темір массасының күкірт қышқылының концентрациясына тәуелділігі (5-суретте) мыс массасының концентрациясы 20-140 г/дм³ аралығында көрсетілген.



5 Сурет – Шаймаланған мыс массасының және темір массасының күкірт қышқылының концентрациясына тәуелділігі

Суретте көргендей шаймаланған мыс массасы 20-60 г/дм³ аралығында қарқынды өсіп, ал содан кейін концентрациясы күкірт қышқылының концентрациясы жоғарылаған сайын массасы өзгеріске ұшырамайды.

Аралас кенді тиімді шаймалауға H₂SO₄ концентрациясы ретінде 60 г/дм³ алынып, зерттеуді жүргізу жалғасты.

2.4.2 Мысты шаймалау дәрежесінің шаймалау уақытына тәуелділігі

Шаймалау уақытын өзгерте отырып, шаймалаудың бізге тиімді уақытын табу үшін аралығында эксперимент жүргізілді. Уақыттың алғашқы сәттерінде реакция жылдамдығы жоғары болады, өйткені реактивтің концентрациясы үлкен. Реакция қатты дененің бетінде өткен кезде, реагент молекулалары жұмсалып, нәтижесінде реагенттің ерітінді қалыңдығынан бетіне шығуы басталады.

Шаймалаудың шарттары 3 сағат болған жағдайындағы уақытқа тәуелділігі. Күкірт қышқылының концентрациясы 60 г/дм³, Қ:С – 1:3 қатынасы, кен ірілігі – 1 мм болып зерттелді.

Зерттеу нәтижесі төменде (3 кестеде) мысты шаймалау дәрежесінің уақытқа тәуелділігі көрсетілген.

3 Кесте – Мысты шаймалау дәрежесінің уақытына тәуелділігі

τ, мин	30	60	90	120	150	180
C _{Cu} , г/дм ³	0,3264	0,3264	0,3298	0,3332	0,3366	0,3386
V _{Cu еріг} , МЛ	85	83	81	80	80	80

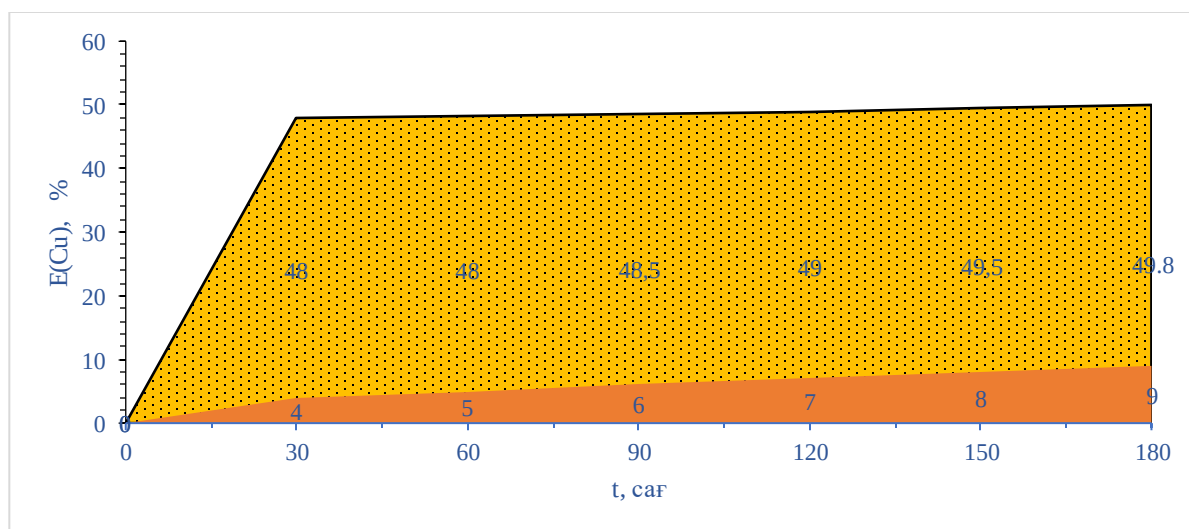
$m_{Cu}, \text{г}$	0,02774	0,02709	0,02671	0,02665	0,02692	0,02708
$E_{Cu}, \%$	48,0	48,0	48,5	49,0	49,5	49,8
$E_{Fe}, \%$	3	4	5	6	7	8

Бұл жерде V - өнімді ерітіндінің көлемі, мл;

m_{Cu} – шаймаланған мыстың массасы, г;

C – өнімді ерітіндідегі мыс концентрациясы, г/дм³

Уақытқа байланысты кенді шаймалау ерітіндіге мыстың өту дәрежесі келтірілген (6 – суретте).



6 Сурет – Кенді шаймалаумен ерітіндіге мыстың өту дәрежесінің уақытқа тәуелділігін анықтау

Нәтижесінде шаймалау уақытының 30-минуттан 180-минутқа дейін өсуімен кеннен мысты ерітіндіге өткізуі 48-49,8 % дейін жоғарылағанын көрдік, демек 150 минутта мыстың еру дәрежесі 3,61 %-ға артты.

2.4.3 Мысты шаймалау дәрежесіне қатты : сұйық фазалар қатынасының әсер етуі

Ерігіштік – бір заттың басқа заттармен біртекті жүйелер түзілу қабілеті- ол ерітінділер жеке атомдар, иондар, молекулалар немесе бөлшектер түрінде болатын зат.

Қатты және сұйық фазаларының қатынастарын өзгерте отырып тиімді параметрлерді табу зерттеулері жүргізілді. Экспериментті жүргізу шарттары: қатты және сұйық 1:1; 1:2; 1:3; 1:4 және 1:5 қатынастарына мыс алудың тәуелділігі зерттелді. Қышқылдың концентрациясы – 60 г/дм³, уақыты – 2 сағат,

кеннің ірілігі – 1 мм. Бұл параметрлерді қолдана отырып зерттеу көрсеткен нәтижелер (4 кестеде) көрсетілген.

4 Кесте – Қ:С-қа байланысты мысты алу

Қ:С	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
m_{Cu} , г	0,1012	0,1436	0,1566	0,1599	0,1632
C_{Cu} , г/дм ³	0,0042	0,013	0,022	0,029	0,039
E_{Cu} , %	32	44	48	49	50

Бұл жерде m_{Cu} – шаймаланған мыстың массасы, г;

C – өнімді ерітіндідегі мыс концентрациясы, г/дм³.

Жасалынған тәжірибелер көрсеткендей, Қ:С қатынасының артуымен мыс алу жоғарылайды. Практикалық қолдану үшін Қ:С қатынасы 1:3-ке тең болып жалғастырылды. Тәжірибеде Қ:С қатынасының маңызы өте зор. Егер де сұйық көп болып кетсе, бізге қажет емес ерітінді көбейіп, мыс алу тиімді болмайды.

2.4.4 Мысты шаймалау дәрежесіне температураның әсері

Температура кез келген процестің жүру жылдамдығын арттырады. Көптеген реакциялардың жылдамдығы температураның жоғарылауымен жоғарылайды.

Вант-Гофф ережесі бойынша: температура әр 10 °С-қа көтерілгенде, көптеген реакциялардың жылдамдығы 2-4 есе артады.

Мысты шаймалау дәрежесіне температураның әсері зерттелді – Температурасы 20, 40, 60, 80, 100, 120 °С аралықта, Қ:С қатынасы 1:3 тең, кен ірілігі – 1 мм, күкірт қышқылының концентрациясы 60 г/дм³ кезінде.

Температураға байланысты мыстың еруін зерттеу эксперименттерінің нәтижелері төменде (5 кестеде) келтірілген.

5 Кесте – Температураға байланысты мыс алу

T, °С	20	40	60	80	100	120
V, мл	81	80	80	80	80	79
m_{Cu} , г	0.00132	0,0261	0,0266	0,0266	0,0269	0,0268
C_{Cu} , г/дм ³	0,1632	0,3264	0,3332	0,3332	0,3366	0,34
E_{Cu} , %	48	48,5	49,5	50	51	52

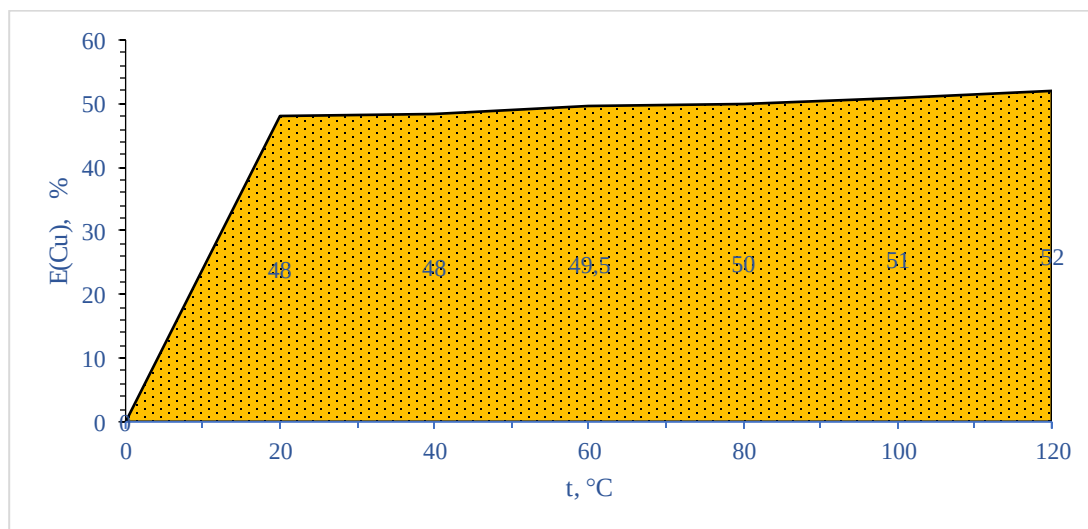
Бұл жерде V - өнімді ерітіндінің көлемі, мл;

m_{Cu} – шаймаланған мыстың массасы, г;

C - өнімді ерітіндідегі мыс концентрациясы, г/дм³.

Температура 20-120 артқан кезде мыстың бөліну дәрежесі 52 % болды. Негізінен тиімді температура бөлме температурасы болып келеді.

Нәтижелері бойынша мыстың еруінің температураға тәуелділік графигі (7 суретте) көрсетілген.



7 Сурет – Мыс ерудің температураға тәуелділігі

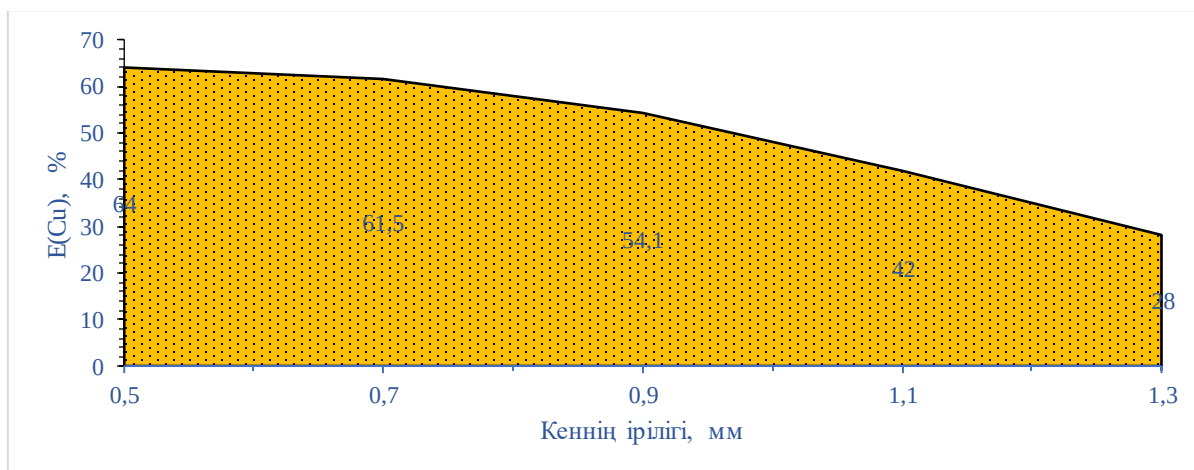
Температураның 20-120 °С дейін көтерілуінен 48-ден 52 % дейін көтерілді. Мыстың бөліну дәрежесі айтарлықтай өзгермеді. Бар жоғы 4 % өзгерді.

2.4.5 Аралас мыс кен үлгілерінің еруі бөлшек іріліктеріне тәуелділігі

Реакция жүру кезінде бөлшектердің ірілігі айтарлықтай рөл атқарады.

Ақтоғай кен орнындағы кенді әртүрлі ірілікте шаймаладық, ірілігі ұсақ болғанда қышқылмен жанасу бету артып, кен неғұрлым ұсақ болғанда олардың меншікті ауданы көп болады да, шаймалануы соғұрлым тиімдірек болады, себебі реакция қарқынды жүреді және металл ерітіндіге көп өтеді. Зерттеуде кен ірілігі – (0,5, 0,7, 0,9, 1,0 > 1,0 мм) Қ:С - 1:3 кезінде, уақыты 2 сағат, H_2SO_4 концентрациясы - 60 г/дм³, – 20 °С температурада жүргізілді. Сынама салмағы 50 г.

Нәтижелер (8 суретте) кен ірілігінің азаюымен кенді шаймалап мысты бөліп алу дәрежесі 28-64 % дейін жоғарылады.



8 Сурет – Ерітіндіге мыс бөліп алудың кен ірілігіне тәуелділігі

Ерітіндіге мыс алудың жоғарылауы күкірт қышқылының концентрациясының жоғарылауына, еру ұзақтығына, Қ:С және температура арақатынасының жоғарылауына ықпал етеді.

Қорытындылай келе, күкірт қышқылының концентрациясы 60 г/дм^3 , Қ:С 1:3, кен ірілігі 0,5 мм, шаймалау уақыты - 2 сағат, осыдан тұратын тәжірибені жүргізіп 64 % мысты бөліп алу дәрежесіне қол жеткіздік

2.4.6 Күйдірілген кендерді шаймалау әдісі

Аралас кенінің құрамындағы мыс минералдарының жартысынан көбі, яғни 52 % сульфидті минерал болғандықтан тотықтырусыз жағдайында шаймалаған кезде олар ерімейтініне көзіміз жетті. Сульфидті минералды оксидті түрге ауыстыру үшін, яғни ерігіш түрге ауыстыру үшін кендерді күйдіру қажеттігі аналитикалық шолу кезінде атап өттік.

Біз осы зерттеу барысында, мысты толығымен бөліп алу үшін аралас кен үлгілерін күйдіріп шаймалау бағытын таңдадық

Шаймалау Қ:С қатынасы 1:3 тең, күкірт қышқылының концентрациясы 60 г/дм^3 , кен ірілігі – 1 мм, бөлме температурасында – 20°C болған кезде оттегі мөлшері атмосферада күйдіру кезінде алынған күйіктер сынамаларымен бір сатыға жүргізілді. Сынама салмағы – 50 г, уақыты – 120 мин.

Кен үлгілерін күйдіру $873\text{-}973 \text{ K}$ аралығында жүргізілді, күйдірілгеннен кейін кен мөлшiрiнiң массасы өлшеніп, рентгендік фазамен талданды. Нәтижесінде тотыққан мыс мөлшері есептеліп, тиімді оптималды жағдайда күкірт қышқылымен шаймаланды.

Күйдірілген үлгілерді шаймалау эксперименттерінің нәтижелері төмендегі 6-кестеде келтірілген.

6 Кесте – Күйдірілген үлгілерді шаймалау нәтижелері

Бастапқы үлгілер	Шикі кені	Ауа қатысымен алынған күйінділер		
$T_{\text{күйдіру}}, \text{K}$		873	923	973
$m_{\text{баст.}}, \text{Г}$		50	50	50
$m_{\text{кейінгі}}, \text{Г}$		43	42	41
$C_{\text{Cu}}, \text{г/дм}^3$		0,476	0,5304	0,5508
$C_{\text{Fe}}, \text{г/дм}^3$		0.0544	0.0748	0.102
$E_{\text{Cu}}, \%$	48	70	78	81
$E_{\text{Fe}}, \%$	4	8	11	15

Кестеден көргендей, күйдірілгеннен кейін кен үлгісінің массасы 50-ден 41 дейін азайды, бұл кен үлгісіндегі ылғал да азайып, кейбір бөлігі оксид ыдырауына байланысты кен массасы азайды: 873 К – 14 % ; 923 К – 16 %; 973 К – 18 % ;

Ақтоғай шикі кенін шаймалау кезінде құрамында 0,476 г/дм³ мыс мөлшері мен темір бар өнімді ерітінділер алынды.

Нәтижеге қарап, оттегінің шектеулі мөлшерімен күйдіру температурасының 873-ден 973 К-ге дейін артуымен алынған күйіктерді шаймалау нәтижелері кеннен мысты бөліп алу 48-ден 81 % өскенін көрсетеді.

Ақтоғай кендерін бір сатылы шаймалаудың ыңғайлы шарттары: ірілігі 0,5 мм, К:С 1:3 арақатынасы, қышқыл концентрациясы – 60 г/дм³, уақыты 2 сағ. бөлме температурасы (20 °С) болып табылады. Бұл жағдайда ерітіндіге мыс алу 81 % болды.

3 Экономикалық бөлім

Зерттеу жұмысы барсында 127 тәжірибе жүргізілді. Экологиялық және экономикалық жағынан тиімді болып табылатын (түсті металдарды) – гидрометаллургиялық процестер екені айтпасада түсінікті. Мыс кендерін жоғары дәрежеде бөліп алу үшін алдымен байыту процестерінен кейін шаймалайды. Дегенмен, шаймалаудың да өзіндік талаптары, тәртіптері бар.

Мыс металын жоғары дәрежеде бөліп алуға, шығын аз шығатын және уақытты да аз кетіретін зерттеу жүргізуге болады.

3.1 Негізгі және қосалқы материалдар шығынын есептеу

Тәжірибе жүргізуге арналған негізгі және қосымша материалдар шығынының есептеу нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген.

7 Кесте – Негізгі және қосалқы материалдар шығыны

Материалдар атауы	Материал шығыны	Бірлік бағасы, тг	Жалпы бағасы, тг
Муфель пеші	1	1200000	1200000
Кептіру пеші	1	350000	350000
Араластыру аппараты	1	150000	150000
Мыс кені, кг	1	1000	1000
Күкірт қышқылы, л	1	850	750
Дистилденген су, л	100	25	2500
Калий иодиді	0,5	500	250
Натрий тиосульфаты	2	800	1600
Крахмал	1.0	400	400
Фильтр қағазы, бума	1,0	700	700
Индикатор қағазы, бума	1,0	450	450
Барлығы			1707650

Негізгі және қосалқы материалдардың шығыны 127 тәжірибеге есептелген. Сонда, 1 айға кететін негізгі және қосалқы материалдар шығыны 1707650 теңгені құрайды.

3.2 Ғылыми-зерттеу жұмысының жинақ қорын есептеу

Жинақ қоры (А) келесі теңдеумен есептелінеді:

$$A = C_{\pi} \cdot I_0 \cdot 0,33, \quad (1)$$

мұндағы: C_{π} – жабдықтың бастапқы бағасы, 0,33-ке көбейтілген.
 I_0 – 1,082 тең, индексация.

Сонымен, 3 айға құраған жинақ қорының соммасы:

$$A = 1707650 \cdot 1,082 \cdot 0,33 = 609\,733,59 \text{ тг} \quad (2)$$

Сонда бір жылдық жинақ қорының (A_1) сомасы мына теңдеумен анықталады:

$$A_1 = C_{\pi} \cdot I_0 \cdot 0,33 \cdot (1 + e)^1, \quad (3)$$

мұндағы e – тиімділік коэффициенті, ол 0,1 тең:

$$A_1 = 1707650 \cdot 1,082 \cdot 0,33 \cdot (1 + 0,1)^1 = 670\,706,86 \text{ тг} \quad (4)$$

Жобаның құны (В) келесі теңдеумен есептелінеді:

$$B = A_1 + A \quad (5)$$

Сонымен, жобаның құны:

$$B = 609\,733,59 + 670\,706,86 = 1280\,440,45 \text{ тг} \quad (6)$$

4 Қауіпсіздік және еңбек қорғау

4.1 Жалпы сипаттама

Еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету, қауіпсіз техника мен технологияны дамыту, яғни потенциалды қауіпті және зиянды өндірістік факторларды болдырмаудың алдын алу. Сонымен қатар адамдардың бұрыс іс-әрекеттерін, соның ішінде еңбек қауіпсіздігінің ережелері мен инструкцияларын сақтамауына байланысты әрекеттерді болдырмау керек. Күнделікті көріп жүргендей, көптеген жағдайда мұндай әрекеттер жарақаттанудың себебі болып табылады және істерді болдырмау нәтижесінде көптеген авариялар мен бақытсыз жағдайлардан құтылуға болады [15].

Үймелеп шаймалау жөніндегі жұмыстарды жүргізу орны қоршалуы және сыртқы жағынан ескерту жазуларымен белгіленуі тиіс. Үймелеп шаймалау жүргізілетін алаңда тамақ ішуге тыйым салынады. Тұрғын үй-жайлар мен тамақтану пункттері желдің бағытын ескере отырып және жұмыс жүргізу орнынан кемінде 500 м қашықтықта орналасуы тиіс. Адамдарды үйме бетіне көтеру үшін екі жақты тұтқалары бар баспалдақ болуы қажет. Цианисті ерітінділері мен қышқылдары бар барлық құбыржолдарда, сыйымдылықтар мен жабдықтарда "у" деген жазу, ал цианисті ерітінділері мен қышқылдары бар ашық тұндырғыш тоғандарда-қорғаныш қоршаулары болуы тиіс. Өндірістік алаңдағы ықтимал қауіпті орындар жұмыс аймағының ауасындағы цианидтер мен қышқылдардың РЕШШ асып кеткен кезде дыбыстық және жарық сигналдарын беретін автоматты сигнализаторлармен жабдыкталуы тиіс. Үйме бетіндегі барлық жұмыс түрлерін (тесілген құбырларды жылжыту, тесіктерді сіндіру және т.б.) кемінде екі жұмысшы қажетті жеке қорғаныс құралдарын пайдалана отырып жүргізуі тиіс. Цианисті ерітінділерді дайындау, Алтынды тұндыру немесе сорбциялау, тұнбаларды өңдеу, балқыту бөлімшелеріндегі қауіпсіздік шаралары цианисті технологиясы бар алтын шығару фабрикаларының бөлімшелері үшін осы Қағидалардың талаптарына сәйкес келуі тиіс.

4.2 Кәсіпорында электр және өрт қауіпсіздігі

4.2.1 Электр қауіпсіздігі

Электр тоғынан қорғану үшін электр желілерінде қысқа ақау нәтижесінде жарылыс пен өрттердің пайда болуынан қорғаныс (арнайы орындалған электр қондырғыларын пайдалану; оларды қолмен ұстап қалудан жеткіліксіз жерге орналастыру; блоктауды, ескерту дабылдарын қолдану; қорғаныстық жерсіндіру мен өшіп қалуды; жеке қорғаныс құралдарын пайдалану тағы сол сияқты).

4.2.2 Өрт қауіпсіздігі

Өндірістік процестердің өрт қауіпсіздігі және еңбекті қорғауды қамтамасыз ету функциялары: өнеркәсіптік объект аумағында ашық от ошағының пайда болу ықтималдығын барынша азайту; жұмыс істейтін адамдар үшін өрт қауіпсіздігінің жоғары деңгейіне кепілдік беру; кәсіпорынның негізгі қорларын, шығарылған өнімдерді, шикізат пен материалдар қорын өрттен қорғау.

Өрт қауіпсіздігін реттейтін нормативтік құжаттарға сәйкес өнеркәсіптік өндірісте жануға әкелетін қайталама факторларды ескеру қажет. Олардың ішінде келесі себептер бар: өндірістік механизмдердің бөліктері мен тораптарының бұзылу жағдайлары; өндірістік үй-жайлар атмосферасының жарылыс немесе өздігінен тұтану тудыруға қабілетті заттармен ластануы, олардың көзі зақымдалған технологиялық жабдық немесе өндірісте пайдаланылатын заттарды сақтауға арналған ыдыстар; электр сымдарының жеткіліксіз оқшаулануына байланысты қондырғының өткізгіш электр тогындағы кернеудің жоғарылауы; қызметкерлердің жабдыққа немқұрайлы қарауы [13-14].

4.3 Бақытсыз жағдайлардан сақтандыру шаралары

Бақытсыздық жағдайлар – жұмыс орнындағы кісілерге өндірістегі қауіпті фактор әсер етуіне байланысты болатын жағдай. Бұған: өндірістік және өндірістік емес деп бөлінеді. Егер жұмыс уақытында бақытсыздық жағдайлар болса, ауыр жарақаттар, ал ұзақ уақыт нәтижесінде ауру болса, созылмалы деп атайды. Санитарлық ережелері бұзылған жағдайда, адамға әсер етеді мамандар ауруларға ұшырайды.

Өндірістің қауіпсіз және еңбек жағдайларын жасаудағы айтылған жұмыстарын талдау үшін баршаға бірдей өндіріске байланысты болған бақытсыз жағдайлар кәсіби ауруларды жапа шеккендер үшін берілетін есептің тәртібі бар. Сол тәртіпке байланысты әрбір денсаулық сақтау орындары жылына бір рет өзінің басшылық органдарына статистика басқармасы болған бақытсыз жағдайлар мен кәсіби аурулардың қанша рет болғанын абсолют саны туралы мәліметтер беріп отыр.

Жарақаттану факторларының негізгі түрлері: машина, механизмдер, құралдар, қосымша құралдар; транспорт жабдықтары, автотранспорт, жүк көтеруші қондырғылар; құлаған, жарылған, ұшқан заттар және олардың жарықшалары; үймереттердің немесе оның бөліктерінің құлауы; адамның биіктен құлауы; электр тоғы; термиялық фактор (күйік); заттар, жүктер қозғалыста болуы; уланған заттар; суға бату.

4.4 Еңбектің қауіпсіз жағдайларын қамтамасыз ету

Техникалық инспектордың міндеті еңбек қауіпсіздіктің стандарттар жүйесінің талаптары орындалуын қадағалауы болып табылады. Еңбек ережесіне сәйкес, еңбекті қорғау ережелерін бұзған қызметтегі жұмысшылар, материалдық, дисциплинарлық, әкімшілік және қылмысты жауапкершілікті өз мойнына алады. Жарақаттану анализі әдістерін, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін білу қажетті, сондай-ақ ақпаратты өңдеу мен тіркеудің, жинаудың кәсіби аурулар мен жарақаттанудың қазіргі кездегі әдістерін білген жөн. Бақытсыз жағдайлар мен апаттардың көп болуы адамдардың теріс іс-әрекеттері және жөндеу жұмыстардың бұрыс ұйымдастырылуы және дайындық уақытының жүргізілмеуінен болады. Химиялық және мұнай-химиялық кәсіпорындарда аппараттар мен құбырларды тазарту мен жөндеуге әкелетін процесі кезінде, сондай-ақ жарылуға жақын, қауіпті шаңдарды өңдегенде, жанғыш сұйықтар сығылу кезінде т.с.с., үрлеу үшін көп жағдайда азот қолданылады. Азотты – инертті газ деп жиі айтады. Зертханаларды дайындаудың санитарлық нормалары, жұмыс жеріндегі ауадағы газдардың, булардың, шаңның, аэрозолдердің шекті жіберілетін концентрациясы түріндегі гигиеналық нормаларын бекітеді [16].

ҚОРЫТЫНДЫ

Аралас кендерден мыс бөліп алудың гидрометаллургиялық технологияларына әдеби шолу жасалды. Нәтижесінде аралас мыс кенін үймелеп, жер асты, орнында, бактериялдық шаймалау туралы ақпарат алдық. Қазақстандық мыс өнеркәсібінің қалдықтарының көп мөлшері және олардың құрамындағы түсті металдардың үлесі, асыл металдар мен сирек металдардың жалпы мөлшері жайлы ақпарат қарасиырылды. Шет елдерде өндірілетін мысқұрамды кендер гидрометаллургиялық технологиялармен жүргізілгені өте тиімді. Осыған орай Қазақстандағы мыс өндірісін дамыту алдыңғы мәселе болып отырғандығы анықталды.

Зерттеуге алынған Ақтоғай кен орнының баланстан шығарылған кен үлгілері тандап алынып, оның құрамы термодинамикалық талдаумен анықталды. Нәтижесінде мыстың құрамы 0,68 %, тотыққан инералдардың үлесі 0,48 % болатындығы табылды.

Баланстан шығарылған кенді күкірт қышқылы ерітіндісімен шаймалау кезінде мыстың тотыққан минералдары салыстырмалы жоғары жылдамдықпен шаймалануы анықталды.

Аралас кендерден мысты күкірт қышқылымен шаймалауға қышқыл концентрациясының, ірілігінің, қатты және сұйық фаза қатынасының, шаймалау уақытының, температураның әсер етуі зерттелді.

Кен аралас болғандықтан, мысты бөліп алу үшін, кен қалдықтарын алдымен тікелей шаймалау жүргіздік. Шаймалау нәтижесінде тиімді параметрлері: күкірт қышқылының концентрациясы 60 г/дм³; Қ:С – 1:3; шаймалау уақыты – 2 сағат. Кеннен мысты бөліп алу дәрежесі 48 % дейін жетті. Содан соң жоғары нәтижеге қол жеткізу үшін бастапқы кенді 873-973 К күйдіріп, күкірт қышқыл концентрациясы 60 г/дм³; Қ:С – 1:3; шаймалау уақыты 2 сағат бойы жүргіздік. Зерттеу нәтижесінде 48-81 % артты.

Зерттеу жұмысын жүргізуде қоршаған ортаны қорғау және еңбек қауіпсіздігі шаралары қарастырылды. Сонымен қатар зерттеу жүргізудің экономикалық есептеулері шешілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Т.С. Даулетбақов, Б.С. Баимбетов. Мыс және никель металлургиясы: Оқу құралы.- Алматы: ҚазҰТЗУ, 2003.-146 б.
- 2 Подчайнова В. Н. Медь. – Свердловск :Металургиздат, 1991.– 24б
- 3 Т.С. Даулетбақов, Б.Ж. Жұмабеков,Ж. Бастаубаев. Мыс металлургиясы. Оқу құралы.- Алматы: ҚазҰТЗУ, 2001.-82 б.
- 4 Н.Қ. Досмухамедов, Т.С. Даулетбақов. Қазақстан мыс өндірісінің даму стратегиясы. Монография – Алматы: «DPS», 2010,- 276 б.
- 5 К.К.Мамырбаева. Гидрометаллургическая переработка окисленных и смешанных медных руд: Диссертация.- Алматы: 2012,-134 б.
- 6 А.Н. Дьяченко, Р.И. Крайденко. Переработка окисдно-сульфидных медных руд с помощью хлорида аммония: ТМУ:2010.-4б.
- 7 Debora Monteiro de Oliveira, Luis Sobral and Diogo de Oliveira Padrão. Leaching of copper oxide ore by in situ biological generation of sulphuric acid/ Centre for Mineral Technology, Brazil/ 2003.
- 8 S.Y. Seo, W.S. Choi, M.J. Kim, T. Tran, leaching of a cu-co ore from Congo using sulphuric acid hydrogen peroxide leachant Sect. B-Metall. 49 (1) B (2013) 1–7.
- 9 О. Е. Горлова, А. Б. Юн, О. М. Синянская, Н. Л. Медяник // Разработка и опытно-промышленные испытания комбинированной технологии переработки отвала труднообогатимых смешанных медных руд месторождения Таскора / Цветные металлы. – 2018. – № 12. – С. 14-20. – DOI 10.17580/tsm.2018.12.02.
- 10 Conejeros, V., Pérez, K., Jeldres, R. I., Castillo, J., Hernández, P., & Toro, N. (2020). Novel treatment for mixed copper ores: Leaching ammonia – Precipitation – Flotation (L.A.P.F.). Minerals Engineering, 149, 106242. doi:10.1016/j.mineng.2020.106242.
- 11 B.R. Palmer, M.C. Fuerstenau, in Hydrometallurgy Fundamentals, Technology and Innovations, J.B. Hiskey, G.W. Warren (Eds), Society for Mining, Metallurgy and Extraction, USA, 1993, chapter 53.
- 12 Теляков Н. М. Изучение воздействия бактериального раствора на сульфидные-молибденовые руды / Н. М. Теляков, С.Н. Салтыкова, М. Пурэвдаш// Записки Горного института. 2011. Т.192. С. 54–57.
- 13 Жагов В.С., Шерегеда З.В. Металлургия меди, никеля и кобальта, 2010.
- 14 Шейн Я. П. Гудима Н. В. Краткий справочник металлурга по цветным металлам. – М.: Металлургия, 1964.- 412 с.
- 15 Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1977. –56 с.
- 16 Жаумитова Г.Б. Химия өнеркәсібіндегі еңбекті қорғау. – Әдістемелік нұсқау, 2010. –50 с.
- 17 Васильев, В. П. Аналитическая химия. В 2 книгах. Книга 2. Физико-химические методы анализа / В. П. Васильев. - М.: Дрофа, 2005. - 384 с.