

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Әбжан Қуаныш Нұржанұлы

«Мыс – қорғасынды штейндерінен қорғасынды бөліп алуды зерттеу»

Дипломдық жұмысқа  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070900 – Металлургия

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. к-ты,

 М.Б. Барменшинова

« 15 » 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Мыс – қорғасынды штейндерінен қорғасынды бөліп алуды зерттеу»

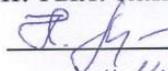
5B070900 – Металлургия

Орындаған

Әбжан Қуаныш Нұржанұлы

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., қауым. профессор

 Н.К. Досмұхамедов

« 14 » 05 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – Металлургия



Дипломдық жұмыс орындауға  
**ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Әбжан Қуаныш Нұржанұлы

Тақырыбы: «Мыс – қорғасынды штейндерінен қорғасынды бөліп алуды зерттеу»

Университет ректорының «08» қазандағы 2018 ж. № 1113-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «21» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: ЖШС «Казцинк» өндірісінің мәліметтері

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Өндірістің технологиялық үрдістері;

б) Тәжірибелік зерттеу жұмыстары;

в) Экономика бөлімі;

г) Еңбек қорғау бөлімі.

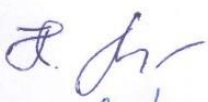
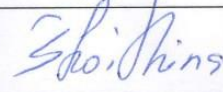
Графикалық материалдардың тізімі: Жұмыс бойынша \_\_\_ слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 амау

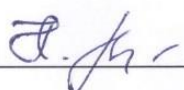
Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	11.03.2019 ж.	
Әдеби шолу	25.03.2019 ж.	
Металлургиялық есептеулер	08.04.2019 ж.	
Экономикалық бөлім	15.04.2019 ж.	
Қорытынды	22.04.2019 ж.	

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
Экономикалық бөлім	Н.К.Досмұхамедов техн. ғыл. канд., қауым. профессор	09.04.2019	
Норма бақылау	Г.М.Қойшина PhD, лектор	08.05.2019	

Ғылыми жетекші



Н.К. Досмұхамедов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Қ.Н. Әбжан

Күні

«14» қаңтар 2019 ж.

## Ғылыми жетекшінің пікірі

дипломдық жұмысына  
(жұмыс түрлерінің атауы)

Әбжан Қуаныш Нұржанұлы  
(оқушының аты жөні)

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

**Тақырыбы:** Мыс-қорғасынды штейндерінен қорғасынды бөліп алуды зерттеу

Рецензияға ұсынылған дипломдық жұмыс келесілерді құрайды: қазақ, орыс, шет тілдеріндегі аңдатпа, кіріспе, негізгі бөлім, тәжірибелік бөлімі, экономикалық бөлім, еңбек қорғау, қорытынды.

Дипломдық жұмыста, мыс-қорғасынды штейндерді қорғасын бойынша кедейлендіру әдістері зерттелінді. Жұмыста қорғасын алу әдістері, соның ішінде шахталық қысқартып балқыту процесінің теориясы және тәжірибесі қарастырылды. Мыс-қорғасынды штейнді әртүрлі (темір, табиғи газ және т.б.) тотықсыздандырғыштармен тотықсыздандыру процесінің термодинамикасы зерттелінді. Мыс-қорғасынды штейндерді кедейлендіру бойынша тәжірибелік жұмыстар өткізілді. Штейндерді кедейлендіру процесінің оптималды параметрлері орнатылды және негізгі металлдар – мыс пен қорғасынның алынатын өнімдер арасында бөлініп таралуы зерттелінді.

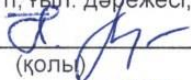
Ескерту ретінде жұмыста кедейлендіруден кейін алынатын шлактарды арықарай өңдеу жолдары қарастырылмаған.

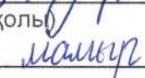
Орындаушымен түсіндірме жазбасында барлық зерттеулердің кешені жасалған. Жұмыстағы кестелік материалдар толығымен орындаушымен жасалғанын айқындайды.

Жалпы дипломдық жұмыс «өте жақсы, 98%» деп бағалана алады деп ойлаймын, ал диплом қорғаушының дайындығы «5B070900 – Metallургия» мамандығы бойынша бакалаврға талап етілетін маманды сұраныстарға сәйкес келеді.

**Ғылыми жетекші**

Т.ғ.к., қауымдастырылған профессор  
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

 Досмұхамедов Н.Қ.

«06»  2019 ж.

Дипломдық жұмысқа  
**РЕЦЕНЗИЯ**

Әбжан Қуаныш Нұржанұлы  
(оқушының аты жөні)

«5В070900 – Металлургия»  
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы : Мыс-қорғасынды штейндерінен қорғасынды бөліп алуды зерттеу

Орындалды:

- а) графикалық бөлім \_\_\_\_\_ парақ  
б) түсініктеме \_\_\_\_\_ бет

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ**

Рецензияға ұсынылған дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден құрастырылған: қазақ, орыс, шет тілдерінде аңдатпа, кіріспе, негізгі бөлім, тәжірибелік бөлімі, экономикалық бөлім, еңбек қорғау, қорытынды.

Дипломдық жұмыста, қорғасын өндірісінде алынатын мысты-қорғасынды штейндерді қорғасын бойынша кедейлендіру зерттелінді. Жұмыста қорғасын өндірісінің жалпы қазіргі жағдайы, сонымен қатар ЖШС «Казцинк» жағдайында қорғасынды алу технологиялық сұлбасы қарастырылды. Жұмыстың тәжірибелік бөлімінде мысты-қорғасынды штейндерді қорғасын бойынша әртүрлі тотықсыздандырғышпен (темір, табиғи газ) кедейлендіру жұмыстары жүргізілді. Кедейлендіру процесінің оптималды техника-экономикалық көрсеткіштері анықталды.

Жұмыс бойынша келесі сұрақ бар: мысты-қорғасынды штейнді табиғи газбен үрлеу кезінде қорғасынның қара қорғасынға өту механизмі қандай және қорғасын бойынша кедейлендірудің тиімділігі неде?

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Жалпы дипломдық жұмыс жұмыстың мазмұны талапқа сай және «өте жақсы, 97%» деп бағалана алады. Ал Әбжан Қуаныш Нұржанұлы «5В070900 – Металлургия» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесіне лайық деп есептеймін.

**Рецензент**

Келісім-шарттарды зерттеу офисінің директоры, т.ғ.к.  
(қызметі, ғыл дәрежесі, атағы)

\_\_\_\_\_ Абиқов С.Б.  
(қолы)

«08» \_\_\_\_\_ 2019 ж.

## Отчет подобия



Университет:	Satbayev University
Название:	Мыс-қорғасынды штейндерінен қорғасынды бөліп алуды зерттеу
Автор:	Әбжан Қуаныш Нұржанұлы
Координатор:	Нурлан Досмухамедов
Дата отчета:	2019-04-29 06:13:20
Коэффициент подобия № 1: ?	<b>1,7%</b>
Коэффициент подобия № 2: ?	<b>0,0%</b>
Длина фразы для коэффициента подобия № 2: ?	25
Количество слов:	8 885
Число знаков:	66 551
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	4



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 41

&gt;&gt;

Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

&gt;&gt;

Документы, в которых найдено подобные фрагменты: из RefBooks

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста қазіргі уақытта қорғасын өндірісінде кеңінен қолданылатын технологиялар талқыланып, сарапталды. Сонымен қатар, «КазЦинк» ЖШС – де шахталық қысқартып балқыту процесінен алынатын мыс - қорғасынды штейндерін қорғасын бойынша кедейлендірудің әдістері қарастырылып, зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Жұмыстың мақсаты – мыс - қорғасынды штейндерінен қорғасынды бөліп алу әдістерін зерттеу

Қойылған мақсатқа жету үшін дипломдық жұмыста келесі мәселелер шешілді:

– мыс - қорғасынды штейндерін қорғасын бойынша әртүрлі тотықсыздандырғыштармен кедейлендіру процесінің оптималды көрсеткіштерін таңдау және негіздеу.

– кедейлендіру кезінде мыс пен қорғасынның балқыту өнімдері арасында бөлініп таралуын қарастыру.

– тәжірибелік жолмен соңғы алынатын өнімдердің сапасын арттыру зерттелінді.

Зерттеу бойынша экономикалық есептеулер мен еңбекті қорғау шаралары орындалған.



## АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрены современные способы используемые в производстве свинца. Изучена технологическая схема получения свинца в условиях ТОО «Казцинк», в частности, шахтная сократительная плавка медь - свинец содержащих полупродуктов и оборотных материалов свинцового производства.

Цель работы – исследование способов обеднения медно - свинцовых штейнов различными восстановителями.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- установлены оптимальные параметры процесса обеднения медно - свинцовых штейнов по свинцу различными восстановителями;
- изучено распределение меди, свинца между продуктами плавки;
- исследованы пути улучшения качества получаемых штейнов.

Выполнены экономические расчеты исследования и рассмотрены необходимые мероприятия по охране труда при реализации способа обеднения медно-свинцовых штейнов по свинцу.

## ANNOTATION

In the thesis work reviewed the modern methods used in the production of lead. The technological scheme for obtaining lead under the conditions of Kazzinc LLP, in particular, mine contractile melting, has been studied.

The purpose of the work is the study of the methods of depletion of copper - lead mattes by various reducing agents.

To achieve this goal in the work solved the following tasks:

- the optimal parameters of the process of copper - lead matte depletion for lead by various reducing agents were established;
- the distribution of copper, lead between the smelting products was studied;
- investigated ways to improve the quality of the obtained mattes.

The economic calculations of the research were carried out and the necessary labor protection measures were considered when implementing the method of copper - lead matte depletion for lead.

## МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	12
1 Қорғасын өндірісінің заманауи жағдайы	13
1.1 Қорғасын агломератын тотықсыздандырып штейнге балқыту	14
1.2 Балқыту өнімдерінің жалпы сипаттамасы	16
1.3 Зерттеу бағытын таңдау және негіздеу	17
2 «Казцинк» ЖШС жағдайында штейнге шахталық тотықсыздандырып және шахталық қысқартып балқыту процестерінің теориясы мен тәжірибесі	18
2.1 Балқыту өнімдерінің жалпы сипаттамасы	20
2.2 Штейн мен шлак арасында мыстың және қорғасынның бөлініп таралуы	22
2.3 Мыс - қорғасынды штейндер және оларды өңдеу әдістері	23
3 Мыс - қорғасынды штейндерді өңдеу әдістері	25
3.1 Кондициялық емес қорғасын - мысты материалдарды тотықсыздандырудың термодинамикасы	25
3.2 Қондырғының сұлбасын құру және тәжірибені жүргізу әдістемесі	26
3.3 Қорғасынның штейнмен жоғалымын төмендетуде металдық темір шығынының әсерін зерттеу	28
3.4 Қорғасын - мысты штейндерді шойын жоңқасымен тотықсыздандырып қорғасын бойынша кедейлендіру	30
3.5 Мыс – қорғасын штейннің құрамынан қорғасынды табиғи газ әсерімен бөліп алу	33
3.6 Мыстың және қорғасынның балқыту өнімдері арасында бөлініп таралуын зерттеу	35
4 Экономика бөлімі	36
4.1 Жылдық пайдасын, өтеу мерзімін, капиталды шығынын, рентабельдігін есептеу	36
5 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау	37
5.1 Қауіпті және зиянды факторларды анализдеу	37
5.2 Өндірістік санитария	37
5.3 Техника қауіпсіздігі	38
ҚОРЫТЫНДЫ	39
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР	40
А қосымшасы	41
Б қосымшасы	43
Г қосымшасы	45
Д қосымшасы	47
Е қосымшасы	50

## КІРІСПЕ

Қазіргі таңда кендердің полиметалдануының өсіп келе жатқан тенденциясы, біршама селективті концентраттардың алуын қиындатты және жаңа процестердің туындауын қажет етті, бұл металлургиялық қайта өңдеу жұмыстарының техникo - технологиялық, техникo - экономикалық сонымен қатар, ең негізгі экологиялық көрсеткіштерін нашарлатты. Барлық тау-кен-металлургиялық комплекстердің таңдау - сұрыптау концепциясы жұмыстарына кері әсерін тигізді. Құрамы бойынша күрделі кен шикізаттарын өңдеу, оларды өңдеу кезіндегі техникo - экономикалық көрсеткіштерін жақсарту және де сол сияқты экологиялық қауіпсіздік сұрақтарын, қазіргі жұмыс жасап жатқан зауыттардың негізгі техникo - технологиялық қайта құрылуымен және оларды қайта құралдандыру арқылы шешу мүмкін емес екені анық.

Металлургияда металл өндіру жағдайында, селективті концентраттар алу жолдары қиындап кетті, технологиялық жоспарда жаңа тізбекті процесстер, аппараттар және қондырғылар жасалмады, ал қазіргі уақыттағы технологиялық сұлбалар коллективті концентраттарды өңдеуге қолайлы болмады.

Осыған байланысты, ең негізгі мәселелер: біріншіден – бастапқы қорлар қысқартылды, минералды шикізаттардың сапасы өзгерді және концентраттар құрамы қиындатылды; екіншіден – бастапқы қорлар шикізатты, өңделіп жүрген технологиялық сұлбалар бойынша, шикізаттары толық және кешенді пайдануды қамтамасыз етпейді. Бағалы компонентердің шығыны артықшылықпен көбейіп жатыр, сол сияқты табиғи шикізаттардан қажетті өнім мөлшерін алуының шығындары да өсіп келеді.

Осының бәрі Қазақстан Республикасының тау – кен - металлургиялық кешеніне, жеке айтқанда түсті металлургияда, шикізаттардан негізгі металдардың шығымы төмендеп кетті, сол сияқты бірге алынатын және асыл металдарды толығымен бөліп алынбайды және де кешенді өңдеу сұрақтары шешілмейді.

Жұмыстың негізгі мақсаты – шахталық қысқартып балқыту кезінде алынған өнім – мыс - қорғасын штейндерінің құрамынан қорғасынды бөліп алуды зерттеу. Қойылған мақсат бойынша зерттелінген мәселелер:

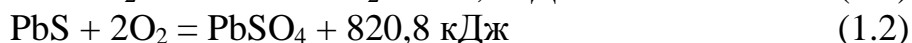
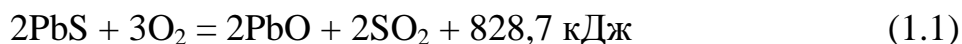
- қорғасын өндірісінің қазіргі жағдайы;
- «Казцинк» ЖШС жағдайында қорғасын алу технологиясы;
- алынған өнімдер арасында мыс және қорғасынның бөлініп таралуы;
- қорғасынның штейнмен жоғалымын төмендетуде металдық темір, табиғи газ және клинкердің әсерін зерттеу және олардың эффективтілігін анықтау;
- өндіріс өнімдерін және айналмалы материалдар өндеудің қазіргі технологиялық сұлбасын жетілдіруі бойынша ұсыныстар жасау.

## 1 Қорғасын өндірісінің заманауи жағдайы

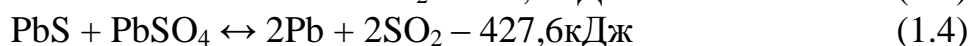
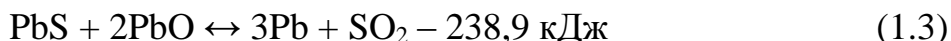
Қорғасын өндірісінің басты табиғи шикізаты сульфидті қорғасын концентраттары болып табылады, оларды пирометаллургиялық әдіспен өңдейді [1]. Қорғасынның өнеркәсіптік өндірісінде қазіргі уақытты берілген әдістің үш түрі пайдаланылады:

- қорғасынды реакциялық тәсілмен балқыту;
- екі сатылы тәсіл;
- автогенді процестер.

Қорғасынды реакциялық тәсілмен балқыту негізгі металл мөлшері бойынша бай қорғасын кені мен жоғары сұрыпты флотациялық қорғасын концентраттарын өңдеудің ежелгі әдісі болып табылады. Қазіргі уақытта бұл әдіс шағын көлемде жоғары сұрыпты концентраттарды ошақта балқыту және қысқабарабанды пеште балқыту әдісімен өңдеу үшін пайдаланылады [2]. Концентратты алдымен қорғасын сульфидінің бір бөлігін тотыққа және қорғасын сульфатына келесі реакциялар бойынша өткізу үшін күйдіреді

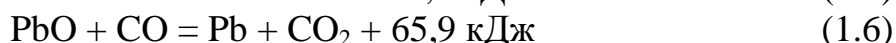
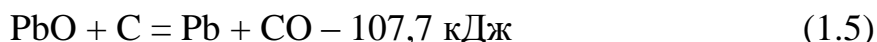


Тотықпай қалған қорғасын сульфиді ары қарай қорғасын тотығымен немесе сульфатымен әрекеттеседі және бос металл түзеді:



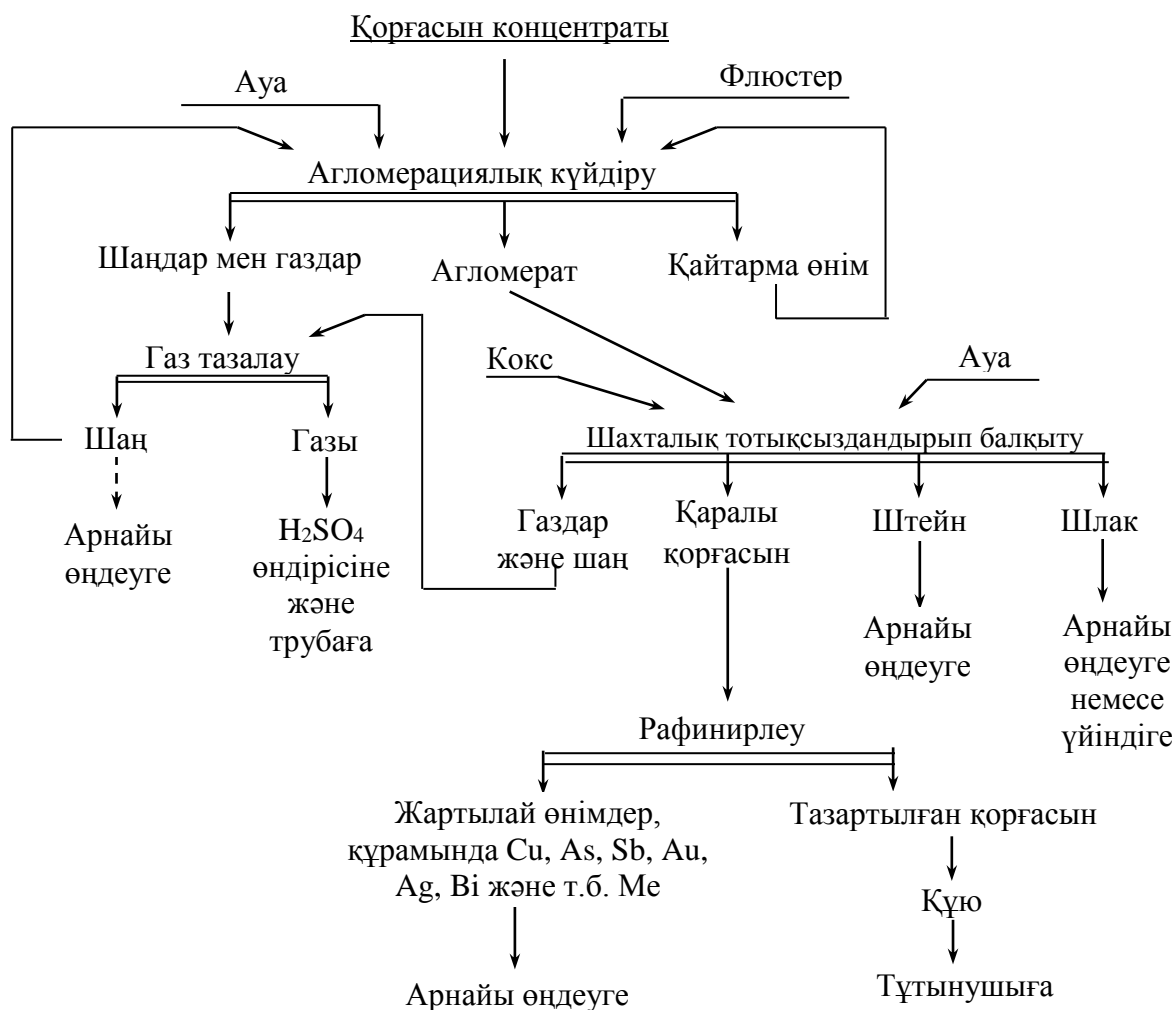
Қорғасын тотығы да шихтаға енгізілетін көміртегі есебінен тотықсызданады.

Қорғасын құрамды шикізатты өңдеудің негізгі тәсілі екі сатылы технология (сурет 1) болып табылады, оған сәйкес сульфидті қорғасын концентратын алдымен (1.1) реакциясы бойынша PbS сульфидін PbO түріне өткізу үшін және күйдірудің пісірілген өнімін (агломерат) алу үшін тотықтырып күйдіруге ұшыратады. Содан кейін, агломерат пен кокс қоспасынан тұратын шихтаны шахталы пеште балқытады, мұнда қорғасын тотығы металлға дейін келесі реакциялар бойынша тотықсызданады.



Берілген процестің негізгі өнімі – қара қорғасын, ол ары қарай тазалауға жіберіледі.

Бұл технология кез келген қорғасын құрамды материалдарды, оның ішінде екіншілей қорғасын құрамды шикізатын өңдеу үшін пайдаланылуы мүмкін [3].



1 Сурет – Сульфидті қорғасын концентраттарын өндеудің жалпы технологиялық сұлбасы

Қорғасын концентраттарын өндеудің автогенді процестерін әртүрлі мемлекеттерде соңғы онжылдықта өнеркәсіптік өндіріске жасай және енгізе бастады. Бұл процестер (1.1) - (1.6) реакцияларына негізделеді.

Гидрометаллургиялық процестерге тоқталатын болсақ, онда олар қорғасын өндірісінде әзірше айтарлықтай пайдаланылмайды. Процесс түрлері А қосымшасында көрсетілген.

### 1.1 Қорғасын агломератын тотықсыздандырып штейнге балқыту

Қорғасын агломератын шахталық балқыту процесі. Шахтада балқыту сульфидті қорғасын концентраттарын екі сатылы технология бойынша өндеу кезінде екінші өңделім болып табылады (сурет 1). Шахталы пеш шихтасы қорғасын агломератынан, кокс пен өзге материалдардан (айналмалы жартылай өнімдер, флюс қоспалары, темір жоңқасы) тұрады. Балқыту мақсаты – шихтадан қорғасынды аса толық қара металл түрінде бөліп алу,

мұнда алтын мен күміс те кездеседі; бос жынысты шлактандыру және шлаққа шихтада кездесетін мырыштың көп бөлігін өткізу. Жиі балқыту кезінде тағы бір сұйық өнім алынады – штейн, мұнда да металдардың бір бөлігі өтеді [5].

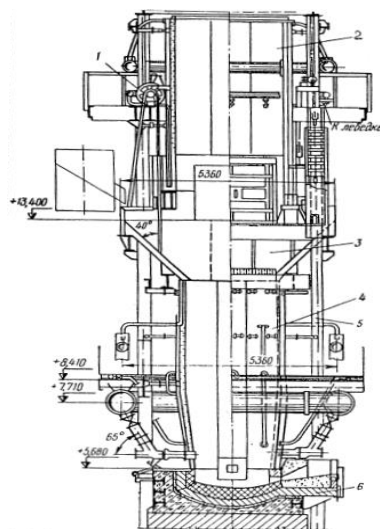
Шлак пен штейнді ошақтың бүйір қабырғасында және пеште қорғасын деңгейінен бірмаша жоғары бүйір кессонының ойықта орналасқан астау арқылы шығарады. Пештен шлак пен штейн шығарылуы гидроқақпақ арқылы үздіксіз немесе мерзімді жүзеге асырылуы мүмкін. Шлак пен штейннің өзіндік өнімдерге бөлінуін не қозғалмалы тұндыру ошағында не стационарлы электрлі қыздырылатын тұндырғышта жүргізеді [6].

Қорғасын агломератын шахтада балқыту кезінде басты химиялық процестер көміртекті қатты отынның тотықсыздануы, тұндырылуы, сульфидтелуі мен жануы болып табылады.

Көміртекті отын жану процестері шахталы пеш жұмысына аса қатты әсерін тигізеді. Шахтада балқыту кезінде тотықсыздандырғыш және отын ретінде кокс пайдаланады, бұл шахталы пеште қолдану үшін тиімді келесі оның қасиеттерімен шартталады:

- жеткілікті жоғары калориялылығы (26000-32000 кДж/кг);
- жақсы механикалық және термиялық беріктілігі;
- салыстырмалы жоғары тұтану температурасы (600-750 °С);
- жеткілікті кеуектілік (49-53 %);
- талап етілетін гранулометриялық құрамы.

Заманауи шахталы пеш 2 суретте көрсетілген.



1 – тиеу жүк арбасы; 2 - шатыр; 3 - колошник; 4 - шахта; 5 - колонна; 6 – пеш.

Сурет 2 – Шахталы пештің көлденең қимасы

Шахталы пеш жұмысының негізгі көрсеткіштері:

- шихта бойынша меншікті өнімділігі фурмалар облысында 1 м<sup>2</sup> пеш қимасында 40 - 100 т/тәул;

- шихта массасынан 8 - 13 % кокс шығыны;
- қара металға тікелей қорғасын бөлінуі 90 - 96 %;
- фурмалар облысында 1 м<sup>2</sup>пеш қимасына үрленетін ауа көлемі 13-38 м<sup>3</sup>/мин.

## 1.2 Балқыту өнімдерінің жалпы сипаттамасы

Түсті металдар кенін өңдеу кезінде алынатын тауарлы өнімдерден басқа, түсті металлургия кәсіпорындарында көптеген қалдықтар мен металлургия өндірісінің жартылай өнімдері алынады. Оларға шлактар, штейндер, шаң, газ, агломераттар мен пісірінділер, кектер, шламдар, ерітінділер және т.б. жатады. Қорғасын құрамды материалдарды өңдеу кезінде алынатын металлургиялық технологияның негізгі өнімдері мен маңызды жартылай өнімдерінің жалпы сипаттамалары қарастырылған [4].

Қара қорғасын. Қара қорғасын құрамында 93 - 98 % дейін негізгі металл болады. Қара қорғасында кездесетін қоспалар келесі аралықта болады, %: мыс 1-5; сурьма 0,5-2,0; мышьяк 0,2-2,0; қалайы 0,1-0,2; висмут 0,05-0,4; теллур 0,005-0,1. Оған қоса қара қорғасында күміс (1-5 кг/т), алтын (1-30 г/т), шлак түзуші компоненттер (0,3-0,8 %) және күкірт (шахтада балқыту кезінде 0,1-0,3 % бастап, автогенді тәсілдерді 3-5 % дейін) кездеседі.

Қара қорғасын құрамы бойынша стандарт талаптарын қанағаттандырмайды, өзінің физика - химиялық сипаттамалары бойынша өнеркәсіптің бірде - бір тұтынушы саласы үшін жарамсыз [7].

Штейндер. Штейн деп ауыр түсті металдар сульфидтерінің (мыс, никель, қорғасын, мырыш және т.б.) темір сульфидімен қорытпасы аталады, мұнда қоспалар ерітілген. Штейндер аралық металл құрамды өнімдер болып табылады, олардың алынуы мыс, никель және қорғасын бір бөлігінің пирометаллургиясына тән.

Түсті металлургия тәжірибесінде мыс, мыс - никель, никель және полиметалды штейндер алады (кесте 1). Олар сұйық күйінде түзіледі және сұйық шлактармен айтарлықтай араласпайды, бұл оларды бір - бірінен тұндыру арқылы бөлуге мүмкіндік береді. Штейн мен шлактарды бөлу үшін, олардың тығыздықтар айырмашылығы 1 кем болмау керек. Ол жоғары болған сайын, тұндыру соншалықты жылдам жүреді.

1 Кесте – Зауыттық штейн құрамы

Штейн түрлері	Химиялық құрамы, % масс.					
	Cu	Ni	Pb	Zn	Fe	S
Мысты	10-60	0,5-ке дейін	1-ге дейін	1-6	30-50	23-26
Мыс - никельді	5-10	5-13	-	-	40-60	24-27
Никельді	0,1-0,3	12-20	-	-	55-60	15-22
Полиметаллды	10-30	-	10-20	5-10	20-40	13-22



Штейн балқымалары өте төмен тұтқырлығымен ерекшеленеді. Балқыту температурасында (1200-1300 °С) олардың тұтқырлығы  $5 \cdot 10^3$  Па\*с аспайды. Штейндер тұтқырлығы температура, сонымен қатар күкірт пен темір мөлшері ұлғайғанда төмендейді. Аса кедей штейндердің сұйықтай аққыштығы жоғары, сондықтан олар ұсақ кеуектер мен футеровка жарықшақтарына жеңіл кіріп кетеді.

Балқытылған штейндер тығыздығы мыс пен никель мөлшері ұлғайғанда 4000 - 5700 кг/м<sup>3</sup>дейін жоғарылайды. Штейндердің жоғары металдануында тығыздығы жоғары шамаларға жетуі мүмкін (7 т/м<sup>3</sup>дейін) [2, 5].

Сонымен қатар, шахталық балқытудан алынатын басқа да өнімдер Б қосымшасында қарастырылған.

### **1.3 Зерттеу бағытын таңдау және негіздеу**

Өнеркәсіптік деректерді талдау нәтижелері соңғы жылдары шахталық қысқартып балқыту процесінен қорғасынды алу заманауи талаптарға сай техника - экономикалық көрсеткіштерді қанағаттандырмайды. Оның негізгі себептері: базалық металдар – мыс пен қорғасынның тауарлық өнімдерге бөліп алу көрсеткіштерінің төмен болуы; өңделетін жартылай өнімдер мен айналмалы материалдардың минералогиялық және химиялық құрамдарының күрделенуі қорғасынның - қаралы қорғасынға, мыстың – штейнге, содай – ақ, келесі қаралы мысқа өтуін тиісті жағдайда қамтамасыз етпейді; сонымен қатар, ондағы қоспалар концентрациясы мөлшерінің жоғары болуы алынған өнімнің сапасын тікелей төмендетеді.

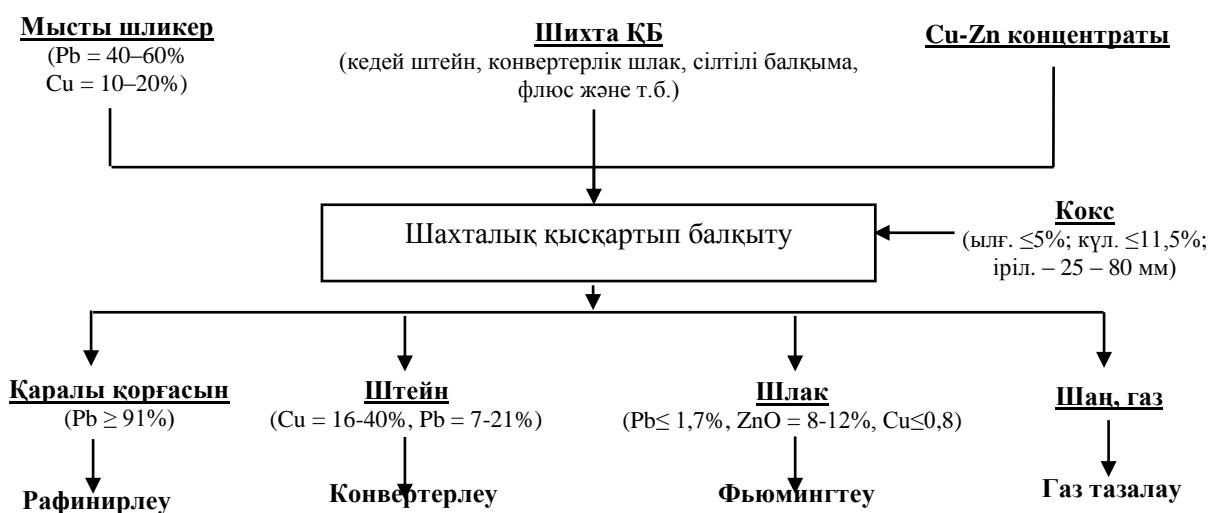
Қорғасын өндірісінде алынған штейнде қорғасынның мөлшері 25% - ға дейін жетеді. Алынған өнімдердің сапасын жоғарлату үшін келесі теориялық және тәжірибелік зерттеулер жұмыстарының алдын алу қажет:

- а) мыс - қорғасынды штейнді түрлі тотықсыздандырғыштармен (темір, шойын жоңқасы, табиғи газ) қорғасын бойынша кедейлендіруді зерттеу;
- б) тотықсыздандырғыштардың оптималды шығынын анықтау;
- с) мыс пен қорғасынның кедейлендіру өнімдері арасында бөлініп таралуын зерттеу.

## 2 «Казцинк» ЖШС жағдайында штейнге шахталық тотықсыздандырып және шахталық қысқартып балқыту процестерінің теориясы мен тәжірибесі

Өндіріс өнімдері мен қайтымды материалдарды өндеудің қолданыстағы технологиялық сұлбасы 3 суретте келтірілген.

Технологияның сипатты ерекшелігі қорғасын өндірісінің айтарлықтай барлық айналымдарын – шахтада тотықсыздандырып балқытудың мыс бойынша кедей штейндерін, мыс шликерлерін, шлак қабықшаларын, екіншілей сілтілі балқымаларды, конвертер шлактары мен құрамында қорғасын болатын өзге материалдарды шахталы пеште өзіндік өндеуді ұйымдастыру және шығару болып табылады [11].



3 Сурет – Шахталық қысқартып балқыту процесінің технологиялық сұлбасы

Пеш үздіксіз режимде және сиретуімен жұмыс істейді. Пеш газарнасының сиретілуі тарту күшін өлшегішпен жүргізіледі және 10 – 20 ммсұт. бағ. құрайды. Бөлінетін газдар көлемі шамамен 300 мың.нм<sup>3</sup>/сағ. Бөлінетін газдар температурасы потенциометрмен бақыланады және 750 С аспайды. Пеште ауа режимі манометр (2000 - 4000 кг·с/м<sup>2</sup>), шығын өлшегіш (15000 - 30000 нм<sup>3</sup>/сағ.) және газталдағыш (үрлеуде оттегі мөлшері 30 %) көрсеткіштерімен бақыланады. Пеш үрлеу қысымының төмендеу, бөлінетін газ температурасы мен бак - сепараторда су деңгейінің жоғарылауын көрсететін дабыл қағу жүйесімен жабдықталған. Суыту үшін буландыру қондырғысында технологиялық бу алумен тазартылған суды қолданады. ӨМК-да кессондарды буландырып суытудың пайдаланылуы кессондарды сумен суытуға қарағанда ауқымды артықшылықтарды береді. Мәселен, кессондарды суытуға жұмсалатын су шығыны шамамен 15 есе қысқарды, 4 - 5 атм. артық қысыммен алынатын бу толығымен кешен қажеттіліктеріне пайдаланылады.

Шахталы пеш ошақтан, шахтадан, колошник пен электрлі қыздырылатын тұндырғыштан тұрады. Пеш іргетаста орналасқан. Пеш қабырғаларын қалыңдығы 600-800 мм отқатөзімді хром-магнезит кірпіштен қалайды. Қалауын тығыз болаттан пісірілген қаптамаға орналастырады және металдық тартқыштармен тартады. Пеш биіктігі 5,5 м. Ені мен ұзындығы бойынша пеш тереңдігі 0,5 - 0,8 м құрайтын фурмалар облысында пеш өлшеміне сәйкес келеді. Пеш үнемі қорғасынмен, штейнмен және шлакпен толтырылады. Пеш тереңдігін бастапқы шихтада мыс мөлшеріне тәуелді таңдайды – мыс жоғары болған сайын, ошақ тереңдігі соншалықты төмен болады.

Қара қорғасынды үздіксіз сифон арқылы шығарады. Қабылдағышта қорғасын деңгейі пеш деңгейінен 100 - 200 мм жоғары. Пешке үрленетін ауа қысымы мен шлак және штейн салмағының (қысымы) айырмашылығы салдарынан. Сифонмен шығару артықшылығы пеште балқыту өнімдерінің деңгейі мен температурасын реттеу мүмкіндігі, сонымен қатар табанда қак түзілуінің алдын алу болып табылады.

Көріктің өсуін алдын - алу үшін оның түбінде металдың аз қабатын сақтайды. Шлак пен штейнді шығару кессонының арнайы саңылауы арқылы пештен шығарады, оны әдетте пештің бүйір қабырғасында орнатады. Пештен шлак пен штейнді шығару саңылаулары фурма осінен біршама төмен орналасады.

Пеш шахтасы тікелей пеш ошағында орнатылған. Пеш шахтасы кессондардың екі қатарынан тұрады: бірінші қатары көрік бүйіріне бекітіледі; екіншісі қатаң сақинаға тіреле отырып, пеш айналасында бекітіледі.

Кокс пен қорғасын материалдарын тиеу үшін, сумен суытылатын арқалыққа құрастырылған колошник қарастырылған.

Сұйық балқыту өнімдерінің бөлінуі пеш тұндырғыштарында жүреді. Тұндырғыштар ретінде көлемі 12 - 16 м<sup>3</sup>, қуаты 1200 - 2500 кВт болатын электр термиялық пештерді пайдаланады. Пештің ұзындық осі бойынша диаметрі 555 мм болатын үш электрод орналасады. Электродтар арақашықтығы 1800 мм. Пеш отқатөзімді кірпішпен футерленген. Пештің ішкі бөлігі магнезит кірпіштен, ал сырты шамоттан орындалған. Қалауы қалыңдығы 12 мм болат қаптамамен жабылған. Пеш күмбезі аркалы болып келеді, қалыңдығы 360 мм. Тұндырғыш табанының қалыңдығы 640 мм құрайды, және кері тоғыспа пішініне ие. Табаны әртүрлі отқа төзімді материалдардан қаланған. Жоғарғы қабаты магнезит кірпішінен, ортаңғы қабаты – шамоттан, ал төменгі қабаты отқатөзімді бетоннан қаланған. Балқыма деңгейі 1000 - 1200 мм аралығында ұсталады. Шахтада қысқартылған пеште балқыту өнімдерінің тиелуі тұндыру күмбезінің саңылауы арқылы жүргізіледі.

Балқыту өнімдерін – қорғасын, штейн мен шлакты шығару үшін жұмысшы шпурлар тұндырғыштың бүйір жағында орналасқан. Тұндырғыштың негізгі шлак леткасының үстінде шлак шығару үшін апаттық

шпур қарастырылған, оны тұндырғыш балқымамен аса толтырылған жағдайда қолданады.

Қорғасын мен штейнді тұндырғыштан шпурлар арқылы олардың жиналуына қарай шығарады.

Қара қорғасынды ары қарай тазалауға жібереді. Мышьяк пен сурьманың (1,8 және 3,0 %, сәйкесінше), сонымен қатар ондағы мыстың ауқымды концентрациясы алынатын өндіріс өнімдері мен айналмалы материалдардың сапасын төмендетеді, кейінгі операциялардың эксплуатациялық шығындарын ұлғайтады. Мыс шликерлерінің шығуы ұлғаяды, қара қорғасын сапасы нашарлайды.

Құрамында 15–18 % мырыш кездесетін шлактарды, одан мырышты толық бөліп алу мақсатында фьюмингтеуге жібереді. Возгонға мырыш бөлінуі әрең 80 % жетеді. Фьюмингтеу кезінде шлактардың түсті металдар бойынша жеткілікті кедейленуіне қол жеткізу мүмкін емес, бұл түсті металдарды мақсатты бағыты бойынша пайдалануға мүмкіндік бермейді. Шлактар жиналуы жалғасуда және ауқымды орынды алып отыр.

Шаңнан тазартылған газдар жойылады, ал шаңдар бастапқы саты – агломерацияға жіберіледі.

Мыс - қорғасын штейндерінің шығуы тәулігіне 80 - 110 тонна құрайды, оны ары қарай қара мыс алу үшін конвертермен өңдеуге ұшыратады. Ай сайын, орташа есеппен 3000 т дейін штейн өңдейді. Конвертер шаңын ары қарай өңдеу үшін химия - металлургиялық бөлімге жібереді. Шахтада қысқартылған балқыту және конвертерлеу газдары, шаңнан тазартылғаннан кейін, жоюға жіберіледі [12].

Жеке алынған агрегатта айтарлықтай барлық өндіріс өнімдері мен қайтымды материалдарды өздігінен, жеке өңделуін жүзеге асыру және қорғасын өнеркәсібінде қара мыс өндірісін ұйымдастыру қолданыстағы технологиялық сұлбаны толықтырады.

## **2.1 Балқыту өнімдерінің жалпы сипаттамасы**

Шахтада қысқартылған балқытудың бастапқы шихтасы әртүрлі материалдардан тұратын күрделі қоспа конгломераты болып келеді. Ықшамдалған түрде бастапқы шихта құрамы (100 %-ға есептегенде), 7 % мыс - мырыш кенінен, 17 % флюс кенінен және 30 % мыс шликерлерінен құралады. Қалған 46 % шахтада тотықсыздандырып балқытудың мыс бойынша кедей штейнін, конвертер шлактарын, сілтілі балқымалар, шлак қалдықтарын, қорғасын кектерін қамтиды және осы қоспаны қысқартылған балқыту шихтасы ретінде көрсетеді [8].

Өндіріс өнімдері мен айналма материалдарының қорғасын өндірісінде көрсетілгендей, қысқартылған балқыту (ҚБ) шихтасының негізгі үлесін конвертерлі шлактар мен шахтада тотықсыздандырып балқытудың кедей

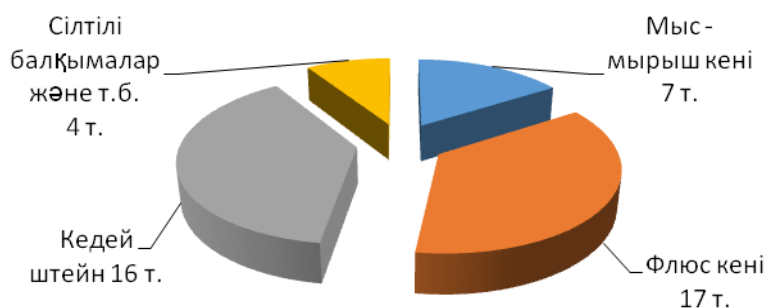
штейндері құрайды. Оларды бір ортақ бапқа – ҚБ шихтасына біріктіру – дұрыс деп есептелмейді.

ҚБ шихтасын кедей штейннен, оған күкірт құрамды өнімдердің – сілтілі балқымалар, кектер мен өзге қорғасын өндірісінің қалдықтарының біршама мөлшерін қоса отырып жасаған аса орынды. Осы өнімдер үшін - әрқайсысының құрамында қорғасын мөлшерінің аса жоғары болуы және мыс, мышьяк пен сурьманың біршама концентрациясымен сипатталуы ортақ болу керек. Мұндай тәсілдеме ҚБ шихта құрамында олардың оңтайлы мөлшерін анықтап қана қоймай, бастапқы балқыту шихтасының жалпы құрамын нақты түзетуге мүмкіндік береді. Бұл кезде жалпы шихта құрамы, қорғасын мөлшері бойынша біршама ұлғаюы жағына қарай өзгертін болады.

ҚБ шихтасының құрамына мыс - мырыш және флюс кенінің қосылуы, оның шығынын нақтырақ анықтауға, демек, берілген құрамда шлак алу үшін тиімді шарттарды құруға мүмкіндік береді.

ҚБ шихтасы, өз қатарына, шахтада тотықсыздандырып балқытудың кедей штейні негізіндегі қоспа болып келеді және құрамына: мыс - мырыш кені, флюс кені, күкірт құрамды өнімдердің – сілтілі балқымалар, кектер және т.б. біршама мөлшері кіреді [9]. ҚБ шихтасы өнімдерінің таралуы және олардың жалпы бастапқы балқыту шихтасындағы сандық қатынасы 4 суретте келтірілген.

Шахтада қысқартылған балқыту шихтасының негізін құрайтын өнімдердің химиялық құрамы бойынша деректер 2 кестеде келтірілген.



4 Сурет – Қысқартылған балқыту шихтасының құрамы (ҚБ)

2 Кесте – Шахталық қысқартып балқыту шихтасының құрамы

Атауы	Металдар үлесі, % (мас.)							
	Cu	Pb	Zn	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	As	Sb
Мыс-мырышты кен	2,72	0,37	3,35	26,82	31,48	14,70	–	–
Флюс кені	–	0,62	–	–	–	74,80	–	–
Конвертерлік шлак	3,83	33,50	4,54	10,60	–	15,70	2,30	0,94
Сілтілі балқыма	0,03	23,44	9,30	–	–	–	0,37	0,53
Кедей штейн	20,80	19,50	11,40	16,70	11,10	–	1,10	0,56
Мысты шликер	19,00	30,30	4,00	–	9,29	–	3,87	1,40

Жалғасы Г қосымшасында көрсетілген.

## 2.2 Штейн мен шлак арасында мыстың және қорғасынның бөлініп таралуы

Шахтада қысқартылған балқыту өнімдерінің арасында түсті металдар мен қоспалардың таралуы 3 кестеде келтірілген.

3 Кесте – Металдардың шахталық қысқартып балқыту өнімдерінің арасында бөлініп таралуы

Өнімдер атауы	Металдардың мөлшері, % масс.			
	Cu	Pb	As	Sb
Қаралы қорғасын	6,0	68,8	8,8	26,9
Штейн	87,5	25,8	45,4	27,0
Шлак	1,7	2,1	2,8	5,1
Шаң	4,8	3,3	43,0	41,0

Балқыту кезінде қара қорғасын шығуы 22 % құрайды. Шихтада жалпы қорғасын мөлшерінен қара металға тек 68,8 % қорғасын өтеді. Оның ауқымды үлесі (25,8 %) штейнге өтеді. Штейнде қорғасын мөлшері 26 % дейін жетеді. Қорғасынның қалған бөлігі - 5,4 %, шлак пен шаң арасында таралады – 2,1 және 3,3 %, сәйкесінше. Алынған деректер көрсетуі бойынша, қара металға қорғасын бөлінуінің төмендеуі, негізінен оның штейнмен жоғалымымен шартталады. Қара қорғасынға сурьманың ауқымды бөлігі өтеді – 26,9 %. Қара металда мышьяк үлесі біршама және 8,8 % құрайды.

Қара қорғасында мыс мөлшері 2 - 5,5 % аралықта (материалдық баланс бойынша 3,3 %) ауытқиды. Қара қорғасынның мұндай сапасында келесі тазалау операцияларының оңтайлы технологиялық көрсеткіштеріне, алынатын өндіріс өнімдері мен айналма материалдардың жоғары сапасына қол жеткізу мүмкін емес. Алынатын мыс - қорғасын штейндерінің де жағдай мүшкіл, олардың шығуы 30 % жетеді. Мұндағы мыс мөлшері кең аралықта 25 - 45 % дейін өзгереді. Мыстың негізгі бөлігі – 87,5 %, оның бастапқы шихтадағы жалпы мөлшерінің штейнге өтеді. Шаңға 8,4 % мыс өтеді. Шлакқа өтетін мыс үлесі біршама және 2 % деңгейіне жетеді. Штейнге 45,4 % мышьяк және 27 % сурьма өтеді. Мырыштың бастапқы шихтадағы жалпы мөлшерінен 22 % дейін мырыш штейнде шоғырланады. Алынатын штейнде қоспалардың – қорғасын, мырыш, мышьяк пен сурьманың ауқымды мөлшері – олардың қара мыста, демек конвертерлі шлакта мөлшерінің жоғары болуының салдары.

Металдардың өнімдер арасында бөлініп таралуы, оның коэффициенттері және оған әсер етуші факторлар Д қосымшасында келтірілді.

## 2.3 Мыс - қорғасынды штейндер және оларды өңдеу әдістері

Мыс - қорғасын штейнін өңдеудің үш тәсілі бар:

а) 6 - 8 мм дейін түйіршіктелген немесе ұсақталған штейнді кварц және әктас қоспасымен агломерациялық күйдіруге, агломератта 4 - 5 % сульфидті күкірт мөлшеріне дейін ұшыратады. Одан кейін агломератты қайтымды шлак, қара қорғасын мен мыс бойынша бай штейн алумен шахталы пеште балқытады. Соңғысын ерітіндіден мыс купоросын ( $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) алу үшін күкірт қышқылы ерітіндісімен шаймалауға ұшыратады.

Жиі штейнді мыс бойынша байыту үшін шахталы (қысқартылған) немесе электрпештерінде концентрациялық балқытуды пайдаланады. Штейнді шахталы пеште 11 - 13 % кокс шығынымен және 2 - 3 % әктас қосумен балқыту кезінде қара қорғасын, мысқа бай штейн және қайтымды шлак алады. Штейн байытуды клинкердің вельц пешінде алынған магнитті фракцияны қоса отырып, электрпешінде жүргізуге болады, бұл кезде темір қорғасынды оның сульфидінен ығыстырады.

б) Мыс - қорғасын штейнін өңдеудің екінші әдісі штейнді конвертерде ауамен үрлеу болып келеді, оны қышқыл флюс – кварц қоспасымен немесе айтарлықтай қоспасыз жүзеге асырады:

- Бірінші жағдайда процесс, мыс металлургиясында қабылданған қарапайым сұлба бойынша өтеді, дәлірек айтсақ: штейнді үрлеу негізінен көлденең типті конвертерде жүзеге асырылады. Штейнде кездесетін, штейнді үрлеу кезінде шалатотық және үштотыққа дейін тотығатын темірді шлактау үшін, конвертерге қышқыл флюс - кварцтың біршама мөлшерін береді, ол темір шала тотығымен моносиликат типті қосынды ( $2\text{FeO} \times \text{SiO}_2$ ) түзеді.

- Мыс - қорғасын штейнін үрлеудің сипатталған тәсілінен басқа, екінші тәсілді пайдалануға болады, мұнда конвертерге қышқыл флюс берілмейді. Бұл тәсілде де мыс - қорғасын штейнін үрлеу негізінен көлденең немесе тік типті конвертерде жүзеге асырылады. Сұйық мыс - қорғасын штейнін конверторға құяды және конверторға кварц бермей ауамен үрлейді. Үрлеу кезінде түзілетін қорғасын тотығының көп бөлігі (шамамен 90 %) ұшып кетеді. Бұл кезде мырыштың да бір бөлігі ұшады. Мырыштың қалған бөлігі шлакқа мырыш ферриті түрінде өтеді, олар шлак тұтқырлығын қатты арттырады. Темір сульфиді  $\text{FeO}$  және  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  дейін тотығады және  $x\text{FeO} \cdot y\text{Fe}_2\text{O}_3$  типті қосындылар түзеді.

Конверторда мыс - қорғасын штейнін мұндай үрлеу нәтижесінде құрамында мыс сульфидтері мен металды мыс шатасқан тұтқырлы ферритті шлактар түзіледі. Айтарлықтай барлық қорғасын газ фазасына өтеді. (берілген тәсілдің міндеті қорғасынды болып табылады).

Берілген процестің артықшылықтары:

- алынған шлактар қорғасынды бөлу үшін өңдеуді талап етпейді;  
- күкірт ангидридін бейтараптандыру үшін газарнасына әктас енгізу талап етілмейді, бұл процесс қорғасын мен мырыштың ұшқыш тотықтары есебінен жүреді.

Кемшіліктері:

- Қолдану шектеулілігі, себебі бір уақытта қорғасын зауытымен қатар, тұтқырлы массаны өңдеу үшін мыс зауыты болу қажет;

- Мыс штейнін ферритті массамен бірге өңдеу кезінде алынатын шлак тұтқырлығы, магнетит–  $Fe_3O_4$  жеткіліксіз ыдырағандықтан аса жоғары болады.

с) Қорғасын сульфиді мен металды қорғасынның ұшқыштығы негізінде мыс - қорғасын штейнінен қорғасынды жою мақсатында мыс - қорғасын штейнін орташа вакуумда вакуумдайды. Сыртқы қысымның төмендеуі заттардың қайнау температурасын төмендетеді және айдау жылдамдығын арттырады.

Штейнді 1200 - 1250 °С температурада вакуумдау шамамен 95 % қорғасын айдауға мүмкіндік береді. Конденсат құрамында 88 - 90 % Pb болады және қорғасын сульфиді мен металды қорғасын қоспасынан тұрады. Процесс ШСЗ - да тәуліктік өнімділігі 10 - 15 т/м<sup>2</sup> болатын жартылай үздіксіз мерзімді аппараттарда сынақтан өткізілді [2, 7].



### 3 Мыс - қорғасынды штейндерді өңдеу әдістері

#### 3.1 Кондициялық емес қорғасын - мысты материалдарды тотықсыздандырудың термодинамикасы

Электрпешінде тотықсыздандырып балқыту мен тұндырып балқытуға тән тотықты - сульфидті балқымаларды тотықсыздандырудың термодинамикалық мүмкіндігін бағалау үшін әртүрлі қатты тотықсыздандырғыштар – темір, шойын жоңқасы және табиғи газды пайдаланумен бірқатар реакциялар үшін Гиббс энергиялары есептелді. Жұмыстың негізгі мақсаты қорғасын мен мысты бөліп алу болғандықтан қорғасын оксиді мен сульфидінің табиғи газ және көміртегі оксидімен тотықсыздандыру термодинамикасының талдауы жеке жүргізілді. Термодинамикалық есептеулердің нәтижелері 4 кестеде көрсетілген.

Түсті металдардың оксидті - сульфидті балқымаларын түрлі тотықсыздандырғыштармен тотықсыздандыру термодинамикасын есептеу химиялық реакцияның жүру мүмкіндігін және энергияның өзгерісін анықтауға, тотықсыздандырғыштардың кондициялық емес мыс, қорғасын құрамды жартылай өнімдерден тауарлы өнім алу үшін әсерін зерттеуге мүмкіндік береді.

Гиббс энергиясы 1100 °С, 1200 °С, 1250 °С және 1300 °С температурада есептелінді және мүмкін болатын реакциялар тандалып алынды.

4 кестеде көрініп тұрғандай әр металдың оксидтері мен сульфидтерінің тотықсыздандырғыштармен әрекеттесуі есептелінген және Гиббс энергиясының мәндері теріс екенін көре аламыз. Бұл реакциялардың жүретінін көрсетеді. Қаншалықты Гиббс энергиясының мәні теріс болған сайын, реакцияның жүру мүмкіндігі жоғары болады.

Реакциялардың Гиббс энергиясын есептеу, стандартты шарттарда, реакцияға қатысатын заттардың энтальпиясы мен абсолютті энтропия мәндері арқылы жүргізілді.

2, 3, 4, 7 реакцияларда металл оксидтері мен сульфидтерінің металдық темірмен әрекеттесуі зерттелінді. 6 реакцияның Гиббс энергиясының мәні басқа реакциялардың энергияларының мәндерінен әлдеқайда төмен екенін байқадық, яғни бұл реакцияның жүру мүмкіндігі жоғары.

5, 9 - 13 реакцияларда металдардың сульфидтері мен оксидтерінің табиғи газбен әрекеттесу мүмкіндігі анықталынды. 11 - 13 реакциялардың Гиббс энергияларының мәндері оң екенін көре аламыз, бұл осы реакциялардың жүруі мүмкін емес дегенді білдіреді. Ал керісінше 5 реакцияның Гиббс энергиясының мәні өте төмен. Яғни, реакцияның жүру ықтималдығы өте жоғары.

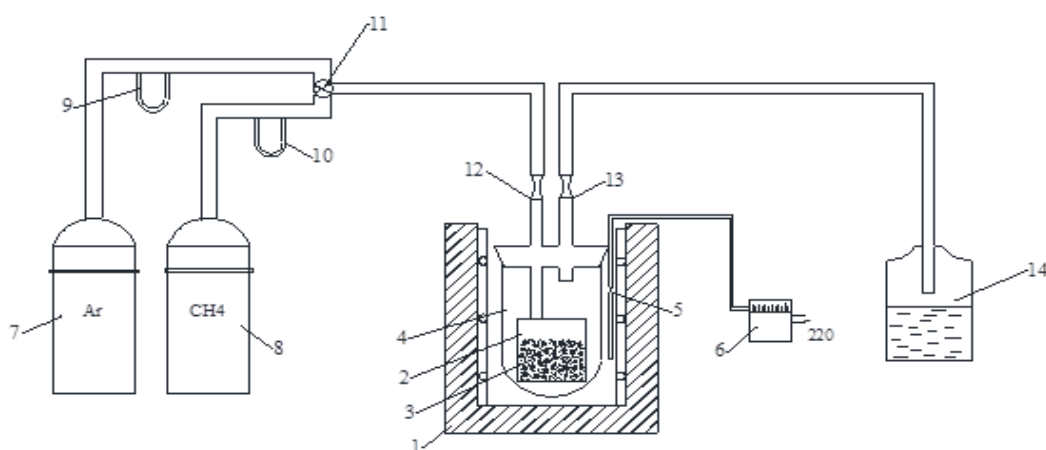
1, 8 реакцияларының Гиббс энергиясының жоғары теріс мәні жалпы процесс кезінде металдардың бір - бірімен әрекеттесу мүмкіндігін көрсетеді.

4 Кесте - Тотықсыздандыру процестерінде өтетін реакциялар үшін Гиббс энергиясының есептік мәндері

№	Реакция	Гиббс энергиясы, ΔG, кДж/моль			
		1373К	1473К	1523К	1573К
1	$PbS+2PbO=3Pb+SO_2$	-61,451	-82,875	-93,587	-104,299
2	$PbS+Fe=Pb+FeS$	-15,666	-16,354	-16,698	-17,042
3	$PbO+FeS=PbS+FeO$	-72,475	-74,766	-75,911	-77,057
4	$PbO+Fe=Pb+FeO$	-88,141	-91,120	-92,610	-94,099
5	$3PbO+CH_4=3Pb+CO+2H_2O$	-384,923	-422,686	-441,568	-460,45
6	$2PbS+CH_4 = 2Pb+C+2H_2S$	-33,514	-51,0008	-59,743	-68,486
7	$Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$	-109,799	-112,646	-114,069	-115,493
8	$2Cu_2O+ Cu_2S=6Cu+SO_2$	-64,695	-78,801	-85,854	-92,907
9	$CH_4+4FeO=4Fe+2H_2O+CO_2$	-114,654	-141,73	-155,269	-168,80
10	$CH_4+2PbS=2Pb+C+2H_2S$	-33,514	-51,0008	-59,743	-68,486
11	$CH_4+4PbS=4Pb+CS_2+2H_2S$	30,861	-49,07	-22,791	-40,676
12	$CH_4+4Cu_2S=8Cu+CS_2+2H_2S$	53,876	45,487	39,998	30,483
13	$CH_4+4ZnS=4Zn+CS_2+2H_2S$	81,356	62,344	53,648	40,325

### 3.2 Қондырғының сұлбасын құру және тәжірибені жүргізу әдістемесі

Зертханалық сынақтар жүргізу үшін, сұлбасы 5 - суретте көрсетілген құрылғы жасалды.



1 - силитті пеш, 2 - тигель, 3 - ілме, 4 - кварцты реактор, 5 - термопара, 6 - потенциометр, 7 - аргоны бар балон, 8 - табиғи газ бар балон, 9 - 10 реометрлер, 11 - үштік қран, 12 - 13 алундты түтікше, 14 - суы бар сыйымдылық

5 Сурет - Тәжірибелік қондырғының сұлбасы

Құрылғы силитті қыздыру пешінен (1), өлшендісі (3) бар графитті тигельден (2), өлшендісі бар графитті тигельді тиеу үшін кварцты реактордан (4), температураны бақылау үшін потенциометрі (6) бар платиналы термопарадан (5), шихтаның балқу зонасында инертті атмосфераны құру үшін аргон баллонынан (7), балқыманы үрлеуге арналған табиғи газ баллонынан (8), белгілі бір деңгейде инертті және табиғи газдың шығынын ұстап тұру үшін реометрлерден (9), (10), үштік краннан (11), газдардың кіруі мен шығуы үшін алундты түтікшелерден (12), (13), және бөлінетін газдарды жұтуға арналған суы бар сыйымдылықтан (14) тұрады.

Тәжірибелерді жүргізу әдістемесі келесідей. Навескаға алдын ала ұсақталған бастапқы материалға белгіленген тотықсыздандырғышты шихталадық. Шлактың құрамын дұрыстау үшін барлық тәжірибеде бастапқы шихтаға бастапқы шихта массасынан 6 % кварц құмы қосылды. Барлық тәжірибеде бастапқы шихтаның үлгісі тұрақты 200 г болды. Кейін кварцты реакторға (4) орналастырылатын графитті тигельге (2) шихтаны тиейдік. Кварцты реактор қақпақпен бітелген. Кварцты реактор, инертті газ бен табиғи газды алундты трубка (12) арқылы беру үшін және бөлінетін газдарды шығару үшін 13 екі саңылауы бар тығынмен нық бекіттік. Берілетін газ түрін ауыстыру үшін үштік кран қолданылады (11). Инертті газды аргон баллонынан (7) бердік. Балқыманың тотығуын алдын алу үшін инертті газ беруге арналған алундты түтікшені тікелей шихта бетіне түсірдік. Кварцты реакторды шахталы типті силит пешіне (1) тиедік. Пеш қыздырылғаннан бастап инертті газ беріледі. Газ шығынын реометрмен (9) реттедік. Кварцты реактордан шығатын газдар суы бар сыйымдылыққа (14) жұтылады. Барлық сынақтарда сынақ температурасы тұрақты - 1523 К болды. Жұмыс зонасының температурасын КСП - 4 потенциометрін (6) пайдалана отырып, платиналы термопарамен (5) реттедік. Берілген температураға қол жеткізгеннен кейін толық гомогенделуі үшін балқыманы 20 минут ұстадық. Қажетті уақыт өткеннен кейін үштік кранды табиғи газ беру қалпына бұрадық және алундты түтікшені тікелей балқымаға түсіре отырып, балқыманы барботаждай бастадық. Табиғи газ шығынын 0,08м<sup>3</sup>/сағ. деңгейде ұстап тұрдық, оны реометрмен (10) реттедік. 10 минут аралығында қарқынды үрлеуден кейін түтікшені балқымадан алады, және үштік кранды аргон беру қалпына бұрып, оны жұмыс зонасына бере бастайды. Сынақтың барлық уақытында бөлінетін газдар суы бар сыйымдылыққа (14) жұтылады. Ары қарай берілген температурада балқыманы 10 минут тұндырдық және пешті өшірдік. Суығаннан кейін тигельді кварцты реактордан шығарып, сындырдық. Алынған өнімдерді – шлак, штейн мен қара қорғасынды, мыс, қорғасын, мышьяк пен сурьма мөлшерін анықтау үшін химиялық талдауға жібердік.

### 3.3 Қорғасынның штейнмен жоғалымын төмендетуде металдық темір шығынының әсерін зерттеу

Бұл бөлімде бастапқы оксидті - сульфидті материалдардан қорғасынды қаралы қорғасынға бөліп алуға және әрі қарай конвертерлік өңдеуге жіберуге болатын мысты штейнді алуға металдық темір шығынының әсері зерттелді.

Тәжірибені жүргізу үшін бастапқы материал ретінде бұрынғы Лениногорск полиметалдық комбинатының қорғасын өндірісіндегі электрпешінде сода - сульфатты әдіспен қорғасын шикізатын қайта өңдеу нәтижесінде алынған оксидті - сульфидті қоспа алынды (қазірде ТОО «Казцинк»). Зерттеуге алынған материалдың жиналған көлемі ~ 40 млн.т. құрайды.

Тәжірибелерді 1523 К температурада өткізілді.

Металдық темір шығынының бастапқы штейндегі мыс пен қорғасынның өзгерісіне әсерін зерттеу үшін біз темірдің әртүрлі мөлшерін алдық. Ол 1,5 %, 3 %, 6 %, 8 % болып өзгерді. Тандалып алынған әр темірдің шығынына бөлек тәжірибе өткізілді. Әртүрлі темір шығынының өзгерісіне байланысты балқыманың 4 режимі құрылды.

Тәжірибені жүргізу әдісі жоғарыда айтылғандай.

Мұнда да нақты мән алу үшін бірдей шартта және бірдей режимде 3 рет қайталап тәжірибе жүргіздік. Соңғы нәтижесі ретінде химиялық талдау нәтижесіне өзара жақын нәтиже таңдалып алынды. Жасалған тәжірибелер нәтижесінде қаралы қорғасынның, штейннің және шлақтың нақты бөлінуіне қол жеткіздік.

Дегенмен, штейн мен шлақтың нақты массасын анықтау мүмкін болмады. Тәжірибені жүргізу процесі кезінде қаралы қорғасынның нақты мөлшерін алдық. Алынған штейн мен шлаққа негізгі металдар - мыс пен қорғасын бойынша химиялық талдау жүргіздік. Тәжірибелер нәтижесінде әр балқымаға негізгі металдар - мыс пен қорғасын бойынша орташа материалдық баланс құрылды. Әр металдық темір шығыны үшін 4 режим құрылды. Алынған нәтижелердің ішіндегі эффективтісі 5 кестеде көрсетілген.

Штейн өнімдеріндегі металдарға темір металының әсері Е қосымшасында көрсетілген.

5 Кесте - Бастапқы штейннен қорғасынды металдық темір арқылы тұндырудың материалдық балансы (4 режим )

Өнімдер атауы	Мөлшері, г	Шығыны, %	Pb			Cu			As			Sb		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<b>Тиелгені:</b>														
Баст.штейн	171,0	88,0	22,15	37,88	100	6,5	11,12	100	0,2	0,37	100	0,3	0,56	100
Мет.темір	17,0	8,0												
Кв. құмы	12,0	6,0												
<b>Барлығы:</b>	<b>200,0</b>	<b>100</b>	22,15	<b>37,88</b>	<b>100</b>	6,5	<b>11,12</b>	<b>100</b>		<b>0,37</b>	<b>100</b>		<b>0,56</b>	<b>100</b>
<b>Алынғаны:</b>														
Қар.қорғасын	22,71	11,4	97,4	22,12	58,4	3,87	0,88	7,9	0,57	0,13	35,14	2,11	0,48	85,7
Штейн	26,9	13,45	28,9	7,8	20,6	26,5	7,14	64,21	0,15	0,04	10,81	0,04	0,01	1,79
Шлак	116,9	58,45	2,75	3,13	8,26	1,32	1,5	13,5	0,02	0,02	5,4	0,01	0,01	1,79
Шаң	33,49	16,7	19,7	4,83	12,74	6,5	1,6	14,4	0,54	0,18	48,65	0,01	0,06	10,72
<b>Барлығы:</b>	<b>200,0</b>	<b>100</b>		<b>37,88</b>	<b>100</b>		<b>11,12</b>	<b>100</b>		<b>0,37</b>	<b>100</b>		<b>0,56</b>	<b>100</b>

I – құрамы, %; II – мөлшері, г; III – бөлініп таралуы, %.

### 3.4 Қорғасын - мысты штейндерді шойын жоңқасымен тотықсыздандырып қорғасын бойынша кедейлендіру

Балқыту үшін шихтаның келесі құрамды таңдалды, %: бастапқы штейн – 86; шойын жоңқасы – 6; кварц құмы – 6.

Бұл сынақтарда штейннен қорғасынды тұндыруға шығындалған металды темір әсерін зерделенді. Сынақтарды жүргізу ретін 4 режимге ұқсас болды. Алынған шлактар құрамы келесідей, %: 12,8 CaO; 27,0 SiO<sub>2</sub> және 29,7 Fe. Негізгі металдар Cu, Pb, сонымен қатар As және Sb өнімдер арасындағы бөлініп таралуы 6 кестеде көрсетілген режимнің толық материалдық балансында келтірілген.

Алынған нәтижелерден көрініп тұрғандай, металл темір шығынын екі есе арттырған кезде технологиялық көрсеткіштер жақсара түседі. Шлактарда қорғасын мен мыс жоғалымы (мөлшері 1,5% және 0,9%, сәйкесінше) дерліктей екі есе төмендейді. Қара металға қорғасын таралуы 10 %-ға, ал мыс – 15 %-ға өседі. Алынған штейндер жоғары сапамен сипатталады – мыс мөлшері 32,4%, қорғасын – 16,2%.

Жүргізілген сынақтар нәтижелері бойынша, статистикалық өңдеу негізінде, әртүрлі факторларға тәуелді қорғасын - мыс штейндерін өңдеу процесінің негізгі техника - экономикалық көрсеткіштерін болжауға мүмкіндік беретін заңдылықтар тұрғызылды. Алынған теңдеулер келесі түрде жазылады:

$(Cu)=1,77 +0,08[Cu]-0,60SiO_2$	$r=0,99$
$(Pb)=-11,813+0,61[Pb]+0,58SiO_2$	$r=0,57$
$[Pb]=22,684-0,24G1k-0,95Fe$	$r=0,93$
$(Pb)=7,15-0,52 G1k -0,87Fe$	$r=0,88$
$[Cu]=45,068-1,92 G1k-1,815Fe$	$r=0,86$
$(Cu)=1,68-0,008 G1-0,18Fe$	$r=0,73$
$G2_{Pb} =94,87+0.016 G1k-0,405Fe$	$r=0,91$
$G2_{Pb} =104,76-0,44[Pb]-0,014(Pb)$	$r=0,99$
$Pb_{шт}=22,68-0,24 G1k-0,95Fe$	$r=0,93$

мұндағы: [Cu], (Cu) – алынған штейн мен шлактағы мыстың құрамы, % масс;  
[Pb], (Pb) – штейн мен шлактағы қорғасынның құрамы, % масс;  
G<sub>2Pb</sub> – алынған қаралы қорғасынның мөлшері, % масс;  
G1k – кокс шығыны, % масс;  
Pb<sub>шт</sub> – штейнмен қорғасынның жоғалуы, % масс;

Алынған теңдеулер ЖШС «Казцинкте» жиналған тотықты - сульфидті қорғасын – мысты штейн өнімдерін өңдеу кезінде бастапқы шихтаның оңтайлы құрамын таңдау үшін де қолданылуы мүмкін. Берілген бастапқы шихтаны өңдеу кезінде, шығару алдында барботаждан кейін 20-30 минут

аралығында тұндыра отырып, шлак және штейн балқымасын шығаруға дейін балқыманың табиғи газбен үрленуін қарастыру қажет.

Өткізілген зерттеу нәтижесінде электр балқытудың технологиялық параметрлері және бастапқы шихтаның қолайлы құрамы таңдалды, %:

бастапқы штейн – 92,5;

кварцты флюс шығыны – 6,0;

темір шығыны – 1,5.

Бірақ алынатын шлақтың қолайлы құрамы сәйкес болып келеді, %: 13 CaO; 28 SiO<sub>2</sub> және 38 FeO.

Қабылданған шешімдер мен тәжірибелік зерттеулерден алынған нәтижелер жиналған қатты кондициялық емес қорғасын - мыс штейндерін электрпешінде өңдеудің жалпы технологиялық сұлбасын құруға мүмкіндік береді.

6 Кесте - Әлсіз тотықсыздандыру атмосферасында кондициялық емес қорғасын - мыс штейндерін балқытудың материалдық балансы

Өнім атауы	Мөлшері, г	Шығымы, %	Pb			Cu			Sb			As		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<b>Тигелді:</b>														
Бастапқы штейн	<b>185</b>	92,5	22,15	<b>40,98</b>	<b>100</b>	6,5	<b>12,03</b>	<b>100</b>	0,3	<b>0,56</b>	<b>100</b>	0,2	<b>0,37</b>	<b>100</b>
Шойын жоңқасы	<b>3</b>	1,5												
Кв. құмы	<b>12</b>	6,0												
<b>Барлығы:</b>	<b>200,0</b>	<b>100</b>		<b>40,98</b>	<b>100</b>		<b>12,03</b>	<b>100</b>		<b>0,56</b>	<b>100</b>		<b>0,37</b>	<b>100</b>
<b>Алынды:</b>														
Қара қорғасын	<b>25</b>	<b>12,5</b>	95,76	<b>23,94</b>	<b>58,4</b>	1,8	<b>0,45</b>	<b>3,7</b>	<b>1,88</b>	<b>0,47</b>	84,0	<b>0,52</b>	<b>0,13</b>	36,3
Штейн	<b>21</b>	<b>10,5</b>	20,67	<b>4,34</b>	<b>10,6</b>	44,9	<b>9,41</b>	<b>78,2</b>	<b>0,19</b>	<b>0,04</b>	6,4	<b>0,24</b>	<b>0,05</b>	12,3
Шлак	<b>116</b>	<b>58</b>	6,6	<b>7,66</b>	<b>18,7</b>	1,7	<b>1,96</b>	<b>16,3</b>	0,01	0,01	1,8	0,01	0,01	2,1
Шаңдар, газдар	<b>38</b>	<b>19</b>	<b>13,26</b>	<b>5,04</b>	<b>12,3</b>	<b>0,53</b>	<b>0,21</b>	<b>1,7</b>	<b>0,11</b>	<b>0,04</b>	7,8	<b>0,47</b>	<b>0,18</b>	49,3
<b>Барлығы:</b>	<b>200,0</b>	<b>100</b>		<b>40,98</b>	<b>100</b>		<b>12,03</b>	<b>100</b>		<b>0,56</b>	<b>100</b>		<b>0,37</b>	<b>100</b>

I– құрамы, %; II – мөлшері, г; III – таралуы, %.



### 3.5 Мыс – қорғасын штейннің құрамынан қорғасынды табиғи газ әсерімен бөліп алу

Бұл режимде штейнді табиғи газбен үрлеу арқылы қорғасынды штейннен тұндыру мүмкіндігі зерттелінді. Тұндыру кезіндегі реакциялардың термодинамикалық талдауы алдыңғы бөлімде зерттелінген. Сынақтарды жүргізу температурасында берілген реакция Гиббс энергиясының теріс мәніне ие  $\Delta G = -94,099$  кДж. Демек, табиғи газбен қорғасынды штейннен тұндыру есебінен, оның қара қорғасынға бөлінуін арттыру сұрағын зерделеу принципіалды және маңызды болып табылады.

Сынақтарды тотықсыздандыру атмосферасында жүргізді. Бұл режимде сынақтар келесі құрамды шихтамен жүргізілді, %: қорғасын - мыс штейні – 92,5; табиғи газ – 6; кварц құмы – 1,5. Кварц құмы шығынының аз берілуі, сынақтарды тотықсыздандыру атмосферасында жүргізу кезінде магнетиттің түзілу мүмкіндігінің төмен болуымен түсіндіріледі.

Сынақты жүргізу әдістемесі төменде келтірілген. Сынақты жүргізу барысында жұмыс зонасының атмосферасын табиғи газбен ұстап тұрдық. Балқыманы 1523 К температурада ұстап тұрғаннан кейін, 5 минут аралығында балқыманы табиғи газбен барботаждадық. Ары қарай балқыманы 10 минут тұндырады және пешті сөндіреді. Пеш суығаннан кейін балқыту өнімдері бар тигельді пештен алып, сындырады және алынған өнімдерді визуалды талдаймыз. Тәжірибе нәтижесінде қара қорғасын, штейн мен шлак алынады, оларды өлшейді және ұсақтағаннан кейін толық химиялық талдауға ұшыратады. Сынақтардан кейін алынған шлак құрамы, %: 12,7 CaO; 26,8 SiO<sub>2</sub> және 22,4 Fe. Сынақтарды жүргізу шарттарында қорғасын мен мыстың шлакпен жоғалуы айтарлықтай төмен болды (0,98 % және 0,33 % сәйкесінше). Тауарлы нақты өнімдерге қорғасын мен мыс таралуы: 90,32 % және 94,54 % сәйкесінше. Қорғасынның, мыстың шлакпен төмен болуына байланысты және тек қорғасынды тұндыруға байланысты, штейн сапасын арттырдық (қорғасын мөлшері – 7,2 % және мыс – 42,34 %).

Негізгі металдар Cu, Pb, сонымен қатар As және Sb балансы бойынша сынақтар нәтижелері 7 кестеде келтірілген.

Алынған штейндер құрамы бойынша шахталы қысқартылған балқыту процесінде өндіріс өнімдері мен басқа қорғасын өндірісінің мыс, қорғасын құрамды материалдарын өңдеу кезінде тәжірибеде алынатын штейнге сәйкес келеді. Мұндай штейндерді ЖШС «Казцинк» конвертерлерінде өңдеуге жіберуге болады.

7 Кесте - Кондициялық емес қорғасын - мыс штейндерін табиғи газбен тотықсыздандырып балқытудың материалдық балансы

Өнім атауы	Мөлшері, г	Шығымы, %	Pb			Cu			Sb			As		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
<b>Тиелді:</b>														
Бастапқы штейн	185	92,50	22,15	40,98	100	6,5	12,03	100	0,3	0,56	100	0,2	0,37	100
Табиғи газ	12	6,00												
Кв. құмы	3	1,50												
<b>Барлығы:</b>	<b>200</b>	<b>100</b>		<b>40,98</b>	<b>100</b>		<b>12,03</b>	<b>100</b>		<b>0,56</b>	<b>100</b>		<b>0,37</b>	<b>100</b>
<b>Алынды:</b>														
Қара қорғасын	41,38	20,69	96,7	40,01	90,32	0,51	0,21	1,62	0,77	0,32	53,33	0,29	0,12	30,00
Штейн	29,03	14,51	7,2	2,09	4,72	42,34	12,29	94,54	0,03	0,01	1,67	0,07	0,02	5,00
Шлак	91,84	45,92	0,98	0,9	2,03	0,33	0,3	2,31	0,11	0,1	16,67	0,01	0,01	2,50
Шаңдар, газдар	37,79	18,90	3,44	1,3	2,93	0,53	0,2	1,54	0,45	0,17	28,33	0,66	0,25	62,50
<b>Барлығы:</b>	<b>200</b>	<b>100</b>		<b>44,3</b>	<b>100</b>		<b>13</b>	<b>100</b>		<b>0,6</b>	<b>100</b>		<b>0,4</b>	<b>100</b>

I– құрамы, %; II – мөлшері, г; III – таралуы, %.

### **3.6 Мыстың және қорғасынның балқыту өнімдері арасында бөлініп таралуын зерттеу**

Қысқартып балқыту процесі шартындағы металдардың бөлініп таралуы терең зерттеліп талданды. Өндіріс мәліметтерді талдау нәтижесінде қысқартып балқытудың өнімдері – қорғасын, мыс, мышьяк пен сурьманың бөлініп таралу заңдылықтары анықталды. Қара қорғасынның төмен шығымы, қорғасынның артық мөлшері штейнге өтуімен негізделгені белгіленген. Қорғасынның штейнге өтіп, оның еріген металл және сульфидті формалары болатындығы анықталды. Ол:

- а) қорғасын сульфидінің толық тотықсызданбауынан;
- б) қорғасынның кіші түйіршіктерін ірілету үшін жағдайларының жасалмауымен түсіндіріледі.

Өндіріс шарттарында штейндегі қорғасын мөлшерінің жоғары болуы, оның қаралы қорғасынға өтетін жалпы бөлініп шығуын кемітеді. Сонымен қатар, штейнге өткен қорғасын конверторлау кезінде қаралы мыстың сапасын төмендетеді. Штейндегі мыстың төмен шығымы, мыстың артық мөлшері қаралы қорғасынға өтуінен екені көрсетілген және сол сияқты штейндерде мышьяқтың және сурьманың артық мөлшері шоғырланатындығы анықталған.

Сонымен, жүргізілген зерттеулер және алынған нәтижелер көрсеткендей, қазіргі «Казцинк» ААҚ қысқартып балқыту технологиясының бірнеше кемшіліктері бар және бұл технология құрамында қоспа металдар – мышьяк пен сурьманың жоғары мөлшері бар шикізаттарды өңдеуге қойылатын талаптарға сай келмейді.

Мыстың штейнге, қорғасынның қара қорғасынға бөліп шығаруын жоғарылатуға бағытталған практикалық сұрақтарды шешуге және технологияны жетілдіруге тиімді жолдар қарастыру үшін қосымша зерттеулер жүргізу қажет.

## 4 Экономика бөлімі

### 4.1 Жылдық пайдасын, өтеу мерзімін, капиталды шығынын, рентабельдігін есептеу

Цехтың жылдық өнімділігі катодты мыстың жылына 83000 тонна.  
Биржалық мәліметтері бойынша 1 т мыстың көтерме бағасы 2100 \$ АҚШ құрайды. Ұлттық курсқа өткенде құрайды:

$$380 \cdot 2100 = 798\,000 \text{ тенге.}$$

Тікелей таза пайданы келесі формула арқылы анықтаймыз:

$$\Pi_T = (\Pi - C) \cdot Q \quad (4.1)$$

мұнда,  $\Pi$  – көтерме бағасы;  
 $C$  – өнімнің өзіндік құны;  
 $Q$  – жылдық өндірістік программа.

Таза пайда:

$$\Pi_T = (798000 - 484486) \cdot 83000 = 26\,021\,662\,000 \text{ тенге.}$$

Цехтың сатып алу уақыты:

$$T = K / \Pi_d \quad (4.2)$$

$$T = 15241418043 / 26\,021\,662\,000 = 0,585 \text{ жыл} = 7 \text{ айында}$$

мұнда:  $K$  – цех құрылысының негізгі қор сомасы, тенге;  
 $\Pi_T$  – таза пайда, теңге.

Қорғасын өндірісінің рентабельділігін төмендегі формула бойынша анықтаймыз:

$$R = (\Pi_p / C) \cdot 100 \% \quad (4.3)$$

Қорғасын өндірісінің рентабельдігі:

$$R = ((798000 - 484486) / 484486) \cdot 100 \% = 64,7 \%$$

## **5 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау**

### **5.1 Қауіпті және зиянды факторларды анализдеу**

Зертханада орындалған жұмысты жасау барысында өндірістік жарақат алынуы мүмкін, солардың ішінде ең қауіптілері мен зияндылары:

- зертханадағы уландырғыш және өрт – жарылыс қауіпі бар қасиеттеріне ие материалдар, жабдықтар, реактивтер, техникалық өнімдер, реакция өнімдері және синтезделген заттармен жұмыс кезінде;

- токтың мезеттік тежелуі немесе кернеудің тез көтерілуі салдарынан электр жабдықтарының істен шығу кезінде электр тогымен жарақат алуы мүмкін.

Дипломдық жұмыс барысында қарастырылған зиянды заттардың кейбір жағымсыз факторларды атап айтқан жөн:

- токтың мезеттік тежелуі немесе электр жабдықтарының істен шығу салдарынан өрт болуы мүмкін.

Қанағаттандырылмайтын, болдырылмайтын еңбек жағдайларының салдары өндірістік жарақат, мамандық аурулар мен авариялар болып табылады; еңбек жағдайы ауыр салдар болмағанда да, жұмысшылардың әлсізденуінен, жұмыс қабілетінің төмендеуінен, шаршауынан байқалатын олардың ағзаларына теріс әсер тигізуі мүмкін. Осыған байланысты жұмысшының толық қауіпсіздігін қамтамасыз ету, физикалық ауыртпашылықтарды төмендету керек.

Өндіріс кезінде, жұмысшылардың денсаулығына ұдайы немесе ұзақ уақыт зиян келтіретін жағдай туындайды. Мұндағы зиянды әсер нәтежесі біршама уақыттан кейін байқалуы мүмкін.

Еңбек жағдайларын тексеру және бағалау үшін зерттеу мен тәжірибелердің техникалық әдістерді қолданылады. Оларға мысал ретінде келесілер жатады:

- әртүрлі анализатордың көмегімен ауадағы жағымсыз қоспаларды анықтау;

- температура, ылғалдылық, ауа қозғалысының жылдамдығы және т.б.

Бұл зерттеулерге қолданылатын аппаратура әр түрлі. Зерттеу әдістерінің көбі стандарттармен регламенттеледі.

### **5.2 Өндірістік санитария**

Уландыратын заттарды, олардың зиянды әсерін төмендету мақсатында, жою үшін санитарлық шаралар қолданылады. Олар: дезактивация, дегазация және киім, аяқ киім, жеке тұлғалық қорғану құралдарының дезинфекциясы.

Санитарлық өңдеу, яғни улы заттарды, токсиндерді, адамдардың тері қабатынан, киілген жеке тұлғалық қорғаныс құралдарынан, киімінен және аяқ киімінен алып тастау.

Лабораторияларды жобалаудың санитарлық нормалары, жұмыс аумағындағы ауадағы газдардың, булардың, шаңның, аэрозолдердің шекті жіберілетін концентрациясы түріндегі гигиеналық нормативтерін бекітеді.

### 5.3 Техника қауіпсіздігі

Жеке тұлғалық қорғаныс құралдары ағзаға, теріге, киімге уландырғыш заттардың түспеуіне арналған. Олардың қолдану міндетті және қажетті болып табылады. Институттың қышқылдар және улы заттар сақталатын қоймаларында жоғарыда айтылған арнайы қорғаныс құралдарын қолдану міндетті болып есептеледі. Жұмысшыларға және қызметкерлерге, типтік салалық нормаларға сәйкес, арнайы киім, аяқ киім және қорғаушы құралдар белгілі мерзімге, тегін беріледі. Қорғаушы құралдарға халат, резинадан жасалған қолғап, А, В, БКФ – 1, ПШ – 2 маркалы противогаздар жатады. Противогаздар белгілі жағдайларға байланысты өкпе органдарын қорғау үшін қолданылады. Бетті және көру органдарын қорғау үшін қорғаушы маскалар, шыныдан жасалған экраны бар маскалар, шыныдан жасалған экраны бар маскалар, ПО – 1, ПО – 2 типті жартылай маскалы герметикалық көзәйнектер беріледі.

Қызметкерлердің қорғаныс құралдарын қолдану 12.4.011 – 95 «қызметкерлердің қорғаныс құралдары. классификациясы» стандарт талаптарына сәйкес болуы тиіс.

Металлургия және байыту институтының қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз ететін арнайы техникалық жабдықтар кешеніне ие. Мұндай техникалық жабдықтарға жататындар: қоршағыш, блоктаушы, вентиляциялық құрылымдар, кондиционерлеуші қондырғылар. Жұмыс өрт сөндіргіш заттармен: құм, асбест көрпесімен және т.б. түрлі жабдықтармен қамтамасыз етілуі қажет. Жалпылап келгенде, осының бәрі еңбек қорғаудың негізгі қорынан басқа, адамға әсер ететін қауіпті және зиянды заттардың алдын алу үшін тұлғаға арналған әртүрлі техникалық жабдықтар – электрқорғағыш приборлар, жеке тұлғалық қорғаныш құралдары – пайдаланылады. Зертханада істейтін жұмысшылардың барлығы мүмкіндігінше өлшемдерімен сәйкес, қораптағы маркасына сай келетін жеке противогаздармен қамтамасыз етілуі тиіс.

Еңбекті қорғаудың техникалық құралдары қауіпті және зиянды өндіріс факторларының әсер етуін тоқтатуға бағытталған.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қорғасын өнімдерін тұтынудың артуы, оның өндірісіне серпін берді. Алайда, кен құрамының өзгеруі алынатын өнімнің мөлшерін кері тартуда. Соған байланысты жаңа технологияларды енгізудің қажеттігі туындады.

Осы жұмысты жасау барысында қорғасын өндірісінің негізгі технологиялық сұлбасы бойынша оған толық сипаттама келтірілді. Агломератты балқыта отырып қалай металл алынатындығын сатылы тұрғыда зерттей отырып, ондағы өнімдердің үлесі мен мөлшеріне анықтама келтірілді. Сонымен қатар, "ҚазЦинк" АҚ Өскемен МК қорғасын өндірісінің қысқартып балқыту шартындағы аралық өнімдер мен айналмалы материалдарды өңдеу кезінде алынған өндірістік мәліметтердің статистикалық талдауы жүргізілді.

Қысқартып балқытудың бастапқы шихтасына талдау жүргізілді, өнімдері арасындағы негізгі металдардың және қоспалардың бөлініп таралуы анықталған. Қорғасынның қара қорғасынға бөлініп шығу үлесінің төмендігі, оның штейн құрамына өтуімен тығыз байланысты, бұл берілген мәліметтер, оған тереңірек зерттеу жүргізу қажеттілігін айқындайды.

Мышьяк пен сурьма сияқты қоспалардың артық мөлшері балқыту өнімдерінің арасында мыс пен қорғасынның бөлініп таралуына кері әсер ететіндігі көрсетілді. Штейндегі мышьяк пен сурьманың жоғары мөлшері бағалы өнімдерге мыс пен қорғасынның соңғы бөлініп шығуын төмендететіндігі анықталды.

Шлакқа мыстың сульфидті және оксидті өтуі анықталды. Шахталық қысқартып балқыту шартында шлакқа мыстың оксидті өтуі ең басты болып табылады және шлактағы мыстың жалпы мөлшерінен 60 %-ды құрайды. Шлакқа мыстың сульфидті өтуі бағынышты сипатта болады.

Қысқарта балқыту процесінде мыстың қаралы қорғасынға өтуі, оның штейндегі шығымын төмендетеді.

Қорғасынның штейнге өтуі, еріген металл және сульфидті түрінде болады. Ол: а) қорғасын сульфидінің толық тотықсызданбауы; б) қорғасынның кіші түйіршіктерін ірілету үшін жағдайларының жасалмауымен түсіндіріледі. Өндіріс шарттарында штейндегі қорғасын мөлшерінің жоғары болуы, оның қаралы қорғасынға өтетін жалпы шығымын кемітеді. Сонымен қатар, штейнге өткен қорғасын конверторлеу кезінде қаралы мыстың сапасын төмендетеді.

Мыс – қорғасын штейндерінің құрамынан қорғасынды бөліп алуда нәтижелі көрсеткіштерді алу үшін, арнайы зерттеулер мен тәжірибелер жасалынды. Нақтылы атағанда электрлік құрылғыда темірдің, табиғи газ және клинкердің қатысында балқыту жұмыстары. Олардың ішіндегі ең тиімді процесс аталып, оны өндірістік жұмыстарға ұсынылды.

## ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Орлов А.К. Металлургия свинца и цинка: учеб. пособие - СПб.: С.-Петербург. гос. горный ин-т (техн. ун-т), 2004. - 71 с.
- 2 Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка. - М.: Металлургия. -1985. - 262 с.
- 3 Шиврин Г.Н. Металлургия свинца и цинка. - М: Металлургия, -1982. - 352 с.
- 4 Уткин Н.И. Цветная металлургия (технология отрасли). - М.: Металлургия. -1990,- 448 с.
- 5 Лоскутов Ф.М. Металлургия свинца. - М.: Металлургия. - 1965. -528 с.
- 7 Романтеев Ю. П., Быстров В. П. Металлургия тяжелых цветных металлов. Свинец. Цинк. Кадмий. - М.: Издательский Дом МИСиС. 2010. - 575 с.
- 8 Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Кабылбеков Ж.Ж., Курмансейтов М.Б. Состав исходной шихты процесса шахтной сократительной плавки. - Горный журнал, 2013, № 9, С. 32-34.
- 10 Досмухамедов Н.К., Айтенов К.Д., Жолдасбай Е.Е. О составах и строении медно-свинцовых штейнов свинцового производства. Вестник КазНТУ им.К.И.Сатпаева, 2012, №5(93), С.157-163.
- 15 Habaschi F., Dugdale R. The reduction of sulfide minerals by hydrogen in the presence of lime // Met. Trans. 1973. N8. P.1865-1871.
- 16 Чижиков Д. М., Румянцев Ю. В. и др. О кинетике взаимодействия сульфидов железа, меди, свинца и цинка с газами-восстановителями //Докл. АН СССР. 1974. Т. 215. С. 406-407.
- 17 Ванюков А. В., Одинец З. К. К вопросу о распределении металлов между штейном и шлаком // Изв. вузов. Цветная металлургия. 1960. №1. С. 23 – 27.



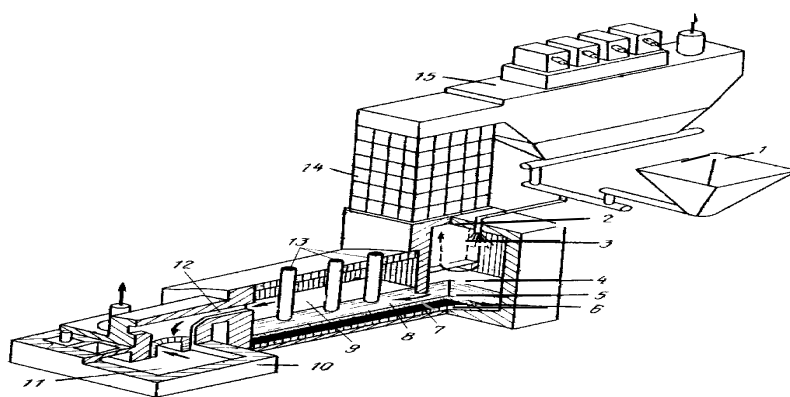
## А қосымшасы

Автогенді процестер. Қорғасын металлургиясында автогенді процестерді әртүрлі мемлекеттерде соңғы онжылдықта өнеркәсіптік өндіріске жасай және енгізе бастады. Олардың арасында атап айтсақ: КИВЦЭТ-ЦС процесі және оның модификациясы КФ-КФ (СССР), Q-S-L процесс (АҚШ және Германия), Оутокумпу процесс (Финляндия), Айзасмелт процесс (Австралия) және т.б. [2].

Барлық осы процестерде қорғасын концентратынан және флюстен тұратын шихта, сульфидтерді тотықтыру кезінде бөлінетін жылу есебінен және (қажет болғанда) отын жағудан қосымша жылу есебінен тотықтыру атмосферасында балқиды. Технологияның бұл сатысында қорғасын сульфидінің бір бөлігі (1.3) және (1.4) реакцияларының өтуі есебінен бос металға түрленеді, ал қалған қорғасын, негізінен шлакта тотық түрінде шоғырланады. Тотықты қорғасынды металға дейін тотықсыздандыра отырып, ары қарай шлактан бөліп алады. Бұл мақсатта әртүрлі көміртегі құрамды материалдар пайдаланылуы мүмкін.

Қорғасын металлургиясында автогенді процестердің мысалы ретінде КИВЦЭТ-ЦС процесі қарастырылған (сурет А.1), мұнда 0,5 - 1 % ылғал мөлшеріне дейін кептірілген шихтаны пештің шырақ зонасына жанарғы арқылы технологиялық оттегімен (көлемі бойынша оттегі мөлшері 95 - 98 %) үрлейді. Шырақта металл сульфидтерінің тұтануы, олардың тотығуы мен шихтаны балқуы жүреді.

Шырақ температурасы 1200 - 1400 °С. Шихтаның тотықтырып балқыту барысында 35 - 40 % дейін қорғасын металл түрінде алынады. Бұл зонадан сорылатын газ құрамында көлемі бойынша 40 - 55 % SO<sub>2</sub> болады және өнім ретінде күкірт қышқылы, сұйық SO<sub>2</sub> немесе күкірт алынуымен жеңіл өңделуі мүмкін [3].

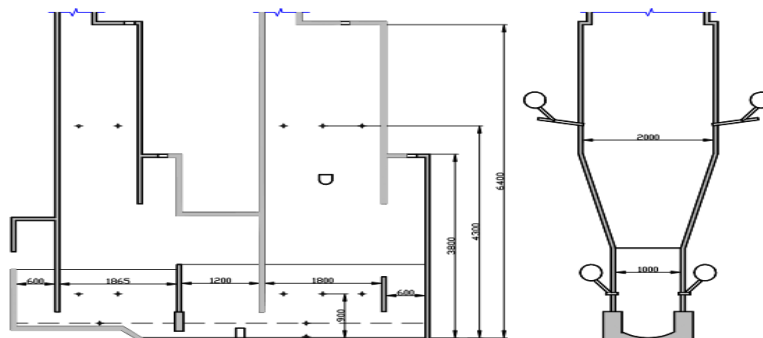


1 – шихта бункері; 2 – жанарғы; 3 – шырақ; 4 – балқыту камерасы; 5 – шлак; 6 – штейн; 7 – қара қорғасын; 8 – сифон; 9 – электрпеші; 10 – конденсатор; 11 – қара мырыш; 12 – газарнасы; 13 – электродтар; 14 – газдарды салқындату тікқұбыры; 15 – ЭВС-7 электрсүзгіші

А.1 Сурет – КИВЦЭТ-ЦС қондырғысының сұлбасы

## А қосымшасының жалғасы

Сұйық ваннада балқыту (ПВ – Ванюков процесі). Сульфидті қорғасын концентратын және қорғасын құрамды жартылай өнімдерді өңдеу үшін, ошақ бөлігі ортақ екі – балқыту және тотықсыздандыру камерасынан, кессондалған шахтадан, аптейкті күмбезден және тиеу саңылауларына, металл және шлак сифондарынан, камералар бойынша үрлеу фурмалары (төменгі қатар) мен жағып бітіру фурмаларынан (жоғарғы қатар) тұратын екі зоналы (қосарланған) Ванюков пешін пайдаланады (сурет А.2) [7].



А.2 Сурет – Қорғасын материалдарын өңдеу үшін екі камералы Ванюков пешінің сұлбасы

Ванюков пешінде балқыту, бірқатар өзге процестермен салыстырғанда, концентраттардың, флюстеуіш қоспалар мен отынның терең кептірілуін талап етпейді.

Процестің қосымша негізгі қасиеттерін келтіреміз:

- жоғары меншікті өнімділігі;
- шихта дайындауға төмен талаптар;
- шағын шаң шығуы – шихта массасынан 1-1,5 % дейін;
- процесс толығымен үздіксіз, бұл оны жеңіл автоматтандыруға мүмкіндік береді;
- төмен отын шығыны – қалыпты сульфидті мыс концентраттарын қатардағы штейнге өңдеу кезінде 2 % дейін;
- күкірт ангидридінің жоғары концентрациясымен (30-50 %) бөлінетін газдардың аз көлемі, бұл газ жою жабдығының өлшемдерін қысқартады;
- салыстырмалы аз күрделі қаржы және эксплуатациялау шығындары.

## Б қосымшасы

Металлургиялық шлактар. Шлактар көптеген металлургиялық балқытулардың екінші міндетті өнімі болып табылады. Олар бос жыныстар мен флюстердің шлактануы есебінен түзіледі және негізінен тотықтардан тұрады. Шлактүзуші компоненттерден басқа, шынайы зауыт шлактарының құрамында міндетті түрде бөлінетін металдардың біршама мөлшері кездеседі [5, 6].

Бағалы компоненттердің салыстырмалы төмен мөлшерінде көптеген кен балқыту нәтижесінде алынатын шлактар үйінді өнім болып табылады, яғни металлургиялық өндіріс қалдығы. Алайда шлактарды тек шартты түрде үйінді деп санауға болады. Металлургиялық техника дамыған жағдайда, олар бірқатар түсті металдар, сонымен қатар темір мен өзге бағалы құрамдастарды алу үшін қайтадан бағалы шикізат болуы мүмкін.

Металлургиялық балқытулардың жеке түрлерінде, әсіресе тазалау процестерінде шлактар өте бай алынады. Мұндай шлактар міндетті түрде кедейленуі қажет. Оларды жиі негізгі металлургиялық процестердің бірінде айналмалы материалдар ретінде пайдаланады немесе арнайы өндеуге ұшыратады.

Оңтайлы құрамды шлак алу үшін түсті металлургияда флюс ретінде жиі кварциттер мен әктасты пайдаланады. Қарапайым кварцит жынысының орнына алтынқұрамды кварц кенін жиі қолданады, себебі балқыту кезінде штейнге немесе қара металлға ілеспелі асыл металдар бөлінеді [3, 5].

Қорғасын шлактарын өндеу. Мырыш, қорғасын бөліп алу үшін келесі процестерді қолданады [7]:

1) фьюмингтеу (газ - процесс), мырыш пен қорғасынды сұйық шлактан газ фазасына, сұйық шлакты ауа - шаң көмір қоспасымен немесе конверсиялық табиғи газбен үрлеу арқылы өткізеді. Бұл шлактарды өндеудің негізгі тәсілі;

2) вельцтеу (домалату). Бұл процесті қатты мырыш құрамды материалдарды өндеу үшін қолданады. Бұл процесте мырыш пен қорғасынды газ фазасына мырыш құрамды материалды майда кокспен немесе көмірмен диаметрі 2,5 - 4,5 м, ұзындығы 30 - 90 м және 3-5° көлбеу орналасқан құбырлы пеште қыздыру арқылы өткізеді. Мырыш тотығы возгондарының үздік сұрыптарын лак - бояу өнеркәсібіне жібереді. Қоспалармен ластанған тотықтарды мырыш зауытында мырыш пен қалдықтар алумен өңдейді, соңғысын қайтадан қорғасын өндірісіне жібереді;

3) электротермиялық процесс. Электрпешінде электрқуаты есебінен қыздыру салдарынан тотықсыздандыру реакциясына қажетті кокс шығыны минимумға (4-5 %) келтіріледі. Бұл кезде газ фазасында мырыш буының парциалды қысымы теориялық шамаға жақындайды және газды суыту кезінде мырыштың металл түрінде конденсациялануына тиімді шарттар туындайды.

## **Б қосымшасының жалғасы**

Мырыш буы, сұйық мырышпен шашырайтын сұйық конденсаторда конденсацияланады. Мырыш айдалуы 85 % құрайды, оның ішінде шамамен 83 % сұйық металға конденсацияланады. Бір тонна мырышқа электрқуатының шығыны 1200 кВт - сағ. құрайды.

Газ және шаңдар. Көптеген пирометаллургиялық процестер газ бен шаңның ауқымды көлемінің түзілуімен сипатталады. Әдетте, бұл екі өнім пештен қатар жойылады [2, 4].

Бөлінетін металлургиялық газдарды химиялық реакциялардың өтуі есебінен түзілетін технологиялық және отын жағу өнімі болып табылатын ошақтық деп жіктеуге болады. Бөлінетін газдар құрамы мен көлемі толығымен өңделетін шикізат типімен және қолданылатын металлургиялық процесс түрімен анықталады.

Көптеген жағдайда бөлінетін газдар металлургиялық агреатты 800 - 1300 °С дейін және одан жоғары қыздырылған күйде шығады

Металлургиялық процестерде түзілетін барлық шаңдар ұсталуы тиіс. Бұл кезде екі негізгі мақсат көзделеді:

- шаңға өткен бағалы компоненттерді пайдалану;
- қоршаған табиғаттың ластануын алдын алу.

Қорғасын өндірісінің шаңдары мен возгондарын өңдеу. Қазіргі уақытта көптеген зауыттарда, шаңды күшті күкірт қышқылымен түйіршіктеуге, ары қарай алынған түйіршіктерді 300 - 350 °С температурада қайнау қабаты реакторларында термиялық өңдеуге негізделген, шаңды кешенді өңдеу процесі қолданылады. Бұл кезде 85 - 90 % мышьяк, хлор, фтор және 60 - 90 % селен айдалады, ал түсті металдар мен кейбір сирек металдар сульфатталады және сульфатты өнімді сілтілеу кезінде ерітіндіге өтеді. Сілтілеу С:Қ = 3 қатынасында 70 - 80 °С температурада жүреді, қалдық қышқылдығы 10 - 15 г/л құрайды [6, 7].

Кекке 98 %—ға өтетін қорғасын қорғасын өндірісіне жіберіледі.

## Г қосымшасы

Мыс - мырыш кені мен флюс кенінің құрамында асыл металдар да кездеседі.

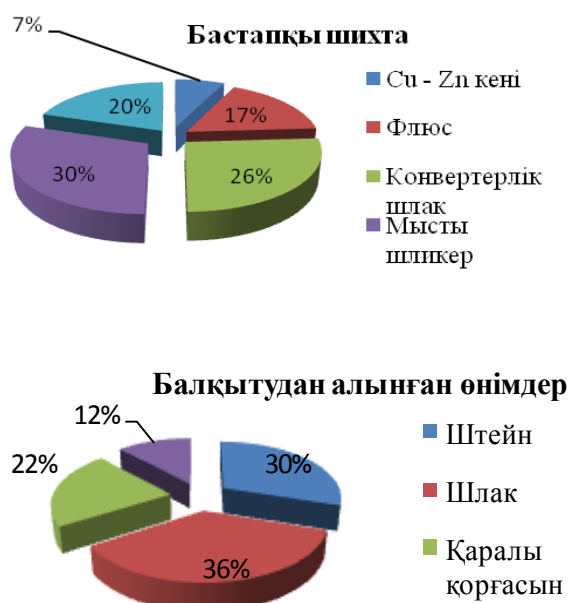
Конвертерлі шлакта қорғасынның жоғары – 35 % дейін мөлшері өзіне көңіл аударуда. Айта кету керек, конвертерлеу кезінде қорғасынның мұндай таралуы конвертерлеу өнімдері арасында басқа металдардың таралуына ауқымды дәрежеде әсер етеді. Конвертерлі шлактарда мышьяк пен сурьманың ауқымды мөлшері шоғырланған. Ондағы мышьяк мөлшері 2,5 % деңгейіне, ал сурьма – 1,5 % дейін жетеді.

Сілтілі балқыма да жоғары қорғасын мөлшерімен сипатталады. Ондағы сурьма мен мышьяк қосындысы 1,0 % аспайды. Сілтілі балқымалар құрамында, %: 2,35 кадмий, 7,6 таллий және 0,023 теллур кездеседі.

Мыс бойынша кедей кендер, кәсіпорында кенді шахтада балқыту кезінде мыс мөлшері жоғары сульфидті қорғасын концентратын өңдеу нәтижесінде алынады. Мұндай штейндер шығуы тәулігіне 10 - 25 т. дейінгі аралықта ауытқиды. Штейнде мыстың қорғасынға қатынасының шамасы тең болғанына қарамастан (1,0 - 1,5), ӨМК штейнінде негізгі металдар мөлшері айтарлықтай екі есе жоғары және мыс пен қорғасын бойынша 23 % деңгейіне дейін жетеді. Штейнде бұл металдардың қосындысы 1,5 % құрайды [10].

Мыс шликерлерінің шығуы қара қорғасында мыс концентрациясына тікелей байланысты, ол 2,0 - 5,0 % аралықта ауытқиды. Мыс шликерлерінде, өзге шихта құрамдастарымен салыстырғанда, мышьяк пен сурьма концентрациялары максималды (3 кестені қара).

Г.1 суретте бастапқы материалдар ағынының және шахтада қысқартылған балқытудан алынатын өнімдердің жалпы қатынасы көрсетілген.



Г.1 Сурет – Ағындар бойынша материалдық баланс

## Г қосымшасының жалғасы

Көрініп тұрғандай, шихтада жалпы мөлшерінің 90 % мыс ҚБ шихтасымен және мыс шликерлерімен енгізіледі. Осы өнімдермен енгізілетін қорғасын мен мырыштың қосынды үлесі, сәйкесінше 70 және 75 % құрайды. ҚБ шихтасында қорғасын үлесі 41,2 % құрайды, ал мыс шликерлерінде жалпы көлемінің 30 % қорғасын мөлшері кездеседі. ҚБ шихтасымен енгізілетін мырыш үлесі жоғары – 50 %, оның барлық шихта бойынша мөлшерінен. Мыс шликерлерімен шихтаға түсетін мырыш мөлшері екі есе төмен және 25 % құрайды.

Мышьяк пен сурьманың негізгі үлесі мыс шликерлерімен енгізіледі - 46,2 және 53,8 %, сәйкесінше. ҚБ шихтасымен енгізілетін мышьяк үлесі, сурьмадан екі есе жоғары және шихтадағы жалпы мөлшерінен ~ 30 % құрайды.

Жалпы шихтаға конвертерлі шлакпен енгізілетін мыс үлесі минималды – 8,5 %. Конвертерлі шлакпен енгізілетін қорғасын мен мырыштың көлемі мыс шликерлерімен тәрізді айтарлықтай бірдей енгізіледі – 28,8 және 25 %, сәйкесінше. Конвертерлі шлакпен енгізілетін мышьяк пен сурьма мөлшері де жеткілікті жоғары – бастапқы шихтадағы олардың жалпы мөлшерінің 23,9 және 30,8 %.

Шахтада қысқартылған балқытудың бастапқы шихтасының құрамын талдау көрсетуі бойынша, бастапқы шихтада олардың жалпы мөлшерінің 70 % дейін мышьяк пен сурьма мыс шликерлерімен және конвертерлі шлакпен енгізіледі. Бұл кезде, құрамында мыс пен қорғасын мөлшері жоғары мыс шликерлерін өңдеу толық өтелген болса, онда мыс мөлшері өте төмен конвертер шлактарын өндіріске енгізу орынсыз болып келеді. Соңғы жағдайда қысқартылған балқытудың бастапқы шихтасына мыспен салыстырғанда, көптеген қоспалар енгізіледі [8, 10].

Процесске қосымша магнетит (25 % дейін) те енгізіледі, ол балқыту өнімдері арасында металдар таралуына және алынатын мақсатты өнімдер сапасына нашарлау жағына қарай негізделген әсерін тигізеді. Шихтаның құрамынан конвертерлі шлақты шығару, және біруақытта оны түзету, шахтада қысқартылған балқыту процесінің техника - экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді. Бұл кезде балқыту өнімдері арасында негізгі металдар мен қорытпалардың оңтайлы таралуын күтуге болады.

## Д қосымшасы

Балқыту кезінде шлак шығуы – 36 %. Шлактар жоғары мырыш концентрациясымен – 7,8 % сипатталады. Шлакқа мырыштың бастапқы шихтадағы жалпы мөлшерінен 60 % мырыш өтеді. Шлакқа негізгі металдар – мыс пен қорғасын мөлшері сәйкесінше 0,47 және 1,79 % құрайды. Шлакқа өтетін мышьяк пен сурьма үлесі минималды және деңгейінде түр 3,0 және 5 % сәйкесінше.

Шахтада қысқартылған балқыту кезінде шаң шығуы минималды және 12 % құрайды. Шаңға бастапқы шихтадағы жалпы мөлшерінен 43 % мышьяк және 41 % сурьма өтеді. Шаңға өтетін мыс пен қорғасын үлесі олардың бастапқы шихтадағы жалпы мөлшерінен – 4,8 және 3,3 % құрайды. Шаңға жалпы көлемінен 17,3 % мырыш өтеді.

Әдеби талдау нәтижелері алынатын өндіріс өнімдері мен айналма материалдарының төмен сапасы және балқыту кезінде олардың металдар тәртібіне кері әсері жөнінде ертерек жасалған қорытындыны растайды. Тәжірибе жүзінде қабылданған, құрамында қоспалар концентрациялары жоғары болатын шихта құрамымен, балқыту кезінде металдардың оңтайлы таралуына қол жеткізу мүмкін емес. Бұл алынатын өнімдер сапасымен және балқыту өнімдері арасында металдардың орнатылған таралуымен толық расталады.

Орнатылған заңдылықтардың көрсетуінше, қарастырылып отырған процесте металдар тәртібі тек, балқыту өнімдері арасында металдардың қайта таралуымен түсіндірілуі мүмкін емес. Балқыту өнімдері арасында металдардың байқалып отырған кері таралуына әсер ететін себептер мен факторларды анықтай және кейіннен жою, шахтада қысқартылған балқытуға тән қосымша зерттеулер жүргізілуін талап етеді.

Алынатын штейнде мыс мөлшері 25 - 42 % (мас.) дейін, қорғасын 19 - 30 % (мас.) дейін өзгереді. Штейндер мышьяк пен сурьманың жоғары мөлшерімен сипатталады, олар 5 және 2,5 % (мас.) дейін жетеді, сәйкесінше. Алынатын шлак құрамдары негізгі компоненттер бойынша тұрақты және құрамы, %: 10 ZnO; 17 CaO; 25 FeO;  $FeO/SiO_2 = 1.0$ . Шлакқа түсті металдар мен қоспалар мөлшері, %: 0,38 - 0,6 Cu; 0,58 - 1,4 Pb; 0,12 - 0,2 As; 0,12 - 0,14 Sb.

Талданған мерзім барысында қысқартылған балқытудың бастапқы шихтасының құрамы өзгерген жоқ және минималды ауытқулар деңгейінде қалды. Бұл кезде штейнде мыс мөлшері кең аралықта өзгереді. Мыспен қатар, қорғасын мөлшері бойынша да негізделген өзгерістер байқалады. Штейнде мышьяк пен сурьманың жоғары концентрациялары да өзіне көңіл аударуда. Осы металдар мөлшерінің шлакта өзгеру диапазоны біршама.

Өнеркәсіптік деректердің математикалық өңделуі бір және көпфакторлық тәуелділіктердің тұрғызылуына келтірілді.

## Д қосымшасының жалғасы

Бірінші сатыда штейндегі мыс, қорғасын мырыштың мөлшерінен олардың шлактағы мөлшерін сипаттайтын бір факторлы теңдеулер тұрғызылды. Алынған теңдеу келесі түрге ие:

$$(Cu) = 0,36 + 0,004[Cu] \quad r = 0,3 \quad (Д.1)$$

$$(Pb) = -1,01 + 0,082[Pb] \quad r = 0,79 \quad (Д.2)$$

мұнда,  $r$  – жұптық корреляция коэффициенті.

Штейн мен шлак арасында металдардың таралу коэффициенттері есептелді және келесі түрде көрсетілді:

$$LMe = [Me] / (Me) \quad (Д.3)$$

мұнда,  $[Me]$  – штейндегі мыс, қорғасын және мышьяк үлесі, %;

$(Me)$  – олардың шлактағы үлесі, %.

Алынған теңдеулер келесі түрге ие:

$$LCu = 27,29 + 1,27[Cu] \quad r = 0,63 \quad (Д.4)$$

$$LPb = 35,64 - 0,537[Pb] \quad r = 0,74 \quad (Д.5)$$

мұнда,  $r$  – жұптық корреляция коэффициенті.

Зерттеулердің екінші сатысы штейн құрамынан шлакта мыс, қорғасын мен мырыш мөлшерінің тәуелділігін анықтау болып келеді. Алынған көптік корреляция теңдеуі келесі түрге ие:

$$(Cu) = -0,06 + 0,002[Cu] + 0,014[Pb] - 0,008[Zn] + \\ + 0,004[Fe] + 0,011[S]; \quad r = 0,65 \quad (Д.6)$$

$$(Pb) = 4,247 - 0,069[Cu] + 0,035[Pb] - 0,355[Zn] - \\ - 0,038[Fe] + 0,053[S]; \quad r = 0,66 \quad (Д.7)$$

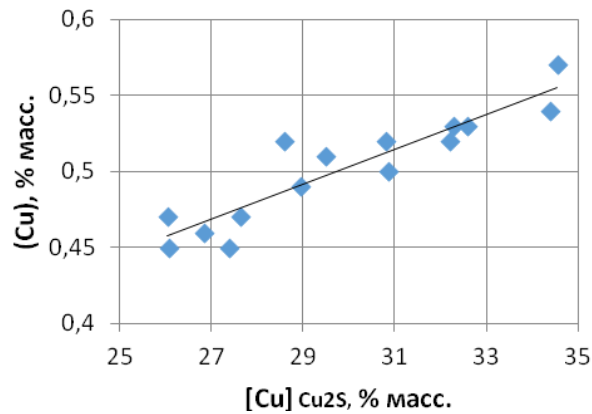
мұнда,  $r$  – көптік корреляция коэффициенті.

(Д.2) – (Д.6) теңдеулері өнеркәсіптік деректерді сәйкесінше сипаттайды, және бастапқы штейн мен шлак құрамына тәуелді шлакта мыс пен қорғасын таралуын болжауға пайдаланылуы мүмкін.

Шахтада қысқартылған балқыту штейндерінде мыстың кездесу түрлерінің кең спектрі, өндіріс өнімдері мен айналма материалдарын өңдеу кезінде алынатын штейндер күрделі құрамымен сипатталатынын дәлелдейді. Бұл кезде штейн мен шлак арасында мыстың таралуына, төменде көрсетілгендей, штейнде мышьяк пен сурьма мөлшері ауқымды әсерін тигізеді.



## Д қосымшасының жалғасы



Д.1 Сурет – Шлакта мыс мөлшерінің штейнде мыс мөлшеріне тәуелділігі

Мақсатты өнімдерге – штейн мен қара қорғасынға мыс пен қорғасын бөлінуінің төмендеуі балқыту өнімдерінің арасында металдардың қайта таралуы есебінен жүреді деген қорытынды жасалды. Жүргізілген зерттеулер көрсетуі бойынша, балқыту өнімдері арасында металдардың нашарлау жағына қарай мұндай таралуының себебі, ең бастысы, балқыту өнімдерінде мыс пен қорғасын кездесу түрлерінің қайта таралуы болып табылады. Бұл кезде алынатын штейннің ерекше ролі айқын көрініп тұр, мышыяк мөлшері жоғары болғандықтан, оның құрамы барлық балқыту өнімдерінде металдардың кездесу түрлерінің сандық қатынасының өзгерісіне негізделген әсерін тигізеді.

Балқыту процесінде төмен қорғасын бөлінуі оның штейнге ауқымды өтуімен және шлакпен жоғалымымен түсіндіріледі. Бұл кезде штейнде еріген қорғасын жоғалған болып табылмайды, себебі кейіннен штейнді конвертерлеу операциясы кезінде алынатын қорғасын шаңымен балқытуға қайтарылады.

## Е қосымшасы

Е.1 - суретте металдық темір шығынының алынған штейн құрамына әсері көрсетілген. Темір шығынының өсуі кезінде штейн құрамындағы қорғасынның мөлшері төмендегенін, ал мыстың көбейгенін көруге болады. Мұндай көрініс әбден мүмкін және металлургиялық процестер теориясы арқылы түсіндіруге болады. Бастапқы материалдың фазалық құрамын минералогиялық бақылау нәтижесінде, қорғасын галенитті (PbS), оксидті (PbO) және балқыған металл түрінде болатынын көрсетті. PbS пен PbO-ның мөлшері және металдық қорғасын мөлшері 6,79 % және 5,83%, сәйкесінше 10,83 % құрайды. Бұл тәжірибені жүргізген кезде, белгілі температурада мынадай реакциялардың жүруі мүмкін екенін дәлелдеді:



Бұл реакциялардың Гиббс энергиясының мәндері жоғары және сәйкесінше  $G = -92,610$  кДж,  $G = -16,698$  кДж құрайды. Көрсетілген реакциялар нәтижесінде қорғасын сульфиді мен оксидінің металдық түрге дейін тотықсыздануы жүреді. Мұнымен қоса, темір шығыны артқан сайын, қорғасын сульфиді мен оксидінің металдық түрге дейін тотықсыздануы толығырақ жүреді және бұл штейн құрамындағы қорғасын мөлшерін төмендетеді. Штейн құрамындағы мыстың мөлшерінің артуы заңды болады: штейн құрамындағы қорғасын мөлшері төмендеген сайын, мыстың мөлшері артады. Бұл Е.1 суретте көрініп тұр.

Е.2 суретте штейн құрамындағы қорғасын мен қаралы қорғасынның шығуын металдық темір шығынының әсерінен өзгерісін бейнелейді. Темір шығыны артқан сайын штейндегі қорғасын мөлшерінің азайып бара жатқанын көре аламыз. Бұл сәйкесінше қаралы қорғасынның шығуының артуына алып келеді. Қаралы қорғасынның жалпы шығымы оның сульфиді мен оксидін тотықсыздандырғаннан алған және металл түрінде тұндырған қорғасынның қосындысымен анықталады. Балқыманы инертті газбен барботажаған кезде металл ретінде балқыған ұсақ қорғасындардың коалесценциясының жүруіне ыңғай пайда болады. Үздіксіз барботажау кезінде ұсақ қорғасындардың іріленуі болады. Ірілену нәтижесінде қаралы қорғасынның шығу мөлшерінің көбеюіне алып келеді. Нәтижесінде, штейн құрамындағы қорғасын мөлшері төмендейді, ал қаралы қорғасынның шығу мөлшері артады.

Е.3 суретте шаңдағы As пен Sb-ның мөлшерінің металдық темір шығынының артуымен өзгерісі суреттелген. Мұнда темір шығынының мөлшері артқан сайын шаңдағы As пен Sb-ның мөлшерінің төмендеуіне алып келеді. Яғни, темір қосқан кезде As пен Sb темірмен әрекеттесіп  $\text{Fe}_3\text{As}$ ,  $\text{Fe}_3\text{Sb}$  түзіледі де, шаңдағы As пен Sb-ның мөлшері азаяды.

## Е қосымшасының жалғасы

Е.4 суретте қорғасынның штейнмен жоғалымының металдық темір шығынынан өзгерісі берілген. Темір шығынының артуымен штейнмен қорғасынның жоғалымы төмендейді. Бұл қорғасынның бөлініп шығу дәрежесін арттырады.

Алынған нәтижелерді математикалық өңдеу процесінде металдық темір шығынына штейндегі мыс пен қорғасынның мөлшерінің тәуелділігін сипаттайтын теңдеулер құрылды. Алынған теңдеулер келесідей:

$$[\text{Cu}] = 14,881 + 1,1958 G_1^{\text{Fe}}, r=0,853; \quad (\text{E.3})$$

$$[\text{Pb}] = 31,788 - 0,498 G_1^{\text{Fe}}, r=0,99, \quad (\text{E.4})$$

мұндағы,  $[\text{Cu}]$  – алынған штейндегі мыстың құрамы, % масс;

$[\text{Pb}]$  – алынған штейндегі қорғасынның құрамы, % масс;

$G_1^{\text{Fe}}$  – металдық темір шығыны, % штейн масс.

Практикалық көзқарас бойынша мыс пен қорғасынның шлакпен жоғалымын металдық темір әсерінен өзгерісінің талдауы көрсетілді. Алынған нәтижелерді математикалық өңдеу нәтижесінде шлак құрамындағы мыс пен қорғасын мөлшерінің жоғалымын болжайтын жұптық корреляция теңдеулері алынды. Бұл теңдеулер келесідей түрге ие:

$$(\text{Cu}) = 4,651 - 0,386 G_1^{\text{Fe}}, r=0,96; \quad (\text{E.5})$$

$$(\text{Pb}) = 9,902 - 0,81 G_1^{\text{Fe}}, r=0,959, \quad (\text{E.6})$$

мұндағы,  $(\text{Cu})$  – алынған шлактағы мыстың құрамы, % масс;

$(\text{Pb})$  – алынған шлактағы қорғасынның құрамы, % масс;

$G_1^{\text{Fe}}$  – металдық темір шығыны, % штейн масс.

Мыс - қорғасын құрамды штейнді өңдеу әдісін құру кезінде негізгі мәселелердің бірі болып As мен Sb-ның шаңға өтуі саналады. Сондықтан мыс - қорғасынды штейнді темірмен тотықсыздандыруда As мен Sb-ның өзгерісі үлкен қызығушылық танытуда. Жоғарыды бастапқы штейнді темір арқылы балқытуда As мен Sb-ның төмендеуі туралы айтып кеткенбіз (Е.3 - сурет). Орындалған заңдылықтар тәжірибелік нәтижелерді математикалық өңдеу нәтижесінде алынған (Е.7) және (Е.8) теңдеулермен дәлелденеді:

$$\text{As}^{\text{III}} = 110,76 + 5,404 G_1^{\text{Fe}} - 2,99795 \text{As}^{\text{K.K}}, r=1; \quad (\text{E.7})$$

$$\text{Sb}^{\text{III}} = 79,8564 + 0,624698 G_1^{\text{Fe}} - 0,865 \text{Sb}^{\text{K.K}}, r=0,996, \quad (\text{E.8})$$

мұндағы,  $\text{As}^{\text{III}}$  – алынған шаңдағы мышьяк мөлшері, % масс;

$\text{As}^{\text{K.K}}$  – алынған қаралы қорғасындағы мышьяк мөлшері, % масс;

$\text{Sb}^{\text{III}}$  – алынған шаңдағы сурьма мөлшері, % масс;

$\text{Sb}^{\text{K.K}}$  – алынған қаралы қорғасындағы сурьма мөлшері, % масс;

$G_1^{\text{Fe}}$  – металдық темір шығыны, % штейн масс.

## Е қосымшасының жалғасы

Тәжірибеде штейн құрамы өзгерген кезде тотықсыздандырғыштың шығынын болжай алу маңызды болып келеді. Осыған байланысты біз металдық темір мөлшеріне байланысты қаралы қорғасынның шығуын суреттейтін тәуелділік құрастырдық. Қаралы қорғасынға қорғасынның темір шығыны әсерінен шығу мөлшерін анықтайтын келесідей теңдеу тұрғызылды:

$$G_2^{\text{Pb}} = 29,14964 + 3,291971 G_1^{\text{Fe}}, r=0,92, \quad (\text{E.9})$$

мұндағы,  $G_2^{\text{Pb}}$  – алынған қаралы қорғасынның мөлшері;

$G_1^{\text{Fe}}$  – металдық темір шығыны, % штейн масс.

Жүргізілген тәжірибелік зерттеулер нәтижесі мыс - қорғасынды штейнді темірмен тотықсыздандыру арқылы қаралы қорғасын мен мысты штейн алу мүмкіндігін көрсетеді.

Мыс пен қорғасынды арнайы өнімдерге - штейн мен қаралы қорғасынға максималды түрде бөліп алу сәйкесінше 51,6 % және 44,7 % құрайды. Мыс пен қорғасынды бөліп алудың максимумы штейн массасынан 8 % металдық темір шығынына сәйкес келеді.

Мақсатты өнімдерге штейн мен шлак құрамынан, темір шығыны әсерінен мыс пен қорғасынды бөліп алу тәуелділігін көрсететін көптік корреляция теңдеулері келесідей:

$$\varepsilon_{\text{Cu}} = 238,4156 - 5,9[\text{Pb}] - 0,77(\text{Cu}) - 2,618 G_1^{\text{Fe}}, r=0,99; \quad (\text{E.10})$$

$$\varepsilon_{\text{Pb}} = 740,756 - 21,856[\text{Pb}] - 1,2046(\text{Pb}) - 10,368 G_1^{\text{Fe}}, r=0,991, \quad (\text{E.11})$$

мұндағы,  $\varepsilon_{\text{Cu}}$  – мысты штейнге бөліп алу, % масс;

$\varepsilon_{\text{Pb}}$  – қорғасынды қаралы қорғасынға бөліп алу, % масс;

$G_1^{\text{Fe}}$  – металдық темір шығыны, % штейн масс.

(E.10) және (E.11) теңдеулерінің жоғары корреляция коэффициенттері (r) термодинамикалық талдау нәтижесінде жасалған қорытындыны толығымен растайды.

