

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті


Ө. Байқоңыратындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

 М.Б. Барменшинова

« 15 » 05 2019 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процесінде мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу»

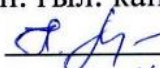
5B070900 – Металлургия мамандығы бойынша

Орындаған

Қашаған Ақбота Даулетқызы

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., қауым. профессор

 Н.К. Досмұхамедов

« 14 » 05 2019 ж.

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

5B070900 – Металлургия



**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

М.Б. Барменшинова

« 14 » 01 2019 ж.

Дипломдық жұмысты орындауға  
**ТАПСЫРМА**

Білім алушы Қашаған Ақбота Даулетқызы

Тақырыбы Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процесінде мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу

Университет ректорының «08» қазан 2018 ж. №1113-б бұйырығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «23» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері мыс – қорғасын штейндерін конвертерлеудің теориясы мен тәжірибесі, алынатын өнімдердің жалпы сипаттамасы, түсті металдар мен қоспалардың табылу түрлерін талдау, материалдық және жылулық баланстары, түсті металдар мен қоспалардың конвертер өнімі арасында бөлініп таралуы және техника-экономикалық көрсеткішіне әсер ететін себептері мен факторларын зерттеу.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) Негізгі бөлім
- б) Эксперименталдық бөлім
- в) Металлургиялық есептеулер
- г) Еңбек қорғау бөлім
- д) Экономикалық бөлім

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар 19 слайдпен көрсетілген


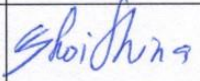
Ұсынылатын негізгі әдебиет 29 атау



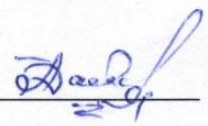
Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

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	14.05.2019	

Ғылыми жетекші  Н.К. Досмұхамедов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  А.Д. Қашаған

Күні «14» қаңтар 2019 ж.



## Отчет подобия

Университет:	Satbayev University
Название:	ЖШС «Казцинк» жағдайында мыс – қорғасын штейндерін конвертерлеу
Автор:	Қашаған Ақбота Дәулетқызы
Координатор:	Нурлан Досмухамедов
Дата отчета:	2019-04-23 05:49:56
Коэффициент подобия № 1: ?	<b>25,6%</b>
Коэффициент подобия № 2: ?	<b>2,7%</b>
Длина фразы для коэффициента подобия № 2: ?	<b>25</b>
Количество слов:	7 408
Число знаков:	55 313
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	2



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 22

Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

Документы, в которых найдено подобные фрагменты: из RefBooks

Документы, содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

Документы, содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

Документы, содержащие подобные фрагменты: Из интернета

### Детали отчета подобия

Фрагменты, найденные в документах базы данных отмечены красным цветом.

Фрагменты, найденные в интернете отмечены в зеленый .

Фрагменты, найденные в базе данных Юридических актов отмечены синим фоном .

## Ғылыми жетекшінің пікірі

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСЫНА  
(жұмыс түрлерінің атауы)

Қашаған Ақбота Дәулетқызы  
(оқушының аты жөні)

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

**Тақырыбы:** Мыс-қорғасынды штейндерін конвертерлеу процесінде мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу

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

Дипломдық жұмыста, мыс-қорғасынды штейндерді конвертерлеу процесі зерттелінді. Жұмыста мыс-қорғасынды штейндерді өңдеу әдістері, соның ішінде конвертерлеу процесінің теориясы және тәжірибесі қарастырылды. Жұмыста мыс-қорғасынды штейндерді конвертерлеу процесінің материалдық және жылулық баланстары есептелінді. Жұмыстың металлургиялық есептеулер бөлімінен алынған нәтижелерден мыс пен қорғасынның конвертерлеу өнімдері арасында бөлініп таралуы зерттелінді. Жұмыста алынған нәтижелер бойынша тәжірибеге ұсыныстар берілді.

Ескерту ретінде жұмыста конвертерлеу процесі кезінде асыл металдардың бөлініп таралуы 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 – Металлургия» мамандығы бойынша бакалаврға талап етілетін маманды сұраныстарға сәйкес келеді.

**Ғылыми жетекші**

Т.ғ.к., қауымдастырылған профессор

( қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

Досмұхамедов Н.Қ.  
(қолы)

« 06 » машар 2019 ж.



Дипломдық жұмысқа  
**РЕЦЕНЗИЯ**

Қашаған Ақбота Дәулетқызы  
(оқушының аты жөні)

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

Тақырыбы: Мыс-қорғасынды штейндерін конвертерлеу процесінде мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын 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, металлургиялық есептеулер бөлімі, экономикалық бөлім, еңбек қорғау, қорытынды.

Дипломдық жұмыста, мыс-қорғасынды штейнді конвертерлеу процесі зерттелінді. Жұмыста мыс-қорғасынды штейнді конвертерлеу кезінде жүретін физика-химиялық процестер қарастырылды. Жұмыстың металлургиялық есептеулер бөлімінде мыс-қорғасынды штейнді конвертерлеудің материалдық және жылулық баланстар есептеулері жүргізілді. Мыс-қорғасынды штейнді конвертерлеу кезінде мыс пен қорғасынның бөлініп таралуы зерттелінді. Жұмыста алынған нәтижелер бойынша тәжірибеге ұсыныстар берілді.

Жұмыс бойынша сұрақ: мыс-қорғасынды штейнді конвертерлеудің негізгі ерекшеліктері қандай? Ілеспелі металдардың (Pb, As) конвертерлеу процесі кезінде алынатын өнімдердің сапасына тигізетін әсері қандай?

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Жалпы дипломдық жұмыс жұмыстың мазмұны талапқа сай және «өте жақсы, 97%» деп бағалана алады. Ал Қашаған Ақбота Дәулетқызы «5В070900 – Metallургия» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесіне лайық деп есептеймін.

**Рецензент**

Келісім-шарттарды зерттеу офисінің директоры, т.ғ.к.

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

Абиков С.Б.  
(қолы)

«08» мамыр 2019 ж.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	11
1 Қара мысты алудың қазіргі жағдайы	13
1.1 Мыс және полиметалды штейндерді өңдердің ерекшеліктері	13
1.2 ЖШС “Казцинк” жағдайында мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу	18
1.2.1 Конвертерлеу процесінің теориясы мен тәжірибесі	18
1.2.2 Конвертерлеу процесінде алынатын өнімдердің жалпы сипаттамасы	23
1.3 Зерттеу бағытын таңдау және негіздеу	24
2 Технологиялық бөлім	25
2.1.1 Бастапқы мыс-қорғасын штейнінің рационалдық құрамы есебі	25
2.1.2 Кварцты кеннің рациональды құрамын есептеу	25
2.1.3 Конвертерлі шлак және кварцты кеннің мөлшері	25
2.2 Конвертерлеу процесінің жылу балансы есебі	28
3 Мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу	29
3.1 Мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуы	29
3.2 Мыс және қорғасынның конвертермен, шлакпен жоғалымы	35
3.3 Зерттеудің нәтижесі, талдау, ұсыныстар	35
4 Еңбекті қорғау	37
4.1 Технологиялық процестің қоршаған ортаға келтіретін зияны	37
4.2 Қауіпті және зиянды факторларды анализдеу	37
5 Экономикалық бөлім	39
Қорытынды	42
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	43
А Қосымша Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процесінің материалдық балансының есебі	45
Б Қосымша Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процессінің жылулық баланстың есебі	60

## АҢДАТПА

Жұмыстың жалпы көлемі компьютерде терілген 62 бетпен баяндалған, оның құрамына 4 сурет, 19 кестелер кіреді. Қолданылған әдебиеттер тізімі 29 атаудан тұрады. Диплом жұмысы кіріспеден, бес бөлімнен, қорытындыдан және әдебиеттер тізімінен тұрады.

Жұмыстың негізгі мақсаты - конвертерлеу процесі кезінде алынатын өнімдер арасында мыс, қорғасын, сурьма және мышьяқтың бөлініп таралуын зерттелеу, Сонымен қатар конвертер процесінің техника-экономикалық көрсеткіштеріне әсер ететін факторлар мен себептерді анықтау. Қойылған тапсырманың шешімі өндірістік мағлұматтардың штейн, шлак және газ мөлшерінің статистикалық талдау негізінде шығарылған.

Қойылған тапсырманың шешімі қазіргі өндірістік статистикалық анализге негізделген.

Жұмыста минералогиялық зерттеулер структураларын анықтау және штейннің, конвертер шлағының және газдың мөлшері бойынша жүргізілді. Конвертер өнімдерінде мыс, қорғасын, мышьяк және сурьманың табылу формалары анықталды. Конвертерлеу процесінің материалдық және жылулық баланстары есептелінді.

Осы жұмыстан шығатын шешілетін мәселелер бойынша оптимизациялау ұсынысы, конвертерлеу өнімдері арасында металдардың бөлініп таралуы, конвертер процесінің жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерін қамтамасыз етеді.

«Еңбек қорғау» бөлімінде жұмыскерлердің қауіпсіздігі мен жұмыс цехында еңбекті қорғау ұсыныстары көрсетілген.

Экономикалық бөлімде жұмыс конвертер процесінің рентабелінің есебі көрсетілген.



## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа изложена на 62 страницах машинописного текста, включает 4 рисунков, 19 таблиц и состоит из введения, пяти глав и заключения по работе. Список использованных источников состоит из 29 наименования.

Цель настоящей работы - изучение распределения меди, свинца, мышьяка и сурьмы между продуктами плавки в процессе конвертирования, а также выявление причин и факторов, влияющих на технико-экономические показатели процесса конвертирования. Решение поставленной задачи произведено на основе статистического анализа промышленных данных составов продуктов конвертирования – штейна, шлака и пыли.

Изучено распределение меди, свинца, мышьяка и сурьмы между продуктами конвертирования.

В работе проведены минералогические исследования по изучению структуры и состава штейна, конвертерного шлака и пыли. Установлены формы нахождения меди, свинца, мышьяка и сурьмы в продуктах конвертирования. Рассчитаны материальный и тепловой баланс процесса конвертирования.

В работе исходя из решаемых проблем предложены меры по оптимизации распределения металлов между продуктами конвертирования, обеспечивающие высокие технико-экономические показатели процесса конвертирования.

В разделе «Охрана труда» показаны меры по безопасности рабочего персонала и охраны труда в рабочем цехе.

В экономическом разделе работы проведены расчеты рентабельности процесса конвертирования.

## ANNOTATION

Degree work is stated on 62 page of the typewritten text, includes 4-drawings, 19-tables and the list of the used sources of 29 names consists of the introduction, eight heads and the conclusion on work.

The purpose of this paper to study the distribution of copper, lead, arsenic and antimony between the products of melting in the process of converting, and also to identify factors that affect on the quality of blister copper and wastage of copper with slag. The solution of the problem based on the statistical analysis of industry data.

We calculated the material and heat balance of the conversion process.

Measures to improve the distribution of metals between the products of conversion;

Effect of silica flux during the conversion and the ways of its optimization;

Measures for occupational safety and health of workers shop.



## КІРІСПЕ

Металлургиялық өндіріс өнімдерінің арасында металдар таралуын зерделеу металлургиялық процестердің теориясы мен тәжірибесінің маңызды сұрағы болып табылады, себебі ол пайдалы өнімге металдар бөлінуін және олардың үйінді өнімдермен жоғалымын қамти отырып, процестің жалпы экономикасы мен технологиясын анықтайды.

Мыс-қорғасын штейнін өңдеу бойынша қолданыстағы сұлбалардың тиімділігі жеткіліксіз және жеткілікті дәрежеде олардан бағалы металдарды бөліп алуға мүмкіндік бермейді. Дегенмен қара мысқа мыс бөлінуін жоғарылату және алынатын өнімдер сапасын жақсарту сұрақтары осы уақытқа дейін ашық болып қалуда. Бұл сұрақтар құрамы күрделі штейнді конвертерлеу кезінде ерекше өзектілікке ие болады.

Сұрақты қарастыру қызығушылығының себебі конвертерлеу - өндірістік өнімдер мен қайтымды материалдарды жеке өңдеу кезінде алынатын аралық өнім-штейнді өңдеудің қорытынды сатысы ретінде қарастырылуы мүмкін.

Конвертерлеу кезінде негізгі мыс жоғалымдары конвертер шлактарына тиесілі, оларды кедейлендіру үшін шахталы пешке жібереді. Конвертерлі шлақтың циркуляциясы нәтижесінде балқыту-конвертерлеу тізбегінде шахтада қысқартылған балқыту және конвертерлеу өнімдері арасында мыстың «жағылуы» жүреді. Оған қоса, құрамында қоспалардың жоғары концентрациясы кездесетін конвертер шлактары технологиялық сұлбада қорғасын, мышьяк пен сурьманың негізгі жинақталу көзі болып табылады, нәтижесінде олар алынатын балқыту өнімдерінің сапасын анықтайды. Бұл кезде мақсатты өнімдерге мыс пен қорғасынның жоғары бөлінуін күту мүмкін емес.

Қоспалардың орташа мөлшерін және конвертерлі шлақтың орнатылған шығуын ескере отырып, балқыту-конвертерлеу тізбегінде айналатын қорғасын, мышьяк пен сурьма мөлшерін есептеу қиын емес. Мәселен шахтада қысқартылған балқыту шихтасының құрамында тек қайтымды конвертерлі шлакпен үнемі 4,0т дейін мыс, ~10 т қорғасын, 0,5т мышьяк пен 0,3т сурьма айналады. Демек, алынатын балқыту өнімдерінің сапасына әсер ететін қоспаларды тұрақты айналымнан шығару, сонымен қатар конвертерлі шлакпен мыс жоғалымын төмендету мәселесінің шешілуі кәсіпорын үшін негізгілердің бірі болып табылады.

Берілген тақырыптың таңдалуы мыс-қорғасын штейнін конвертерлеу үшін жаңа технологиялық шешімдердің ерекше маңыздылығымен шартталады. Оның себебі мыстың төмен бөлінуі және қара мыста қоспалардың жоғары мөлшері болып табылады.

Зерттеу мақсаты шахтада қысқартылған балқытудың минералогиялық штейнін зерделеу және конвертерлеу өнімдері бойынша түсті металдардың

таралуын зерттеу болып келеді. «Казцинк» ЖШС шарттарында мыс-қорғасын штейнін конвертерлеу процесін жетілдіру бойынша ұсыныстар беру.

ӨМК қолданыстағы технологиясы болашақтағы перспектива ретінде қарастырылуы мүмкін емес және түбегейлі өзгерістерді талап етеді.

Минералогиялық құрамын зерттеуден 80 % мыс халькозин түрінде және 20 % интерметаллидтер мен феррит түрінде болады деп қабылдаймыз. Ал 50 % қорғасын галенит түрінде, қалғаны бос күйде болады.

Есептеу 100 кг ыстық мыс-қорғасын штейніне жүргізіледі. Балқытуға құрамы, % (масса бойынша): Cu-38,57; Zn-1,42; Pb-26; Fe-15,15; S-15,09; As-2,81; Sb-0,71; O<sub>2</sub>-2,42; қалғаны – 0,9 болатын ШҚБ пешінен мыс-қорғасын штейні түседі.

Сонымен қатар балқытуға құрамы, %: Fe-6,5; SiO<sub>2</sub>-85; CaO-3,75; O<sub>2</sub>-1,86; қалғаны – 2,89 болатын кварц кені түседі. Кварц кенінің ылғалдылығы 4 %.

Процестің қалыпты жылулық режимін ұстап тұру үшін конвертерде қорғасын зауытының қайтымдылары болып табылатын суық материалдары өңделеді және құрамы келесідей, %: Cu-5,2; Fe-38,13; S-3,79; SiO<sub>2</sub>-23,3; CaO-4,81; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-3,85; қалғаны – 20,92.



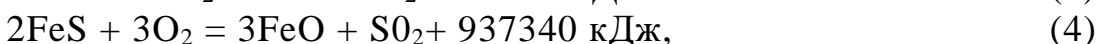
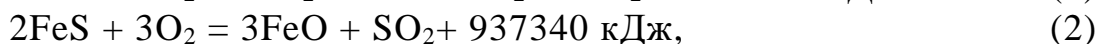
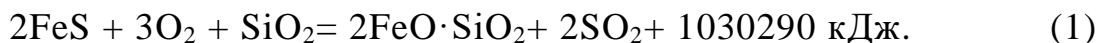
## 1 Қара мысты алудың қазіргі жағдайы

### 1.1 Мыс және полиметалды штейндерді өндеудің ерекшеліктері

Мыс штейнін конвертерлеу. Бастапқы кен шикізатының құрамына және қолданылатын балқыту процесінің түріне байланысты, құрамында 10-12-дан 70-75 % дейін Cu болатын мыс штейндерін конвертерлеу әдісімен тұтас өндейді. Конвертерлеуге штейннен басқа, балқытылған немесе қатты күйде мысқа бай қайтымдылар, кварцты флюс (жиі алтынқұрамды) және басқа материалдар түседі [1].

Жоғарыда айтылғандай, мыс штейндері негізінен мыс ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) және темір ( $\text{FeS}$ ) сульфидтерінен тұрады. Конвертерлеу процесінің негізгі мақсаты – темір мен күкірттің және кейбір ілеспелі компоненттердің тотығуы есебінен қара мыс алу. Асыл металдар айтарлықтай толығымен, сонымен қатар селен мен теллурдың бір бөлігі қара металда қалады. Экзотермиялылығы салдарынан конвертерлеудің көптеген реакциялары бөгде отын шығынын талап етпейді, яғни типтік автогенді процесс болып табылады.

Ұйымдастырылуы бойынша мыс штейнін конвертерлеу процесі екі мерзімге бөлінеді. Бірінші мерзім – сульфидті масса жинау. Оның негізінде темір сульфидін тотықтыру процесі және осы кезде түзілетін оның тотықтарын шлакқа өткізу жатыр. Бірінші мерзімде темір сульфидтерінің басым тотығуы, мыспен салыстырғанда темірдің оттегіге жоғары жақындығымен шартталады.



Конвертерлеудің бірінші мерзімінің химизмі (1)-(6) реакциялардың өтуімен сипатталады. (2) және (3) реакциялар бірінші мерзімде негізгі болып табылады. Олар айтарлықтай барлық жылуды процесс үшін жұмсайды және оның автогенділігін қамтамасыз етеді. Әдетте конвертерлеуді 1200-1280 °C кезінде жүргізеді. Температураның жоғарылауы конвертер футеровкасының тозуын жылдамдатады. Температура жоғарылаған кезде конвертерге суық қоспалар – қатты штейн, қайтымды материалдар, екіншілей шикізат, цементтік мыс және түйіршіктелген концентраттар тиейді. Бірінші мерзім өнімдері мыспен байытылған сульфидті масса (ақ штейн), конвертерлі шлак және күкіртқұрамды газдар болып табылады.

Конвертердің суық жүрісі және кварцты флюстің жетіспеушілігі шлакта темірдің асқын тотығуына және көп мөлшерде магнетит түзілуіне әкеледі.

Конвертерді, штейннің жаңа мөлшерлемесін құю немесе кварц қосу арқылы қыздырады.

Бірінші мерзімде мыс сульфидтерінің тотығуы да жүреді, алайда күкіртке жоғары жақындығының салдарынан ол күкіртті темірмен қайта сульфидтенеді. Конвертер шлактарында мыс мөлшері әдетте 1,5-2 % құрайды. Мыс мөлшері жоғары болғандықтан, конвертер шлактары кедейлендіру мақсатында не айналымға қайтарылады (штейнге балқыту), не өздігінен өңдеуге ұшырайды.

Конвертерлеу процесінің бірінші мерзімі циклдық сипатқа ие; әрбір цикл сұйық штейнді құю, кварцты флюс пен суық қоспаларды тиеу, балқыманы ауамен үрлеу, конвертерлі шлақты ағызу операцияларынан тұрады. Әрбір цикл ұзақтығы бастапқы штейн құрамына байланысты 30-50 мин құрайды. Әрбір үрлеуден кейін конвертерде мыспен байытылған сульфидті масса қалады. Массада мыс мөлшері, айтарлықтай таза жартылай күкіртті мысқа ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) жауап беретін шекті шамаға дейін біртіндеп жоғарылайды.

Бірінші мерзім ұзақтығы штейнде мыс мөлшерімен ғана емес, оған қоса берілетін ауа мөлшерімен анықталады, ол негізінен конвертер өлшеміне (числа фурм) және күйіне, оған қоса жұмыс ұйымдастырылуына байланысты болады. Бай штейнмен (35-45 % Cu) бірінші мерзім ұзақтығы 6-9 сағ., кедей штейнмен (20-25 % дейін) – 16-24 сағ. Штейн құрамындағы 1 кг FeS сульфидіне шамамен 2 м<sup>3</sup> ауа қажет.

Бірінші мерзімде үрлеумен конвертерді пайдалану коэффициенті 70-80 % құрайды. Қалған уақыт шлақты ағызу және конвертерге тиеу үшін жұмсалады.

Бірінші мерзім аяқталып, шлақтың соңғы мөлшерлемесі ағызылғаннан кейін конвертерде айтарлықтай таза жартылай күкіртті мыс – ақ штейн (78–80 % Cu) қалады.

Екінші мерзім -  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{Cu} + \text{SO}_2 + 215000 \text{ кДж}$  қосынды реакциясы бойынша мыс сульфидінің тотығуы есебінен қара мыс алу - үздіксіз 2-3 сағ аралығында, қайсыбір қатты және айналма материалдарының тиелуінсіз және ауа берумен жүргізіледі. Дайын қара мысты тазалау жүргізу орнына байланысты не миксерге және ары қарай қажет болса тазалау пешіне сұйық күйінде құяды, не массасы 2 т дейін құймақалыптарға тарата құяды және тазалау зауыттарына жібереді.

Штейнді конвертерлеу үшін көлденең конвертерді пайдаланады. Конвертер хром-магнезит кірпішпен футерленген, бүйірлік түптері бар темір пісірілген қаптама болып келеді. Корпуста бүйірлік түптерінің маңында екі тіреу бандаждары бекітілген. Оның бірінің жанында тісті тәж орнатылған, ол редуктор арқылы электржетегімен байланысқан. Осы құрылғы көмегімен конвертер көлденең осі айналасында бұрылады.

Мыс-қорғасын штейнін конвертерлеу. Қорғасын агломератын балқыту процесінде алынатын өнімдердің бірі штейн болып табылады, құрамы, %: 20-35 Cu; 20-35 Fe; 10-20 Pb; 10-15 Zn; 20-25 S; 0,01-0,03 Se және Te; 150-500 г/т Ag; 15-50 г/т Au [10].

Мұндай штейнді өңдеудің негізгі тәсілі конвертерлеу болып табылады. Конвертерлеу – темірді жоғары мөлшерде, сонымен қатар күкірттің бір бөлігін



немесе толығымен жою мақсатында сульфидті балқыманы оттегі құрамды газдармен өңдеуден тұратын тотықтыру процесі.

Қорғасын балқытудың штейні құрамында жоғары мөлшерде қорғасын мен темір кездеседі, олар конвертерлеу кезінде конвертер өнімділігін төмендетеді және олармен мыс жоғалымын ұлғайта отырып, ауқымды шлак түзеді. Сондықтан конвертерлеу алдында мыс-қорғасын штейндерін шахталы немесе электрлі пештерде концентрациялық (қысқартылған) балқытуға ұшыратады.

Шахталы пеште штейн балқытуды, қорғасын агломератын шахтада балқыту режиміне жақын режимдерде жүзеге асырады. Балқытуға штейн, агломерат, флюс, кокс түседі және ауа беріледі.

Балқыту процесінде пеште тотықсыздандыру атмосферасы құрылады және штейнде кездесетін қорғасын сульфиді агломераттың қорғасын тотығымен келесі реакция бойынша әрекеттеседі:



Балқыту нәтижесінде қара қорғасын (86-88 % Pb), мыспен байтылған штейн (40-50 % Cu және 5-7 % Pb) және шлак (1-1,5% Cu; 1-2 % Pb; 14-15 % ZnO; 34-35 % FeO; 25-26 % SiO<sub>2</sub>; 11-13 % CaO) алынады.

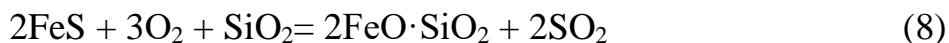
Қара қорғасын тазалауға, штейн – конвертерлеуге, шлак айналма ретінде қорғасын агломератын шахтада тотықсыздандырып балқытуға түседі.

Электрпешінде штейннің қысқартылған балқытуын, қорғасын шлактарын вельцтеуден түзілген клинкерді байыту кезінде алынған магнитті фракцияны қосумен жүзеге асырады. Магнитті фракция құрамы, %: 70-Fe; 4-Cu; 1-Pb; алтын мен күмістің аз мөлшері.

Ыстық штейнді шахталы пештен электрпешке құяды және магнитті фракцияны қосады (штейн массасының шамамен 10 %). Құрамында металды темір мөлшері жоғары болатын магнитті фракциямен штейнді электрлі балқыту процесінде (7) реакция өтеді, ол қорғасынның ауқымды бөлігін штейннен қара металға өткізуге және конвертерлеуге жіберілетін сапасы жоғары штейн алуға мүмкіндік береді.

Штейнді конвертерлеуді 1200 °C температурада екі мерзіммен өткізеді: алдымен темір мен қорғасынды шлакқа өткізу, сосын – қара мыс алу.

Ыстық конвертерге штейн құяды, оны алдымен 5-10 мин ауамен үрлейді. Кремнезем мөлшері кемінде 18-22 % болатын шлак алу есебінен кварц, суық қосындылар қосады және штейнді тағы 45 мин үрлейді. Бұл кезде темір ауа оттегісімен тотығады және фаялит (2FeO·SiO<sub>2</sub>) түзілуімен шлактанады:



Қорғасынның бір бөлігі тотығады және шлактанады, екінші бөлігі келесі реакция бойынша сульфидтенеді:



Конвертерде темір сульфиді кездесетіндіктен қорғасынның негізгі массасы сульфид түрінде қалады.

Конвертерлеудің бірінші мерзімінің сұйық өнімдері шлак және ақ штейн болып табылады. Шлакқа фаялит, бос кремнеземнің бір бөлігі және металл қоспалар – қорғасын, мырыш тотықтары өтеді. Мыс шлакта  $\text{Cu}_2\text{S}$  түрінде механикалық жоғалым күйінде көрсетілген; оның шлакта мөлшері 1,5-2,0 % құрайды.

Түзілген шлакты шөмішке ағызады, конвертерге штейн мен суық қоспалардың жаңа мөлшерлемесін қосады және қоспалар шлактанғанша үрлеуді жалғастырады. Шлактың соңғы мөлшерлемесін ағызғаннан кейін, конвертерлеудің екінші мерзімін – қара мыс алуды жүргізеді. Ол үшін бай (ақ) штейн арқылы мыс сульфидінің бір бөлігін тотықтыру үшін қажетті ауа мөлшерін үрлейді:



Ақ штейн құрамындағы қорғасынның бір бөлігі тотық ( $\text{PbO}$ ) күйінде айдалады, бір бөлігі аз ғана кварц мөлшерін қосқан кезде шлактанады және құрамында шамамен 40%  $\text{Cu}$  болатын конвертерлеудің екінші мерзімінің бай шлактарын түзеді.

Конвертерлеудің екінші мерзімінің нәтижесінде алынатын қара мыс құрамы, %: 96  $\text{Cu}$ ; 1-1,5  $\text{Pb}$ ; 0,2-0,3  $\text{Zn}$ ; 0,9-1,2  $\text{As}$ ; 0,05-0,2  $\text{Sb}$ ; 0,07-0,3  $\text{S}$ ; 0,5-0,8  $\text{O}_2$ .

Мыс пен қорғасынға бай, конвертерлеудің бірінші мерзімінің шлактарын қорғасын концентратын агломерациялау шихтасына қосады, екінші мерзім шлактарын штейн конвертерлеудің бірінші сатысына жібереді.

Конвертерлеу кезінде тікелей мыс бөлінуі 83-86 % құрайды, ал конвертерлеудің екінші мерзімінің қайтарылған шлагын ескерсек – 95-96 %. Қорғасын конвертерлеу өнімдері бойынша: шлакқа - 40-4 %, возгонға - 50-55 %, қара мысқа - 0,5 % таралады. Мырыш 85 % дейін шлакқа, ал 15-20 % – возгонға өтеді.

Конвертер шаңы – бағалы полиметалды шикізат, құрамы, %: 50-51  $\text{Pb}$ ; 6-10  $\text{Zn}$ ; 1,5-1,7  $\text{Cu}$ ; 0,02-0,2  $\text{Cd}$ ; 12-22  $\text{As}$ ; 0,8-1,0  $\text{Se}$ .

Конвертерлеу процесін мыс бойынша сыйымдылығы 8-75 т дейін болатын көлденең типті конвертерде жүзеге асырады. Ол тіреу бандаждары көмегімен роликке сүйенетін цилиндрлі сыйымдылық болып келеді. Штейн құю, флюс пен суық материалдарды тиеу, балқыманы ағызу және газды жою үшін, корпустың цилиндрлік бетінің жоғарғы бөлігінде аузы орналасқан. Көлденең осі айналасымен конвертер бұрылысы редуктор мен корпусты қамтитын тісті тәж және жетекші шестерня кіретін ашық тісті жұп арқылы электрқозғалтқышпен жүзеге асырылады.

Ауа конвертерге ауа үрлеу машинасынан құбыр өткізгіш бойымен балқымаға фурмалар арқылы түседі. Фурмалар саны мен диаметрі конвертер өлшемімен анықталады.

Конвертер бөшкесі жайма болаттан дайындалған және ішінен отқа төзімді кірпішпен (хром-магнезит, периклазошпинелид, магнезит) футерленген. Конвертер аузы бөлінетін газдарды бұру үшін сумен суытылатын шаңұстағышпен жабылған. Конвертерден балқыманың тасымалдануын шөміштермен жүзеге асырады.

Мыс-мырыш штейнін конвертерлеу. Полиметалды штейнде ZnS түрінде 9-10 % дейін мырыш кездеседі [12].

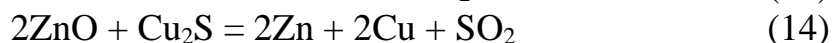
Штейнді конвертерлеу кезінде мырыш сульфидінің тәртібі FeS тәртібіне ұқсас, айырмашылығы мырыштың аз бөлігі (штейнде кездесетін мырыш мөлшерінің шамамен 15-20 %) айдалады; мырыш пен темірдің ауқымды бөлігі конвертерлеу кезінде шлакқа өтеді. Мырыш сульфиді шамамен бірдей концентрацияда балқымада темір сульфидімен тотықсыздануы мүмкін. Штейнді конвертерлеу процесінде ZnS айқын тотығуы штейнді үрлеу басталғаннан кейін байқалады. Конвертерлеу процесінде мырыш айдалуы процесс температурасында ZnS аз ұшқыштығымен және жеңіл буланатын металды мырыштың туындауымен жүретін қосалқы реакциялардың өтуімен түсіндіріледі:



Конвертерлеу процесінде мырышты айдауда температура маңызды роль атқармайды.

Осы реакция бойынша 1150 °C кезінде мыс штейнін конвертерлеу барысында газға мырыш жойылуы, штейнде бастапқы мырыш мөлшерінің 3 % құрайды.

Мырыш буының тепе-тең қысымына жақын шамалар, ZnO тотығының басқа штейн сульфидтерімен келесі реакциялар бойынша өтуі кезінде алынуы мүмкін:



Процестің бірінші мерзімінің соңында және екіншісінің басында металды мыс пен ZnS әрекеттесуі орын алады:



Осы реакцияның 1000 °C жоғары температурада қарқынды өтуі тәжірибеде дәлелденген.

## 1.2 ЖШС “Казцинк” жағдайында мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу

### 1.2.1 Конвертерлеу процесінің теориясы мен тәжірибесі

ӨМК штейн конвертерлеуді, құрамы, % мас.: 2-7 Fe; до 5,0 CaO және 65-85 SiO<sub>2</sub> болатын кварцты флюс қосу арқылы көлденең конвертерде жүргізеді. Өндірістік қуаттың қазіргі таңдағы толық тиелмеуінде конвертерлік өнделімде тәулігіне шамамен 60 т штейн өндіреді.

Штейнді конвертерлеудің технологиялық сұлбасы 1 суретте көрсетілген.

Өнделетін штейн мен конвертерлеу өнімдерінің орташаланған құрамы 1 кестеде келтірілген.

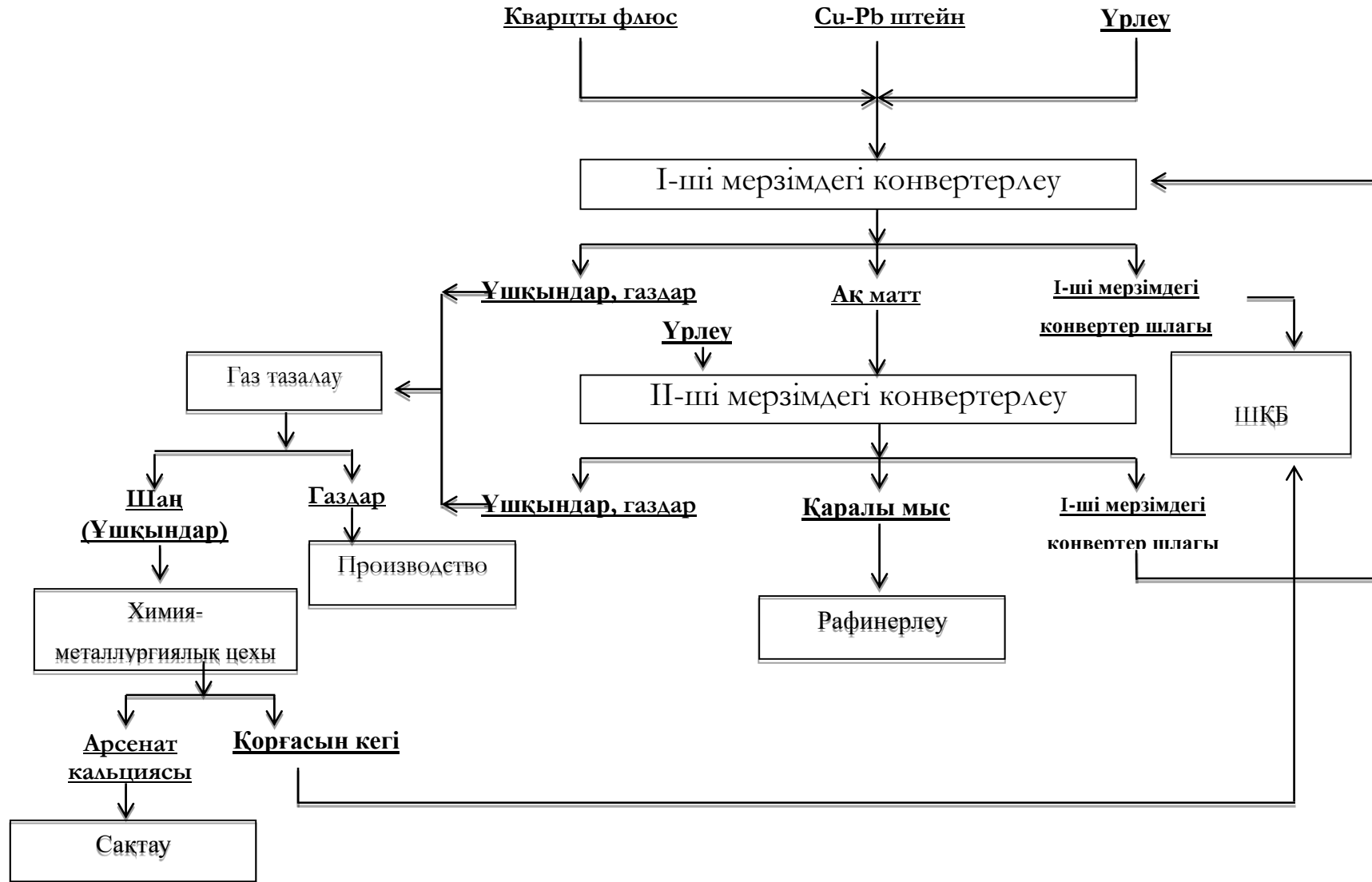
1 Кесте – конвертерлеу өнімдерінің орташаланған құрамы

Өнімдердің атауы	Металдардың құрамы, % мас.				
	Cu	Pb	Zn	As	Sb
Штейн	35,5	26,0	1,4	2,8	0,7
Қаралы мыс	95,8	1,2	–	0,6	0,6
1-ші мерзімдегі кон. Шлак	3,83	33,5	4,54	2,3	0,94
2-ші мерзімдегі кон. Шлак	35,0	20,0	1,0	7,0	3,0
Конвертер шаңы	2,0	52,7	3,5	17,2	2,7

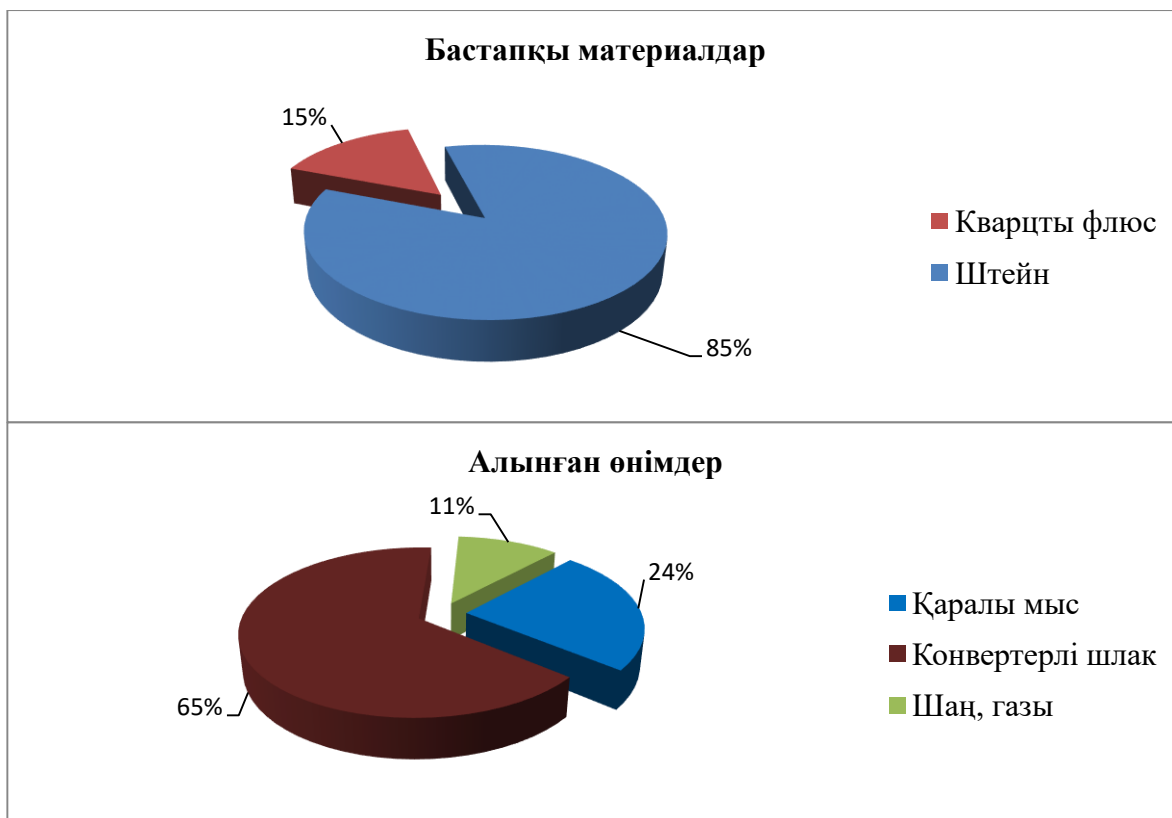
1 кестеден көрініп тұрғандай, конвертерлеу кезінде негізгі мыс жоғалымдары конвертер шлактарына тиесілі, оларды кедейлендіру үшін шахталы пешке жібереді. Конвертерлі шлақтың циркуляциясы нәтижесінде, балқыту-конвертерлеу тізбегінде, шахтада қысқартылған балқыту және конвертерлеу өнімдері арасында мыстың «жағылуы» жүреді. Оған қоса, құрамында қоспалардың жоғары концентрациясы кездесетін конвертер шлактары технологиялық сұлбада қорғасын, мышьяк пен сурьманың негізгі жинақталу көзі болып табылады, нәтижесінде олар алынатын балқыту өнімдерінің сапасын анықтайды. Бұл кезде мақсатты өнімдерге мыс пен қорғасынның жоғары бөлінуін күту мүмкін емес.

Мыс бөлінуінің төмендеуі қара мыстың аз шығуымен де түсіндіріледі, бұл 2 суретте көрсетілген конвертерлеудің материалдық баланс нәтижелерінен көрініп тұр.





1 Сурет – Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процесіндегі технологиялық сұлбасы



2 Сурет – Конвертерлеу процесінің материалдық балансы

Конвертерлеуге түсетін мыс-қорғасын штейндері мен алынатын конвертерлі шлак сипаттамасы [1-6] жұмыстарда егжей-тегжейлі жазылған. Айта кету керек, құрамы күрделі штейнді конвертерлеуде конвертерлі шлак шығуы ауқымды және 46 т. немесе жалпы бастапқы тиелгеннің ~ 65 % құрайды.

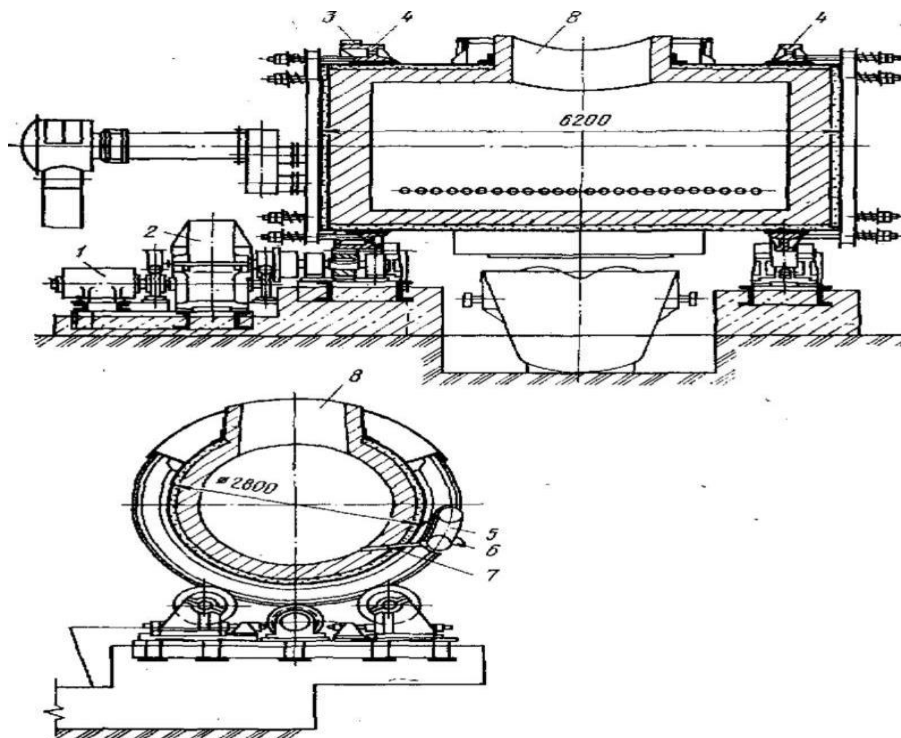
Қоспалардың орташа мөлшерін және конвертерлі шлақтың орнатылған орташа мөлшерін және конвертерлі шлақтың орнатылған шығуын ескере отырып, балқыту-конвертерлеу тізбегінде айналатын қорғасын, мышьяк пен сурьма мөлшерін есептеу қиын емес. Мәселен шахтада қысқартылған балқыту шихтасының құрамында тек қайтымды конвертерлі шлакпен үнемі 4,0 т дейін мыс, ~10 т қорғасын, 0,5 т мышьяк пен 0,3 т сурьма айналады. Демек, алынатын балқыту өнімдерінің сапасына әсер ететін қоспаларды тұрақты айналымнан шығару, сонымен қатар конвертерлі шлакпен мыс жоғалымын төмендету мәселесінің шешілуі кәсіпорын үшін негізгілердің бірі болып табылады.

Конвертерлеу кезінде қара мыс шығуы ~20 т. немесе тиелетін материалдардың жалпы мөлшерінің 24 % құрайды. Қара мыста төмен мыс мөлшері ~96 % өзіне көңіл аударуда. Қара мыста кездесетін қоспалардың (Pb, As және Sb) жоғары мөлшері оның сапасын төмендетеді. Тәжірибеде сапасын жақсарту мақсатында қара мыстан қоспаларды жою ұмтылысы, жиі мыстың «қайта күйдірілуіне» әкеледі, бұл оның конвертерлі шлак пен шаңға өтуі есебінен жалпы бөлінуін төмендетеді. Бұл ӨМК конвертерлеу шарттарында да байқалады. Өнеркәсіптік деректер нәтижелерінің көрсетуі бойынша, конвертерлі

шлакта мыс мөлшері 4,0 % дейін жетеді, ал шығуы 12 т құрайтын конвертер шаңында оның мөлшері 8 % мас. жетеді.

«Казцинк» ЖШС қорғасын өндірісінде конвертерлеу тәжірибесі

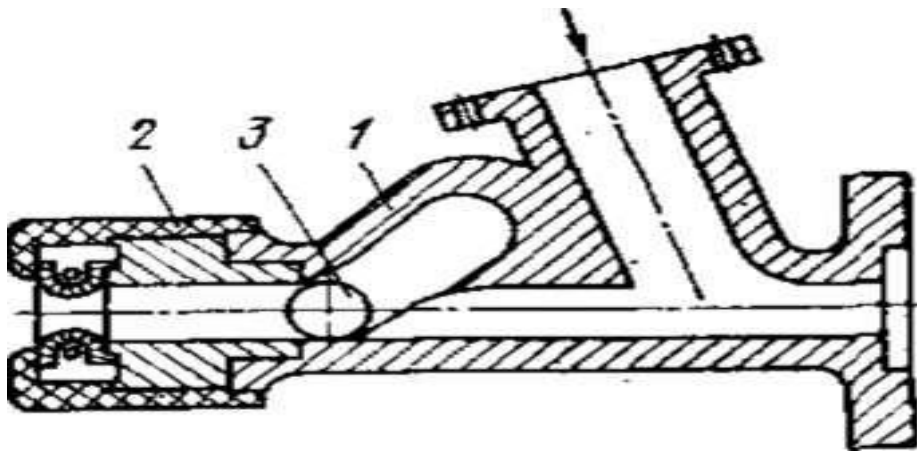
Штейнді конвертерлеу үшін көлденең конвертерді пайдаланады (сурет 3). Конвертер хром-магnezит кірпішпен футерленген, бүйірлік түптері бар темір пісірілген қаптама болып келеді. Корпуста бүйірлік түптерінің маңында екі тіреу бандаждары бекітілген. Оның бірінің жанында, редуктор арқылы электржетегімен байланысқан тісті тәж орнатылған. Осы құрылғы көмегімен конвертер көлденең осі айналасында бұрылады [20].



1 – электр-қозғалтқыш; 2 – редуктор; 3 – тісті венец; 4 – тіреуіш бандаждар; 5 – фурма-коллектор; 6 – шарлы клапан; 7 – фурмалы құбыр; 8 – мойны

3 Сурет – Көлденең орналасқан көнвертер

Конвертерге қызмет көрсетуді (тиеу, балқымаларды ағызу, газдарды жою) корпусстың орталық бөлігінде орналасқан аузы арқылы жүзеге асырады. Конвертерге ауа беруді, корпусстың бір жағында оның жасаушысы бойымен орналасқан фурмалар арқылы жүргізеді. Соңғы жылдары конвертерлерде коллектор-фурманы қолдана бастады. Қондырғыда ауа коллекторын корпусқа бекітілген фурмалық түтікшелер деңгейінде орнатады. Коллектордың қарама-қарсы жағында фурмалық түтікшелер осі бойымен, жұмыс істеп тұрған конвертерге ауа беруді тоқтатпай, фурмаларды тазалауға мүмкіндік беретін, шарикті тиеу қысымтағы (сурет 4) пісірілген.



1 – фурманың қаңқасы; 2 – Попов клапаны; 3 – шарлы клапан

Сурет 4 - Конвертер фурмасының шарлы клапаны

Фурма түтікшелерінің шығу тесіктері біртіндеп бірігіп кетеді, бұл олардың қимасының кішіреюіне, ауа шығынының және нәтижесінде конвертер өнімділігінің төмендеуіне әкеледі. Осыған байланысты фурмаларды мерзімді түрде болат (ломика-фурмовки) сүймен-мойнақ көмегімен тазалайды. Фурмовка енгізген кезде клапан шары жоғарғы ұяшыққа көтеріледі және оны фурмалық түтікшеге өткізеді. Фурмовканы фурмадан шығарған кезде, шар өз орнына қайта түседі және коллекторда орналасқан сығылған ауа әсерімен кіре-беріс тесігін тығыз жабады, бұл ауа кемуін алдын-алады. Фурмалар тазалауды қолмен немесе пневматикалық фурмовкалар көмегімен механикалық түрде жүргізеді.

Өзге тең шарттарда конвертерлеу процесінің ұзақтығы (конвертер өнімділігі) конвертерге үрленетін ауа көлемімен анықталады, оның шығыны барлық фурмалардың нақты қимасына, яғни фурмалар саны мен олардың диаметріне тәуелді болады. Тәжірибеде орнатылғандай,  $1 \text{ см}^2$  фурма қимасы арқылы минутына  $0,9-1,1 \text{ м}^3$  дейін ауа беруге болады.

Мыс-қорғасын өнеркәсібінің заманауи тәжірибесінде мыс бойынша сыйымдылығы 12 т болатын көлденең конвертерлерді пайдаланады. Конвертерлер ұзындығы 6-12 м, диаметрі 3-4 м. Фурмалар саны 32-62, диаметрі 40-50 мм.

Көлденең конвертерлер – мерзімді әрекеттегі аппараттар. Көлденең осі айналасында айналу бұрышына тәуелді, конвертердің негізгі жұмысшы қалыптары: штейн құю, штейнді үрлеу (фурмалар балқымаға батырылған), шлак ағызу, қара мыс ағызу болып табылады. Штейнді үрлеу кезінде түзілетін газдар аузы арқылы конвертер үстінде орналасқан герметикалық шаңұстағышқа және ары қарай – газ жүрісі жүйесіне түседі.

Шаңұстағыштардың ауқымды герметизациясына қарамастан, бөлінетін газдарға ауа тартылуы өте жоғары, және біріншілей конвертерлі газ көлемінің 300-400 % дейін құрайды, бұл  $\text{SO}_2$  мөлшері бойынша олардың негізделген сұйылтылуына әкеледі.



## 1.2.2 Конвертерлеу процесінде алынатын өнімдердің жалпы сипаттамасы

Конвертерлеу процесінің материалдық балансын зерттеу барысында штейн мен шлактардың құрамы бойынша, статистикалық сараптаманың деректері негізінде жүргізілді.

Қарастырылып отырған мерзім ішінде, конвертерге тиелетін масса: 84 % шахталық қысқартып балқыту пешінен шығатын мыс-қорғасын штейні және 16 % кварцты флюстен құралды. Мыс-қорғасын штейннің химиялық құрамы келесідей болды, Cu 16 – 40 %, Pb 18 – 30 %, Fe 12 – 24 %, S 10 – 15 %.

Конвертерлеу процесінің температурасын төмендету үшін, суық материалдар – шөміш қақтары, оттық тазалау шлактары және басқалары қосылды. Сонымен бірге, келесі құрамды кварцты флюс қосумен жүргізеді, % мас.: 2 – 5 Fe; до 2,0 CaO и 65–75 SiO<sub>2</sub>.

Келтірілген кестеде көрініп тұрғандай, флюстер кремнезем мөлшері бойынша бай емес. Бірақ, басқа ілеспелі металдар мөлшері өте көп. Нәтижесінде, қаралы мыста қоспалар мөлшері артады. Алынатын қаралы мыс құрамы келесі аралықтарда өзгеріп отырды. Яғни, мыс бойынша 95,0–98 %, қорғасын бойынша 1,0–4,0 %, мышьяк бойынша 0,05–0,9 % және сурьма бойынша 0,01–0,6 %. Бірінші мерзімдегі конвертерлі шлақтың құрамы: мыс 3,43–5 %, қорғасын 20–35 %, сурьма 0,94 және мышьяк 3 % дейін. Газдардың соңғы құрамы: мыс – 6,04 %, қорғасын – 54 %, сурьма – 1,3 % және мышьяк 13,5 %.

Біріншілей сараптама нәтижесі бойынша, штейндегі қорғасын және мышьяк мөлшері, алдыңғы жылдың аналогты көрсеткіштерінен асатыны орнатылды [13]. Бұл, құрамы бойынша күрделі шикізат өңдеу кезінде, балқыту өнімдері арасында металдардың қайта таралуы жүретіндігіне куә.

Конвертерлеу кезінде, қаралы мыстың шығуы ~20 т немесе тиелетін материалдардың жалпы мөлшерінің 25 %-ын құрайды. Қаралы мыстағы мыстың төмен ~94 % мөлшері өзіне назар аударады. Қаралы мыста кездесетін қоспалардың (Pb, As және Sb) жоғары мөлшері, оның сапасының төмендеуіне әсер етеді.

Қоспалардың орташа мөлшерін және орнатылған конвертерлі шлак шығуын ескере отырып, «балқыту-конвертерлеу» тізбегінде циркуляцияланатын қорғасын, мышьяк және сурьманың көлемін есептеу қиын емес. Яғни, тек айналмалы конвертерлі шлакпен және шахталы қысқартып балқыту шихтасының құрамында, үнемі 4,0 т дейін мыс, ~10,0 т қорғасын, 0,5 т мышьяк және 0,3 т сурьма циркуляцияланады. Бұл - алынатын балқыту өнімдерінің сапасына әсер ететін қоспаларды тұрақты циркуляциядан шығару сұрағы, өнеркәсіп үшін, негізгі сұрақтарының бірі болып табылатыны сөзсіз.

Балқыту және конвертерлеу процестерінің теориялық негіздері мен тәжірибесі, «балқыту-конвертерлеу» тармағында қоспаларды жоюдың қолайлы шарты, не балқыту, не конвертерлеу кезінде олардың терең булану жағдайын жасау болып табылатындығын көрсетіледі. Қолданылатын әдістерді таңдау кезінде, балқыту өнімдерінде базалы металдардың оптималды таралуын

камтамасыз етуін ескеру қажет. Қазіргі кезге дейін конвертерлеу процесі кезінде жаңа эффективті процестерді құруы үлкен қызығушылық танытуда. Мысалы, конвертерлерде сульфидті мыс концентраттарын өндеумен қатар, қоспаларды жою және базалы түсті металдар бойынша шлақты кедейлендіру, сонымен қатар, конвертерлеу кезінде алынатын өнімдердің сапасын жақсарту мақсатында, сульфидизатор ретінде қолдану жолымен шешуге болады.

### 1.3 Зерттеу бағытын таңдау және негіздеу

Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу кезінде, құрамында қоспалардың минималды мөлшерімен сапалы қара мыс алуда белгілі бір қиындықтар туындайды. Алынатын қара мыс сапасы құрамында қорғасын, мышьяк пен сурьма сияқты қоспалардың кездесуімен анықталады, олардың тәртібі мен конвертерлеу өнімдері арасында таралуы жалпы технологиялық көрсеткіштерге қатты әсер етеді. Бұл жағдайда, құрамында  $\text{FeS}$  және  $\text{Cu}_2\text{S}$  мөлшері  $\text{ZnS}$  және  $\text{PbS}$  концентрациясынан бірнеше есе жоғары болатын, таза мыс штейндерін өндеу кезінде пайдаланылатын қоспалардың толық жойылуын бағалаудың қарапайым амалдары жарамсыз болады.

ӨМК-да шахталы қысқартылған балқыту штейндері қорғасынның жоғары мөлшермен сипатталады, ол кейде тіпті 30 % (масс.) дейін жетуі мүмкін. Штейнде қорғасынның жоғары концентрациясы мен конвертерлеу кезінде оның тәртібі, конвертерлі шлак пен қара мыс арасында асыл металдардың таралуына қатты әсер етуі керек.

Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу тәжірибесі нәтижелерінің көрсетуі бойынша, мыстың қара мысқа жоғары бөлінуі мен алынатын өнімдер сапасын жоғарылату сұрақтарының шешілуі осы уақытқа дейін ашық болып қалуда. Сұрақтың қарастырылуына қатысты қызығушылық, жартылай өнімдер мен қайтарма материалдарын жеке-жеке өндеу кезінде алынатын аралық өнім – штейнді өндеудің соңғы сатысы ретінде конвертерлеудің қарастырылу мүмкіндігімен туындады.

Сондықтан, конвертерлеу процесінде балқыту өнімдері арасында мыс, қорғасын, мышьяк пен сурьманың таралуын зерттеу, сонымен қатар қара мыс сапасына және шлактармен мыс жоғалымына әсер ететін факторларды анықтау мақсаты қойылды.

## 2 Технологиялық бөлім

### 2.1.1 Бастапқы мыс-қорғасын штейнінің рационалдық құрамы есебі

Есеп 100 кг мыс-қорғасын штейне жүргізіледі. Балқыту процесіне мынадай құрамды мыс-қорғасын штейні түседі, % (по массе): Cu-38,5; Zn-1,43; Pb-26,1; Fe-14,15; S-18,09; As-2,41; Sb-0,31; O<sub>2</sub>-1,42; басқалары – 0,8.

### 2.1.2 Кварцты кеннің рациональды құрамын есептеу

Темір тотығының мөлшері:  $G_{\text{FeO}} = G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} \cdot \frac{\mu_{\text{FeO}}}{\mu_{\text{Fe}}} = 1,28 \cdot \frac{71,85}{55,85} = 1,65 \text{ кг}$

Темір тотығындағы оттегінің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{FeO}} = G_{\text{FeO}} - G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} = 1,65 - 1,28 = 0,37 \text{ кг}$$

### 2 Кесте – Кварцты кеннің рациональды құрамы

Компонент	Fe	CaO	SiO <sub>2</sub>	O	Басқалары	Барлығы
FeO	6,5			1,86		6,94
CaO		3,75				5,04
SiO <sub>2</sub>			85			70
Басқалары					2,98	6,22
Барлығы	6,5	3,75	85	1,86	2,98	100,00

### 2.1.3 Конвертерлі шлак және кварцты кеннің мөлшері

Флюс және шлактың мөлшерін есептеу үшін, арнайы берілетін шлактың құрамы %: Cu-10,78; Fe-25,1; S-0,44; SiO<sub>2</sub> -21,08; Pb-24,43; Zn-1,25; As-0,77; Sb-0,47; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0,44; CaO-1,36; басқалары – 13,88.

Белгілейміз:  $x$  кг – 100 кг ыстық штейннен қалыптасқан конвертерлі шлактың мөлшері.

$y$  кг – қажетті кварцты кеннің мөлшері

Конвертерге түсетін темір, кг:

100 кг ыстық штейнде

15,15

$y$  кг кварцты кенде

$0,065 \cdot y$

Барлық түсетін темір

$(18,58 + 0,065 \cdot y)$

$x$  кг шлактағы темірдің мөлшері  $0,4883 \cdot x$  кг.

Темірдің шлакка толық бөліну теңдеуі (18):

$$18,58 + 0,065 \cdot y = 0,251 \cdot x \quad (16)$$

Конвертерге түсетін кремникышқылы, кг:

$y$  кг кварцты рудадан

$0,85 \cdot y$

Барлығы

$(0,85 \cdot y + 2,097)$

Конвертерлы шлакка өтетін барлық кремниқышқылының теңдеуі

$$0,85 \cdot y + 2,097 = 0,2108 \cdot x \quad (17)$$

(5) және (6) теңдеуін шеше отырып, шлак пен флюстің мөлшерін табамыз.

$$X = 73,02 \text{ кг}; y = 18,11 \text{ кг}$$

Ылғалдылығы 4 % болатынын ескере, кварцты кеннің мөлшері:  $y = 18,86$  кг.



3 Кесте – Бірінші мерзімнің материалдық балансы

Материалдар және бал. Өнімдері	Барлығы	Cu	Fe	Zn	Pb	As	Sb	S	O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	N	H <sub>2</sub> O	Басқалары	
Тиелді																
Штейн	100	35,50	15,15	1,42	26	2,81	0,71	15,09	2,42							0,9
Кремнийлік флюс	17,87		1,10						0,50	0,64		14,44		0,71		0,49
Ауа	99,19								22,99				76,20			
Барлығы	226,06	35,97	19,69	1,42	26,00	2,81	0,71	15,43	26,75	1,07	0,35	16,53	76,20	0,71		2,43
Алынды																
Қаралы мыс	28,12	27,13			0,33	0,19	0,18	0,03								0,25
Шлак	77,27	8,43	19,49	0,97	18,82	0,40	0,18	0,34	9,51	1,06	0,34	16,37				1,36
Газдар	119,04			0,44	6,84	2,21	0,34	15,06	17,24				76,20	0,71		
Шаң	0,67	0,27	0,20	0,01	0,003	0,002	0,002	0,0003		0,01	0,003	0,17				0,002
Күйінді	0,96	0,14														0,82
Барлығы	226,06	35,97	19,69	1,42	26,00	2,81	0,71	15,43	26,75	1,07	0,35	16,53	76,20	0,71		2,43

## 2.2 Конвертерлеу процесінің жылу балансы есебі

### 4 Кесте - Конвертердің жылу балансы

Келетін жылу			Кететін жылу		
	ккал	%		Ккал	%
Штейннің жылуы	22500,00	29,02	Қаралы мыстың жылуы	3509,46	4,53
Ауаның жылуы	1102,10	1,42	Шлақтың жылуы	26721,98	34,46
Темірдің тотығу реакциясының жылуы	23991,03	30,94	Газдың жылуы	29108,67	37,54
Күкірттің тотығу реакциясының жылуы	15172,96	19,57	Эндотермиялық реакциялардың жылуы	5305,79	6,84
Қорғасынның тотығу реакциясының жылуы	9088,51	11,72	Сыртқы ортаға жоғалатын жылу	10562,52	13,62
Мыстың тотығу реакциясының жылуы	2674,10	3,45	Үйлеспеушілік балансы	2326,48	3,00
Мырыштың тотығу реакциясының жылуы	1567,82	2,02			
Шлак тұзу жылуы	1438,37	1,86			
Барлығы	77534,90	100,00	Барлығы	77534,90	100,00

### **3 Мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу**

#### **3.1 Мыс және қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуы**

Конвертерлеудің соңғы өнімі – қара мыс сапасына әсер ететін негізгі компоненттер - мыс, қорғасын, мышьяк пен сурьма болып табылады. Қара мыста жоғарыда көрсетілген металдардың соңғы мөлшері негізінен өңдеуге түсетін штейн құрамымен анықталады деп санауға болады.

Конвертерлеу өнімдері арасында түсті металдар мен қоспалардың таралуы 5 кестеде көрсетілген.

Есептік деректерден көрініп тұрғандай, қара мысқа мыс бөлінуі төмен және 80 % деңгейінде тұр. Орнатылған төмен бөлінуі мыстың конвертерлі шлакқа жоғары (25 % дейін) таралуымен және қара мысқа мыстың төмен жаққа жалпы бөлінуіне әсерін тигізетін, оның шаңға біршама (5 % дейін) өтуімен түсіндіріледі.

Қара мысқа 1,5 % дейін қорғасын өтеді. Шаңға қорғасын бөлінуі төмен деңгейде тұр және 30 % құрайды. Қорғасынның жалпы мөлшерінің 70 % дейін көлемі конвертерлі шлакта шоғырланады, бұл конвертерлеу процесінің теориясымен жақсы үйлеседі. Конвертерлеу процесінде, штейнде кездесетін галенит қорғасын тотығы мен күкірт ангидридтің түзілуімен жеңіл тотығады. Күшті негіз бола отырып, қорғасын тотығы, жеңіл балқитын шлак түзе отырып, кремнеземмен жеңіл шлактанады.

Мырыш негізінен конвертерлі шлак және шаң арасында таралады. Бұл кезде оның негізгі бөлігі – 70 % дейін конвертерлі шлакта шоғырланады.

Мышьяк пен сурьманың таралуы біршама өзгеше. Конвертерлеу кезінде бұл қоспалар конвертерлі шлак, шаң және қара мыс арасында таралады. Мышьяқтың негізгі бөлігі – 80 % шаңға өтеді. Конвертерлі шлакта 14 % мышьяк шоғырланады және оның тек 6 % қара мысқа таралады.

Қара мысқа 25,6 % сурьма өтеді, бұл мышьяқтың ұқсас көрсеткішінен 4 есе жоғары. Сурьманың төмен айдалуы нәтижесінде конвертерлеу кезінде оның шаңға таралуы аз және небәрі 49 % құрайды. Сурьманың қалған бөлігі – 25 % дейін конвертерлі шлакта шоғырланады.

Металдардың байқалып отырған қайта таралуының көрсетуі бойынша, конвертерлеу кезінде металдар тәртібі тек штейн құрамына емес, оған қоса олардың штейндегі бастапқы кездесу түріне тәуелді болады. Қара мыста металдардың штейн құрамына сандық қатынасының орнатылуы тәжірибе үшін белгілі бір қызығушылықты көрсетеді.

Қойылған міндеттің шешілуін өнеркәсіптік деректердің статистикалық талдауы негізінде жүргізеді. Математикалық өңдеуге балқыту нәтижелері – штейн құрамдарының толық ауқымы және соларға сәйкес келетін қара мыс



5 Кесте – Конвертерлеу кезінде металдардың балқыма өнімдері арасында бөлініп таралуы

Наименование продуктов	К-во, тн.	%	Cu			Pb			Zn			As			Sb		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Түсірілген																	
Штейн	60,0	84,7	35,50	21,3	100	26	15,6	100	1,42	0,85	100	2,81	1,69	100	0,71	0,43	100
Кварцты флюс	10,8	15,3															
Барлығы	70,8	100	35,50	21,3	100	26	15,6	100	1,42	0,85	100	2,81	1,69	100	0,71	0,43	100
Алынған																	
Қаралы мыс	17,0	24,0	95,76	16,28	76,43	1,18	0,2	1,28				0,65	0,11	6,51	0,65	0,11	25,58
Конвертерлі шлак	46,0	65,0	10,52	4,86	22,82	24,44	11,29	72,37	1,26	0,58	68,24	0,52	0,24	14,2	0,24	0,11	25,58
Шаң, газ	7,8	11,0	2,05	0,16	0,75	52,69	4,11	26,35	3,46	0,27	31,76	17,18	1,34	79,29	2,69	0,21	48,84
Барлығы	70,8	100		21,3	100		15,6	100		0,85	100		1,69	100		0,43	100

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

6 Кесте – Бастапқы мыс-қорғасын және қаралы мыстың химиялық құрамы

№ Қос талдамалар	Штейннің құрамы, % мас.					Қаралы мыстың құрамы, % мас.				Металдардың бөлініп таралу коэффициенті, L <sub>Me</sub>			
	Cu	Pb	Fe	As	Sb	Cu	Pb	As	Sb	L <sub>Cu</sub>	L <sub>Pb</sub>	L <sub>As</sub>	L <sub>Sb</sub>
1	32,55	29,34	8,94	4,77	1,62	92	4,3	0,52	1,78	3,54	6,82	9,17	0,91
2	34,3	23,29	12,43	3,06	1,13	91,7	3,1	0,6	1,68	3,74	7,51	5,1	0,67
3	36,19	26,16	8,29	4,19	1,85	90,35	4,26	1,08	2,81	4	6,14	3,88	0,66
4	38,54	28,74	5,96	4,98	2,28	90,6	4,1	1,2	2,34	4,25	7,01	4,15	0,97
5	40,25	24,36	9,49	4,39	2,36	92,3	4,51	0,5	1,83	4,36	5,4	8,78	1,29
187	42,97	26,42	8,88	3,91	1,54	94,2	2,74	0,48	1,08	4,56	9,64	8,15	1,43



құрамдары ұшырайды. Таңдамалы деректер ауқымы 16 кестеде көрсетілген [6].

Қара мыста мыс мөлшері 92 - 95 % аралығында ауытқиды. Қара мыста мышьяк концентрациясы 0,6 - 1,5 % дейін өзгереді.

Қара мыста сурьма өзгерісі төмен – 0,2 - 0,7 %.

Бастапқыда қара мыста мыс мөлшерінің штейн құрамына тәуелділігі анықталды. Математикалық өңдеу нәтижесінде регрессия теңдеуі алынды, түрі келесідей:

$$[\text{Cu}]_{\text{Cu}} = 1,77[\text{Cu}] + 3,52[\text{Fe}], \quad r = 0,85, \quad (18)$$

мұнда,  $[\text{Cu}]_{\text{Cu}}$  – қаралы мыстағы мыстың құрамы, % мас.;

$[\text{Cu}]$ ,  $[\text{Fe}]$  – бастапқы штейндағы мыстың және темірдің мөлшері, % мас.

(18) теңдеу көрсетуі бойынша, қара мыста мыстың қорытынды мөлшері штейнде мыс пен темір мөлшеріне тікелей тәуелділігімен анықталады. Орнатылған тәуелділік таза мыс штейніне тән ұқсас тәуелділіктен ерекшеленеді [13-19], мұнда штейнде темір мөлшері ұлғайғанда қара металда мыс мөлшері төмендейді. Бәлкім, мыс-қорғасын штейнін өңдеу кезінде штейнде қорғасын мөлшерінің қара мыста қорытынды мыс мөлшеріне әсерін ескермеуге болмайды. Мұны жеткілікті жоғары корреляция коэффициентімен ( $r = 0,9$ ) ізделінді тәуелділікті сипаттайтын (27) теңдеу дәлелдейді.

$$[\text{Cu}]_{\text{Cu}} = 2,114[\text{Cu}] - 0,93[\text{Fe}] + 186,9([\text{Fe}] / [\text{Cu} + \text{Pb}]), \quad r = 0,90, \quad (19)$$

мұнда,  $[\text{Cu}]_{\text{Cu}}$  - қаралы мыстағы қорғасынның құрамы, % мас.;

$[\text{Cu}]$ ,  $[\text{Fe}]$ ,  $[\text{Pb}]$  – бастапқы штейндағы мыстың, қорғасынның және темірдің мөлшері, % мас.

(19) теңдеуден көрініп тұрғандай, штейнде түсті металдар мөлшері қара мыста мыс мөлшеріне әсер ететін, аса маңызды шама болып табылады. Штейнде қорғасын концентрациясы жоғарылаған кезде, қара металда мыстың соңғы мөлшері төмендейді. Штейнде темір мөлшерінің ұлғаюы соңғы өнімде мыс мөлшерін төмендетеді, бұл конвертерлеу процесінің теориясымен әбден үйлеседі және түсіндіріледі. Орнатылған заңдылық қара мыста соңғы мыс мөлшерін анықтап қана қоймай, соңғы өнімге мыс бөлінуін болжауға мүмкіндік береді.

Конвертерлеу кезінде қорғасын тәртібін талдау бойынша қара мыста соңғы қорғасын мөлшері штейнде түсті металдар мен темір мөлшерімен жеткілікті күшті корреляцияланады. Орнатылған тәуелділік келесі теңдеумен сипатталады.

$$[\text{Pb}]_{\text{Cu}} = 0,196[\text{Fe}] - 5,28 \cdot ([\text{Fe}] / [\text{Cu} + \text{Pb}]), \quad r = 0,80, \quad (20)$$

мұнда  $[\text{Pb}]_{\text{Cu}}$  – қаралы мыстағы қорғасынның құрамы, % мас.;

[Cu], [Fe], [Pb] – бастапқы штейндағы мыстың, қорғасынның және темірдің мөлшері, % мас.

Көрініп тұрғандай (20), қара мыста қорғасын мөлшері, штейнде түсті металдардың қосынды мөлшері ұлғайған сайын төмендейді. Конвертерлеу шарттарында темір мөлшерінің төмендеуі есебінен штейнде мыс пен қорғасын концентрациялары жоғарылаған кезде, қорғасынның ауқымды бөлігінің конвертерлі шлак пен шаңда шоғырлануымен, галениттің (PbS) аса толық тотығуын күтуге болады. Бұл кезде осы өнімдерге қорғасын жоғары өткен сайын, қара мыста оның қалдық мөлшері соншалықты төмен болады. Бұл көрініс металдардың таралуы бойынша нәтижелермен толық расталады, оған сәйкес қара мыста қорғасын мөлшері минималды және небәрі 1,3 % мас. жетеді (кесте 15).

Еске сала кетсек, шахтада қысқартылған балқыту штейндері қорғасынның жоғары мөлшерімен сипатталады, ол кейде 30 % мас дейін жетуі мүмкін. Штейнде қорғасынның жоғары концентрациясы және оның конвертерлеу кезінде тәртібі конвертерлі шлак және қара мыс арасында түсті металдар таралуына негізделген әсерін тигізу керек. Оны өнеркәсіптік деректер нәтижелері бойынша көру қиын емес. Балқыту-конвертерлеу тізбегінде конвертерлі шлақтың ары қарай циркуляциясы олардың балқыту өнімдері арасында «жағылуы» салдарынан жалпы жоғалымының ұлғаюына әкеледі. Тиімді шарттардың құрылуы – конвертерлеу кезінде қорғасынның аса толық айдалуы – оның шлакпен тікелей жоғалымын төмендетіп қана қоймай, конвертерлі шлак пен қара мыс арасында түсті металдардың оңтайлы таралуына әсер етуге мүмкіндік берер еді.

Штейн құрамына байланысты қара мыста мышьяк пен сурьма мөлшерін болжау үшін келесі регрессия теңдеулері анықталды:

$$[As]_{Cu} = 1,132 + 0,018[As], r = 0,87, \quad (21)$$

$$[As]_{Cu} = 0,013[Cu] + 1,132[Fe], \quad r = 0,91, \quad (22)$$

$$[As]_{Cu} = 0,042[Cu] - 0,183[Fe] + 9,59([Fe]/ [Cu+Pb]), \quad r = 0,93, \quad (23)$$

мұнда,  $[As]_{Cu}$  – қаралы мыстағы мышьяқтың құрамы, % мас.;

[As], [Cu], [Fe], [Pb] – штейндағы мыстың, қорғасынның, мышьяқтың және темірдің мөлшері, %.

$$[Sb]_{Cu} = 0,795 - 0,023[Sb], \quad r = 0,77, \quad (24)$$

$$[Sb]_{Cu} = -0,021[Cu] + 0,80[Fe], \quad r = 0,82, \quad (25)$$

$$[Sb]_{Cu} = 0,029[Cu] - 0,172[Fe] + 7,567([Fe]/ [Cu+Pb]), \quad r = 0,89, \quad (26)$$

мұнда,  $[Sb]_{Cu}$  – қаралы мыстағы сурьманың құрамы, % мас.;

[Sb], [Cu], [Fe], [Pb] – штейндағы мыстың, қорғасынның, сурьманың және темірдің мөлшері, %.

### **3.2 Мыс және қорғасынның конвертермен, шлакпен жоғалымы**

Жоғарыда көрсетілгендей, конвертерлеу процесі кезінде мыстың бір бөлігі жоғалатын негізгі өнім — конвертерлі шлак болып табылады. Мысты толық бөліп алу мақсатында, конвертерлі шлақты айналымға — шахталы пешке жіберіледі. Мұндай циркуляция нәтижесінде, мыстың және де пайдалы металдардың, шахталы балқыту және конвертерлеу өнімдері арасында «жағылып, таралуы» жүреді. Сонымен қатар, конвертерлі шлактарда кіріспе металдар мен қоспалардың мөлшері жоғары болғандықтан, ол, қаралы мыстың сапасына әсер ететін, қорғасын, мышьяк пен сурьманың жинақталу көзі болып табылады.

Мыс штейндерін өңдеу кезінде конвертерлі шлақтың шығуы, тиелетін штейн салмағынан, шамамен 45-50 %-ды құрайды. Егер, ондағы мыс, қорғасын, мышьяк пен сурьма мөлшері орташа есеппен, сәйкесінше, 2 %; 8 %; 0,3 % және 0,8 % құрайтындығын ескерсек, онда «балқыту — конвертерлеу» тізбегінде циркуляцияланатын, осы металдардың көлемін есептеу қиындық тудырмайды. Мәселен, ЕМЗ-да шахталы балқытудың шихта құрамында, тек айналмалы конвертерлі шлакпен, үнемі 4,25 т мыс, 12,4 т қорғасын, 0,45 т мышьяк және 1,3 т сурьма циркуляцияланады. Зауыт 160 үшін, тұрақты циркуляциядан қоспаларды шығару мәселесінің, шлактармен мыс жоғалымын төмендету сұрағымен қатар шешілуі маңыздылығын көрсетеді [24].

Шлакта мыс мөлшерінің жоғарлауы, күкірт мөлшерінің артуымен корреляциялатыны орнатылды. Сонымен, шлактағы күкірт мөлшерінің 1,2 %-дан 2,35 %-ға жоғарлауы, мыс мөлшерінің 2,3 %-дан 4,5 %-ға дейін күрт өсуіне әкеледі. Орнатылған дерек бойынша, конвертерлеу процесінде конвертерлеу өнімдері толық реттеліп, бөлек фазаға бөлінуіне және тәжірибе кезінде, үнемі қол жеткізу мүмкін еместігін көрсетеді. Осының нәтижесінде, конвертерден шығарылатын конвертерлі шлагы, ондағы мыстың механикалық жоғалымының есебінен, мыстың жоғары мөлшерімен сипатталады.

«Шлактармен бірге түсті металдардың жоғалымы» термині металдардың шлакқа өтуінің үш механизмін және шлактағы жоғалымының екі — механикалық және электрхимиялық формаларымен түсіндіреді. Электрхимиялық күйде металдың шлакқа өтуін екі механизммен, яғни еру және тотығумен өткен түсті металдар ионын жатқызуға болады [25].

### **3.3 Зерттеудің нәтижесі, талдау, ұсыныстар**

Материалдық және жылулық баланс есептеулері бойынша конвертер, конвертерлеу процесі үшін тиімсіз шарттарда жұмыс істейтінін көруге болады. Бұл 60 т/тәул тәуліктік өнімділігімен 100 кг штейн өндеудің баланстық уақытын есептеумен расталады.

Есептеулермен орнатылғандай, үрлеумен конвертерді пайдалану коэффициенті (КИКД) 60 % аспайды. Тәулігіне конвертер тек штейн үрлеу

бойынша небәрі 12-14 сағ жұмыс істейді. Осыдан төмен технологиялық көрсеткіштер шығады:

- тұрақсыз жылулық режимі
- мыс бойынша бай шлактар 9 % және одан жоғары
- Конвертерлеу өнімдері бойынша қоспалардың қанағаттанарлықсыз таралуы
- жылдам тозуынан (Футеровканың термиялық бұзылуы) конвертердің қысқа науқаны
- конвертерге қызмет көрсету үшін жоғары физикалық еңбек шығындары
- цех атмосферасына жоғары тасталындылар есебінен ауыр еңбек шарттары

Ұсыныстар:

Казцинктің нақты шарттары үшін, штейн өңделімі бойынша конвертерлік өңделім өнімділігін ұлғайту мүмкіндігі болмаған жағдайда келесі ұсыныстарды беруге болады:

– сұйық немесе газ тәрізді отынды жағу есебінен технологиялық тұрып қалу уақытында конвертердің аздап жағуын қамтамасыз ету

Бұл конвертер науқанын ұлғайтуға мүмкіндік береді.

Үрлеу барысында конвертердің жылулық режимін тұрақтандыру үшін бастапқыда не көмір не табиғи газ берген орынды.

– үрлеу үшін 23-25 % оттегімен байытылған үрлеуді пайдалану.

## **4 Қауіпсіздік және еңбекті қорғау**

### **4.1 Технологиялық процестің қоршаған ортаға келтіретін зияны**

Қара мыс өндірісінің балқыту цехында, цехтың экологиялық жағдайына әсер ететін негізгі зиян факторлар:

- штейн үрлеу кезінде шаң шығуы;
- еңіс конвертер пештерінің жұмысы барысында пеш қаптамасы мен аузы арқылы цех атмосферасына бөлінетін артық жылу мөлшері;
- күкірттің тотығуы кезінде түзілетін, құрамында SO<sub>2</sub> болатын газдардың бөлінуі болып табылады.

Цехта экологиялық таза жағдайды сақтау мақсатында келесі шаралар қарастырылған:

- балқыту кезінде газдар футерленген газ жүрісі арқысы рекуператорға және ары қарай газ-шаң тазалау жүйесіне бағытталады;
- балқыту шаңдары ұсталады және ШҚБ-ға балқытуға жіберіледі;
- мыс тотығу сатысында зиян бөлінулерді (газдар, шаң, артық жылу мөлшерін) окшаулау және өндірістік ғимараттан жою үшін, ауа тартқыш зонты мен бүйір сорғыштар түрінде жергілікті ауа тартқыш вентиляциясы қолданылады;
- бөлінетін газ жылуын жою үшін, бу энергиясын екіншілей қуат көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік беретін бу қазандары қолданылады. Цех ылғалдылығының ұлғаюын алдын алу үшін, тарата құю аппараттарында бу жою желдеткіштерін орнату қажет.

Қазіргі уақытта Пирс-Смит көлденең конвертерлерінде мыс штейндерін конвертерлеу ескірген әдіс болып саналады. Күрделі конструкциясына қарамастан, бірқатар артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Аса ауқымды артықшылығы бұл штейнде мыс мөлшерінің ұлғаюы есебінен цикл ұзақтығының қысқаруы болып табылады, демек бір конвертер өнімділігі ұлғаяды.

### **4.2 Қауіпті және зиянды факторларды анализдеу**

Онаев И. А атындағы ғылыми орталығын бекіткен зертханада келесідей 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 Экономикалық бөлім

Пайданы есептеу

а) Жылдық пайданы мына формуламен анықтаймыз:

$$\Pi = (B - \Theta K) \cdot D, \quad (27)$$

мұндағы B - көтерме бағасы;

$\Theta K$  - жобадағы өзіндік құны 1 тоннаға;

D – жылдық өндірістік бағдарламасы.

$$\Pi = (790000 - 735157,9) \cdot 190000 = 10419999000 \text{ теңге};$$

ә) Мемлекеттік салық:

$$\text{Мемлекеттік салық} = \Pi \cdot 15\% = 10419999000 \cdot 0,15 = 1562999850 \text{ теңге};$$

б) Таза пайда:

$$\text{Таза пайда} = \Pi - \text{мемл.салық}, \quad (28)$$

$$\text{Таза пайда} = 10419999000 - 1562999850 = 8856999150 \text{ теңге};$$

в) Өз бағасын өтеу мерзімі:

$$T = \frac{K_{\Gamma} + K_{\text{Ж}}}{\Pi_{\text{таза}}} = \frac{489563640 + 12463542}{8856999150} = 5,5 \approx 6 \quad (29)$$

г) Рентаб бельділік:

$$R = \frac{\Pi_{\text{таза}}}{OK} = \frac{8856999150}{9680932374} \cdot 100\% = 9,15\% . \quad (30)$$

Өнімнің өзіндік құны өндіріске өнімді дайындау және өткізу қанша тұратынын көрсетеді, ол өндірістің пайдаланған құралдарға, бекітілген жалақыны ақшалай түріндегі шығынын көрсетеді.

Бір тонна қаралы мыстың өзіндік құнының калькуляциясы.

– Шикізат және негізгі материалдар:

а) 1 тонна қаралы мысқа бос материалдық баланстан мыс штейнінің ШЫҒЫНЫ:

$$\frac{0,1*4}{0,04225} = 2,41 \text{ т}$$

Барлық өнімнің шығарылуына:  $130000 \times 2,41 = 31300 \text{ т}$ ;

б) 1 тонна қаралы мысқа қышқылданған кеннің шығыны:

– Қосымша материалдар:

а) Суық материалдар:  $\frac{0,007*1}{0,04525} = 0,015 \text{ т}$

– Қайтару:

а) Конвертерлі шлак, оның шығыны 1 тонна қара мысқа 0,0639 т құрайды.

Барлық өнімнің шығарылуына:  $130000 * 0,0639 = 8312,2 \text{ теңге}$ ;

б) Газдағы қышқыл, оның шығыны 1 тонна қаралы мысқа 0,02289 т құрайды.

Барлық өнімнің шығарылуына:  $130000 * 0,0016 = 208 \text{ т}$ .

– Энерго шығындар:

а) Бір тонна қаралы мысқа электр қуатының шығыны 116,8 кВт/сағ құрайды.

Барлық өнімнің шығарылуына:  $130000 * 116,8 = 15184000 \text{ кВт/сағ}$ ;

б) 1 тонна қаралы мысқа су шығыны 0,04 мың куб.м құрайды. Барлық өнімнің шығарылуына:  $130000 * 0,04 = 5200 \text{ мың куб.м}$ .

– Негізгі және қосымша жұмыскерлердің жалақысы:

а) Өндірістік жұмыскерлердің негізгі жалақысы 4941925,06 теңгені құрайды.

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{4941925,06}{130000} = 38,01 \text{ теңге}$ ;

б) Барлық өнімнің шығарылуына қосымша жалақы 7907080,011 теңгені құрайды.

1 тонна қаралы мысқа: 2121074,2 теңге.

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{790708,011}{130000} = 6,08 \text{ теңге}$ .

– Жабдықты қолдану және ұстау шығыны:

а) Барлық өнімнің шығарылуына амортизациялық шығымы 1178119,9 теңгені құрайды.

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{1178119,9}{130000} = 9,06 \text{ теңге}$ ;

б) Жабдықтарды ұстау шығыны барлық жабдықтардың құнынан 2% құрайды.

Барлық өнімнің шығарылуына:  $15941207,4 * 0,02 = 318824,4 \text{ теңге}$ .

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{4941925,06}{130000} = 38,01 \text{ теңге}$ ;

– Цехтың шығыны:

а) ИТЖ және НОП қызметкерлерінің жалақысы барлық өнім шығарылуына 708960 теңге құрайды.

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{708960}{130000} = 5,45 \text{ теңге}$ ;

б) 1 тонна қаралы мысқа социалды сақтандыруға шығыны (очисление):

$$\frac{708960}{130000} * 0,37 = 2,02 \text{ теңге}$$

в) Ғимараттың және құрылыстың барлық өнімінің шығарылуына амортизациялық шығыны (отчисления) – 788256 теңге құрайды.

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{788256}{130000} = 6,06$  теңге;

г) Ғимараттың және құрылыстың ұзақ жөндеу жұмыстарына және ұстауына шығарылатын шығын 1,5 тонна құрайды.

1,5%=472953,6 теңге. 1 тонна қаралы мысқа  $\frac{472953,6}{130000} = 3,64$  теңге;

д) Еңбекті қорғау шығыны жұмыскерлердің жалақысынан 10% құрайды, барлық шығарылатын өнімнен  $5732632,99 \cdot 0,1 = 573263,3$  теңге.

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{573263}{130000} = 4,41$  теңге;

е) Басқа да цехтың шығындары цехтың есептелген шығындарынан 10% құрайды. Барлық шығарылған өнімдерге:

$(708960 + 262315,2 + 788256 + 472953,6 + 573326,3) \cdot 0,1 = 280574,8$  теңге.

1 тонна қаралы мысқа  $\frac{280574,8}{130000} = 2,16$  теңге;

Дайын кірістің, өндірістік қордың пайдасы (рентабельность), капиталдық шығындарының өтелу мерзімі, келтірілген шығын есебі

Дайын кірісті табу:

$K_p = (U_0 - C_n)$ , қайта  $K_p$  – кіріс;

$U_0$  – 1 тонна қаралы мыстың (жалпы) бағасы;

$C_n$  – 1 тонна қаралы мыстың толық өзіндік бағасы;

$K_p = (117000 - 96140) = 20860$  теңге.

Барлық өнімнің шығарылуына:  $130000 \cdot 20860 = 2711800000$  теңге.

Өндірістік қордың пайдасын (рентабельность) табу:

$$R = \frac{Pr}{Cn} \cdot 100\%, \quad (31)$$

мұндағы  $R$  – пайда;

$$R = \frac{Pr}{Cn} \cdot 100\% = \frac{20860}{69140} \cdot 100 = 21,7;$$

Қайтару мерзімін белгілеу:

$$T = \frac{K_{салу}}{K_p}, \quad (32)$$

мұндағы  $T$  – қайтару мерзімі;

$K_{салу}$  – капиталдық салу;

$K_p$  – барлық өнім шығарылудағы кіріс;

$$T = \frac{1797144700}{2711800000} = 7 \text{ жыл.}$$

## ҚОРЫТЫНДЫ

Мыс-қорғасын штейндерді конвертерлеу процесі кезінде, құрамындағы қоспалардың мөлшері өте жоғары. Сондықтан, сапалы қаралы мыс алу кезінде белгілі бір қиындықтардың пайда болу себептері теориялық жақтан қарастырылды.

Химиялық және фазалық құрамы күрделі штейндерді конвертерлеу кезінде, балқыту өнімдерінің арасында базалы металдар мен қоспалардың қолайлы бөлініп таралуына қол жеткізу мүмкін емес. Сол себепті, конвертерлеу кезінде металдардың бөлініп таралуы бойынша қолайлы көрсеткіштерге қол жеткізу үшін, не конвертерлеуге дейін штейн сапасын жақсарту керек, не конвертерлеу процесін жүргізу кезінде өнімдердің сапасын арттыруын қамтамасыз ететін, қосымша технологиялық шараларды қарастыру қажет.

Математикалық моделдеу нәтижелері бойынша, қаралы мыс сапасын, штейн құрамын реттеу жолдары арқылы жақсартуға болатындығын қорытындылауға болады. Демек, қаралы мыста мышьяк пен сурьманың соңғы мөлшерінің төмендеуіне, штейндегі темір мөлшерін жоғарлатумен қол жеткізуге болады. Бірақ, темірлі штейндермен жұмыс істеу, экономикалық тұрғыдан тиімсіз. Бұл, кварцты флюстың шығынының жоғарлауына және бірінші мерзім ұзақтығының артуына, яғни агрегаттың өнімділігін төмендете отырып, жалпы конвертерлеу процесінің жұмыс істеу уақытының ұзаруына әкеледі. Сондықтан, мыс сапасының жоғарлауын қамтамасыз ететін басқа шешім іздеу керек екендігін көрсетеді.

Конвертерлеу процесінің материалдық және жылулық баланстары толығымен есептелінді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Досмұхамедов Н.Қ., Даулетбақов Т.С., Егізекөв М.Ғ. Қазақстан мыс өндірісінің экологиялық қауіпсіздігін ықшамдау. Монография - Алматы: "DPS" баспасы, 2011, - 188 б.
- 2 Досмұхамедов Н.Қ., Даулетбақов Т.С.. Қазақстан мыс өндірісінің даму стратегиясы. Монография - Алматы: - Алматы: Изд-во «DPS», 2010, - 276 б.
- 3 Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. –Металлургия, 1988, - 432 б.
- 4 Квятковский А.Н., Онаев И.А., Шаукенбаева З.Т. и др. //- Изв АН Каз.ССР, Сер. Хим., 1964, № 3, - 39-45 б.
- 5 Ванюков А. В., Зайцев В. Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. М.: Metallurgia, 1969, - 389 б.
- 6 Ванюков А.В., Быстров В.П., Васкевич А.Д. и др. Плавка в жидкой ванне. М.: Metallurgia, 1988. - 208 б.
- 7 Досмухамедов Н.К. Физико-химические основы совершенствования технологии переработки медного и полиметаллического сырья. М.: Руда и металлы, 2002, - 212 б.
- 8 Цесарский В. С., Ванюков А. В., Зайцев В. Я. Влияние состава штейна на растворимость цветных металлов в шлаке при плавке медно-никелевого сырья // Цветные металлы, 1980, №10, - 59-61 б.
- 9 Есин О. А., Гельд П. В. Физическая химия пирометаллургических процессов. М.: Metallurgia. Ч.2, 1965. - 703 б.
- 10 Липин Б.В. О форме потерь цветных металлов со шлаками. Цветные металлы, 1957, № 9, - 31-33 б.
- 11 Шмонин Ю.Б. Пирометаллургическое обеднение шлаков цветной металлургии. – М: «Металлургия», 1981, - 132 б.
- 12 Аветисян Х.К. Металлургия черновой меди. –М.: Metallurgizdat, 1954, - 466 б.
- 13 Ванюков А. В. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. Ч. I. -Алма-Ата: Наука, 1980, - 272 б.
- 14 Васкевич А. Д. Некоторые физико-химические и технологические особенности плавки сульфидных концентратов в жидкой ванне: Дис. ... канд. техн. наук. -М., 1981, - 176 б.
- 15 Ванюков А. В., Зайцев В. Я., Цесарский В. С. Потери металлов со шлаком при автогенных плавках. // Цветные металлы, 1977, № 3, - 7-10 б.
- 16 Сорокин М. Л., Досмухамедов Н. К., Васкевич А. Д. Равновесное давление кислорода и серы в газовых смесях // Компл. исп. минер. сырья. 1983, № 5, - 79-81 б.
- 17 Ванюков А. В., Зайцев В. Я. Теория пирометаллургических процессов. М.: Metallurgia, 1973, - 504 б.
- 18 Зайцев В.Я., Цесарский В.С., Васкевич А.Д. и др. – Исследования процессов получения тяжелых цветных и благородных металлов: Науч.тр./МИСиС. М.: Metallurgia, 1976, № 91, - 17-28 б.

- 19 Nagamori M., Mackey P.J., Tarassoff P. // *Met.Trans.*, 1975, ser.B. v.6B, p.295-301.
- 20 Taylor J.P., Jeffes I.H.E. // *Trans. Inst. Min. Met.*, 1975, v.84, p.18-24.
- 21 Elliot B.J., See J.B. // *Trans. Inst. Min. Met.*, 1978, v.87, p.204-211.
- 22 Ванюков В. А. К вопросу о сродстве элементов при высоких температурах. М.: *Металлургия*, 1961.
- 23 Ванюков А. В., Одинец З. К. К вопросу о распределении металлов между штейном и шлаком // *Изв. вузов. Цветная металлургия*. 1960. №1.
- 24 Ванюков А. В., Одинец З. К. О форме потерь металлов со шлаками. – *Изв. вузов. Цветная металлургия*. 1958. № 5.
- 25 Цесарский В. С., Ванюков А. В., Зайцев В. Я. Влияние состава штейна на растворимость цветных металлов в шлаке при плавке медно-никелевого сырья // *Цветные металлы*, 1980, №10, -59-61 б.
- 26 Ланге А. Выделение взвешенных частиц металлов и их соединений из шлаков Мансфельдского завода. *Экспресс-информация ЦИИН ЦМ*, 1959, № 42, -165-168 б.
- 27 Yazawa A. *Fundamental studies on the Copper Smelting* // *Tech. Repts. Tohoku University*. 1956. V.21. P. 31-50.
- 28 Чижиков Д. М., Дейнека С. С. О взаимодействии сульфида меди с цинксодержащими силикатными расплавами // *ДАН СССР*. 1962. Т.143, № 2.
- 29 Rosengvist T. *Some Studies on the Thermodynamic of Copper Mattes and their equilibrium with Iron Silicate Slag* // *Trans. AIME*.1951. v.191. P. 535-540.



## А Қосымшасы

### Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процесінің материалдық балансының есебі

ЖШС «Казцинк» жағдайында мыс-қорғасын штейндерінің рационалдық есептеуі 100 кг штейнге есептелінді. ШҚБ пешінен алынған мыс-қорғасын штейннің құрамын, % (массасы бойынша): Cu-38,5; Zn-1,42; Pb-19,3; Fe-17,15; S-17,09; As-2,81; Sb-0,71; O<sub>2</sub>-2,12; басқалары – 0,9.

Сонымен қатар балқытуға жіберілетін кварцты кеннің құрамы, %: Fe-6,5; SiO<sub>2</sub>-80; CaO-3,75; O<sub>2</sub>-1,86; басқалары – 2,89. Кварцты кеннің ылғалдылығы 4 %.

Штейннің есептелінген минералогиялық құрамы:

Минералогиялық құрамы бойынша, мыстың 80 %-ы халькозин, 20 %-ы интерметаллид және фиррит түрінде табылады. Ал қорғасынның 50 %-ы галенит және қалғаны бос күйінде кездеседі.

Штейндегі халькозин мөлшері:

$$G_{\text{Cu}_2\text{S}} = G_{\text{Cu}} \cdot \frac{0,8 \cdot \mu_{\text{Cu}_2\text{S}}}{2 \cdot \mu_{\text{Cu}}} = 38,5 \cdot \frac{0,8 \cdot 159,15}{2 \cdot 63,54} = 38,57 \text{ кг.}$$

Халькозиндегі күкүрт мөлшері:

$$G_{\text{S}}^{\text{Cu}_2\text{S}} = G_{\text{Cu}_2\text{S}} \cdot \frac{\mu_{\text{S}}}{\mu_{\text{Cu}_2\text{S}}} = 38,57 \cdot \frac{32,07}{159,12} = 7,77 \text{ кг.}$$

Қалдық мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{Oст}} = G_{\text{Cu}}^{\text{Агл}} - (G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_2\text{S}} - G_{\text{S}}^{\text{Cu}_2\text{S}}) = 38,5 - (38,57 - 7,77) = 7,70 \text{ кг.}$$

Мыстың 15 % мыс (IV) арсениді түрінде.

Мыс (IV) арсенидіндегі мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_3\text{As}} = G_{\text{Cu}}^{\text{Агл}} \cdot 0,15 = 38,5 \cdot 0,15 = 5,78 \text{ кг.}$$

Мыс арсенидінің мөлшері:

$$G_{\text{Cu}_3\text{As}} = G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_3\text{As}} \cdot \frac{\mu_{\text{Cu}_3\text{As}}}{3 \cdot \mu_{\text{Cu}}} = 5,78 \cdot \frac{265,54}{3 \cdot 63,54} = 8,04 \text{ кг.}$$

Мыс арсенидіндегі мышьяқтың мөлшері:

$$G_{\text{As}}^{\text{Cu}_3\text{As}} = G_{\text{Cu}_3\text{As}} - G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_3\text{As}} = 8,04 - 5,78 = 2,09 \text{ кг.}$$

Қалған мышьяқтың мөлшері:

Мыстың 5%-ы мыс ферриті түрінде.

Мыс ферритіндегі мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{CuFe}_2\text{O}_4} = G_{\text{Cu}}^{\text{Oст}} - G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_3\text{As}} = 7,70 - 5,78 = 0,54 \text{ кг.}$$

Мыс ферритінің мөлшері:

$$G_{\text{CuFe}_2\text{O}_4} = G_{\text{Cu}}^{\text{CuFe}_2\text{O}_4} \cdot \frac{\mu_{\text{CuFe}_2\text{O}_4}}{\mu_{\text{Cu}}} = 1,92 \cdot \frac{239,24}{63,54} = 7,25 \text{ кг.}$$

Мыс ферритіндегі темірдің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{CuFe}_2\text{O}_4} = G_{\text{CuFe}_2\text{O}_4} \cdot \frac{2 \cdot \mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{Cu}}} = 7,25 \cdot \frac{2 \cdot 55,85}{63,54} = 3,38 \text{ кг.}$$

Мыс ферритіндегі оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{CuFe}_2\text{O}_4} = G_{\text{CuFe}_2\text{O}_4} - G_{\text{Cu}}^{\text{CuFe}_2\text{O}_4} - G_{\text{Fe}}^{\text{CuFe}_2\text{O}_4} = 7,25 - 1,92 - 3,38 = 1,94 \text{ кг.}$$

## А Қосымшасының жалғасы

Штейндегі галениттің мөлшері:

$$G_{\text{PbS}} = G_{\text{Pb}}^{\text{Агл}} \cdot \frac{0,5 \cdot \mu_{\text{PbS}}}{\mu_{\text{Pb}}} = 19,3 \cdot \frac{0,5 \cdot 239,27}{207,2} = 11,14 \text{ кг.}$$

Галениттегі күкүрттің мөлшері:

$$G_{\text{S}}^{\text{PbS}} = G_{\text{PbS}} \cdot \frac{\mu_{\text{S}}}{\mu_{\text{PbS}}} = 14,11 \cdot \frac{32,07}{239,27} = 1,49 \text{ кг.}$$

Штейндегі сфалериттің мөлшері:

$$G_{\text{ZnS}} = G_{\text{Zn}}^{\text{Агл}} \cdot \frac{\mu_{\text{ZnS}}}{\mu_{\text{Zn}}} = 1,42 \cdot \frac{97,46}{65,39} = 2,12 \text{ кг.}$$

Сфалериттегі күкүрттің мөлшері:

$$G_{\text{S}}^{\text{ZnS}} = G_{\text{ZnS}} - G_{\text{Zn}}^{\text{Агл}} = 2,12 - 1,42 = 0,70 \text{ кг.}$$

Пиротинмен байланысты күкүрттің қалған мөлшері:

$$G_{\text{S}}^{\text{FeS}} = G_{\text{S}} - G_{\text{S}}^{\text{Cu}_2\text{S}} - G_{\text{S}}^{\text{PbS}} - G_{\text{S}}^{\text{Агл}} = 17,09 - 7,77 - 1,49 - 0,70 = 7,13 \text{ кг.}$$

Пирротиндегі темірдің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{FeS}} = G_{\text{S}}^{\text{FeS}} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{S}}} = 7,13 \cdot \frac{55,85}{32,07} = 12,41 \text{ кг.}$$

Штейндегі пирротиннің мөлшері:

$$G_{\text{FeS}} = G_{\text{S}}^{\text{FeS}} \cdot \frac{\mu_{\text{FeS}}}{\mu_{\text{S}}} = 7,13 \cdot \frac{87,92}{32,07} = 19,54 \text{ кг.}$$

Штейндегі темір (II) арсенидінің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}_3\text{As}_2} = G_{\text{As}}^{\text{Oст}} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}_3\text{As}_2}}{2 \cdot \mu_{\text{As}}} = 0,54 \cdot \frac{317,39}{2 \cdot 74,92} = 1,14 \text{ кг.}$$

Темір (II) арсенидіндегі темірдің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{As}_2} = G_{\text{Fe}_3\text{As}_2} - G_{\text{As}}^{\text{Oст}} = 1,14 - 0,54 = 0,60 \text{ кг.}$$

Штейндегі темір антимонидінің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}_3\text{Sb}_2} = G_{\text{Sb}}^{\text{Агл}} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}_3\text{Sb}_2}}{2 \cdot \mu_{\text{Sb}}} = 0,71 \cdot \frac{411,05}{2 \cdot 121,75} = 1,20 \text{ кг.}$$

Темір антимонидінің құрамындағы темірдің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{Sb}_2} = G_{\text{Fe}_3\text{Sb}_2} - G_{\text{Sb}}^{\text{Агл}} = 1,20 - 0,71 = 0,49 \text{ кг.}$$

Штейндегі бос қоғасының мөлшері:

$$G_{\text{Pb}}^{\text{Своб}} = G_{\text{Pb}}^{\text{Агл}} - (G_{\text{PbS}} - G_{\text{S}}^{\text{PbS}}) = 19,3 - (11,14 - 1,49) = 9,65 \text{ кг.}$$

Магнетиттегі темірдің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} = G_{\text{Fe}}^{\text{Агл}} - G_{\text{Fe}}^{\text{FeS}} - G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{As}_2} - G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{Sb}_2} - G_{\text{Fe}}^{\text{CuFe}_2\text{O}_4} = 17,15 - 12,41 - 0,6 - 0,49 - 3,38 = 0,26 \text{ кг.}$$

Штейндегі темірдің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}_3\text{O}_4}}{3 \cdot \mu_{\text{Fe}}} = 0,26 \cdot \frac{231,55}{3 \cdot 55,85} = 0,36 \text{ кг.}$$

А. 1 Кесте – Мыс штейнінің рационалдық құрамы

Компонент	Cu	Fe	Pb	Zn	As	Sb	S	O <sub>2</sub>	Басқалары	Барлығы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cu <sub>2</sub> S	30,8						7,77			38,57

## А Қосымшасының жалғасы

### А. 1 Кестенің жалғасы

FeS		12,41					7,13			19,54
PbS			9,65				1,49			11,14
CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,92	3,38						1,94		7,25
Cu <sub>3</sub> As	5,78				2,27					8,04
ZnS				1,42			0,7			2,12
Fe <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub>		0,49				0,71				1,2
Fe <sub>3</sub> As <sub>2</sub>		0,6			0,54					1,14
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		0,26						0,1		0,36
Pb			9,65							9,65
Басқалары									0,9	0,9
Барлығы	38,50	17,15	19,3	1,42	2,81	0,71	17,09	2,04	0,9	100,00

Кварцты кеннің рационалдық құрамының есебі

$$\text{Темір (II) тотығының мөлшері: } G_{\text{FeO}} = G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} \cdot \frac{\mu_{\text{FeO}}}{\mu_{\text{Fe}}} = 1,28 \cdot \frac{71,85}{55,85} = 1,65 \text{ кг.}$$

Темір (II) тотығындағы оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{FeO}} = G_{\text{FeO}} - G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} = 1,65 - 1,28 = 0,37 \text{ кг.}$$

А. 2 Кесте – Кварцты кеннің рационалдық құрамы (ылғалдылығын ескермегенде)

Компонент	Fe	CaO	SiO <sub>2</sub>	O	Басқалары	Барлығы
FeO	6,5			1,86		6,94
CaO		3,75				5,04
SiO <sub>2</sub>			85			70
Басқалары					2,98	6,22
Барлығы	6,5	3,75	85	1,86	2,98	100,00

### Конвертерлеудің I мерзіміндегі материалдық балансының есебі

Конвертерлік шлак пен кварцты кеннің мөлшері:

Флюс пен шлактың мөлшерін есептеу үшін, арнайы бір шлак құрамы беріледі, % : Cu-10,78; Fe-25,1; S-0,44; SiO<sub>2</sub>-21,08; Pb-24,43; Zn-1,25; As-0,77; Sb-0,47; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0,44; CaO-1,36; басқалары – 13,88.

Қабылдаймыз:  $x$  кг – конвертерлік шлактың құрамы, түзілген 100 кг штейнге;

$y$  кг – қажетті кварцты флюстың мөлшері.

Конвертерге түсетін темір, кг:

100 кг штейннен

17,15

$y$  кг кварцты кеннен

$0,065 \cdot y$

Түсетін барлық темір

$(17,15 + 0,065 \cdot y)$

$x$  кг шлактағы  $0,4883 \cdot x$  кг темір мөлшері:

Темірдің шлакқа толық бөлінуінің теңдеуі осындай болу керек:

## А Қосымшасының жалғасы

$$17,15 + 0,065 \cdot y = 0,251 \cdot x. \quad (A 1)$$

Конвертерге түсетін кремний, кг:

у кг кварцты кеннен

$$0,85 \cdot y$$

Барлық түскен өнім

$$(0,85 \cdot y + 2,097)$$

Конвертерлі шлакқа барлық кремнидің толығымен өту теңдеуі осындай болу керек:

$$0,85 \cdot y + 2,097 = 0,2108 \cdot x. \quad (A 2)$$

(А 1) пен (А 2) теңдеулерді шеше отырып шлак пен флюстын мөлшерін табамыз:

$$X = 73,02 \text{ кг}; y = 18,11 \text{ кг}.$$

Кварцты кеннің 4 % ылғалдылығын ескере отырып, мөлшері  $y = 18,86$  кг.

Конвертерлі шлақтың құрамы мен мөлшерін анықтау есебі.

Конвертерлі шлактағы барлық күкірт  $\text{Cu}_2\text{S}$  түрінде, ал қалған мыс  $\text{Cu}_2\text{O}$  түрінде болады.

Шлактағы мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{шл}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Cu})}{100} = 78,43 \cdot \frac{10,78}{100} = 8,45 \text{ кг}.$$

Шлактағы халькозиннің мөлшері

$$G_{\text{Cu}_2\text{S}} = G_{\text{S}}^{\text{шл}} \cdot \frac{\mu_{\text{Cu}_2\text{S}}}{\mu_{\text{S}}} = 0,34 \cdot \frac{159,15}{32,07} = 1,69 \text{ кг}.$$

Халькозиндегі мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_2\text{S}} = G_{\text{Cu}_2\text{S}} - G_{\text{S}}^{\text{шл}} = 1,69 - 0,34 = 1,35 \text{ кг}.$$

Қалған мыс тотық түрде болуын ескере отырып,  $\text{Cu}_2\text{O}$  мөлшерін табамыз:

Мыс тотығындағы мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_2\text{O}} = G_{\text{Cu}}^{\text{шл}} - G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_2\text{S}} = 8,45 - 1,35 = 7,10 \text{ кг}.$$

Шлактағы мыс тотығының мөлшері:

$$G_{\text{Cu}_2\text{O}} = G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_2\text{O}} \cdot \frac{\mu_{\text{Cu}_2\text{O}}}{2 \cdot \mu_{\text{Cu}}} = 7,10 \cdot \frac{143,08}{2 \cdot 63,54} = 8 \text{ кг}.$$

Мыс тотығындағы оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{Cu}_2\text{O}} = G_{\text{Cu}_2\text{O}} - G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_2\text{O}} = 8 - 7,10 = 0,90 \text{ кг}.$$

Шлактағы темірдің мөлшері:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{шл}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Fe})}{100} = 78,43 \cdot \frac{25,1}{100} = 19,69 \text{ кг}.$$

Ковертерлік шлактағы магнетиттің мөлшері 15 %.

Шлактағы магнетит мөлшері:

$$G_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Fe}_3\text{O}_4)}{100} = 78,43 \cdot \frac{15}{100} = 11,76 \text{ кг}.$$

Магнетиттегі темірдің мөлшері:

## А Қосымшасының жалғасы

$$G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} = G_{\text{Fe}_3\text{O}_4} \cdot \frac{3 \cdot \mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{Fe}_3\text{O}_4}} = 11,76 \cdot \frac{3 \cdot 55,85}{231,55} = 8,51 \text{ кг.}$$

Магнетиттегі оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} = G_{\text{Fe}_3\text{O}_4} - G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 11,76 - 8,51 = 3,25 \text{ кг.}$$

Темір (II) тотығындағы темір мөлшері:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} = G_{\text{Fe}}^{\text{шл}} - G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 19,69 - 8,51 = 11,17 \text{ кг.}$$

Темір тотығындағы оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{FeO}} = G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{FeO}}} = 11,17 \cdot \frac{16}{55,85} = 3,20 \text{ кг.}$$

Шлактағы темір тотығының мөлшері:

$$G_{\text{FeO}} = G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} + G_{\text{O}}^{\text{FeO}} = 11,17 + 3,20 = 14,37 \text{ кг.}$$

Қорғасын тотығындағы қорғасынның мөлшері:

$$G_{\text{Pb}}^{\text{шл}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Pb})}{100} = 78,43 \cdot \frac{24,43}{100} = 19,16 \text{ кг.}$$

Шлактағы қорғасын тотығының мөлшері:

$$G_{\text{PbO}} = G_{\text{Pb}}^{\text{шл}} \cdot \frac{\mu_{\text{PbO}}}{\mu_{\text{Pb}}} = 19,16 \cdot \frac{223,2}{207,2} = 20,64 \text{ кг.}$$

Қорғасын тотығындағы оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{PbO}} = G_{\text{PbO}} - G_{\text{Pb}}^{\text{шл}} = 20,64 - 19,16 = 1,48 \text{ кг.}$$

Мырыш тотығындағы мырыштың мөлшері:

$$G_{\text{Zn}}^{\text{шл}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Zn})}{100} = 78,43 \cdot \frac{1,25}{100} = 0,98 \text{ кг.}$$

Шлактағы мырыш тотығының мөлшері:

$$G_{\text{ZnO}} = G_{\text{Zn}}^{\text{шл}} \cdot \frac{\mu_{\text{ZnO}}}{\mu_{\text{Zn}}} = 0,98 \cdot \frac{81,39}{65,39} = 1,22 \text{ кг.}$$

Мырыш тотығындағы оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{ZnO}} = G_{\text{ZnO}} - G_{\text{Zn}}^{\text{шл}} = 1,22 - 0,98 = 0,24 \text{ кг.}$$

Мышьяк тотығындағы мышьяқтың мөлшері:

$$G_{\text{As}}^{\text{шл}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{As})}{100} = 78,43 \cdot \frac{0,77}{100} = 0,60 \text{ кг.}$$

Шлактағы мышьяк тотығының мөлшері:

$$G_{\text{As}_2\text{O}_5} = G_{\text{As}}^{\text{шл}} \cdot \frac{\mu_{\text{As}_2\text{O}_5}}{2 \cdot \mu_{\text{As}}} = 0,60 \cdot \frac{229,84}{2 \cdot 74,92} = 0,93 \text{ кг.}$$

Мышьяк тотығындағы оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{As}_2\text{O}_5} = G_{\text{As}_2\text{O}_5} - G_{\text{As}}^{\text{шл}} = 0,93 - 0,60 = 0,33 \text{ кг.}$$

Сурьма тотығындағы сурьманың мөлшері:

$$G_{\text{Sb}}^{\text{шл}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Sb})}{100} = 78,43 \cdot \frac{0,47}{100} = 0,37 \text{ кг.}$$

Шлактағы сурьма тотығының мөлшері:

$$G_{\text{Sb}_2\text{O}_5} = G_{\text{Sb}}^{\text{шл}} \cdot \frac{\mu_{\text{Sb}_2\text{O}_5}}{2 \cdot \mu_{\text{Sb}}} = 0,37 \cdot \frac{323,5}{2 \cdot 121,75} = 0,49 \text{ кг.}$$

Сурьма тотығындағы оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{Sb}_2\text{O}_5} = G_{\text{Sb}_2\text{O}_5} - G_{\text{Sb}}^{\text{шл}} = 0,49 - 0,37 = 0,12 \text{ кг.}$$

## А Қосымшасының жалғасы

Шлактағы кальций тотығының мөлшері:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{CaO})}{100} = 78,43 \cdot \frac{1,36}{100} = 1,07 \text{ кг.}$$

Шлактағы алюминий тотығының мөлшері:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Al}_2\text{O}_3)}{100} = 78,43 \cdot \frac{0,44}{100} = 0,35 \text{ кг.}$$

Шлактағы кремний тотығының мөлшері:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{SiO}_2)}{100} = 78,43 \cdot \frac{21,08}{100} = 16,53 \text{ кг.}$$

Шлактағы басқа қоспалардың мөлшері:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{(\text{Прочие})}{100} = 78,43 \cdot \frac{1,75}{100} = 1,37 \text{ кг.}$$

Ақ маттың құрамы мен мөлшерін анықтау есебі

Конвертерге түсетін халькозин, кг:

100 кг штейннан 35,57

Барлығы 35,86

Конвертерлік шлактан бөлініп алынады: 1,69

Ақ матта қалады: 34,17

## А Қосымшасының жалғасы

А. 3 Кесте – Конвертерлік шлақтың құрамы мен мөлшері

Құрамы	Cu	Fe	Pb	Zn	As	Sb	O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	S	Басқалар	Барлығы, кг	Барлығы , %
Cu <sub>2</sub> O	7,10						0,90						8,01	10,20
FeO		11,17					3,20						14,37	18,33
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		8,51					3,25						11,76	15,00
PbO			19,16				1,48						20,64	26,32
ZnO				0,98			0,24						1,22	1,56
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					0,60		0,32						0,93	1,18
Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>						0,37	0,12						0,49	0,62
SiO <sub>2</sub>										16,53			16,53	21,08
Cu <sub>2</sub> S	1,35										0,34		1,69	2,16
CaO								1,07					1,07	1,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									0,35				0,35	0,44
Басқалары												1,37	1,37	1,75
Барлығы,кг	8,45	19,69	19,16	0,98	0,60	0,37	9,51	1,07	0,35	16,53	0,34	1,37	78,43	100,00
Барлығы,%	10,78	25,10	24,43	1,25	0,77	0,47	12,13	1,36	0,44	21,08	0,43	1,75	100	

## А Қосымшасының жалғасы

Халькозиндегі мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{Cu}_2\text{S}} = G_{\text{Cu}_2\text{S}} \cdot \frac{2 \cdot \mu_{\text{Cu}}}{\mu_{\text{Cu}_2\text{S}}} = 34,17 \cdot \frac{2 \cdot 63,54}{159,15} = 27,28 \text{ кг.}$$

Халькозиндегі күкүрттің мөлшері:

$$G_{\text{S}}^{\text{Cu}_2\text{S}} = G_{\text{Cu}_2\text{S}} - G_{\text{Cu}} = 34,17 - 27,28 = 6,88 \text{ кг.}$$

Ақ матт түзетін  $\text{Cu}_2\text{S}$  жалпы мөлшері:

$$G_{\text{Cu}_2\text{S}}^{\text{Общ}} = G_{\text{Cu}_2\text{S}} + G_{\text{Cu}}^{\text{Хол.обор}} = 34,17 + 0,23 = 34,40 \text{ кг.}$$

Ақ матта мыс пен күкірттің қосындысы 97% және қоспалардың мөлшері 3% құрайды. Ақ маттың мөлшері:

$$G_{\text{а.м}} = \frac{G_{\text{Cu}_2\text{S}}^{\text{бар}}}{0,97} = \frac{34,40}{0,97} = 35,47 \text{ кг.}$$

Ақ маттағы басқа қоспалардың мөлшері:

$$G_{\text{басқалары}}^{\text{а.м}} = G_{\text{б.м}} \cdot 0,03 = 35,47 \cdot 0,03 = 1,06 \text{ кг.}$$

А. 4 Кесте – Ақ маттың мөлшері мен құрамы

Компонеттер	Cu	S	Басқалары	Барлығы, кг
Cu	0,23			0,23
$\text{Cu}_2\text{S}$	27,28	6,88		34,17
Басқалары			1,06	1,06
Барлығы	27,52	6,88	1,06	35,47

Темір, мырыш, қорғасын, мышьяк және сурьманың тотығуы

Конвертерлі шлакта темір магнетит түрінде кездеседі:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} = G_{\text{Fe}_3\text{O}_4} \cdot \frac{3 \cdot \mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{Fe}_3\text{O}_4}} = 11,76 \cdot \frac{3 \cdot 55,85}{231,55} = 8,51 \text{ кг.}$$

Штейнмен магнетит түрінде енгізілетін темір  $G_{\text{Fe}}^{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 1,66 \text{ кг.}$

Темір магнетит түрінде процеске түседі: 1,66 кг.

Оттегісімен үрлеу кезінде магнетитке дейін тотығатын темір:  $8,51 - 1,68 = 6,84 \text{ кг.}$

(А.3) реакция бойынша темір тотығуына қажетті оттегі мөлшері



құрайды:  $G_{\text{O}} = G_{\text{Fe}} \cdot \frac{4 \cdot \mu_{\text{O}}}{3 \cdot \mu_{\text{Fe}}} = 11,76 \cdot \frac{4 \cdot 16}{3 \cdot 55,85} = 2,61 \text{ кг.}$

Ковертерлі шлакта темірдің FeO түрде:

$$G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} = G_{\text{Fe}}^{\text{шл}} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{FeO}}} = 14,37 \cdot \frac{55,85}{71,55} = 11,17 \text{ кг.}$$

Кварцты кенмен бірге темір FeO түрінде түседі :



## А Қосымшасының жалғасы

$$G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} = G_{\text{Кв.фл}} \cdot \frac{C_{\text{Fe}}}{100} = 16,98 \cdot \frac{6,5}{100} = 1,10 \text{ кг.}$$

Оттегісімен үрлеу кезінде FeO дейін тотығатын темір:

$$11,17 - 1,10 - 2,92 = 7,15 \text{ кг.}$$

Темірді тотықтыру үшін керекті оттектің мөлшері мына реакция бойынша (А.4)



құрайды:  $G_{\text{O}} = G_{\text{Fe}}^{\text{FeO}} \cdot \frac{2 \cdot \mu_{\text{O}}}{2 \cdot \mu_{\text{Fe}}} = 7,15 \cdot \frac{2 \cdot 16}{2 \cdot 55,85} = 2,05 \text{ кг.}$

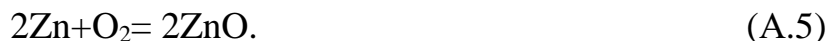
Темір тотығуына қажетті оттегінің жалпы теориялық мөлшері

$$2,61 + 2,05 = 4,66 \text{ кг.}$$

Конвертерлі шлакта мырыш ZnO түрінде кездеседі:

$$G_{\text{Zn}}^{\text{ZnO}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{C_{\text{Zn}}}{100} = 78,42 \cdot \frac{1,25}{100} = 0,98 \text{ кг.}$$

Мырышты тотықтыру үшін керекті оттектің мөлшері мына реакция бойынша (А.5)



құрайды:  $G_{\text{O}} = G_{\text{Zn}}^{\text{ZnO}} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{Zn}}} = 0,98 \cdot \frac{16}{65,39} = 0,24 \text{ кг.}$

Конвертерлі шлактағы PbO түріндегі қорғасынның мөлшері:

$$G_{\text{Pb}}^{\text{PbO}} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{C_{\text{Pb}}}{100} = 78,42 \cdot \frac{24,43}{100} = 19,16 \text{ кг.}$$

Қорғасынды тотықтыру үшін керекті оттектің мөлшері мына реакция бойынша (А.6)



құрайды:  $G_{\text{O}} = G_{\text{Pb}}^{\text{PbO}} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{Pb}}} = 19,16 \cdot \frac{16}{207,2} = 1,48 \text{ кг.}$

Конвертерлі шлакта мышьяк As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> түрінде болады:

$$G_{\text{As}}^{\text{As}_2\text{O}_5} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{C_{\text{As}}}{100} = 78,42 \cdot \frac{0,77}{100} = 0,60 \text{ кг.}$$

Мышьякты тотықтыру үшін керекті оттектің мөлшері мына реакция бойынша (А.7)

## А Қосымшасының жалғасы



құрайды:  $G_{\text{O}}^{\text{As}_2\text{O}_5} = G_{\text{As}}^{\text{As}_2\text{O}_5} \cdot \frac{5 \cdot \mu_{\text{O}}}{2 \cdot \mu_{\text{As}}} = 0,60 \cdot \frac{5 \cdot 16}{2 \cdot 74,92} = 0,32 \text{ кг.}$

Конвертерлі шлакта сурьма  $\text{Sb}_2\text{O}_5$  түрінде болады:

$$G_{\text{Sb}}^{\text{Sb}_2\text{O}_5} = G_{\text{шл}} \cdot \frac{C_{\text{Sb}}}{100} = 78,42 \cdot \frac{0,47}{100} = 0,37 \text{ кг.}$$

Сурьманы тотықтыру үшін керекті оттектің мөлшері мына реакция бойынша (A.8)



құрайды:  $G_{\text{O}}^{\text{Sb}_2\text{O}_5} = G_{\text{Sb}}^{\text{Sb}_2\text{O}_5} \cdot \frac{5 \cdot \mu_{\text{O}}}{2 \cdot \mu_{\text{Sb}}} = 0,37 \cdot \frac{5 \cdot 16}{2 \cdot 121,75} = 0,12 \text{ кг.}$

Бөлінетін газ мөлшері мен құрамын анықтау есебі  
Конвертерлеудің бірінші мерзімінде штейн және кварц кенімен түсетін күкірт.

Түсетін күкүрттің мөлшері:

$$G_{\text{S}} = G_{\text{S}}^{\text{IIIм}} + G_{\text{S}}^{\text{субл.мат}} = 15,09 + 0,34 = 15,43 \text{ кг.}$$

Күкүрттің бір бөлігі шлак пен ақ матқа өтіп кетеді:

$$G_{\text{S}} = G_{\text{S}}^{\text{IIIл}} + G_{\text{S}}^{\text{а.м}} = 0,34 + 6,88 = 7,22 \text{ кг.}$$

Қалған күкүрт :  $G_{\text{S}} = 15,43 - 7,22 = 8,21 \text{ кг.}$

Барлық күкүрт  $\text{SO}_2$  дейін тотығады.  $\text{SO}_2$  мөлшері:

$$G_{\text{SO}_2} = G_{\text{S}} \cdot \frac{\mu_{\text{SO}_2}}{\mu_{\text{S}}} = 8,21 \cdot \frac{64,07}{32,07} = 16,34 \text{ кг.}$$

Күкүртті тотықтыру үшін қажетті оттектің мөлшері:

$$G_{\text{O}} = G_{\text{SO}_2} - G_{\text{S}} = 16,39 - 8,21 = 8,19 \text{ кг.}$$

Кеткен газдардағы мырыштың мөлшері:

$$G_{\text{Zn}} = G_{\text{Zn}}^{\text{IIIм}} - G_{\text{Zn}}^{\text{IIIл}} = 1,42 - 0,98 = 0,44 \text{ кг.}$$

Кеткен газдардағы қорғасынның мөлшері:

$$G_{\text{Pb}} = G_{\text{Pb}}^{\text{IIIт}} - G_{\text{Pb}}^{\text{IIIл}} = 26 - 19,16 = 6,84 \text{ кг.}$$

Қорғасын газдарда  $\text{PbO}$  түрінде кездеседі. Қорғасынның тотығуына кететін оттектің мөлшерін есептеу:  $G_{\text{O}} = G_{\text{Pb}} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{Pb}}} = 6,84 \cdot \frac{16}{207,2} = 0,53 \text{ кг.}$

Кеткен газдардағы мышьяқтың мөлшері:

$$G_{\text{As}} = G_{\text{As}}^{\text{IIIт}} - G_{\text{As}}^{\text{IIIл}} = 2,81 - 0,60 = 2,21 \text{ кг.}$$

Мышьяк газдарда  $\text{As}_2\text{O}_5$  түрінде кездеседі. Мышьяқтың тотығуына кететін оттектің мөлшерін есептеу:  $G_{\text{O}} = G_{\text{As}} \cdot \frac{3 \cdot \mu_{\text{O}}}{2 \cdot \mu_{\text{As}}} = 2,21 \cdot \frac{3 \cdot 16}{2 \cdot 74,92} = 0,71 \text{ кг.}$

Кеткен газдардағы оттектің мөлшері:

## А Қосымшасының жалғасы

$$G_{Sb} = G_{Sb}^{IIIr} - G_{Sb}^{IIIl} = 0,71 - 0,37 = 0,34 \text{ кг.}$$

Сурьма газдарда  $Sb_2O_5$  түрінде кездеседі. Сурьманың тотығуына кететін оттектің мөлшерін есептеу:  $G_O = G_{Sb} \cdot \frac{3 \cdot \mu_O}{2 \cdot \mu_{Sb}} = 0,34 \cdot \frac{3 \cdot 16}{2 \cdot 121,75} = 0,07 \text{ кг.}$

Fe, Pb, Zn, As, Sb және S тотығуына қажетті оттегінің жалпы теориялық мөлшері.

Sb и S тотықтыру үшін керекті оттектің теориялық мөлшері:  $4,66 + 0,24 + 1,48 + 0,32 + 0,12 + 8,19 = 15,01 \text{ кг.}$

Тәжірибеде конвертер ваннасында оттегінің қолданылуы 96 %, демек, оттегінің тәжірибелік мөлшері:

$$G_O^{Tэж} = \frac{G_O^{Teop}}{0,96} = \frac{15,01}{0,96} = 15,63 \text{ кг.}$$

Оттектің артық мөлшері:  $G_O^{Изб} = G_O^{Прак} - G_O^{Teop} = 15,63 - 15,01 = 0,62 \text{ кг.}$

Оттегімен байытылған ауадағы оттегінің мөлшері 23 % болған кезде, бірінші мерзімде берілетін қажетті ауа:

$$G_{Aya} = \frac{G_O^{Прак}}{0,23} = \frac{15,63}{0,23} = 67,97 \text{ кг.}$$

Ауадағы азоттың мөлшері:  $G_N^{Aya} = G_{Aya} \cdot 0,77 = 67,97 \cdot 0,77 = 52,34 \text{ кг.}$

### А. 5 Кесте – Бірінші мерзімде кететін газдардың құрамы мен мөлшері

Газ	S	O	N	Zn	Pb	As	Sb	H <sub>2</sub> O	салмақ, кг	көлем, м <sup>3</sup>	% (көлем.)
SO <sub>2</sub>	8,21	8,19							16,39	5,73	11,29
O <sub>2</sub>		0,63							0,63	0,44	0,86
N <sub>2</sub>			52,34						52,34	41,87	82,49
Zn				0,44					0,44	0,15	0,30
PbO		0,53			6,84				7,37	0,74	1,46
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,71				2,21			2,91	0,87	1,72
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,07					0,34		0,41	0,08	0,15
H <sub>2</sub> O								0,71	0,71	0,88	1,73
Барлығы	8,21	10,1	52,34	0,44	6,84	2,21	0,34	0,71	81,19	50,76	100,00

### Конвертерлеудің екінші мерзімінің материалдық балансын есептеу

Ақ матты үрлеу кезінде жартылай күкіртті мыс, металды мыс пен SO<sub>2</sub> түзілуімен жүргізіледі.

Процесс өнімдері қаралы мыс, газдар мен ақ матт құрамындағы қоспаларымен, сонымен қатар, бірінші мерзімнің шлақ қалдықтарынан және тотыққан мыстан түзіледі.

## А Қосымшасының жалғасы

А. 6 Кесте – Бірінші мерзімнің материалдық балансы

Материалдар және бал. өнімдері	Барлығы	Cu	Fe	Pb	Zn	As	Sb	S	SiO <sub>2</sub>	O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N	H <sub>2</sub> O	Басқалары	
Тиелді																
Ыстық штейн	100,00	35,50	15,15	26	1,42	2,81	0,71	15,09		2,42						0,9
Кремний құрамды флюс	17,89		1,10						14,44	0,50	0,64			0,71		0,5
Ауа	68,19									15,85			52,34			
Барлығы	195,08	35,97	19,69	26,00	1,42	2,81	0,71	15,43	16,53	19,62	1,07	0,35	52,34	0,71		2,44
Алынды																
Ақ матт	35,47	27,52						6,88								1,06
Шлак	78,42	8,45	19,69	19,16	0,98	0,60	0,37	0,34	16,53	9,51	1,07	0,35				1,37
Газдар	81,19			6,84	0,44	2,21	0,34	8,21		10,11			52,34	0,71		
Барлығы	195,08	35,97	19,69	26,00	1,42	2,81	0,71	15,43	16,53	19,62	1,07	0,35	52,34	0,71		2,44

## А Қосымшасының жалғасы

Тәжірибелік деректер бойынша, ақ маттан қаралы мысқа мыстың бөлінуі 99,5 % құрайды.

Осыдан қаралы мысқа өтетін мыстың мөлшері:

$$G_{\text{Cu}}^{\text{K.M}} = G_{\text{Cu}}^{\text{a.M}} \cdot 0,995 = 27,52 \cdot 0,995 = 27,38 \text{ кг.}$$

Қаралы мыстың құрамында Cu 99 % болған жағдайда, қаралы мыстың мөлшері:

$$G_{\text{K.M}} = \frac{G_{\text{Cu}}^{\text{K.M}}}{0,99} = \frac{27,38}{0,99} = 27,66 \text{ кг.}$$

Қаралы мыстың құрамында күкүрт 0,1 %, бұл құрайды :

$$G_{\text{S}}^{\text{K.M}} = G_{\text{Ч.М}} \cdot 0,001 = 27,66 \cdot 0,001 = 0,03 \text{ кг.}$$

Қаралы мысқа 1,3 % қорғасынның бөлінуі:

$$G_{\text{Pb}}^{\text{K.M}} = G_{\text{Pb}}^{\text{ШТ}} \cdot 0,001 = 26 \cdot 0,013 = 0,33 \text{ кг.}$$

Қаралы мысқа 7 % мышьяқтың бөлінуі:

$$G_{\text{As}}^{\text{K.M}} = G_{\text{As}}^{\text{ШТ}} \cdot 0,07 = 2,81 \cdot 0,07 = 0,20 \text{ кг.}$$

Қаралы мысқа 26 % сурьманың бөлінуі:

$$G_{\text{Sb}}^{\text{K.M}} = G_{\text{Sb}}^{\text{ШТ}} \cdot 0,26 = 0,71 \cdot 0,26 = 0,18 \text{ кг.}$$

Ақ маттағы барлық күкірт 6,88 кг, сонымен, қажетті тотығатын күкірт

$$G_{\text{S}} = G_{\text{S}}^{\text{a.M}} - G_{\text{S}}^{\text{K.M}} = 6,88 - 0,03 = 6,85 \text{ кг.}$$

Барлық күкүрт SO<sub>2</sub> ге дейін тотығады, сонымен, SO<sub>2</sub> мөлшері:

$$G_{\text{SO}_2} = G_{\text{S}} \cdot \frac{\mu_{\text{SO}_2}}{\mu_{\text{S}}} = 6,85 \cdot \frac{64,07}{32,07} = 13,70 \text{ кг.}$$

Күкүрттің тотығуы үшін қажетті оттектің мөлшері:

Тәжірибелік деректердің көрсетуі бойынша, конвертер ваннасында оттегі қолданылуы 96 %, демек, оттегінің тәжірибелік мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{Тэж}} = \frac{G_{\text{O}}^{\text{Теор}}}{0,96} = \frac{6,85}{0,96} = 7,13 \text{ кг.}$$

Ауаның артық шығыны:  $G_{\text{O}}^{\text{Изб}} = G_{\text{O}}^{\text{Тэж}} - G_{\text{O}}^{\text{Теор}} = 7,13 - 6,84 = 0,29 \text{ кг.}$

Оттегімен байытылған ауада оттегі мөлшері 23 % болған кезде, екінші мерзімде берілетін қажетті ауа:

$$G_{\text{Ауа}} = \frac{G_{\text{O}}^{\text{Тэж}}}{0,23} = \frac{7,13}{0,23} = 30,99 \text{ кг.}$$

Ауадағы азоттың мөлшері:

$$G_{\text{N}}^{\text{Ауа}} = G_{\text{Ауа}} \cdot 0,77 = 30,99 \cdot 0,77 = 23,86 \text{ кг.}$$

А. 7 Кесте – Екінші мерзімде шығатын газдардың құрамы мен мөлшері

Газ	S	O	N	салмақ, кг	көлем, м <sup>3</sup>	% (көлемі)
1	2	3	4	5	6	7
SO <sub>2</sub>	6,86	6,84		13,70	4,79	19,89
O <sub>2</sub>		0,29		0,29	0,20	0,83

## А Қосымшасының жалғасы

### А. 7 Кестенің жалғасы

N <sub>2</sub>			23,86	23,86	19,09	79,28
Барлығы	6,86	7,13	23,86	37,85	24,08	100,00

### А. 8 Кесте – Екінші кезіңнің материалдық балансы

Материалдар және балқыту өнімдері	Cu	S	O	N	Басқалары	Барлығы
Тиелген						
Ақ матт	27,52	6,88			1,06	35,47
Ауа			7,13	23,86		30,99
Барлығы	27,52	6,88	7,13	23,86	1,06	66,45
Алынған						
Қаралы мыс	27,38	0,03			0,25	27,66
Газдар		6,86	7,13	23,86		37,85
Күйінді	0,14				0,82	0,95
Барлығы	27,52	6,88	7,13	23,86	1,06	66,45

### Процестің салыстырмалы материалдық балансы

Жиынтық материалдық баланс құру кезінде конвертерге тиелетін барлық сұйық және қатты материалдардан 1 % шамасында шаң шығуы ескеріледі. Шихтаның әрбір элементтерінің қосынды түсуінен шаңға 1 % алынады. Нәтижесінде, процестің сұйық өнімдерінде – қара металл мен шлакта берілген элементтің мөлшері осы өнімдерде, оның мөлшеріне пропорционалды төмендейді.

Шлак пен қаралы мыстағы мыстың бөлініп таралуы:

Қаралы мыстағы мыс	27,38 кг	76,41 %
Шлактағы	8,45 кг	23,59 %
Барлығы	35,83 кг	100 %

Осы таралуға сәйкес қаралы мыстың есебінен шаңға өтеді:

$$35,83 \cdot 0,7641 \cdot 0,01 = 0,27 \text{ кг Cu.}$$

Шлактың есебінен:  $35,83 \cdot 0,2359 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ кг Cu.}$

Осы жерден қаралы металдағы мыстың мөлшері:  $27,38 - 0,27 = 27,11 \text{ кг.}$

Шлактағы мыс:  $8,45 - 0,02 = 8,43 \text{ кг.}$

Осыған ұқсас барлық басқа элементтердің шаңға өтуі есептеледі.

## А Қосымшасының жалғасы

15-Кесте – Мысты штейнді конвертерлеу процессінің материалдық балансы

Материалдар және бал. өнімдері	Барлығы	Cu	Fe	Zn	Pb	As	Sb	S	O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	N	H <sub>2</sub> O	Басқалары	
Тиелді																
Штейн	100	35,50	15,15	1,42	26	2,81	0,71	15,09	2,42							0,9
Кремнийлік флюс	17,87		1,10						0,50	0,64		14,44		0,71		0,49
Ауа	99,19								22,99				76,20			
Барлығы	226,06	35,97	19,69	1,42	26,00	2,81	0,71	15,43	26,75	1,07	0,35	16,53	76,20	0,71		2,43
Алынды																
Қаралы мыс	28,12	27,13			0,33	0,19	0,18	0,03								0,25
Шлак	77,27	8,43	19,49	0,97	18,82	0,40	0,18	0,34	9,51	1,06	0,34	16,37				1,36
Газдар	119,04			0,44	6,84	2,21	0,34	15,06	17,24				76,20	0,71		
Шаң	0,67	0,27	0,20	0,01	0,003	0,002	0,002	0,0003		0,01	0,003	0,17				0,002
Күйінді	0,96	0,14														0,82
Барлығы	226,06	35,97	19,69	1,42	26,00	2,81	0,71	15,43	26,75	1,07	0,35	16,53	76,20	0,71		2,43

## Б Қосымшасы

### Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процессінің жылулық баланстың есебі

Процесстің жылулық балансы, тәжірибе мен зерттеулер деректері бойынша қабылданатын процесстің температуралары мен материалдар және өнімдер жылусыйымдылықтарының мәндерінде, мерзімдер бойынша материалдық баланс деректерінің негізінде есептеледі.

Б. 1 Кесте – Мыс-қорғасын штейндерін конвертерлеу процессінің температуралары және материалдар мен өнімдерінің жылу сыйымдылықтары

Материалдар және балқыту өнімдері	Температура		Жылусыйымдылық, ккал/кг·°С
	I кезең	II кезең	
Штейн	1150		0,2
Ауа	70	70	0,31
Ақ матт	1250	1200	0,18
Қаралы мыс		1200	0,108
Шлак	1200		0,295
Газдар	950	1000	0,536
Конвертер қабығының беті	200	300	
Конвертердің ішкі тығыздығы	1300	1350	

### Конвертерлеудің бірінші кезеңінің жылулық балансын есебі

Жылудың келуінің есебі:

Стандартты температура  $t_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

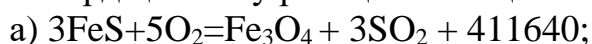
Штейннің физикалық жылуы:

$$Q_{ум} = G_{ум} \cdot c_{ум} (t_{ум} - t_0) = 100 \cdot 0,2 \cdot (1000 - 25) = 22500 \text{ ккал.}$$

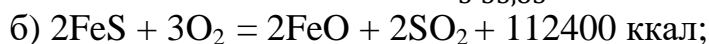
Ауаның физикалық жылуы:

$$Q_{\delta} = V_{\delta} \cdot c_{\delta} \cdot (t_{\delta} - t_0) = 52,69 \cdot 0,31 \cdot (70 - 25) = 735,08 \text{ ккал.}$$

Темірдің тотығу реакциясының жылуы (темір бойынша есептеу):



$$q_1 = \frac{411640}{3 \cdot 55,85} \cdot 6,84 = 16798,22 \text{ ккал.}$$

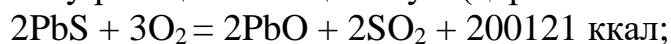


$$q_2 = \frac{112400}{2 \cdot 55,85} \cdot 7,15 = 7192,81 \text{ ккал.}$$

Барлық темірдің магнетит және FeO дейін тотығуы:

$$Q_{\text{Fe}} = q_1 + q_2 = 16798,22 + 7192,81 = 23991,03 \text{ ккал.}$$

Қорғасынның тотығу реакциясының жылуы (қорғасын бойынша есептеу):

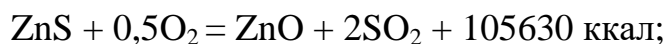




## Б Қосымшасының жалғасы

$$Q_{Pb} = \frac{200121}{2 \cdot 207,2} \cdot 18,82 = 9088,51 \text{ ккал.}$$

Мырыштың тотығу реакциясының жылуы (мырыш бойынша есептеу):



$$Q_{Zn} = \frac{105630}{65,39} \cdot 0,97 = 1567,82 \text{ ккал.}$$

Шлак түзуші реакцияның жылуы (FeO дейін тотығатын темір мөлшері бойынша есептеу):



$$Q_{\text{шл}} = \frac{11900}{2 \cdot 55,85} \cdot 7,15 = 1438,37 \text{ ккал.}$$

Барлық келетін жылу:

$$Q_{\text{кел}} = Q_{\text{шт}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{Fe}} + Q_{\text{S}} + Q_{\text{Zn}} + Q_{\text{Pb}} + Q_{\text{шл}} = 61994,94 \text{ ккал.}$$

Жылу шығынының есебі

Ақ маттың жылуы:

$$Q_{\text{а.м.}} = G_{\text{а.м.}} \cdot c_{\text{а.м.}} \cdot (t_{\text{а.м.}} - t_0) = 35,47 \cdot 0,18 \cdot (1250 - 25) = 7820,10 \text{ ккал.}$$

Шлактың жылуы:

$$Q_{\text{шл}} = G_{\text{шл}} \cdot c_{\text{шл}} \cdot (t_{\text{шл}} - t_0) = 78,42 \cdot 0,295 \cdot (1200 - 25) = 26721,98 \text{ ккал.}$$

Кеткен газдармен бірге кететін жылу:

$$Q_2 = (V_{\text{SO}_2} \cdot c_{\text{SO}_2} + V_{\text{O}_2} \cdot c_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} \cdot c_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot (t_2 - t_{\text{cm}}) = (5,73 \cdot 0,536 + 0,44 \cdot 0,353 + 41,87 \cdot 0,388 + 0,88 \cdot 0,428) \cdot (950 - 25) = 18422,25 \text{ ккал.}$$

Эндотермиялық процестер жылуы:

$$0,71 \text{ кг ылғал булануына қажетті жылу: } Q_{\text{H}_2\text{O}} = 0,71 \cdot 539 = 381,42 \text{ ккал}$$

Сыртқы ортаға жылу жоғалымы: 60 т/тәул тәуліктік өнімділігінде 100 кг штейнді өңдеудің баланстық уақыты есептеледі:

$$\tau_{\text{бал}} = \frac{0,6 \cdot 24}{60} \cdot 0,1 = 0,024 \text{ сағ.}$$

I және II мерзімдердің баланстық уақыты I және II мерзімдерде берілген ауа мөлшерінің қатынасымен анықталады:

$$\tau_1 = \frac{0,024}{101,92} \cdot 67,97 = 0,016 \text{ сағ}; \quad \tau_2 = \frac{0,024}{101,92} \cdot 45,26 = 0,008 \text{ сағ.}$$

## Б Қосымшасының жалғасы

а) Конвертер қаптамасының бетімен жоғалатын жылу мөлшері.

Конвертер қаптамасының беті, қырлы қаптаманың ескерілуімен аузының  $1,57 \text{ м}^2$  ауданы шегерілген, диаметрі  $2,258$  және ұзындығы  $4,5$  м цилиндр беті ретінде есептеледі.

Тәжірибелік деректер бойынша қырлылық коэффициенті  $k_{\text{реб}} = 1,3-1,5$  деп қабылданады, демек

$$S_{\text{ст}} = k_{\text{реб}} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 2 + \pi \cdot D \cdot L - S_{\text{гор}} \right),$$

$$S_{\text{ст}} = 1,3 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 2,258^2}{4} \cdot 2 + 3,14 \cdot 2,258 \cdot 4,5 - 3,14 \right) = 47,80 \text{ м}^2.$$

Сыртқы қабатының беті  $200 \text{ }^\circ\text{C}$   $q_{\text{уд}} = 3500 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сағ}$  температурасында:

$$Q_{\text{ст}} = q_{\text{уд}} \cdot S_{\text{ст}} \cdot \tau_1 = 3500 \cdot 47,80 \cdot 0,016 = 2678,11 \text{ ккал.}$$

б) Ашық аузы арқылы сәулеленумен жылу жоғалымы.

Конвертердің ішкі жазықтығының  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  температурасында  $q_{\text{уд}} = 150000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}$ :

$$Q_{\text{изл}} = q_{\text{уд}} \cdot S_{\text{гор}} \cdot \tau_1 = 150000 \cdot 1,57 \cdot 0,016 = 3769,74 \text{ ккал.}$$

Барлық жылудың сыртқы ортамен жоғалуы:

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{изл}} = 2678,11 + 3769,74 = 6447,85 \text{ ккал.}$$

Барлық жылу шығыны:

$$Q_{\text{шығын}} = Q_{\text{а.м.}} + Q_{\text{шл}} + Q_2 + Q_{\text{энд}} + Q_{\text{вн}} = 59474,42 \text{ ккал.}$$

Жүргізілген есептеулер негізінде бірінші мерзімнің жылулық балансы құрылады.

### Б. 2 Кесте – Екінші мерзімнің жылу балансы (100 кг штейнге)

Жылудың келуі			Жылудың шығыны		
	Ккал	%		ккал	%
Ыстық штейннің жылуы	22500	36,29	Ақ маттың жылуы	7500,92	12,10
Ауаның жылуы	735,08	1,19	Шлақтың Жылуы	26721,98	43,10
Темірдің тотығу реакциясының жылуы	23991,03	38,70	Газдардың жылуы	18422,25	29,72
Қорғасынның тотығу реакциясының жылуы	9088,51	14,66	Эндотермиялық реакциялардың жылуы	381,42	0,62
Мыстың тотығу реакциясының жылуы	2674,10	4,31	Сыртқы ортаға жоғалатын жылу	6447,85	10,40
Мырыштың тотығу реакциясының жылуы	1567,82	2,53	Үйлеспешілік балансы	2520,49	4,07
Тепло шлакообр	1438,37	2,32			
Барлығы	61994,91	100,00	Барлығы	61994,91	100,00

## Б Қосымшасының жалғасы

### Ковертерлеу процесінің екінші периодының жылулық балансын есептеу

Жылудың келуінің есебі

Ақ маттың жылуы (бірінші мерзімде есептелген):

$$Q_{a.m.} = 7500,92 \text{ ккал.}$$

Ауаның жылуы:

$$Q_d = V_d \cdot c_d \cdot (t_d - t_0) = 26,31 \cdot 0,31 \cdot (70 - 25) = 367,03 \text{ ккал.}$$

Күкүрттің тотығу реакциясының жылуы (күкірт бойынша есептеу):

$S + O_2 = SO_2 + 70960$  ккал;

$$Q_s = \frac{70960}{32,07} \cdot 6,89 = 15172,96 \text{ ккал.}$$

Барлық келетін жылу:

$$Q_{кел} = Q_{б.м.} + Q_d + Q_s = 23234,92 \text{ ккал.}$$

Жылу шығынының есебі

1000 °C қаралы мыстың жылуы:

$$Q_{к.Сu} = G_{к.Сu} \cdot c_{к.Сu} (t_{к.Сu} - t_0) = 27,66 \cdot 0,108 \cdot (1200 - 25) = 3509,46 \text{ ккал.}$$

Газдың жылуы:

$$Q_g = (V_{SO_2} \cdot c_{SO_2} + V_{O_2} \cdot c_{O_2} + V_{N_2} \cdot c_{N_2}) \cdot (t_g - t_{ст}),$$
$$Q_2 = (4,79 \cdot 0,536 + 0,2 \cdot 0,353 + 21,45 \cdot 0,334) \cdot (1000 - 25) = 10686,41 \text{ ккал.}$$

Эндотермиялық процестердің жылуы:

$Cu_2S = 2Cu + S - 23030$  ккал, (күкірт бойынша есептеу);

$$Q_{энд} = \frac{23030}{32,07} \cdot 6,86 = 4924,37 \text{ ккал.}$$

Потери тепла во внешнюю среду:

Сыртқы ортамен жоғалатын жылу

а) Қабырғалармен жоғалатын жылу:  $t_{кож} = 300^\circ C$   $q_{уд} = 6500$  ккал/м<sup>2</sup>·час

$$Q_{ст} = 6500 \cdot 47,80 \cdot 0,008 = 2483,38 \text{ ккал.}$$

б) Конвертер мойны арқылы жоғалатын жылу:  $t_{шкi} = 1350^\circ C$   $q_{уд} = 130000$  ккал/м<sup>2</sup>·час

$$Q_{изл} = 130000 \cdot 1,57 \cdot 0,008 = 1631,29 \text{ ккал.}$$

Барлық кететін жылу:

$$Q_{шығын} = Q_{к.Сu} + Q_g + Q_{энд} + Q_{ст} + Q_{изл} = 23234,92 \text{ ккал.}$$

## Б Қосымшасының жалғасы

Б. 3 Кесте – Екінші кезеңнің жылулық балансы

Жылуың келуі			Жылудың шығыны		
	ккал	%		ккал	%
Ақ маттың жылуы	7500,92	32,55	Қаралы мыстың жылуы	3509,46	15,10
Ауаның жылуы	367,03	1,59	Газдардың жылуы	10686,41	45,99
Күкірттің тотығу реакциясының жылуы	15172,96	65,85	Эндотермиялық реакциялардың жылуы	4924,37	21,19
Барлығы	23040,91	100,00	Тепло теряемое во внешнюю среду	4114,67	17,71
			Барлығы	23234,92	100,00

Б. 4 Кесте - Конвертердің жылу балансы

Келетін жылу			Кететін жылу		
	ккал	%		ккал	%
Штейннің жылуы	22500,00	29,02	Қаралы мыстың жылуы	3509,46	4,53
Ауаның жылуы	1102,10	1,42	Шлактың жылуы	26721,98	34,46
Темірдің тотығу реакциясының жылуы	23991,03	30,94	Газдың жылуы	29108,67	37,54
Күкірттің тотығу реакциясының жылуы	15172,96	19,57	Эндотермиялық реакциялардың жылуы	5305,79	6,84
Қорғасынның тотығу реакциясының жылуы	9088,51	11,72	Сыртқы ортаға жоғалатын жылу	10562,52	13,62
Мыстың тотығу реакциясының жылуы	2674,10	3,45	Үйлеспеушілік балансы	2326,48	3,00
Мырыштың тотығу реакциясының жылуы	1567,82	2,02			
Шлак түзу жылуы	1438,37	1,86			
Барлығы	77534,90	100,00	Барлығы	77534,90	100,00