

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

Желдибай Мейржан Абайұлы

«Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, қорғасынның өнімдер арасында
бөлініп таралуын зерттеу»

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5В070900 – Металлургия

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

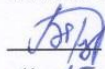
Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. к-ты,

 М.Б. Барменшинова

« 15 » 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу»

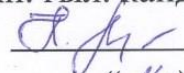
5B070900 – Металлургия

Орындаған

Желдибай Мейржан Абайұлы

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., қауым. профессор

 Н.Қ. 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» 2019 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Желдибай Мейржан Абайұлы

Тақырыбы: «Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «21» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Өндірістік мәліметтер

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Өндірістің технологиялық үрдістері;

б) Металлургиялық есептеулер;

в) Экономика бөлімі;

г) Еңбек қорғау бөлімі.

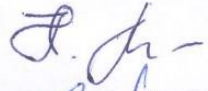
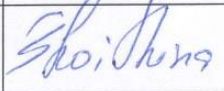
Графикалық материалдардың тізімі: Жұмыс бойынша ____ слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиет 11 атау

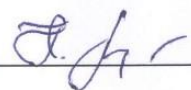
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

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	08.05.2019	

Ғылыми жетекші



Н.К. Досмұхамедов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



М.А. Желдибай

Күні

«14» қаңтар 2019 ж.

Ғылыми жетекшінің пікірі

дипломдық жұмысына

(жұмыс түрлерінің атауы)

Желдибай Мейржан Абайұлы

(оқушының аты жөні)

5B070900 – «Металлургия»

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, 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, қара мысты оттық тазалау процесі зерттелінді. Жұмыста қара мысты рафинирлеу әдістері, соның ішінде оттық тазалау процесінің теориясы және тәжірибесі қарастырылды. Қара мысты оттық тазалау процесінің материалдық және жылулық баланстары есептелінді. Жұмыстың металлургиялық есептеулер бөлімінінен алынған нәтижелерге сүйене отырып негізгі металдар – мыс пен қорғасынның алынатын өнімдер арасында бөлініп таралуы зерттелінді. Құрамында қоспа металдар мөлшері көп қара мысты оттық тазалау кезінде жүретін негізгі физика-химиялық процестер қарастырылған. Алынған нәтижелер бойынша тәжірибеге ұсыныстар берілді.

Ескерту ретінде жұмыста қара мысты оттық тазалау кезінде асыл металдардың алынатын өнімдер арасында бөлініп таралуы қарастырылмаған.

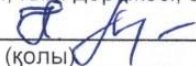
Орындаушымен түсіндірме жазбасында барлық зерттеулердің кешені жасалған. Жұмыстағы кестелік материалдар толығымен орындаушымен жасалғанын айқындайды.

Жалпы дипломдық жұмыс «өте жақсы, 96%» деп бағалана алады деп ойлаймын, ал диплом қорғаушының дайындығы «5B070900 – Металлургия» мамандығы бойынша бакалаврға талап етілетін мамандық сұраныстарға сәйкес келеді.

Ғылыми жетекші

Т.ғ.к., қауымдастырылған профессор

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



(қолы)

Досмұхамедов Н.Қ.

« 06 »

мамыр

2019 ж.

Дипломдық жұмысқа
РЕЦЕНЗИЯ

Желдибай Мейржан Абайұлы
(оқушының аты жөні)

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

Тақырыбы: Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, 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, құрамында қорғасыны бар қара мысты оттық тазалау процесі зерттелінді. Жұмыста қара мысты оттық тазалау кезінде жүретін негізгі физика-химиялық процесстер қарастырылды. Сонымен қатар жұмыстың металлургиялық бөлімінде қара мысты оттық тазалаудың материалдық және жылу баланстық есептеулері жүргізілген. Оттық тазалау кезінде мыс пен қорғасынның алынатын өнімдер арасында бөлініп таралуы зерттелінді.

Жұмыс бойынша келесі сұрақ бар: оттық тазалау процесі кезінде мышьяқтың газға өту механизмі. Оттық тазалау процесі кезінде мышьяқты газға ұшыруға әсер ететін факторлар қандай?

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы дипломдық жұмыс жұмыстың мазмұны талапқа сай және «өте жақсы, 96%» деп бағалана алады. Ал Желдибай Мейржан Абайұлы «5B070900 – Металлургия» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Рецензент

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

_____ Абиқов С.Б.
(қолы)

«08» _____ 2019 ж.

Отчет подоби́я



Университет:	Satbayev University
Название:	Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу
Автор:	Желдибай Мейржан Абайұлы
Координатор:	Нурлан Досмухамедов
Дата отчета:	2019-04-29 07:56:00
Коэффициент подоби́я № 1: ?	0,8%
Коэффициент подоби́я № 2: ?	0,0%
Длина фразы для коэффициента подоби́я № 2: ?	25
Количество слов:	6 684
Число знаков:	51 177
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	5



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 47

>>

Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

>>

Документы, в которых найдено подобные фрагменты: из RefBooks

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста қазіргі уақытта мыс өндірісінде кең тараған және тәжірибеде қолданылатын технологиялар сарапталып, талданды. Сонымен қатар, қазіргі заманауи жағдайда мыс оттық рафинирлеу арқылы мыс сапасын арттыруға және де электролизді рафинирлеуге арналған эффективті жолдар көрсетілген. Осыған орай қоспасыз мыс шығару бойынша жана мәліметтер көрсетіліп, қара мысты оттық тазарту бойынша зерттеу жұмыстары ұсынылған.

Негізгі және өзекті сөздер: мыс, қара мыс, оттық тазарту, абалату, автогенді процес, пирометаллургия, қоспа.

Жұмыстың мақсаты - Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу

Қойылған мақсатқа жету үшін дипломдық жұмыста келесі мәселелер шешілді:

а) аса кеңінен тараған технологиялар келесі металлургиялық процестердің қолданылуымен жүзеге асырылады: штейнге балқыту, мыс штейнін конвертерлеу, мысты оттық және электролиттік тазалау;

б) құрамында ілеспелі металдары бар қара мысты оттық тазалау кезінде процестің оптималды параметрлерін талдау және анықтау;

в) никель, мырыш, кобаль, күкірт, темір, асыл металдар, сирек және шашыранды қоспа элементтерді максималды жоғары бөліп алудың жолдарын анықтау.

Дипломдық жұмысты орындау барысында қара мысты оттық тазалау процесіне қатысты еңбекті қорғау шаралары қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время дипломная работа демонстрирует технологию повышения качества медной продукции при производстве меди. Целью огневой стадии рафинирования является первичное очищение меди от примесей, необходимое для подготовки ее к следующей стадии рафинирования – электролитической. В связи с этим рекомендовано провести исследования по рафинированию черной меди с полученными информациями о меди и ее данных.

Ключевые слова: медь, черновой медь, огневое рафинирование, дразнение, автогенный процесс, пирометаллургия, примесь.

Цель работы – исследование распределения меди, свинца, между продуктами огневого рафинирования черновой меди.

Для достижения цели в дипломной работе были решены следующие вопросы:

а) наиболее распространенная технология предусматривает обязательное использование следующих металлургических процессов: плавку на штейн, конвертирование медного штейна, огневое и электролитическое рафинирование меди;

б) Анализ оптимальных параметров процесса и определение процесса огневого рафинирования черной меди с сопутствующими металлами;

в) максимально высокое извлечение всех ценных составляющих руды: никеля, цинка, кобальта, серы, железа, благородных металлов, редких и рассеянных элементов, а также использование силикатной части руды;

Рассмотрены мероприятия по охране труда.

ANNOTATION

Currently, the thesis demonstrates the technology of improving the quality of copper products in the production of media. The purpose of the fire stage of refining is the primary purification of copper from impurities, necessary to prepare it for the next stage of refining – electrolytic. Linking the data obtained, a study of fire refining of blister copper has been proposed.

Basic words: copper, rough copper, fire refining, teasing, autogenous process, pyrometallurgy, admixture.

Objective- The study of the distribution of copper, lead, between the products of fire refining blister copper.

To achieve the goal in the thesis work the following issues were resolved:

a) the most common technology involves the mandatory use of the following metallurgical processes: smelting to matte, converting copper matte, firing and electrolytic refining of copper;

b) Analysis of the optimal process parameters and determination of the process of fire refining of black copper with related metals;

c) the highest extraction of all valuable components of ore: copper, nickel, zinc, cobalt, sulfur, iron, precious metals, rare and trace elements, as well as the use of silicate ore;

Considered event on labor protection.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	12
1 Қара мысты тікелей алудың қазіргі жағдайы	13
1.1 Автогенді үрдістің мысты тікелей алу жолындағы теориясы мен тәжірибесі	14
1.2 Қара мыстың сапасын арттыру жолдары	16
1.3 Қара мысты оттық тазартудың теориясы мен тәжірибесі	19
1.4 Зерттеу бағытын таңдау және негіздеу	31
2 Metallургиялық есептеулер	33
2.1 Анодтық мыстың құрамын анықтау	34
2.2 Шлактың құрамын есептеу	34
2.3 Газдың құрамын есептеу	35
2.4 Процестің жалпы материалдық балансы	38
2.5 Жылулық балансының есебі	39
2.5.1 Түсетін жылу	39
2.5.2 Шығатын жылу	39
2.5.3 Процестің жалпы жылулық балансы	40
3 Түсті және бағалы металдардың оттық тазалау өнімдері арасында бөлініп таралуын зерттеу	41
3.1 Металдардың өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу	41
3.2 Зерттеу нәтижесін талдау және ұсыныстар	42
Қорытынды	43
Пайдаланылған әдебиеттер	44
А қосымшасы	45
Б қосымшасы	49
В қосымшасы	51
Г қосымшасы	52
Д қосымшасы	53

КІРІСПЕ

Конвертерлеу процесінен кейін алынатын қара мыстың құрамында 3%-ға дейін баратын келесі қоспалар болады: Ni, As, Sb, Bi, Pb, Zn, S, Fe, Se, Ni, Au, Ag. Әр металдың мөлшері әртүрлі болуы мүмкін. Қара мыстың бір құрамы, %: Cu - 98,3-99,4; Ni - 0,03-0,3; As - 0,004-0,336; Sb - 0,001-0,007; Bi - 0,013-0,8; S - 0,02-0,26; Fe - 0,001-0,063; Se - 0,01-0,055; Te - 0,0002-0,2; және Au мен Ag.

Қара мыстың құрамындағы қоспа элементтер мыстың физика-химиялық қасиеттерін төмендетеді. Сондықтан қара мысты тазарту қажеттілігі туады. Қара мысты рафинирлеу екі сатымен жүргізіледі. Бірінші сатысы отты тазарту, екіншісі - электролиттік рафинирлеу.

Отты рафинирлеудің негізгі мақсаты - соңынан жүргізілетін электролиттік рафинирлеуге жарамды тығыз анодтар алу және электролиттік рафинирлеуге теріс әсерін тигізетін қоспалардан тазарту.

Отты немесе тотықтыра рафинирлеу бірқатар қоспа элементтердің металға (мысқа) қарағанда оңай тотығып, мыста ерімейтін оксидтер түзіп, жеке қож фазасына немесе ұшатын қоспалар түзіп газ фазасына өтуіне негізделген. Қоспа элементтердің тотығу қабылеттігі олардың оттегімен химиялық байланыс күшіне, басқаша айтқанда қоспа элементтердің оксид түзу реакциясының Гиббс энергиясының өзгеруімен анықталады. Қоспаларды тотықтыру үшін балқыма арқылы ауа үрлейді. Балқымада мыстың концентрациясы көп болғандықтан алдымен мыс тотығады.

Отты рафинирлеу үрдісінің негізгі кемшілігі оның периодтылығы. Қазіргі кезде қара мысты үздіксіз рафинирлеу технологиясы қарастырылып жатыр. Олардың ішінде қызықтыратыны жапонияның "Мицубиси" фирмасы және Алмания мен Бельгия бірлесіп жасаған "Контимелт" үрдісі.

Жұмыстың мақсаты - Қара мысты оттық тазалау процесінде мыс, қорғасынның өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу

Қойылған мақсатқа жету үшін дипломдық жұмыста келесі мәселелер шешілді:

а) аса кеңінен тараған технологиялар келесі металлургиялық процестердің қолданылуымен жүзеге асырылады: штейнге балқыту, мыс штейнін конвертерлеу, мысты оттық және электролиттік тазалау;

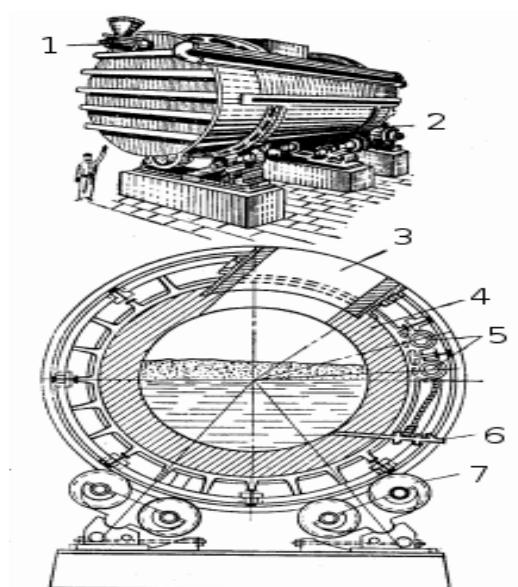
б) құрамында ілеспелі металдары бар қара мысты оттық тазалау кезінде процестін оптималды параметрлерін талдау және анықтау;

в) никель, мырыш, кобаль, күкірт, темір, асыл металдар, сирек және шашыранды қоспа элементтерді максималды жоғары бөліп алудың жолдарын анықтау.

Дипломдық жұмысты орындау барысында қара мысты оттық тазалау процесіне қатысты еңбекті қорғау шаралары қарастырылған.

1 Қара мысты тікелей алудың қазіргі жағдайы

Қара мысты мыс штейнінің сұйық балқымасы арқылы ауа үрлеу жолымен алады. Үрлеуді тік және көлденең конверторда жүргізеді. 1- суретте диаметрі 3-4 м, ұзындығы 6-10 м және сыйымдылығы 75 т дейін көлденең конвертор көрсетілген. Конвертер роликтерде 7 орнатылған және айналуы үшін механикалық жетекпен жабдықталған. Конвертер іші магнетитті кірпішпен 4 футерленген.



1-құм беру аппараты; 2-жетек; 3-аузы; 4-футеровка; 5-құбырлар; 6-муфта; 7-ролик

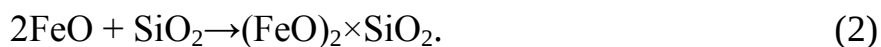
1Сурет -Қара мыс алу конверторы

Мыс штейнін аузы 3 арқылы құяды, құйылған балқыма бетіне аузы арқылы немесе арнайы құрал 1 арқылы FeO шлактануы үшін қажетті кремнезем SiO₂тастайды. Одан кейін үрлей береді. Ауа 0,8-1,2 атм. қысыммен құбырлар 5 бойымен келтіріледі және конвертор бойымен орналасқан диаметрі 30-40 мм фурмаларға 6 таратылады. Балқыту процесінде конверторды біртіндеп мыс штейнімен қайта тиейді[1].

Өтетін оттегі бірінші сатыда темірді тотықтырады.

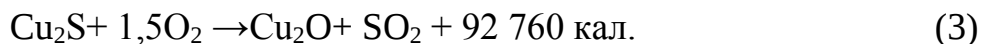


Алынатын темір шалатотығы кремнеземмен шлактанады:

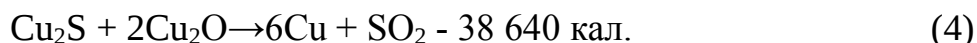


Бұл реакциялар жоғары жылу бөлінумен жүреді және конверторда қара мыс қыздырылады. Темір жойылғаннан кейін барлық шлакты ағызады және

процестің екінші сатысын бастайды. Екінші мерзім реакциялары жылу бөлінумен жартылай өтеді:



Жартылайкүкіртті мыс мыстың тотыққан қосындыларымен әрекеттеседі және таза мыс тотықсызданады



Бұл реакция жылу жұтумен өтеді, салдарынан конвертерде бірінші мерзімнен біршама жылу қоры қалуы тиіс. Конвертерлеу процесі сыйымдылығы 40 т конвертерде балқымада 24% Cu мөлшерінде 15 сағ жалғасады. Қара мыс алу процесін үдету үшін конвертерде оттекті үрлеуді қолданады.

Қара мысты чушкаларға немесе арнайы пішінді тақталарға тарата құяды. Қара мыс қоспалармен ластанған және таза мысқа тән қасиеттеріне ие емес. Техникада пайдалану үшін тазалауға ұшыратады. Мыс штейнін үрлеу кезінде түзілетін күкіртті газдарды SO_2 қышқылдар мен тұздар өндірісінде пайдаланады. Шлак құрамында 5% дейін Cu болады; оларды мыс қорыту процестерінде айналмалы материалдар ретінде пайдаланады. Қара мысты екі тәсілмен тазалайды: оттық және электролиттік.

1.1 Автогенді үрдістің мысты тікелей алу жолындағы теориясы мен тәжірибесі

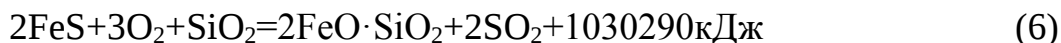
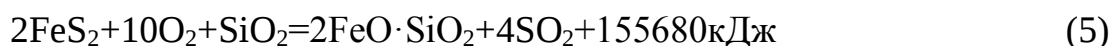
Пирометаллургиялық процестің автогенділігіне өңделетін шихта сульфидтерінің экзотермиялық жану (тотығу) реакцияларының және шлактүзілу реакцияларының жылуы есебінен қол жеткізіледі. Шихта компоненттері-сульфидтер екіншілей отын ретінде пайдаланылады. Тотықтыру реагенті ретінде автогенді балқытуда ауа, оттегімен байытылған үрлеу немесе технологиялық оттегі пайдаланады. Технологиялық сұлба операцияларына автогенді процестерді енгізгеннен кейін, тек балқыту агрегаты ғана емес, балқыту агрегатымен біріктірілген және технологиялық оттегі алудың оттекті станциясын, ауа беру және оның технологиялық оттегімен араластыру жүйесін, пешті салқындату жүйесін, металлургиялық агрегаттың өзін, бөлінетін газ жылуын жою жүйесі, балқытудың шаң-газ фазасынан бағалы өнімдерді бөліп алумен және күкірт қышқылын алумен технологиялық газдарды тазалау және өңдеу жүйесін, шлак балқымаларын кедейлендіру жүйесін қамтитын өндірістің металлургиялық кешені қарастырылады[2].

Мыс металлургиясында автогенділік принципі сульфидті концентраттарды тотықтырып күйдіру, жартылайпиритті балқыту, штейнді конвертерлеу кезінде кеңінен пайдаланылады. Күйдіру немесе конвертерлеу

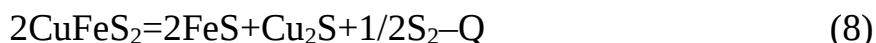
операцияларында сульфидтер тотығу реакцияларынан жылу бөліну процесс температурасын ұстап тұру үшін айтарлықтай жеткілікті. Сульфидті мыс, мыс-мырыш, мыс-никел және өзге сульфидті концентраттарды балқытудың кез-келген автогенді тәсілінің негізінде шихта сульфидтерінің, ең бастысы темір сульфидтерінің экзотермиялық тотығу реакциялары және шлактүзілу реакциялары жатыр. Металлургиялық балқыту процесінің автогенділігін пайдалана отырып, металлургиялық дәстүрлі технологиялық сұлбаның бірнеше операцияларын алмастыруға ұмтылды және қол жеткізді. Жеке автогенді технологиялық процестерде бұл күйдіру мен дәстүрлі балқытуды үздіксіз автогенді балқытуға алмастыру, басқаларында күйдіру, балқыту және конвертерлеуді үздіксіз қара мыс алуға алмастыру болды. Негізінен шикі концентратты бай штейнге немесе қара мысқа балқыту болып келетін үздіксіз автогенді технологиялар бір көпзоналы агрегатта немесе бірнеше технологиялық агрегаттардың ағымды тізбегінде жүзеге асырылады[3].

Автогенді балқытудың химизмі мен жылулық жұмысын анықтайтын негізгі реакциялар санына, кен шикізатында темірқұрамды жоғаркүкіртті сульфидтердің көп мөлшерде кездесуіне байланысты өтетін химиялық реакциялары көрсетілген.

Ұқсас реакциялар құрамында темір сульфиді кездесетін, мыс кенінің өзге минералды қосылыстары үшін де жазылуы мүмкін.



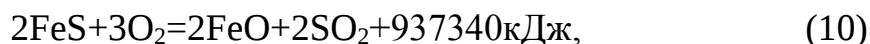
Бірінші сатыда жоғаркүкіртті минералдар элементті күкірт бөлінуімен диссоциацияланады:



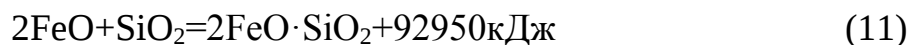
Екінші сатыда тотық FeO пен фаялит ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) түзілуімен темір сульфидінің тотығуы жүреді, олар ары қарай кварцпен байланысы жақсы болғанда және жеткілікті жоғары температурада ($> 1250^\circ\text{C}$) онымен келесі реакция бойынша әрекеттеседі:



оның екі реакция түрінде көрсетуге болады – тотығу реакциясы:



және шлак түзілу реакциясы:



Оған қоса, аралық реакция бойынша түзілген вюстит магнетитке дейін тотығуы мүмкін.:



Мұның барлығы, балқыту кезінде жылу бөлінуге және штейн мен шлак құрамына әсер ететін аса маңызды реакциялар, олар өз қатарына мыстың шлакпен жоғалымына әсер етеді. Автогенді балқыту негізінен тотықтыру процестері болып табылады. Оларды жүзеге асыру кезінде десульфуризация дәрежесін, бірлік уақытта өңделетін материал мен үрлеу мөлшерінің қатынасын өзгерте отырып, кез-келген берілген аралықта реттеуге болады. Қайсыбір жылдамдықпен жүретін барлық реакциялар автогенді процестердің барлық түрінде жүреді.

Автогенді балқыту пештерінің жылулық жұмысы, бөлінетін газдар температурасының шлак балқыту температурасынан жоғары болуымен сипатталады және 1250 °C жоғары құрайды. Бұл жылудың газдармен ауқымды жоғалымын шарттайды, нәтижесінде флотация концентраттарын автогенді балқытудың кез-келген түрінде жылудың ауқымды тапшылығы байқалады. Автогенді процесте жылу жетіспеушілігі жылу шығыны баптарын азайтумен немесе балқытудың жылулық балансында жылу келтіру баптарын ұлғайтумен өтелуі мүмкін[4].

1.2 Қара мыстың сапасын арттыру жолдары

Кез-келген металлургиялық өндірістің тәрізді, мыс металлургиясының негізгі міндеті өңделетін шикізаттан бос металл күйінде немесе химиялық қосылыс түрінде металдар алу болып табылады. Тәжірибеде бұл мақсат, бос жыныс компоненттерінің шикізаттың бағалы құрамдастарынан бөлінуін қамтамасыз ететін, арнайы металлургиялық процестер көмегімен шешіледі.

Қолданылатын металлургиялық процестердің, дайындау және көмекші операциялардың барлық кешені учаскенің, бөлімнің, цехтың немесе жалпы кәсіпорынның технологиялық сұлбасына қалыптастырылады. Мыс өңдеумен айналысатын барлық кәсіпорындар үшін көпсатылы технологиялық сұлбалар тән.

Кез-келген металлургиялық процесс негізінде өңделетін шикізатты екі, үш, ал кейде көптеген фазадан тұратын, бір-бірінен құрамымен және физикалық қасиеттерімен ерекшеленетін гетерогенді жүйеге өткізу қағидасы жатыр. Бұл кезде фазалардың бірі бөлінетін металмен байытылуы және қоспалармен кедейленуі қажет, ал қалған фазалар, керісінде негізгі компонентпен кедейленуі қажет. Алынатын фазалардың кейбір физикалық

қасиеттерінің (тығыздығы, агрегаттық күйі, дымқылдануы, ерігіштігі және т.с.с.) айырмашылығын, қарапайым технологиялық тәсілмен, мысалы, тұндыру немесе сүзумен бір-бірінен жақсы бөлінуі қамтамасыз етеді.

Заманауи металлургиялық процесс қамтамасыз ету қажет:

- а) өңделетін шикізатты пайдалану кешенділігінің жоғары дәрежесін;
- б) металлургиялық аппараттар жоғары меншікті өнімділігін;
- в) минималды энергетикалық шығынын;
- г) екіншілей энергоресурстың максималды пайдаланылуын;
- д) жұмыс істеуде, іске қосуда, қалпына келтіру мен жөндеуде қарапайым, арзан және ыңғайлы аппаратураның пайдаланылуын;
- е) кешенді механизациялау және автоматтандырудың жоғары дәрежесін;
- ж) жоғары еңбек өнімділігін;
- з) қауіпсіз және зиянсыз еңбек шарттарын;
- и) атмосфераға зиянды тасталымдарды жою;
- к) максималды экономикалық тиімділікті.

Шикізатты пайдалану кешенділігінің жоғары дәрежесі заманауи технологияға қойылатын негізгі және аса маңызды талабы болып табылады, және ол кең мағынада түсіндірілуі қажет.

Шикізатты кешенді пайдалану түсінігі барлық бағалы кен құрамдастарын: мыс, никель, мырыш, кобаль, күкірт, темір, асыл металдар, сирек және шашыранды элементтер максималды жоғары бөліп алуды және силикатты кен бөлігін пайдалануды қамтиды.

Мыс өндірісінің жалпы көлемінде пирометаллургиялық тәсілдер үлесіне осы металдың дүниежүзілік шығарылымының шамамен 85 % тиесілі.

Пирометаллургиялық технология бастапқы шикізаттың (кен немесе концентрат) қара мысқа өңделуін, оның ары қарай міндетті тазалануын қарастырады. Мыс кені немесе концентратының негізгі массасы мыс және темір сульфидінен тұратынын ескеретін болсақ, онда мыс металлургиясының көзделген мақсатына – қара мыс алуға – бос жыныс, темір мен күкіртті айтарлықтай толық жою есебінен қол жеткізіледі[5].

Темір мен күкіртті оларды үш сатыда (күйдіру, балқыту, конвертерлеу), екі сатыда (күйдіру, балқыту) немесе бір сатыда тотықтыру арқылы жоюға болады.

Концентратты қара мысқа тікелей балқытуды қарастыратын соңғы нұсқадан басқа, оны алу технологиясы көпсатылылығымен сипатталады.

Аса кеңінен тараған технология келесі металлургиялық процестердің міндетті қолданылуын қарастырады: штейнге балқыту, мыс штейнін конвертерлеу, мысты оттық және электролиттік тазалау.

Бірқатар жағдайда балқыту алдында сульфидті шикізатты алдын-ала тотықтырып күйдіру процесін жүргізеді. Күйдіру күкірттің бір бөлігін жою және темір сульфиді мен өзге элементтерді балқыту кезінде жеңіл шлактанатын тотықтарға өткізу үшін қолданылады. Күйдіру нәтижесін сульфидтердің көп бөлігі тотықтарға өтеді, олардың бір бөлігі тотықтар түрінде ұшып кетеді.

1Кесте –Күйдіру процесінде кейбір элементтерді жою дәрежесі, % (олардың бастапқы шикізатта мөлшерінен)

As	Sb	Bi	Se	Te	Pb	Zn
60...80	20...40	10...15	25...50	25...50	5...10	5...7

Бастапқы кен шикізаты мен өңдеу технологиясына тәуелді құрамында 10...12 - 70...75% дейін мыс болатын мыс штейнін негізінен конвертерлеу әдісімен өңдейді.

Конвертерлеудің негізгі мақсаты – темір мен күкірттің және біршама басқа ілеспелі компоненттердің тотығуы есебінен қара мыс алу. Асыл металдар (күміс, алтын), селен мен теллурдың негізгі бөлігі қара металда қалады.

Соңғы өнім болып табылатын қара мыстың әдеттегі химиялық құрамы Д қосымшасында келтірілген

Қара мыс маркаларының химиялық құрамы Д қосымшасында көрсетілген.

Сульфидті кеннен пирометаллургиялық мыс алудың принципіалды технологиялық сұлбасы Е қосымшасында көрсетілген.

Қара мысты массасы 1200 кг дейін құймалар және электролиттік тазалауға жіберілетін анодтар түрінде шығарады.

Мыс тазалауды оттық және электролиттік тәсілдермен жүргізеді.

Өндірістің даярлау (электрохимиялық алдында) сатысында оттық тазалау мақсаты мысты оттегіге жақындығы жоғары қоспалардан жартылай тазалау және кейінгі электролиттік тазалауға оны дайындау болып келеді. Оттық тазалау әдісімен балқытылған мыстан күкіртті, оттегі, темірді, никель, мырыш, қорғасын, мышьяк, сурьма мен ерітілген газдарды максималды жоюға ұмтылады.

Тікелей техникалық қолданыс үшін қара мыс жарамсыз, және сондықтан оның міндетті түрде зиянды қоспалардан тазалау және асыл металдар, селен мен теллурдың ілеспелі бөліп алу мақсатында тазалауға ұшыратады.

Селен, теллур және висмут тәрізді элементтердің аз ғана қосындысы (миллион мыс бөлшегіне бірнеше бөлшегі) мыстың электроткізгіштігін және өңделуін ауқымды нашарлатуы мүмкін. Бұл қасиеттер таза мыстың ірі тұтынушысы болып келетін кабель-өткізгіш өнім өндіретін өнеркәсіптер үшін ерекше маңызды. Электролиттік тазалау, электротехниканың аса қатаң талаптарына жауап беретін мыс алуға мүмкіндік беретін негізгі процесс болып саналады.

1.3. Қара мысты оттық тазартудың теориясы мен тәжірибесі

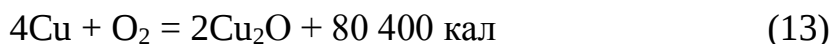
Мысты оттық тазарту оның келесі қасиеттеріне негізделген: а) мыс шала тотығының (12%-дейін) сұйық мыста ерігіштігі; б) мыста, қоспаларды тотықтыру нәтижесінде алынған шала тотықтардың бір бөлігінің ерімеуі; в) қоспалардың ауқымды бөлігіне қатысты мыс шала тотығының тотықтыру қабілеттілігі, г) тотықтыру қоспалары жойылғаннан кейін мыс шала тотығының жеңіл және жылдам тотықсыздануы; құрғақ ағаш айдаудың газтәрізді өнімдерімен араластыру кезінде сұйық мыста еріген SO_2 жою мүмкіндігі.

Оттық тазарту операциясы келесі бес сатыдан тұрады: 1) мыс құймаларын тиеу (2-2,5 сағ.); 2) балқыту (5-11сағ.); 3) тотықтыру (2-7 сағ.); 4) «тығыздыққа» және «жұмсақтығына» абалату(2 3,5 сағ.); 5) мысты тарата құю (4-6 сағ.)[6].

Сатылар ұзақтығы қара мыстың ластануына, тазалау пешінің сыйымдылығына және механикалық жабдықтың өнімділігіне байланысты өзгеруі мүмкін.

Оттық тазартуды, мұнаймен, көмір шаңымен немесе табиғи газбен жылытылатын арнайы шарпыма тазалау пештерінде жүргізеді, оттық тазартудың тотықтыру реакцияларының басым бөлігі балқытылған мыс ваннасына отқатөзімді балшықпен футерленген, бірнеше темір түтікшелер (түтікшелер диаметрі 12-19 мм, ауа қысымы 1-2,5 ат) арқылы үрленетін ауа оттегісі есебінен жүреді. Заманауи тазалау пештерінің қарапайым сыйымдылығы 100-250 т.

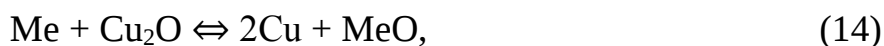
Алдымен мыс тотығады:



(бұл реакцияның бір бөлігі, пештің тотықтыру атмосферасы есебінен, яғни сұйық ваннаны ауамен үрлеуге дейін қара мысты балқыту кезінде өтеді). Түзілетін мыс шала тотығы сұйық мыста ериді, сұйық мыста мыс шала тотығының ерігіштігі 1100°C кезінде 5,0%, 1150°C кезінде 8,3%, 1200°C кезінде 12,4% құрайды.

Сұйық мыста еріген Cu_2O қоспаларға негізгі оттегі таратушы болып табылады. Мыстың тотығу процесі салыстырмалы баяу өтеді, сондықтан мыс шала тотығы ери отырып, ванна бойынша біркелкі таралуға және сұйық мыста кездесетін барлық қоспалармен реакцияға түсуге үлгереді. Бұл кезде ауаның мүмкіндігінше максималды шағын көпіршіктерінде ауа оттегісінің пайдаланылуы жеткілікті толық болады.

Күкірттің толық жануы сұйық мыстың мыс шала тотығымен қанығу дәрежесіне ғана емес, оған қоса пеш газдарында SO_2 мөлшеріне тәуелді болады, демек пешті азкүкіртті немесе тіпті күкіртсіз отынмен жылытқан жөн. Металды қоспалар келесі қайтымды реакция бойынша жанады:



мұндағы, Me темір, кобальт, никель, мырыш, мышьяк, сурьма, қорғасын, қалайы, висмут және т.б.

Сұйық мыста қоспалар мен оттегі концентрациясына тәуелді Cu_2O және сәйкес қоспа арасында тепе-теңдік орнатылады. Оттық тазарту тәжірибесінде, химиялық талдау көрсетуі бойынша, қоспалар жануының айқын көрінетін реті орнатылған жоқ. Әдетте бірқатар қоспалар біруақытта тотығады, алайда олардың қарқынды және толық жойылуы әртүрлі.

Түзілетін қоспалардың шала тотықтары сұйық мыста ериді. Олар ванна бетіне қалқып шығады, мұнда тазалау алдында пеш қабырғалары (заправка) бойымен ваннаға тасталынатын кварц есебінен шлактанады. Қоспаларды жою кезінде осы шала тотықтардың ұшқыштығы, меншікті салмағы, шлактану (яғни силикаттар мен ферриттер түзу) және өзге шала тотықтармен бірге сұйық мыста еритін күрделі химиялық қосылыс түзу қабілеттілігі сияқты қасиеттер ауқымды роль атқарады. Ваннаны тотықтыру мерзімінде оның мыс шала тотығымен қанығуы үнемі айтарлықтай тұрақты және шектіге жақын болатындықтан, онда сұйық мыста еріген Cu_2O диссоциация серпімділігін таза Cu_2O диссоциация серпімділігінің шамасына тең болатын және 1200° кезінде 10-4 атм құрайтын тұрақты шама деп қабылдауға болады. Егер түзілетін қоспалар шала тотықтары сұйық мыста ерімейді және өзге шала тотықтармен сұйық мыста еритін химиялық қосылыстар түзбейді деп қабылдасақ, онда осы қоспа (Me) концентрациясының максималды төмендеуін проф. А.Н. Вольскийдің теориялық қорытындысына сәйкес есептеуге болады: Cu_2O және қоспа шала тотығының серпімді диссоциациясы тең болғанда ванна ішінде тепе-теңдік орын алады.

$$Po_2/Cu_2O = \frac{Po_2}{MeO_{\text{нас}} \frac{Me_{\text{Макс}}^2}{Me^2}} \quad (15)$$

мұндағы, Me – концентрацияның төмендеуінің шегі;

$Me_{\text{Макс}}$ -сұйық мыстың қанықтылығының қоспаға сәйкес келетін берілген температурада концентрациясы.

Осы теңдеулерге сәйкес, А.Н. Вольский тазартылған мыста кейбір қоспалар мөлшерінің шекті төмендеуін анықтады: 0,0011% дейін Fe, 0,25% дейін Ni, 0,66% дейін As[7].

Қара мыстан темір жанған кезде темір шала тотығы түзіледі. Сұйық мыс ішінде Fe_2O_3 дейін тотығуы, 1200°C кезінде 10в-2 ат тең, яғни мыс шала тотығынан жоғары Fe_2O_3 жоғары серпімді диссоциациясының салдарынан мүмкін емес. Темірдің айтарлықтай толық жойылуы зауыт тәжірибесімен де расталады. FeO түрінде тотыққан темір ванна бетіне қалқып шығады, мұнда бір бөлігі қайта тотығады және ванна бетіндегі шлакта силикаттар мен ферриттер түрінде еріп кетеді.

Оттық тазартуда марганец, кобальт, мырыш пен кейбір өзге қоспалар өзін темірге ұқсас көрсетеді, мырыштың бір бөлігі қара мысты балқыту кезінде буланады.

Қиын жойылатын қоспалар никель, мышьяк пен сурьма болып табылады. Зауыт тәжірибесінен мәлім, никельге бай мысты тазалау кезінде никель мөлшерін 0,30-0,35% дейін төмендетуге болады. Алайда теориялық есептелген және тәжірибеде орнатылған тазартылған мыста никельдің минималды мөлшеріне қол жеткізу өте қиын, себебі мышьяк пен сурьма қатысында, мыста еритін, және сондықтан әсіресе пештің қышқыл табанында никельдің ауқымды мөлшерін ұстап тұратын аталмыш «никель слюдасы» (мыс-никель антимонаты және арсенаты) түзіледі. Тек негіздік табаны мен негіздік флюс қоспаларымен (сода, әктас, магнезит) осы «никель слюдаларын» бетіне қалқып шығатын натрий, кальций, магний арсенаттары мен антимонаттарының түзілуімен ыдыратуға болады. Никель мөлшерін 0,3-0,4% төмен түсіру тәжірибе жүзінде қиын және экономикалық тиімсіз.

Мышьяк пен сурьма мөлшері жоғары кара мысты тазалау кезінде оларды жою үшін, жоғарғы ұшқыш емес бестотықтар (As_2O_5 , Sb_2O_5) тотықсыздануы және түзілетін ұшқыш ұштотықтар (As_2O_3 , Sb_2O_3) ұшып кетуі үшін ваннаны тотықтыру және тотықсыздандыру мерзімдерін ретпен бірнеше рет қайталаған жөн. Соданың қосылуы жеңілбалқитын арсенаттар мен антимонаттардың шлактануын жеңілдетеді. Оған, зауыттардың бірінің тәжірибесі бойынша, кара мысты тазалау процесінің барысында ұнтақтәрізді соданы үрлеумен қол жеткізеді. Құрамында 0,25% As болатын кара мыста оның концентрациясын 0,003% дейін төмендету мүмкін болды[8].

Үрленетін сода көмегімен кара мысты тазарту әдісі мышьяк пен сурьманың аз ғана мөлшері, сонымен қатар шығындалатын соданың жоғары құны салдарынан кеңінен таралымға ие болған жоқ.

Кейбір қиындықтар қорғасын мен қалайы тотығуында кездеседі. Қышқыл пештерде қорғасын жеңіл балқитын шлактар түзе отырып, жеңіл жойылады; ал негіздік пештерде мыста жоғары қорғасын мөлшерінде ваннаға кварц құмын қосу қажет болады. PbO және қорғасын шлактарының жоғары меншікті салмағы олардың балқытылған мыс бетіне қалқып шығуына айқын кедергі жасайды.

Қалайы тотыққанда SnO басқа, SnO_2 түзіледі, екі шала тотықтың бір бөлігі сұйық мыста ериді және силикаттар түзбейді. Сондықтан қалайыға бай кара мысты тазарту кезінде кез-келген пешке, оның шлактануы үшін станнаттар түзетін негіздік флюстерді қосу керек.

Висмут, селен және теллур қоспалары ерекше қиын жойылады. Әдетте олардың мыстағы концентрациясы аз ғана, және олар оттық тазарту кезінде айтарлықтай жойылмайды – айтарлықтай толық мыста қалады. Селен мен теллурдың тек аз ғана мөлшері элементтік түрде немесе шала тотық түрінде ұшып кетеді. Алтын мен күміс толығымен анодты мысқа өтеді.

Тотықтыру мерзімінің соңында металды қоспалар жанып біткенде, демек, мыс шала тотығының оттегісі олардың тотығуына шығындалмаған кезде, мыста Cu_2O концентрациясы айтарлықтай қанығу шегіне жылдам жетуі мүмкін (1200° кезінде 12,4% Cu_2O). Әдетте мыс шала тотығының концентрациясын шамамен 8% дейін келтіреді, бұл ваннада 0,8% O_2 мөлшеріне сәйкес келеді.

Мыстан күкіртті жою келесі реакция бойынша жүреді.

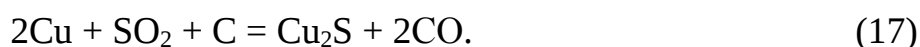


Бөлінетін күкіртті газдың бір бөлігі сұйық ваннада ериді. Балқытылған мыста SO_2 ерігіштігі температураға тәуелді: 1220° кезінде 0,448% ериді (салмағы бойынша), 1380° кезінде - 0,706%.

Тазалау пешінің ваннасынан тотықтыру мерзімінде қасықпен алынатын сынама, балқытылған мыстың мыс шала тотығымен қанығуына қарай сынықтар түсі кірпіш-қызыл болатын нәзік алынады, ал сұйық мыс күкірт ангидридімен қаныққанда сынама қатаю кезінде түзілетін SO_2 салдарынан аса кеуекті, қуысты болады.

Жоғарыда көрсетілген барлық қоспалар жойылғаннан кейін тотықтыру мерзімін аяқтайды және мыс шала тотығының артық мөлшері тотықсыздандыруға кіріседі. Шлактанған қоспалардың қайтымды тотықсыздануын алдын – алу үшін, ванна бетінен мерзімді түрде түзілген шлақтың соңғы қалдықтарын түсіреді. Сұйық мыста еріген газтәрізді күкірт ангидриді жою және еріген мыс шала тотығын қайта тотықсыздандыру, мысты «абалату» мерзімінде жүреді, оның мәні келесідей: сұйық мыс ваннасына шикі жаңадан кесілген қалың сырықтар мен бөренелерді тиеді. Жоғары температура әсерінен, су буымен ұшқыш көмірсутектерін, сутегі және көміртегі шала тотығын түзе отырып, ағаш құрғақ айдауға ұшырайды. Газтәрізді өнімдер сұйық мыстың қарқынды араласуын тудырады, газдардың металмен жанасу бетін қатты ұлғайта отырып, Cu_2O тотықсыздануына және SO_2 жылдам ығысуына әсер етеді [9].

Балқытылған мыстан SO_2 жойылуы бірінші аяқталады. Осы уақыт ішінде пеш газдарында бейтарап немесе әлсіз қышқыл атмосфераны сақтайды, ванна температурасын біршама төмендетеді ($1120-1130$ дейін) және оның бетінде ағаш көмірдің пайда болуынан қашады, себебі көміртегі күкіртті ангидрид есебінен мыстың кері сульфидтенуіне әсер етуі мүмкін:



Абалатудың бірінші сатысының аяқталуын («тығыздыққа абалату») сұйық мыс сынамасы арқылы анықтайды: суыған кезде мыс тығыз болуы, сынықтары кірпіш-қызыл түсті, алайда газ көбіктері мен өсім құбылыстары болмау керек. Абалатудың бірінші сатысынан кейін ваннада мысқа морттық беретін, әлі біршама Cu_2O мөлшері қалады, сондықтан абалатуды жаңадан кесілген ағаш сырықтарымен жалғастырады және мысқа дейін Cu_2O толық тотықсыздандыру үшін, ваннаның ашық бетін ағаш көмірмен жабады. Мыс шала тотығын тотықсыздандыру мерзімінде пеште тотықсыздандыру атмосферасын ұстап тұрады.

Соғуға абалату деп аталатын осы (екінші) сатыдан кейін, сынамадағы мыс тұтқырлы және оның сәулелі-жібек бетінде, ақшыл-күлгін түсті сынықтарымен созымды болу керек.

Абалату аяқталған кейін 0,03-0,20% O_2 қалады. Абалатумен оттық тазарту аяқталады және «қызыл» мысты негізінен ары қарай электролиздеу үшін анодтарға немесе өзге пішінді құймаларға тарата құяды. Құймақалыптарды анодты мыстан (қызмет ету мерзімі 18-20 күн), шойыннан немесе болаттан жасайды.

«Қызыл» мыстың Cu_2O толық тотықсыздануы тиімсіз, себебі мыста оттегінің бірнеше мөлшері кездесетін болса, қалған қоспалар шала тотықтар түрінде болады, олар элементтік күйдегі қоспаларға қарағанда, мыстың механикалық және басқа қасиеттері үшін қатты зиян емес. Кеуектілік ұлғаюының оттегінің күрт төмендеген мөлшеріне тәуелділігін сынақтық деректермен көрсетуге болады (2-сурет). Оған қоса, оттексіз, қайтаабалатылған сұйық мыс, тазарту пешінің өзінде көмір тотығы мен сутегіні ерітеді, олар кейіннен, қатаю кезінде бөлінеді және оның ішін қатты кеуекті етеді.



1-оттегі құрамының өзгеруі; 2- кеуектіліктің өзгеруі

2 Сурет – Жоғары дәрежеде тотығу дәрежесі бар катодты мыстың балқуы кезінде мыс газының қанығуындағы өзгерістер;

Кейде «қызыл» мыста оттегінің минималды рұқсат етілген мөлшері оның кейінгі міндетіне байланысты болады. Мәселен, мыс анодтарында оттегі мөлшерінің шегі ондағы никель мөлшеріне байланысты. Мұндай мысты аса терең – оттегінің 0,1% төмен мөлшеріне дейін абалату кезінде – никельдің негізгі массасы кейінгі мыс электролизінде электролитте айтарлықтай толық ериді, және шламда қалмайды. Сондықтан шлакның сандық шығуы азаяды,

демек кейде тиімді болатын, ондағы бағалы металдар концентрациясы жоғарылайды.

«Абалатылған мысты» сұйық мысқа қайтадан ауа үрлеу кезінде оны қосымша жеңіл тотықтыру арқылы онай түзетуге болады. Әдетте 0,03-0,04% O_2 «қызыл» мыста оттегі мөлшерінің минималды рұқсат етілген төмендеуі деп санауға болады.

Соңғы өнім — анодты («қызыл») мыс құрамы шамамен келесідей: 99,2-99,8% Cu, 0,03-0,50% Ni, 0,12% дейін As, 0,20% дейін Sb, 0,015% дейін S, 0,007% дейін Bi, 0,03% дейін Se, 0,01% дейін Te, 0,08% дейін Pb, 0,005% дейін Zn, 0,003-0,015% Fe, 0,05% дейін Sn, 0,20% дейін O_2 , 0,04% дейін Au, 0,30% дейін Ag.

Тазалау пештерінің шлактары үнемі мысқа бай, сондықтан олар әдетте мыс қорыту зауыттарын мысқұрамды қайтымды материалдар ретінде өңдеуге түседі. Шлактың шамамен құрамы келесідей: 43 0% SiO_2 қышқыл табанында, 19% SiO_2 негіздік табанда, 2-10% FeO, 36-50% Cu_2O , 0,40% дейін NiO; 0,20% дейін SnO, 2-4% Al_2O_3 , 1-7% CaO, 0,2-14% MgO, 0 70% дейін PbO, 0 002% дейін BiO, 0,29% дейін Sb_2O_2 , AO 0,6% S және 4-16% Cu металдық.

Оттық тазарту пешінің газдар құрамында әдетте 15% дейін CO_2 және 1-2% бос O_2 болады; олар жою қазандықтарына түседі, мұнда газдардың 40% дейін жылуы пайдаланылады, ал температурасы 300-400° дейін төмендейді. Одан кейін газдар құбырлар арқылы атмосфераға тасталынады және олармен шаңның аз мөлшері жоғалады. Газдармен мыс жоғалымы қара мыс салмағының шамамен 0,1% құрайды. Шартты отын (мазут, табиғи газ, мұнай, шаңтәрізді көмір) шығыны мыс салмағынан 10 - 15% құрайды.

Тарихи қалыптасқан электротехникалық мыстың көпсатылы өндірісінің дәстүрлі сұлбасы аралық технологиялық түйіні ретінде оттық тазалау процесінің қолданылуын қарастырады. Мысты оттық тазалаудың қорытынды нәтижесі қара мыста қоспалар мөлшерін, күкіртті, темірді, мырыш, қорғасын мен алюминийді жою есебінен 0,6...4,0 % бастап 0,3...0,5 % дейін төмендету болып келеді. Балқытылған мыста никель, висмут, селен мен теллур қоспалары, алтын, күміс пен платина тобының металдары айтарлықтай толығымен қалады.

Сондықтан дәстүрлі технология жүйесінің аясында оттық тазалау процесінің мәні қара мысты бірқатар зиянды қоспалардан алдын-ала тазалау болып келеді, бұл электролиттік тазалаудан кейін соңғы өнімнің жоғары тазалық деңгейін (99,95 % жоғары) қамтамасыз етуге және қорытынды сатыда біршама шығындарды қысқартуға мүмкіндік береді. Бұл кезде жоғары энергияны көп қажет ететін және экологиялық қауіпті, өнделім шығындары жоғары электролиздеу техникасы мен технологиясы жеке өнімге алтын, күміс, селен мен теллурды жеке өнімге бөліп алу және шығару есебінен өз-өзін ақтайды.

Әрине, мыс сынықтары мен қалдықтарын рециклингтеу жүйесінің аясында екіншілей шикізаттан балқытылған қара мыста асыл металдар, селен мен теллур мөлшері он және тіпті жүз есе төмен, сондықтан Қазақстан шарттарында электротехникалық мыс өндіру технологиясының дәстүрлі жүйесі

экономикалық тұрғыдан тиімсіз. Бұл мысты оттық тазарту сатысында сапалы технологиялық өзгерісін жүзеге асыруды қажет етті.

Мәселенін шешілуіне негізделген және жасалған тек технологиялық тәсілдеме қысқа мерзімде тұрақталған өндірістік сұлбаны түбегейлі өзгертпей және технологиялық жабдықтың реконструкциясы нәтижесінде оң нәтиже алуға мүмкіндік берді.

Мысты оттық тазалаудың потенциалды технологиялық мүмкіндіктерін бағалау мақсатында мысты оттық тазалау процесінің кейбір термодинамикалық аспектілері төменде қарастырылған, олар бірқатар зерттеу жұмыстарының ескерілуімен өзіндік жасақтаулар негізінде орнатылған.

Дәстүрлі түрде мысты оттық тазарту процесі бірнеше мерзімдерден тұрады, олар балқыманы оттегімен терең тотықтыруды және құрамы айнымалы шлак фазасын экстракциялық тазалауды параллель жүргізуді қарастырады.

Әдетте, тотықтырып тазарту процесін ваннаны ауамен үрлеу арқылы жүргізеді, ол металдың балқуы және 1100 °C дейін қыздырылуынан кейін басталады. Бұл кезде оттегі мен балқыманың жанасу зонасында айтарлықтай барлық химиялық элементтің жаппай тотығуы жүреді, алайда қорытпада мыс концентрациясы жоғары болғандықтан, жетекші элементтің тотығу реакциясы басым болады:



Мыс шала тотығы (CuO) бұл шарттарда түзіле алмайды, себебі ванна температурасында оның диссоциация серпімділігі ауада оттегінің парциалды қысымынан біршама жоғары.

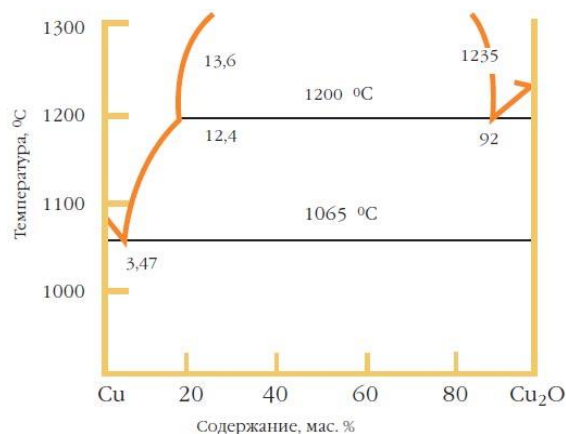
Түзілген мыс шала тотығы, ауаның оттегімен кедейленген ағынымен пневматикалық араластыру нәтижесінде газтәрізді оттегімен тікелей жанасу зонасынан балқыманың терең қабатына орын ауыстырады. Оттегінің төмен концентрациялы зонасында (18) реакциясының бағыты қарама-қарсы өзгереді, яғни Cu₂O мыс балқымасында ериді және осылайша, ванна көлемінде оттегі концентрациясы жоғарылайды.

Cu - Cu₂O күй диаграммасында көрсетілгендей, мыста мыс шала тотығының ерігіштігі 1100° кезінде 5,0% (масса бойынша), 1150° кезінде 8,%, 1200° кезінде 12,4% жетеді. 1200 °C төмен температурада мыс шала тотығының артық мөлшері өзіндік қатты фаза түрінде қалқып шығады, ал 1200 °C жоғары температурада сұйық шлак фазасы түрінде бөлінеді.

Осылайша, мыс балқымасын тотықтырып тазалау процесінің потенциалды мүмкіндіктері Cu - Cu₂O күй диаграммасымен (4-сурет) анықталады, ал тотықтырып тазалаудың негізгі шарты келтірілген механизм есебінен металда оттегі концентрациясын қоспалардың тотығу реакциясы үшін тепе-теңдіктен жоғары ұстап тұру болып келеді.

Әдетте тотықтырып тазалау кезінде мыста еріген оттегінің жеткілікті жоғары концентрациясын, 1100 - 1145 °C температурада 0,40...0,60% дейін келтіріп, ұстап тұрады. Осылайша, балқыма көлемінде тотықтар түрінде

мыстың шлакқа минималды жоғалымымен қоспалардың басым тотығуы үшін шарттар құрады.



ЗСурет– Cu - Cu₂O күй диаграммасы

Тотықтыру процесінің екінші сатысын келесі негізгі реакциялармен келтіре отырып, мыс балқымасында қоспалар (Me) тотығуының термодинамикалық мүмкіндігін бағалаймыз.

Жоғарыда айтылғандай, жоғары мыс концентрациясы реакциясының өтуіне әсер етеді, бұл кезде балқыма көлемінде онымен параллель реакциясы өтеді. Бөлінетін Cu₂O сұйы мыста ериді, бұл еріген оттегімен қоспаларды тікелей тотықтыруға мүмкіндік береді немесе реакциясы бойынша қоспаларды тотықтыратын конденсацияланған тотықтырғыш болуы мүмкін.

Тотықтыру сатысында біріншілей шлак астында қоспаларды тотықтыру мен жоюдық потенциалды мүмкіндіктері процестің негізгі реакцияларының изобаралық потенциалдарын есептеумен орнатылады. Қоспалардың тотығу реакцияларының изобаралық потенциалының кемуі, элементтердің оттегіге жақындығының өзгеріс дәрежесін, яғни олардың тотығуы мен мыстан жойылу мүмкіндігін көрсетеді. Мәселен, күкірт біруақытта үш реакция (23, 25 және 27) бойынша тотығады және жойылады. Қоспалардың тотығуы және жойылу сатысы (28) реакциясымен аяқталады және мыстың ары қарай тотығуын алдын алу үшін мыс балқымасының тотықтануын (29) реакциясы бойынша берілген аралықта тұрақтандыру қажет. Мұндай шарттарда мыс 12 % Cu₂O дейін оттегімен қанығуы мүмкін, ал мыстан кейін тұрған металдар: күміс, висмут, алтын, селен мен теллур термодинамикаға сәйкес тотыға алмайды және мыстан жойылмайды.

Қара мысты оттық тазалау реакцияларының изобаралық потенциалдар теңдеуі Б қосымшасында көрсетілген.

Термодинамикалық есептеулер деректерінің (4-кесте) көрсетуі Б қосымшасында көрсетілген.

Сурет – температураға тәуелді кейбір тотықтар түзілу реакцияларының изобаралық потенциалының өзгерісі Б қосымшасының жалғасында көрсетілген. Оксидті фазаның мольдік үлесінің теңдеуі В қосымшасында көрсетілген.

Компоненттер активтілігінің коэффициентін ескере отырып, балқыту барысында әрбір элементтің тотығуы жылдамдығына пропорционал өзгеретін уақытта түзілетін біріншілей шлак фазасының құрамын бағалауға болады. Бұл кезде шлак фазасында бір тотықтың басымдылығы мыстың қарқынды тотығуы басталғанша екіншісімен алмастырылатын болады, бұл оттық тазалау процесінің барлық сатыларында шектеуші фактор болып табылады.

Термодинамикалық бағалауға сәйкес, мыс балқымасында 1100 °C температурада оттегі мөлшерін осы мерзімде, металл құрамына тәуелді 0,29...0,34 % дейін жеткізуге болады, ал біріншілей шлак құрамы, процесс барысында қалқып шығатын тотықтыру өнімдерінде тотықтар мөлшерінің өзгеруі есебінен келесідей болады (2-кесте).

2 Кесте– Тотықтыру өнімдерінің құрамы, мас. %

Өнімдердің құрамы, тотығу%	PbO	FeO	SnO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	NiO	ZnO	CuO
Басы	20,1	2,5	16,3	18,5	28,9	2,3	8,2	3,2
Ортасы	31,7	4,8	39,9	1,2	2,7	4	9	6,7
Соңы	31,8	4,9	35,4	0	0	4,3	6,5	17,1

Осылайша, біріншілей шлак астында тотықтыру газымен балқыманы үрлеу арқылы мысты тазалау мүмкіндігінің термодинамикалық шектеулері бар, бұл кезде балқымада қоспалардың қалдық концентрациясы балқымада тек оттегі концентрациясына ғана емес, оған қоса шлакта қоспалар тотығының активтілігіне тәуелді болады.

Шлакта қоспалар тотығының активтілігі төмен болған сайын, қоспаның тотығу реакциясы тепе-теңдігін әрекеттесу өнімдеріне қарай ығыстыру есебінен тазалау терең жүреді.

Мысты тазарту дәрежесін ұлғайту үшін шлакта реакция өнімдерінің активтілігін, зиянды қоспалар элементтерінің қайсыбір тобының басым тотығу процестерін уақыт бойынша біріктіруді ескере отырып, шлакта берік қосылыстар түзу арқылы төмендетеді. Бұл кезде металда қоспалардың тепе-тең мөлшері «шлак-металл» шекарасында өтетін реакциялармен анықталатын болады, олардың жылдамдығы, біз білеміз, реакцияға түсетін фазалардың меншікті жанасу бетімен анықталады.

Металлургиялық реакциялардың өту жылдамдығы мен толықтығын күрт арттыруға ұнтақтарды үрлеу мүмкіндік береді, бұл реакцияға түсетін фазаларды бөлу шекарасын ұлғайтады және пеште металл мен шлак көлемдерінің араласуын жылдамдатады. 1 мм дейін бөлшек өлшемімен ұнтақтәрізді флюстің үрленуі шлактүзілу процесін үдетеді.

Бұл кезде металды ауамен үрлеу зиянды қоспалардың тотығуын қарқындылатады.

Құрамы әртүрлі ұнтақтар қоспасымен үрлеу барысында шлактамшыларының түзілуі қажет, олар металл көлемінен қалқып шығып, оның бетінде активті сұйықтай аққыш тазалау шлактарын қалыптастырады. Мыс балқымасын тазалауда қолданылатын ұнтақтар қоспасының құрамына гексаметофосфат, бор қышқылы, кальцит, магнезит және т.б. кіруі мүмкін.

Шлактүзуші ұнтақтармен тазалау процесі гетерогенді болып табылады және оны шартты түрде үш сатыға бөлуге болады:

бірінші – металл көлемінен металл-шлак тамшысын бөлу шекарасына қоспаларды массалы тасымалдау;

екінші – бөлу шекарасында қоспаларды тотықтыру;

үшінші – реакция өнімдерінің шлак тамшысы көлеміне диффузиясы.

Аса ұзақ саты үшіншісі болып табылады, сондықтан қоспаларды аса толық жою үшін шлак фазасының тұтқырлығы минималды болу керек. Мұны ескере отырып, мыс балқымасын шлак қоспасымен тазалаудың бірінші фазасы зиянды қоспаларды тотықтыру реакциясы өнімдерінің активтілігін төмендету мақсатында біріншілей шлакты сирету және сұйылтуды қамтиды.

Зерттеулермен орнатылғандай, осы мақсатта аса тиімді зат натрий гексаметафосфаты (NaPO_3)₆ болып табылады. Берілген қосылыс біріншілей шлактың тұтқырлығын біршама төмендетіп және тотығу өнімдерін сұйылтыпқана қоймай, олармен химиялық әрекеттесуге түсуге мүмкіндік береді және жеткілікті берік қосылыстар түзеді, бұл пирофосфаттардың, сонымен қатар натрий станаты мен антимонатының түзілуі есебінен аса терең және жылдам тазалауға әсер етеді.

Мыс балқымасын шлак қоспасымен тазартудың бірінші фазасы, ең бастысы шлак құрамында қоспалардың тотығу реакциясы өнімдерінің жеткілікті көп мөлшерде болуынан шектеулі мүмкіндіктерге ие, себебі оның шамадан тыс ұлғаюы қосымша мыс жануына әкеледі.

Біз білеміз, тотықтырып тазалау кезінде қоспаларды максималды толық жою үшін, тотықтыру сатысының аяқталуына қарай тазалау шлактарының құрамында қоспалар тотықтарының максималды концентрациясы болу керек, одан кейін таза болғанша жою қажет.

Бірінші тазалау шлактарын айдағаннан кейін металды зиянды қоспалардан көпсатылы прецизиялық экстракциялы тазалау жүргізу мүмкіндігі туындайды:

- оттегімен негіздік тотықтар түзушілер (Pb, Fe, Zn);
- оттегімен қышқыл тотықтар түзушілер (Sn, Sb);
- никель (Ni).

Мысты оттық тазалау процесінде никель мен сурьманы жою кезінде дәстүрлі ауқымды қиындықтар туындайды. Қара мыста олардың мөлшері жоғары болғанда, олардың тек бір бөлігі жойылады, ал төмен мөлшерінде – айтарлықтай толық мыста қалады.

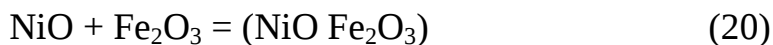
Мұның себептерінің бірі мыс пен никельдің оттегіге жақындығының салыстырмалы аз айырмашылығы болып табылады. Бірқатар зерттеушілердің термодинамикалық есептеулерінің көрсетуі бойынша, өзге қоспалар болмаған

жағдайда, никель теориялық тұрғыдан тек 0,25 % мөлшеріне дейін жойылуы мүмкін. Алайда тәжірибе жүзінде никель жойылуы ауқымды қиынырақ өтеді және оның қалдық мөлшері әдетте 0,3 - 0,4 % құрайды. Оның себебі, сурьма қатысында никель тотыққанда мыста еритін қосылыстар слюдалар $((\text{Cu}_2\text{O})_6(\text{NiO})_8(\text{Sb}_2\text{O}_5)_2)$ түзеді.

Мыстың никельден тазалануына ферритті шлактардың түзілуі әсер етеді деп санау қабылданған, ол үшін тазалау пешіне тотықтыру сатысында темір тотығын Fe_2O_3 енгізу ұсынылады. Келесі реакцияның өтуі нәтижесінде



Сұйық мыста ерімейтін никель ферриті түзіледі, бұл сурьма слюдаларының түзілуін алдын алады. (20) реакциясы никель тотығуының еркін энергиясының кемуі NiO түзілуінің еркін энергиясының кемуінен, тотықтардан никель ферриті түзілуінің еркін энергиясының шамасына жоғары

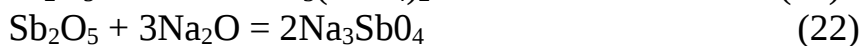
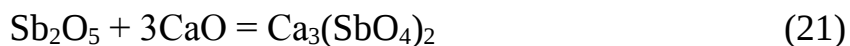


Оған қоса, оттық тазалау процесінде сурьманы жою негізінен ұшқыш төменгі тотықтың (Sb_2O_3) булануы есебінен жүреді. Сондықтан тотықтырудың бастапқы сатысында бұл тотықтар жеткілікті қарқынды жойылады. Алайда мыстың ауқымды тотығуында Sb_2O_3 ұшқыш емес тотыққа Sb_2O_5 өтеді, ол қара мыста ериді [10].

Сурьманы аса терең жою тәсілдерінің бірі тотықтыру және тотықсыздандыру процестерін қайталау болып табылады. Күшті тотыққан мыс тотықсызданған кезде сурьма қайтадан үш валентті күйге өтеді және айдалады. Бұл кезде, әрине тотықтың толық тотықсуздануына жол бермеу керек. Алайда оттық тазалаудың дәстүрлі тәжірибесінде мұндай тәсілдеме үнемі қолданылмайды, себебі балқымада оттегі мөлшерін нақты реттеуді талап етеді және пешті өнімділігін төмендетеді.

Екінші жағынан, оттегінің тепе-тең қысымы ваннада сурьманың қалдық мөлшеріне тәуелді болатындықтан, тотықтырып үрлеу газының құрамын басқара отырып, сурьманың айдалуын күшейтуге болады. Ол үшін, оттегінің парциалды қысымы Sb_2O_3 диссоциация серпімділігінен бірнеше жоғары, алайда Sb_2O_5 диссоциация серпімділігінен төмен болуы қажет, бұл кезде газ құрамын берілген заңдылыққа сәйкес өзгерту қажет. Мұндай ұйымдастыруда процесс салыстырмалы жеңіл өтуі және сурьманың жеткілікті толық бөлінуін қамтамасыз етуі қажет.

Сурьма жоюдың келесі бағыты бесвалентті тотықты мыста ерімейтін арсенаттар мен антимонаттарға байланыстыру әдісі болып табылады:



Бұл мақсатта жеткілікті күшті тотыққан мысқа әктас араластырады немесе сода қосады. Бұл операция жеткілікті күрделі, флюстердің ауқымды шашырауымен, натрий тұзының булануымен және отқатөзімділердің желінуімен жүреді. Сондықтан, көрінетін қарапайымдылығына қарамаста, оны өнеркәсіпте салыстырмалы сирек қолданады.

Тазалау кезіндегі белгілі бір қиындықты қорғасын бөлінуі де тудырады. Қорғасын мыспен салыстырғанда оттегіге бірнеше жоғары жақындығына ие, алайда бұл айырмашылық үлкен емес. Оған қоса, түзілетін қорғасын тотығы, мыспен салыстырғанда жоғары тығыздығына ие бола отырып, балқыма бетіне қалқып шықпайды. Осы қиындықтарды жою үшін тазалау процесін қышқыл табанды пештерде жүргізеді немесе кварцты флюс қолданады. Бұл жағдайда түзілетін глет SiO_2 әрекеттесуіге түседі және силикат түзеді:



Силикат түзілуі, бір жағынан, қорғасын тотығуының Гиббс энергиясының кемуін ұлғайтады, ал екінші жағынан – глетпен салыстырғанда силикат тығыздығы төмен болғандықтан, реакция өнімдерінің шлаққа қалқып шығуын жеңілдетеді. Осылайша, мыстың қорғасыннан тазалануын силикатты шлак алумен жүргізу қажет.

Жоғарыда айталғандардық ескерілуімен, мысты көпсатылы прецизиялы тазалаудың принципіалды технологиялық сұлбасы жасалды, оны келесі түрде көрсетуге болады:

- ваннаға мыс фосфидін енгізу арқылы қышқыл шлак қалыптастыру (Cu_3P)



реакцияларына сәйкес оттегімен негіздік тотықтар түзетін Pb, Fe және Zn мыс балқымасын тазарту;

- қышқыл тазалау шлактарын ағызу;
- ваннаға кальций карбонатын енгізу арқылы негіздік шлак жасау (CaCO_3)



- $\text{SnO}_2 + \text{CaO} = \text{CaSnO}_3$ реакциялары бойынша оттегімен қышқыл тотықтар түзетін Sn және Sb мыс балқымасын тазарту;

- негіздік тазалау шлактарын ағызу;
- магнезита (MgO) негізінде негіздік шлак жасау;
- никельден (Ni) мыс балқымасын тазарту[11].

Қоспалардың басым тотығуы моделінің негізінде жасалған операцияларды жүргізу реті келесі тұжырымдамаларды да ескереді:

- мыс фосфидін енгізу (Cu_3P), ол қосымша мыс қышқылсыздандырғыш ролін атқарады, прецизиялық тазалаудың бірінші сатысында оттегінің жоғары

емес және тұрақты мөлшерімен және сурьманы жоюға көшкен кезде оның мөлшерін нақты реттеу қажеттілігімен шартталады;

- прецизиялық тазалаудың екінші сатысында мыс қышқылдануының ұлғаюы, яғни тотықтыру мен тотықсыздандыру процестерін қайталау сурьманың терең жою тәсілдерінің бірі болып табылады;

- ауа ағынында тотықтырып үрлеу газының құрамын, кейіннен металда ыдырайтын, кальцит үрлеу есебінен басқару және осылайша, ваннада сурьманың қалдық мөлшеріне тәуелді үрленетін ұнтақ шығынын реттеу арқылы оттегінің оңтайлы қысымын қамтамасыз ету;

- тазалаудың соңғы сатысында никельді жою (процестің жоғары температурасында, сурьманың қышқылсыздандыруы мен төмен концентрациясында) оның максималды толық тотығуына және шлак фазасына жойылуына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Қоспалардың көп бөлігін жойғаннан кейін оттегінің ауқымды мөлшері мыс балқымасында қалады. Келесі операцияға кіріспес бұрын, ванна бетінен жақсылап шлақты жояды, әтпесе шлакта кездесетін тотықтар тотықсызданады және қоспалар металды мыста қайтадан ериді.

Мыстың тотықтырып тазалау процесі мен шлак түсіру аяқталғаннан кейін Cu_2O тотықсыздандыруға (мысты қышқылсыздандыру) және дәстүрлі технология бойынша еріген газдарды жоюға көшеді.

Ең бастысы металл қоспаларымен ластанған сынықтардың типтік химиялық құрамы бойынша, тазалау шлактарының кемінде үш түрінің, ал сынықтарда никель мөлшері 600 ppm жоғары болғанда – төрт түрінің кезекпен қолданылуы орнатылған. 1 типті флюс – бор қышқылы, 2 типті – натрий гексаметафосфаты; 3 типті - CaCO_3 ; 4 типті - MgCO_2 . Прецизиялық тазалау техникасы металл бетіне де, балқыма айнасының астына да флюсті кезекпен тиеу операцияларын, балқыманы белсенді араластыру мен барботаждаумен реакциялық мерзімді және шлақтың мұқият алынуын қамтиды. Бұл кезде маңызды мәнге ванна қышқылдануы, оның температурасы мен енгізілетін шлактүзуші материалдар мөлшері ие.

Осылайша, шлак қоспаларының оңтайлы құрамы, оларды енгізу көрсеткіштері мен прецизиялық тазалаудың негізгі технологиялық операцияларын жүргізу тәртібі анықталды және негізделді. Мысты оттық тазалаудың дәстүрлі сұлбасы аясында жаңа технологиялық тәсілдемелер кешенін қолдану есебінен қоспалардың төмен концентрациясы шарттарында тазалау дәрежесін ауқымды 2 есе ұлғайтудың принципіалды мүмкіндігі көрсетілді.

1.4 Зерттеу бағытын таңдау және негіздеу

Өнеркәсіптік деректерді талдау нәтижелері соңғы жылдары оттық тазалау процесіне түсетін бастапқы қаралы мыс құрамының күрт төмендеуіне әкелді, бұл процестің заманауи талаптарға сай техника - экономикалық көрсеткіштерін

нашарлатты. Оның негізгі себептері: базалық металл – мыстың тауарлық өнімдерге бөліп алу көрсеткіштерінің төмен болуы; материалдық шығындардың өсуі, келесі анодты мысқа мыстың өтуін тиісті жағдайда қамтамасыз етпейді; сонымен қатар, ондағы қоспалар концентрациясы мөлшерінің жоғары болуы алынған өнімнің сапасын тікелей төмендетеді.

Осыған орай қоспасыз мыс шығару бойынша жана мәліметтер көрсетіліп, кара мысты оттық тазарту бойынша зерттеу жұмыстары ұсынылған. Алынатын өнімдердің сапасын жоғарылату үшін теориялық және металлургиялық есептеулер жүргізу қажет:

- 1) Құрамында ілеспелі металдары бар кара мысты оттық тазалау кезінде процестін оптималды параметрлерін талдау және анықтау;
- 2) Мыс пен қорғасынның оттық тазалау процесі кезінде алынатын өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу.

2 Металлургиялық есептеулер

Қара мысты оттық тазалау есебі

Оттық тазалауға келесі құрамды қаралы мыс келіп түседі, %: 98,4 Cu; 0,08 As; 0,26 Pb; 0,01 Fe; және басқалары.

Есептеу 100 кг қаралы мысқа жүргізіледі. Қаралы мысты оттық тазалау кезінде оған қажетті оттегінің мөлшерін есептеу қажет.

Қаралы мыстың рационалдық құрамы

Оттық тазалауға қорғасын өндірісінен алынатын мыс-қорғасынды штейндерді конвертерлеуден кейін алынған қаралы мыс түседі.

Қаралы мыста барлық металдар таза немесе интерметаллидті қосылыстар түрінде.

3 Кесте – Оттық тазалауға келіп түсетін келесі қаралы мыс құрамы

Атауы	Cu	Pb	As	Fe	Басқалары	Барлығы
Қаралы мыс	98,4	0,26	0,08	0.1	1,25	100

Тотықтыру ескерілмегендегі шаңның құрамы мен мөлшері 4- кестеде келтірілген.

4 Кесте – Тотықтыру ескерілмегендегі шаңның құрамы мен мөлшері

Компонент	Мөлшері, кг	Құрамы, %
Pb	0,0026	2,3
As	0,0008	0,71
Cu	0,098	86,73
Басқалары	0,012	10,62
Барлығы	0,113	100,00

Тотықтыруды ескеріле отырып, шаңның құрамы мен мөлшері 5-кестеде келтірілген.

5 Кесте– Тотықтыру ескергендегі шаңның құрамы мен мөлшері

Компонент	Мөлшері, кг	Құрамы, %
PbO	0.0028	2,46
As ₂ O ₃	0.001	0,88
Cu ₂ O	0.11	96,66
Барлығы	0,1138	100,00

Қорғасын зауыттарының тәжірибелік мәліметтері бойынша оттық тазалау кезінде шаңдардың механикалық шығуы өңделетін қаралы мыстың массасының 1-2 %-ын құрайды. Біздің жағдайда шаңның механикалық шығуы 0,11 %-ға тең.

2.1 Анодты мыстың құрамын анықтау

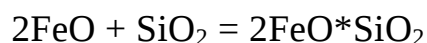
Анодты мыстың құрамының есептеулері А қосымшасында көрсетілген. Анодтық мыстың құрамы мен мөлшері 6- кестеде келтірілген.

6 Кесте – Анодтық мыстың құрамы мен мөлшері

Компонент	Мөлшері, кг	Құрамы, %
Pb	0,0013	0,0013
As	0,00016	0,0002
Cu	98,006	99,986
Басқалары	0,0126	0,0129
Барлығы	98,02	100,00

Шлак түзуге қажетті флюс мөлшері есебі.

SiO_2 мөлшері есебі



$$\text{SiO}_2 = (0,013 \cdot 60) / 144 = 0,05 \text{ кг}$$

Флюстың мөлшерін 1,5 есе артық аламыз ($\text{SiO}_2 = 0,11 \text{ кг}$)

Шлакты есептеу нәтижелерін 7 және 8- кестелерге келтіреміз

2.2 Шлактың құрамын есептеу

Шлактың құрамының есептеулері А қосымшасында көрсетілген. Шлакты есептеу нәтижелерін 7 және 8- кестелерге келтіреміз.

7 Кесте – Шлактың химиялық құрамы және мөлшері

Компонент	Мөлшері, кг	Құрамы, %
Pb	0,0023	0,161
Cu	0,295	20,601
Fe	0,01	0,698
SiO ₂	0,08	5,587
Басқалары	1,125	78,561
Барлығы	1,432	100,00

8 Кесте – Шлактың заттық құрамы мен мөлшері

Компонент	Мөлшері, кг	Құрамы, %
PbO	0,0024	0,142
Cu ₂ O	0,332	19,579
FeO	0,012	0,708
SiO ₂	0,08	4,718
Басқалары	1,2693	74,854
Барлығы	1,6957	100,00

Жүргізілген есептеулерге сүйене отырып шығатын газдардың мөлшері мен құрамының кестесін (9- кесте) құрайық.

2.3 Газдың құрамын есептеу

Газдың құрамының есептеулері А қосымшасында көрсетілген.

9 Кесте – Шығатын газдардың мөлшері мен құрамы

Компонент	Мөлшері, кг	Құрамы, % масса бойынша
PbO	0,273	48,49
N ₂	0,186	33,04
As ₂ O ₃	0,104	18,47
Барлығы	0,563	100,00

Жүргізілген есептеулерге сүйене отырып, қаралы мыстың оттық тазалау

процесінің бастапқы материалдық балансын 10 және 11-кестеге құрамыз.

Абалату процесі кезінде табиғи газдың шығынын тәжірибеге сүйене қарамыстың 0,22 % деп аламыз.

10 кесте – Қаралы мысты оттық тазалау процесінің бастапқы материалдық балансы

Материал	Cu	Pb	Fe	As	SiO ₂	CH ₄	O	N ₂	Басқалары	Барлығы
Тиелді										
1. Қаралы мыс	98,4	0,26	0,01	0,08	-	-	-	-	1,25	100,0
2. Ауа	-	-	-	-	-	-	0,0908	0,186	-	0,277
3. Флюс	-	-	-	-	0,08	-	-	-	0,03	0,11
4. Табиғи газ	-	-	-	-	-	0,2	-	-	0,02	0,22
Барлығы	98,4	0,26	0,01	0,08	0,08	0,2	0,0908	0,186	1,3	100,607
Алынды										
1. Анодтық мыс	98,006	0,0013	-	0,0002	-	-	-	-	0,012	98,0312
2. Шлак	0,295	0,0023	0,01	-	0,08	-	0,035	-	1,2693	1,6916
4. Шаң	0,098	0,0026	-	0,0008	-	-	0,011	-	0,012	0,1244
5. Шығатын газдар	-	0,25	-	0,079	-	0,2	0,0448	0,186	-	0,7598
Барлығы	98,4	0,26	0,01	0,08	0,08	0,2	0,908	0,186	1,3	100,607

2.4 Процестің жалпы материалдық балансы

11 Кесте— Қара мысты оттық тазалау процесінің ақырғы материалдық балансы

Материал	Мөлшері, т	Cu		Pb		As	
		I	II	I	II	I	II
Тиелді:							
1. Қаралы мыс	100	98,4	98,4	0,26	0,26	0,08	0,08
2. Ауа	0,277	-	-	-	-		-
3. Флюс	0,11	-	-	-	-	-	-
4. Табиғи газ	0,22	-	-	-	-	-	-
Барлығы:	100,607		98,4		0,26		0,08
Алынды:							
1. Анодтық мыс	98,0312	99,97	98,006	0,0013	0,0013	0,0002	0,0002
2. Шлак	1,6916	17,44	0,295	0,12	0,002	-	-
3. Шаң, газдар	0,8842	11,08	0,098	29,03	0,2567	9,03	0,0798
Барлығы	100,607		98,4		0,26		0,08

I – Құрамы, %; II – Мөлшері, кг;

2.5 Жылулық балансы есебі

2.5.1 Түсетін жылулар

Қаралы мыстың физикалық жылуы

$$Q_{\text{қаралы мыс}} = 53576,64 \text{ кДж}$$

Ауаның физикалық жылуы

$$Q_{\text{ауа}} = 878 \text{ кДж}$$

Экзотермиялық реакциядан келетін:

$$Q_{\text{экз}} = 13615 \text{ кДж}$$

Жалпы жылу келу:

$$53576,64 + 878 + 13615 = 68069,64 \text{ кДж}$$

2.5.2 Жылудың шығысы

Анодтық мыспен кететін:

$$Q_{\text{анодтық мыс}} = 49638,98 \text{ кДж}$$

Шлакпен шығатын:

$$Q_{\text{шл}} = 2204,76 \text{ кДж}$$

Шаңмен шығатын:

$$Q_{\text{ш}} = 1012 \text{ кДж}$$

Газбен шығатын:

$$Q_{\text{г}} = 1638,38 \text{ кДж}$$

Эндотермиялық реакциялардан шығатын:

$$Q_{\text{энд}} = 8303 \text{ кДж}$$

Сыртқа жоғалуы:

$$Q_c = 2031 \text{ кДж}$$

Жалпы жылу шығуы:

$$Q_6 = 63828,12 \text{ кДж}$$

2.5.3 Процестің жалпы жылулық балансы

12 Кесте – Процестің жалпы жылу балансы

Түсетін жылу		Шығатын жылу	
Экзотермиялық реакциялардан келетін жылу	13615 кДж	Анодтық мыстың жылуы	49638,98 кДж
Қаралы мыстың физикалық жылуы	53576,64 кДж	Шлақтың жылуы	2204,76 кДж
Ауаның физикалық жылуы	878 кДж	Шаңның жылуы	1012 кДж
		Газдардың жылуы	1638,38 кДж
		Эндотермиялық реакциялардан шығатын жылу	8303 кДж
		Сыртқа жоғалуы	2031 кДж
		Үйлеспеушілік	3241,52 кДж
Барлығы	68069,64 кДж	Барлығы	68069,64 кДж

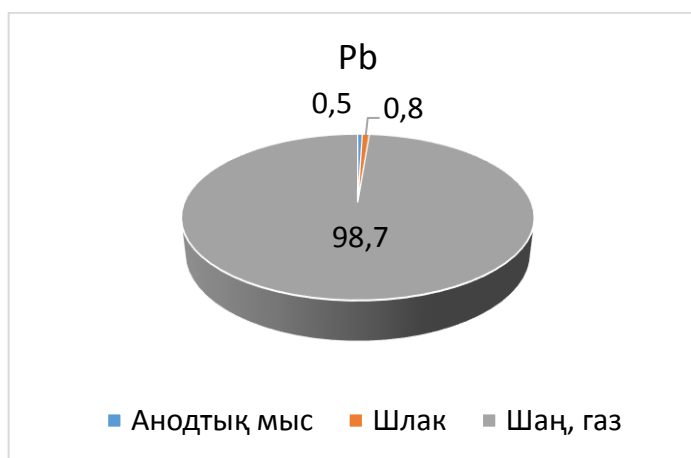
3. Түсті және бағалы металдардың оттық тазалау өнімдері арасында бөлініп таралуын зерттеу

3.1 Металдардың өнімдер арасында бөлініп таралуын зерттеу

Металлургиялық есептеулер нәтижесінен қара мысты оттық тазалаудан кейін металдардың алынатын өнімдер арасында бөлініп таралауы есептелінді және 3 суретте келтірілген.



А)



Б)

Сурет 3 – Мыс (А) және қорғасынның (Б) оттық тазалау өнімдері арасында бөлініп таралуы

3 суреттен көрініп тұрғандай мыс-қорғасынды штейнінен алынған қара мысты оттық тазалаудан кейін мыстың анодтық мысқа шығымы 99,6 % және қорғасынның шаң, газға шығымы 98,7 % құрады. Бұл көрсеткіштер оттық тазалау кезінде жоғары нәтижелерге жетуге болатынын көрсетті. Қазіргі таңда оттық тазалау технологиясынан ерекшелігі үрлеуді 30 % дейін байытылған ауамен үрлеу болып табылады. Бұл кезде процестің өнімділігін және алынатын өнімдердің сапасын арттыруға ықпалын тигізеді.

3.2 Зерттеу нәтижесін талдау және ұсыныстар

Қорыта келгенде бұл дипломдық жұмыстағы металлургиялық есептеулер нәтижесіне сүйене отырып өндіріске келесідей ұсыныс беріледі:

- 1) Оттық тазалау кезінде 30% дейін байытылған ауамен үрлеу;

Байытылған ауамен үрлеген кезде процестің өнімділігі 2 есе артады және алынатын өнімдердің сапасы артады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Мыс металлургиясының негізгі міндеті - өңделетін шикізаттан бос металл күйінде немесе химиялық қосылыс түрінде металдар алу. Тәжірибеде бұл мақсат, бос жыныс компоненттерінің шикізаттың бағалы құрамдастарынан бөлінуін қамтамасыз ететін, арнайы металлургиялық процестер көмегімен шешіледі.

Қолданылатын металлургиялық процестердің, дайындау және көмекші операциялардың барлық кешені учаскенің, бөлімнің, цехтың немесе жалпы кәсіпорынның технологиялық сұлбасына қалыптастырылады. Шикізатты пайдалану кешенділігінің жоғары дәрежесі заманауи технологияға қойылатын негізгі және аса маңызды талабы болып табылады, және ол кең мағынада түсіндірілуі қажет.

Сатылар ұзақтығы қара мыстың ластануына, тазалау пешінің сыйымдылығына және механикалық жабдықтың өнімділігіне байланысты өзгеруі мүмкін.

Дипломдық жұмыста жалпы таза мыс алудың қазіргі заманауи жағдайда оттық тазарту процесі зерттеліп, келесі мәселелердің түйіні шешілді:

а) отты рафинирлеудің негізгі мақсаты соңынан жүргізілетін электролиттік рафинирлеуге жарамды тығыз анодтар алу және электролиттік рафинирлеуге теріс әсерін тигізетін қоспалардан тазартудың жолдары анықталды;

б) жүргізілген металлургиялық есептеулерге сүйене отырып, қаралы мыстың оттық тазалау процесінің материалдық және жылулық балансы есептелінді;

в) отты немесе тотықтыра рафинирлеу бірқатар қоспа элементтердің металға (мысқа) қарағанда оңай тотығып, мыста ерімейтін оксидтер түзіп, жеке қож фазасына немесе ұшатын қоспалар түзіп газ фазасына өтуіне негізделінді;

г) еңбек қорғау бөлімінде қауіпсіздік және еңбекті қорғау, техника қауіпсіздігі зерттелді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Досмұхамедов Н.Қ., Даулетбақов Т.С. Қазақстан мыс өндірісінің даму стратегиясы. Монография - Алматы: «DPS» баспасы, 2010, - 276 б
- 2 Газарян, Л.М. Пирометаллургия меди / Л.М. Газарян. – М.: Металлургия, 1965. – 358 с.
- 3 Ванюков, А.В. Комплексная переработка медного и никелевого сырья / А.В. Ванюков, Н.И. Уткин.– Челябинск: Металлургия, 1988. – 432 с.
- 4 Процессы и аппараты цветной металлургии / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич и др.– Екатеринбург: УГТУ, 1997. – 655 с.
- 5 Рохлин Л.Л., Бочвар Н.Р., Лысова Е.В. Влияние примесей структурного состояния на способность меди к пластической деформации // Известия вузов. Цветная металлургия, 2001, №4. – С. 66-70.
- 6 Купряков, Ю.П. Автогенная плавка медных концентратов во взвешенном состоянии / Ю.П. Купряков. – М.: Металлургия, 1979. – 232 с.
- 7 Гудима, Н.В. Технологические расчеты в цветной металлургии / Н.В. Гудима. – М.: Металлургия, 1975. – 255 с.
- 8 Досмұхамедов Н.Қ., Даулетбақов Т.С., Егизеков М.Г., Меркулова В.П., Панфилов В.П. Медное производство Казахстана. Монография - Алматы: Изд-во «DPS», 2010, - 472 с.
- 9 Расчеты пиропроцессов и печей цветной металлургии / Д.А. Диомидовский, Л.М. Шалыгин, А.А. Гальнбек и др. – М.: Металлургия, 1963. – 460 с.
- 10 Смирягин А.П., Смирягина Н., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. – М.: Металлургия, 1974. – 488 с.
- 11 Осинцев О.Е., Федоров В.Н. Медь и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки: Справочник. – М.: Машиностроение, 2004. – 336 с

А қосымшасы

Металлургиялық есептеулер

Шаңның мөлшері мен құрамын есептеу.

Тотықтыруды ескермей шаңның құрамы мен мөлшерін есептейміз.

$$G_{\text{Pb}}^{\text{шаң}} = G_{\text{Pb}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{\text{Pb}}^{\text{шаң}}}{100} = 0,26 \cdot \frac{1}{100} = 0,0026 \text{ кг}$$

$$G_{\text{As}}^{\text{шаң}} = G_{\text{Zn}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{\text{As}}^{\text{шаң}}}{100} = 0,08 \cdot \frac{1}{100} = 0,0008 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Cu}}^{\text{шаң}} = G_{\text{Cu}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{\text{Cu}}^{\text{шаң}}}{100} = 98,4 \cdot \frac{0,1}{100} = 0,098 \text{ кг}$$

$$G_{\text{басқ}}^{\text{шаң}} = G_{\text{басқ}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{\text{басқ}}^{\text{шаң}}}{100} = 1,26 \cdot \frac{1}{100} = 0,012 \text{ кг}$$

Тотықтыруды ескере отырып, шаңның құрамы мен мөлшерін анықтаймыз.

$$G_{\text{PbO}}^{\text{шаң}} = G_{\text{Pb}}^{\text{шаң}} \cdot \frac{M_{\text{PbO}}}{M_{\text{Pb}}} = 0,0026 \cdot \frac{223,2}{207,2} = 0,0028 \text{ кг}$$

$$G_{\text{ZnO}}^{\text{шаң}} = G_{\text{As}}^{\text{шаң}} \cdot \frac{M_{\text{As}_2\text{O}_3}}{M_{\text{As}}} = 0,0008 \cdot \frac{198}{150} = 0,001 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Cu}_2\text{O}}^{\text{шаң}} = G_{\text{Cu}}^{\text{шаң}} \cdot \frac{M_{\text{Cu}_2\text{O}}}{2 \cdot M_{\text{Cu}}} = 0,098 \cdot \frac{143}{2} \cdot 63,5 = 0,11 \text{ кг}$$

Анодтық мыстың мөлшері мен құрамын есептеу

Анодтық мыстағы қорғасынның мөлшері мен құрамын табамыз:

$$G_{\text{Pb}}^{\text{анод. мыс}} = G_{\text{Pb}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{\text{Pb}}^{\text{анод. мыс}}}{100} = 0,26 \cdot \frac{0,5}{100} = 0,0013 \text{ кг}$$

$$C_{\text{Pb}}^{\text{анод. мыс}} = G_{\text{Pb}}^{\text{анод. мыс}} \cdot \frac{100}{G_{\text{анод. мыс}}} = 0,0013 \cdot \frac{100}{98,02} = 0,001 \%$$

А қосымшасының жалғасы

Анодтық мыстағы мышьяқтың мөлшері мен құрамын табамыз:

$$G_{As}^{\text{анод. мыс}} = G_{As}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{As}^{\text{анод. мыс}}}{100} = 0,08 \cdot \frac{0,2}{100} = 0,00016 \text{ кг}$$

$$C_{As}^{\text{анод. мыс}} = G_{As}^{\text{анод. мыс}} \cdot \frac{100}{G_{\text{анод. мыс}}} = 0,00016 \cdot \frac{100}{98,02} = 0,00001 \%$$

Анодтық мыстағы мыстың мөлшері мен құрамын табамыз:

$$G_{Cu}^{\text{анод. мыс}} = G_{Cu}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{Cu}^{\text{анод. мыс}}}{100} = 98,4 \cdot \frac{99,6}{100} = 98,006 \text{ кг}$$

$$C_{Cu}^{\text{анод. мыс}} = G_{Cu}^{\text{анод. мыс}} \cdot \frac{100}{G_{\text{анод. мыс}}} = 98,006 \cdot \frac{100}{98,02} = 99,985 \%$$

Анодтық мыстағы бақалардың мөлшерін табамыз:

$$G_{\text{басқ}}^{\text{анод. мыс}} = G_{\text{анод. мыс}} \cdot \frac{C_{\text{басқ}}^{\text{анод. мыс}}}{100} = 1,26 \cdot \frac{1}{100} = 0,0126 \text{ кг}$$

Шлактың мөлшері мен құрамын есептеу

Оттық тазалау кезіндегі шлактың құрамы мен мөлшерін анықтаймыз. Компоненттер бойынша шлакты есептеуді қаралы мыстағы компоненттердің мөлшеріне сүйене отырып жүргіземіз.

Осыған сәйкес, шлакқа өтетін қорғасынның мөлшерін есептейміз.

$$G_{Pb}^{\text{шл}} = G_{Pb}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{Pb}^{\text{шл}}}{100} = 0,26 \cdot \frac{0,9}{100} = 0,0023 \text{ кг}$$

$$G_{PbO}^{\text{шл}} = G_{Pb}^{\text{шл}} \cdot \frac{M_{PbO}}{M_{Pb}} = 0,0023 \cdot \frac{223,2}{207,2} = 0,0024 \text{ кг}$$

Шлакқа өтетін мыстың мөлшерін есептейміз.

$$G_{Cu}^{\text{шл}} = G_{Cu}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\epsilon_{Cu}^{\text{шл}}}{100} = 98,4 \cdot \frac{0,3}{100} = 0,295 \text{ кг}$$

$$G_{Cu_2O}^{\text{шл}} = G_{Cu}^{\text{шл}} \cdot \frac{M_{Cu_2O}}{2 \cdot M_{Cu}} = 0,295 \cdot \frac{143}{2 \cdot 63,5} = 0,332 \text{ кг}$$

А қосымшасының жалғасы

Шлакқа өтетін темірдің мөлшерін есептейміз.

$$G_{\text{Fe}}^{\text{шл}} = G_{\text{Fe}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\varepsilon_{\text{Fe}}^{\text{шл}}}{100} = 0,01 \cdot \frac{100}{100} = 0,01 \text{ кг}$$

$$G_{\text{FeO}}^{\text{шл}} = G_{\text{Fe}}^{\text{шл}} \cdot \frac{M_{\text{FeO}}}{M_{\text{Fe}}} = 0,01 \cdot \frac{72}{56} = 0,012 \text{ кг}$$

Шлакқа өтетін басқалардың мөлшерін есептейміз.

$$G_{\text{басқ}}^{\text{шл}} = G_{\text{басқ}}^{\text{қарамыс}} - G_{\text{басқ}}^{\text{анод мыс}} - G_{\text{басқ}}^{\text{шаң}} = 1,123 \text{ кг}$$

Ауаның мөлшері мен шығатын газдардың құрамын есептеу

Газдарға өтетін қорғасынның мөлшерін анықтаймыз

$$G_{\text{Pb}}^{\text{газ}} = G_{\text{Pb}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\varepsilon_{\text{Pb}}^{\text{газ}}}{100} = 0,26 \cdot \frac{97,6}{100} = 0,254 \text{ кг}$$

Газдарға өтетін мышьяқтың мөлшерін анықтаймыз

$$G_{\text{As}}^{\text{газ}} = G_{\text{As}}^{\text{қарамыс}} \cdot \frac{\varepsilon_{\text{As}}^{\text{газ}}}{100} = 0,08 \cdot \frac{98,8}{100} = 0,079 \text{ кг}$$

Шығатын газдарда қорғасын PbO түрінде болады деп қабылдаймыз.
Сонда, газдардағы PbO мөлшері:

$$G_{\text{PbO}}^{\text{газ}} = G_{\text{Pb}}^{\text{газ}} \cdot \frac{M_{\text{PbO}}}{M_{\text{Pb}}} = 0,254 \cdot \frac{223,2}{207,2} = 0,273 \text{ кг}$$

Шығатын газдарда мышьяк As₂O₃ түрінде болады деп қабылдаймыз.
Сонда, газдардағы As₂O₃ мөлшері:

$$G_{\text{As}_2\text{O}_3}^{\text{газ}} = G_{\text{As}}^{\text{газ}} \cdot \frac{M_{\text{As}_2\text{O}_3}}{M_{\text{As}}} = 0,079 \cdot \frac{198}{150} = 0,104 \text{ кг}$$

As₂O₃ және PbO түзілу үшін қажетті оттегі мөлшері:

$$G_{\text{O}}^{\text{PbO}} = G_{\text{PbO}}^{\text{газ}} - G_{\text{Pb}}^{\text{PbO}} = 0,273 - 0,254 = 0,019 \text{ кг}$$

$$G_{\text{O}}^{\text{As}_2\text{O}_3} = G_{\text{As}_2\text{O}_3}^{\text{газ}} - G_{\text{As}}^{\text{As}_2\text{O}_3} = 0,104 - 0,079 = 0,025 \text{ кг}$$

А қосымшасының жалғасы

Үрлеумен бірге беруге қажетті оттегінің мөлшерін табамыз:

$$G_O^a = G_O^{PbO} + G_O^{As_2O_3} + G_O^{шл} + G_O^{шаң} = 0,019 + 0,025 + 0,0354 + 0,0114 = 0,0908 \text{ кг}$$
$$V_{O_2}^a = G_O^a \cdot \frac{22,4}{2 \cdot M_{O_2}} = 0,0908 \cdot \frac{22,4}{32} = 0,064 \text{ м}^3$$

Үрлеу ретінде құрамында 30 % (көл.) оттегісі бар ауа қолданылады. Үрлеудің жалпы көлемін есептейміз.

$$V_a = V_{O_2}^a \cdot \frac{100}{C_{O_2}^a} = 0,064 \cdot \frac{100}{30} = 0,213 \text{ м}^3$$

Үрлеудегі азот мөлшері:

$$V_{N_2}^a = V_a - V_{O_2}^a = 0,213 - 0,064 = 0,149 \text{ м}^3$$
$$G_{N_2}^a = G_{N_2}^a \cdot \frac{2 \cdot M_{N_2}}{22,4} = 0,149 \cdot \frac{28}{22,4} = 0,186 \text{ кг}$$

Үрлеу массасы келесіні құрайды:

$$G_Y = G_{O_2}^Y + G_{N_2}^Y = 0,0908 + 0,186 = 0,277 \text{ кг}$$

Б қосымшасы

Б.1Кесте – Қара мысты оттық тазалау реакцияларының изобаралық потенциалдар теңдеуі

№ реакция	Реакция	$\Delta G, \text{Дж/моль}$	$^{\circ}\text{C}, \text{Кдж/моль}$		
			1100	1200	1300
(Б.1)	$4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$	$-1672000 + 314 T$	-1240,9	-1209,5	-1178,1
(Б.2)	$\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$	$-877800 + 180 T$	-630,7	-612,7	-594,7
(Б.3)	$4\text{As} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{As}_2\text{O}_3$	$-652000 + 217 T$	-354,1	-332,4	-3107,7
(Б.4)	$4\text{Sb} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Sb}_2\text{O}_3$	$-698000 + 268 T$	-330,0	-303,2	-276,4
(Б.5)	$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$	$-296780 + 12,54 T$	-279,6	-278,3	-277,1
(Б.6)	$2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$	$-346940 + 96 T$	-215,1	-205,5	-195,9
(Б.7)	$\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$	$-214852 + 8,36 T$	-203,4	-202,5	-201,7
(Б.8)	$2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO}$	$-267520 + 75,2 T$	-164,3	-156,8	-149,2
(Б.9)	$\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Cu}_2\text{O} \rightarrow 6\text{Cu} + \text{SO}_2$	$119548 - 146,3 T$	320,4	335,0	349,7
(Б.10)	$2\text{Pb} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{PbO}$	$-217360 + 96 T$	-85,6	-76,0	-66,4
(Б.11)	$4\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{O}$	$-167200 + 75,2 T$	-64,0	-56,4	-48,9
(Б.12)	$4\text{Ag} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Ag}_2\text{O}$	$-29260 + 66,9 T$	62,6	69,3	76,0
(Б.13)	$4\text{Bi} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{O}_3$	$-175560 + 268 T$	192,4	219,2	246,0
(Б.14)	$4\text{Au} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Au}_2\text{O}_3$	$-79420 + 267 T$	299,5	327,1	354,7
(Б.15)	$\text{Se} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SeO}_2$	$-234080 + 385 T$	294,5	333,0	371,5
(Б.16)	$\text{Te} + \text{O}_2 \rightarrow \text{TeO}_2$	$-324786 + 476,5 T$	329,4	377,1	294,7

Термодинамикалық есептеулер деректерінің (Б.1-кесте) көрсетуі бойынша:

– Процесс өнімдерінде және 1100 - 1300 $^{\circ}\text{C}$ температурада сәйкес элементтің таза тотығының түзілуі шарттарында Ag, Bi, Au, Se және Te тотығу реакцияларының жүруі мүмкін емес;

– Сульфидтердің тотығуы реакция өнімдерінің газ фазасына бөлінуімен жүреді;

– Қалған элементтер тотығады, бұл кезде металл мен балқымада бейметалл қосылыстар түрінде диспергацияланған тотықты фазаның тепе-теңдік құрамы, мыста еріген оттегі мөлшерімен анықталады.

Демек, егер металды және тотықты фаза тепе-теңдікте болса, онда осы фазалар құрамына кіретін әрбір элемент үшін келесі реакция жазылуы мүмкін:

Б қосымшасының жалғасы

Тепе-теңдік константасы келесі формула бойынша анықталады:

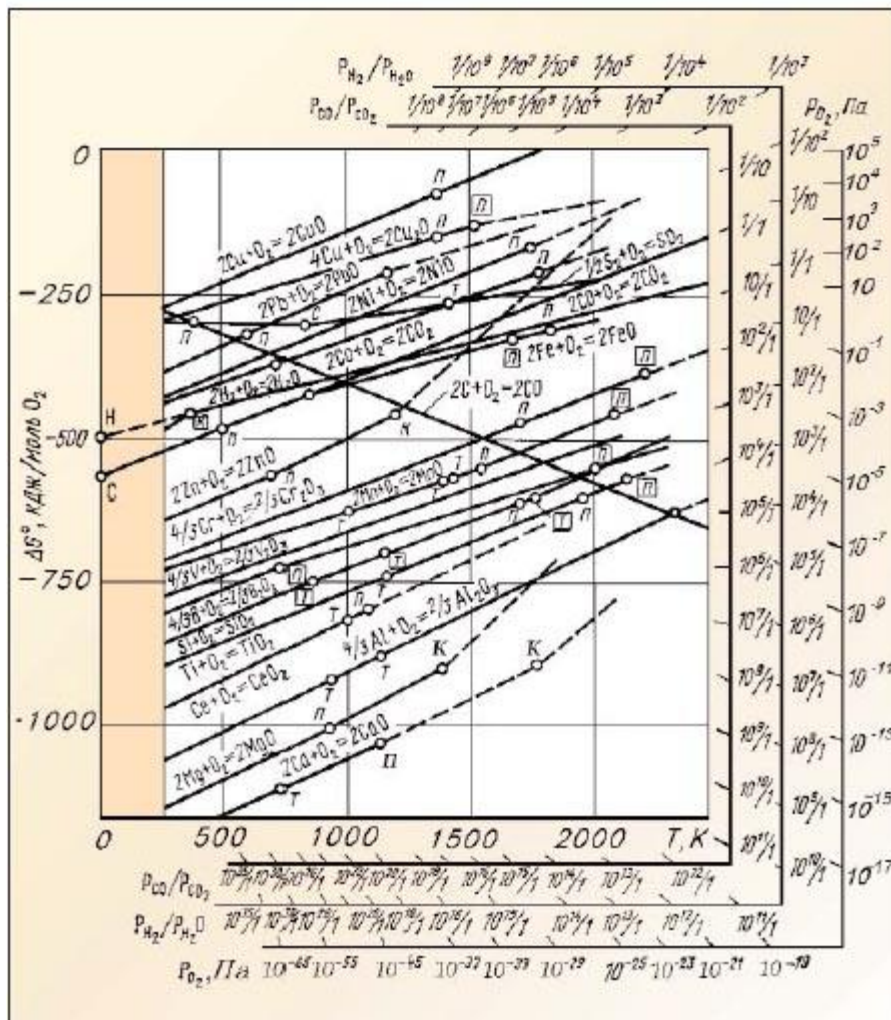
$$K_{Me} = \frac{a(Me_mO_n)}{a_{[Me]}^m a_{[O]}^n} = \frac{X_{(Me_mO_n)} Y_{(Me_mO_n)}}{[Me]^m [O]^n f_{Me}^m f_O^n} \quad (\text{Б.17})$$

мұндағы, $X_{(Me_mO_n)}$ - Шлактағы қоспа оксидтердің мольдік үлесі

$Y_{(Me_mO_n)}$ – Шлактағы қоспа оксидтердің коэффициенті

$f_{Me}^m f_O^n$ - Мыс балқымасындағы қоспалар мен оттегі белсенділігінің коэффициенті

$$K = \frac{a(\text{Me})}{2a} \quad (\text{Б.18})$$



Б.1 Сурет – температураға тәуелді кейбір тотықтар түзілу реакцияларының изобаралық потенциалының өзгерісі

В қосымшасы

Оксидті фазаның мольдік үлесінің теңдеулері :

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_{Me} \quad (B.1)$$

$$\lg K_{Al} = (87288/T) - 1 \quad (B.2)$$

$$\lg K_{Si} = (45826/T) - 9,4 \quad (B.3)$$

$$\lg K_{As} = (34038/T) - 11,3 \quad (B.4)$$

$$\lg K_{Sb} = (36440/T) - 14,0 \quad (B.5)$$

$$\lg K_S = (15494/T) - 0,7 \quad (B.6)$$

$$\lg K_{Zn} = (18112/T) - 5,0 \quad (B.7)$$

$$\lg K_{Fe} = (13966/T) - 3,9 \quad (B.8)$$

$$\lg K_{Pb} = (11347/T) - 5,0 \quad (B.9)$$

$$\lg K_{Cu} = (8729/T) - 3,9 \quad (B.10)$$

$$x_{Al_2O_3} = [O]^3 K_{Al} [Al]^2 \frac{f_{[O]}^3 f_{[Al]}^2}{x_{(Al_2O_3)}} \quad (B.11)$$

$$X_{SiO_2} = [O]^2 K_{Si} [Si] \frac{f_{[O]}^2 f_{[As]}}{x_{(SiO_2)}} \quad (B.12)$$

$$x_{As_2O_3} = [O]^2 K_{As} [As]^2 \frac{f_{[O]}^3 f_{[As]}^2}{x_{(As_2O_3)}} \quad (B.13)$$

$$x_{SbO_3} = [O]^2 K_{Sb} [Sb]^2 \frac{f_{[O]}^3 f_{[Sb]}^2}{x_{(Sb_2O_3)}} \quad (B.14)$$

$$X_{ZnO} = [O]^2 K_{Zn} [Zn] \frac{f_{[O]} f_{[Zn]}}{x_{ZnO}} \quad (B.15)$$

$$X_{FeO} = [O] K_{Fe} [Fe] \frac{f_{[O]} f_{[Fe]}}{x_{FeO}} \quad (B.16)$$

$$X_{PbO} = [O] K_{Pb} [Pb] \frac{f_{[O]} f_{[Pb]}}{x_{PbO}} \quad (B.17)$$

$$X_{Cu_2O} = [O] K_{Fe} [Cu]^2 \frac{f_{[O]} f_{[Cu]}^2}{x_{CuO}} \quad (B.18)$$

$$x_{Al_2O_3} + X_{SiO_2} + x_{As_2O_3} + x_{SbO_3} + X_{ZnO} + X_{FeO} + X_{PbO} + X_{Cu_2O} = 1 \quad (B.19)$$

Г қосымшасы

Соңғы өнім болып табылатын қара мыстың әдеттегі химиялық құрамы
Г.1-кестеде келтірілген

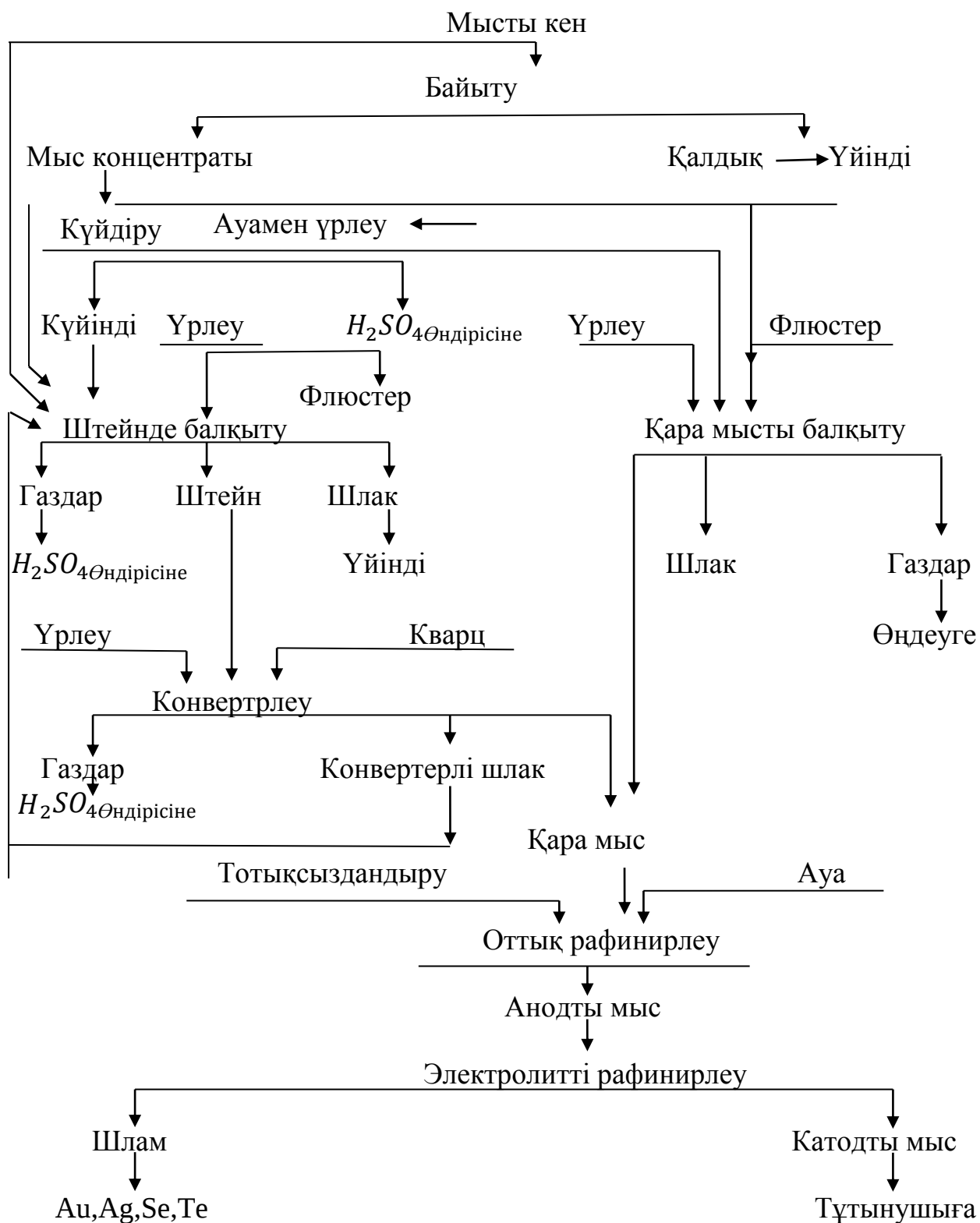
Г.1 Кесте– Конвертерлеуден кейін қара мыстың химиялық құрамы, %

Cu	S	Fe	Ni	Pb	As	Sb	Bi	Sn	Zn	Se	Au	Ag
97.5-99,5	0.003-0,35	0.01-0,15	0,1-0,5	0,05-0,26	0,03-0,3	0,03-0,2	0,05	0,1	0,3	0,1	0,003-0,04	0,002-0,3

Г.1 Кесте–Қара мыс маркаларының химиялық құрамы, мас. %

Марка	Cu+Ag+Au	Sb	As	Ni	Bi	Қоспа мөлшері
МЧ1	99,4	0,03	0,03	0,2	0,005	0,6
МЧ2	99,2	0,08	0,08	0,3	0,010	0,8
МЧ3	98,8	0,15	0,15	Шексіз	0,020	1,2
МЧ4	98,3	0,20	0,20	-	0,030	1,7
МЧ5	97,5	0,30	0,30	-	0,040	2,5
МЧ6	96	0,35	0,35	-	0,050	4,0

Д қосымшасы



Д.1 Сурет – Сульфидті кеннен пирометаллургиялық мыс алудың
принципиалды технологиялық сұлбасы