

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Тау-кен металлургия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар  
технологиясы кафедрасы

Куанышбаев Ерасыл Әсетұлы

Мырыш концентраттарының күйдіруін зерттеу

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B070900 – Металлургия мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

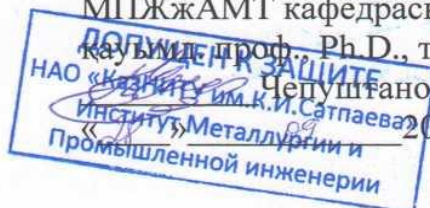
Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Тау-кен металлургия институты

Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар  
технологиясы кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ:**

МПЖжАМТ кафедрасының меңгерушісі



доцент, проф., Ph.D., тех. ғыл. канд,

Чепуштанова Т.А

«28» 2021 ж

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Мырыш концентраттарының күйдіруін зерттеу»

5В070900 – Металлургия мамандығы

Орындағандар: Куанышбаев Е.Ә.

Ғылыми жетекші

т.ғ.к., сениор-лектор

Коныратбекова С.С

“ 28 ”қыркүйек 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Тау-кен металлургия институты

Кафедра: Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы

5В070900 – Металлургия



ТАПСЫРМА

Дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушы: Қуанышбаев Ерасыл Әсетұлы

Тақырып: Мырыш концентраттарының күйдіруін зерттеу

Университет Ректорының 2021 жылғы "16" қыркүйек № 1486-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «28» қыркүйек 2021 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Мырыш концентраттарының күйдіруін зерттеу

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) құрамында мырышы бар концентраттарды күйдірудің параметрлерін қарастыру;

б) мырыш концентраттарын 600-650 °С температурада күйдіру, ауаның артық беру арқылы сульваттап күйдіруді қарастыру;

в) өмір тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау сұрақтарын қарастыру;

г) жұмыстың экономикалық тиімділігін және жұмысқа кеткен шығындарды есептеу.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)


Жұмыстың тақырыбы бойынша қорытындыны қоса 12 слайд.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 13 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты даярлау  
**КЕСТЕСІ**

| Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі | Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі | Ескерту |
|---|---|---------|
| Кіріспе   | 02.09.2021 ж.                                 |         |
| Аналитикалық бөлім                              | 02.09. 2021 ж.                                |         |
| Тәжірибелік бөлім                               | 03.09. 2021 ж.                                |         |
| Экономикалық бөлім                              | 04.09. 2021 ж.                                |         |
| Еңбекті қорғау                                  | 06.09. 2021 ж.                                |         |
| Қорытынды                                       | 16.09. 2021 ж.                                |         |
| Қалып бақылау                                   | 20.09.2021 ж.                                 |         |

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жобаға) қойған  
**қолтаңбалары**

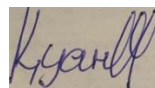
| Бөлімдер атауы   | Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қолы  |
|------------------|--|-------------------|---|
| Экономика бөлімі | Т.Ғ.К., сениор–лектор,<br>С.С. Коныратбекова                 | 22.09.2021 ж.     |  |
| Еңбекті қорғау   | Т.Ғ.К., сениор–лектор,<br>С.С. Коныратбекова                 | 23.09.2021 ж.     |  |
| Норма бақылау    | Т.Ғ.К., сениор–лектор,<br>С.С. Коныратбекова                 | 28.09.2021 ж.     |  |

Ғылыми жетекші



Коныратбекова С.С.

Студент тапсырманы орындауға алды



Куанышбаев Е.Ə.

Күні "28" қыркүйек 2021 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, тараулардан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс компьютер жиынтығының беттерінде көрсетілген, суреттер, кестелер бар.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі атаулардан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты мырыш концентраттарын 600–650<sup>0</sup>С температурада сульфатизациялайтын күйдіруді жүргізу және теориялық қажеттіліктен (155,2 м<sup>3</sup>) 53% (237,3 м<sup>3</sup>) артық мөлшерде ауа үрлеуін беру есебінен тұқылдарды сілтісіздендіру процесінде зиянды қоспалар болып табылатын мырыш ферриттері мен силикаттарының түзілуін болдырмау болып табылады.

Процестің материалдық және жылу балансының технологиялық есептері, жылына 164700 тонна мырыш концентратын қайнаған қабатта күйдіруге арналған пештер мен қосалқы жабдықтардың қажетті саны орындалды.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, глав, заключения, списка использованной литературы. Работа изложена на страницах компьютерного набора, включает рисунка, таблиц. Список использованной литературы содержит наименований.

Целью дипломной работы является исключение образования ферритов и силикатов цинка, являющихся вредными примесями в процессе выщелачивания огарка, за счет проведения сульфатизирующего обжига цинковых концентратов при температуре 600–650<sup>0</sup>С и подачи воздушного дутья с избытком в количестве 53 % (237,3 м<sup>3</sup>) от теоретически необходимого (155,2 м<sup>3</sup>).

Выполнены технологические расчеты материального и теплового баланса процесса, необходимого количества печей и вспомогательного оборудования для обжига в кипящем слое 164700 т цинкового концентрата в год.

## ANNOTATION

The thesis consists of a task, introduction, chapters, conclusion, list of references. The work is presented on the pages of a computer set, includes drawings, tables.

The list of references contains titles. The purpose of the thesis is to exclude the formation of ferrites and zinc silicates, which are harmful impurities in the process of leaching the stub, due to the sulfatizing firing of zinc concentrates at a temperature of 600-650 °C and the supply of air blast with an excess of 53 % (237.3 m<sup>3</sup>) of the theoretically necessary (155.2 m<sup>3</sup>).

Technological calculations of the material and thermal balance of the process, the required number of furnaces and auxiliary equipment for firing in the fluidized bed of 164700 tons of zinc concentrate per year have been performed.

## МАЗМҰНЫ

- Кіріспе
- 1 «ҚҚ» пешіндегі мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәжірибесі мен технологиялық түрі
  - 1.1 Мырыш концентратын сульфаттап күйдіру кезіндегі компоненттердің өзін өзі ұстауын зерттеу
  - 1.2 Мырыш концентраттарын күйдіруді жүргізетін «Казцинк» ААҚ-ның жұмыстарын сараптау
    - 1.2.1 ААҚ «Казцинк»-тың құрылу тарихы және оны жобалаудағы мәліметтері
    - 1.2.2 Номенклатура, өнімнің және шикізаттың сапасы мен техникалық деңгейі
    - 1.2.3 Материалдар және энергоресурстарға мұқтаждық
    - 1.2.4 ААҚ «Казцинк»-тың күйдіру цехында мырыш күйдіру үрдісін тәжірибе жүзінде жүзеге асыру
- 2 Тәсілді жасақтау және «ҚҚ» мырыш концентраттарын сульфаттап күйдірудің технологиялық есептеулері
  - 2.1 “ҚҚ” пешінде мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәсілінің негіздері
  - 2.2 Үрдістің технологиялық есептеулері
    - 2.2.1 Шикі мырыш концентратының рационалдық құрамының есебі
    - 2.2.2 Күйінді мен шаңның рационалдық есебі
    - 2.2.3 Оттегімен байытылған ауа есебі
    - 2.2.4 Үрдістің материалдық балансы
    - 2.2.5 Пештің жылулық балансы
    - 2.2.6 «ҚҚ» пешінің есебі
    - 2.2.7 Газарна жүйесінің есебі
  - 2.3 Көмекші және негізгі құрылғыларды таңдау
  - 2.4 Мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәсілінің нәтижелері
    - Қорытынды
    - Пайдалынған әдебиет тізімі



## КІРІСПЕ

Гидрометаллургиялық өндірісте мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру мақсаты сульфид металлдарын жеңіл еритін оксидтерге және металл сульфаттарына айналдыру болып табылады.

Мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіруді тиімді іске асыру үшін қажет:

- әлсіз күкірт қышқылында ерімейтін, құрамында мырыштың ферриттері аз күйдірілген өнім алу;
- қорғасын силикаттары мен мырыштың көп мөлшерде қалыптасуына жол бермеу;
- мышьяк және т.б. қоспалар электролизі үшін зиянды заттарды концентраттан алу;
- күкірт қышқылымен тез еритін жұқа ұнтақ түріндегі күйінді алу.

Сонымен қатар, күйінді газдарында  $SO_2$  концентрациясын қамтамасыз етіп, возгон түрінде ұшатын сирек металдар мен компоненттерді ұстап қалу қажет.

Ферриттер мен силикаттар түріндегі мырыштың жоғалуымен байланысты мырыш концентратын күйдіру үрдісінің көрсеткіштерін жоғарылату керек. Нақты жұмыста 600–650 °C температурасында мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру үрдісін іске асыру және теориялық қажеттіден 53 % мөлшерінде ауаның артық берілуі ұсынылады.

Сульфаттап күйдіру үшін бірқатар технологиялық конструктивті, экономикалық есептеулер комплексі өткізілді, олардың нәтижесі берілген әдіс тиімділігінің жоғарылығын көрсетті.

# 1 «ҚҚ» пешіндегі мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәжірибесі мен технологиялық күйі

## 1.1 Мырыш концентратын сульфаттап күйдіру кезіндегі компоненттердің өзін өзі ұстауын зерттеу

Күйдіру кезіндегі компоненттер барысын мырыш алу үрдісінің технологиялық жүрісі анықтайды.

*Мырышты біріктіру.*

*Сульфаттың түзілуі.* Сульфатты мырыштың екі түрі белгілі:  $ZnSO_4$  және  $3ZnO \cdot 2SO_3$ . Құрғақ ауа ағымындағы  $ZnSO_4$  диссоциациясы  $600^\circ C$  басталып температураның өсуімен жоғарылайды.  $850^\circ C$  – да мысалы ол  $750^\circ C$  – да 17 рет жоғары.  $700^\circ C$  – да мырыш сульфаты темір оксидтерімен ажырайды, ал  $600-700^\circ C$  температурасында ол темір және мырыш сульфидтерімен ажырайды. Әртүрлі металлдардың сульфаттарының бөліну температурасы 1.1 кестесінде келтірілген.

Кесте 1.1 – Сульфидтердің бөліну температурасы

| Сульфаттар            | Температура, °C    |                   | Бөліну өнімі          |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
|                       | Бөлінудің басталуы | Энергиялық бөліну |                       |
| 1                     | 2                  | 3                 | 4                     |
| $FeSO_4$              | 167                | 480               | $Fe_2O_3 \cdot 2SO_3$ |
| $Fe_2O_3 \cdot 2SO_3$ | 492                | 560               | $Fe_2O_3$             |
| $Al_2(SO_4)_3$        | 590                | 639               | $Al_2O_3$             |
| $ZnSO_4$              | 702                | 720               | $3ZnO \cdot 2SO_3$    |
| $3ZnO \cdot 2SO_3$    | 755                | 767               | $ZnO$                 |
| $CuSO_4$              | 653                | 670               | $2CuO \cdot SO_3$     |
| $2CuO \cdot SO_3$     | 702                | 736               | $CuO$                 |
| $PbSO_4$              | 637                | 705               | $6PbO \cdot 5SO_3$    |
| $6PbO \cdot 5SO_3$    | 952                | 962               | $2PbO \cdot SO_3$     |
| $MgSO_4$              | 890                | 972               | $MgO$                 |
| $MnSO_4$              | 699                | 799               | $Mn_2O_3$             |
| $CaSO_4$              | 1200               | —                 | $CaO$                 |
| $CdSO_4$              | 827                | —                 | $5CdO \cdot SO_3$     |
| $5CdO \cdot SO_3$     | 878                | —                 | $CdO$                 |

Күйінді өнімдерінде мәнді мөлшерде мырыш сульфатын алу оның бөліну температурасынан аспайтын үрдіс температурасында ғана мүмкін болады: агломерацияда, мысалы мырыш сульфаттары мүлде алынбайды. Теңдік бойынша мырыш сульфатының түзілуін еске түсірсек:



онда (1.1) теңдігі бойынша сульфат алу мырыш сульфидінің оттегімен өзараәрекеттесуін қамтамасыз етеді. Бұл үшін жағымды жағдай көптабанды пештердің жоғарғы табандарында және сульфидттік концентрат оттегімен байытылған қайнау қабатына түсетін қайнау қабаты пештерінде болады. Алайда үрдістің жоғары температурасы түзілетін мырыш сульфатының бөлінуін тудырады және шаң түрінде пештен шығатын ұсақ фракциялар сульфатпен байытылады.

Реакция газдар жоғары ангидрид концентрациясымен ерекшеленетін қайнау қабатындағы пештерінде және көптабанды пештердің төменгі табандарында жүреді.

Мәнді мөлшердегі мырыш сульфатының міндетті жағдайы – күйіндінің төмендетілген температурасы; 800-900 °С – дағы күйінді температурасында судаеритін мырыш алу.

Сульфаттүзілу үрдісіне концентраттардың химиялық құрамы мен бөлік өлшемдері әсер етеді.

Сульфаттүзілуінің екінші реакциясы материалды қабаттағы күкірт концентрациясына және катализаторлардың болуына байланысты.

Сульфатаушы күйінді температураны қатаң қадағалауды талап етеді.

*Ферриттүзілуі.* Күйдіру үрдісінде алынатын тотығу темір тотығымен әрекеттесіп  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  мырыш метаферриті түзіледі  $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . 650 °С температура-да реакция жиірек жүреді және сондықтан да 700-750 °С температурада күйдіру ферриттің түзілуіне күмән туғызбайды. Ол әлсіз күкірт қышқылында ерімейді және күйдірілген концентрат ерітіндісі қалдығында қалады.

Егерде концентратта мырыш сульфидімен темір мармарит түрінде болса ( $m\text{ZnS} \cdot n\text{FeS}$  минералы), онда темірдің әрбір бөлігі 0,58 мөлшеріндегі мырыш бөліктерін ферритпен байланыстырады. Ферриттің түзілу дәрежесі процес температурасына және темірмен мырыш қосылысының тығыздығына байланысты.

Мырыш ферриті күкірт ангидридмен оңай бұзылады. Сондықтан да бұл жағдайда сульфаттап күйдіру тәсілі тиімді.

Қайнау қабатында күйдіру кезінде күкірт ангидридіннің шоғырының жоғары болуына және концентраттың қатты бөліктерінің әлсіз байланысу нәтижесінде, судаерігіш мырышы өте жоғары күйінді аламыз.

Мырыш ферритін концентратты қайталап тотықсыздап күйдіру арқылы бұзуға болады. Ф.М. Лоскутов зертханада мынандай газды құраммен: 8 %  $\text{CO}$ ; 15 %  $\text{CO}_2$  және 75 %  $\text{N}_2$  700 °С температурада, қайнау қабатында тотықсыздау арқылы судаерігіш мырыш мөлшері 98 % күйінді алған.

Бірақта көптеген металлургиялық ойынша, ферриттерді жою нәтижесінде оңай еритін 2 валентті темір түзіледі, ал бұл жағдай еритінділерді ары қарай тазалау кезінде қиындықтарға соқтырады.

*Силикаттардың түзілуі.* А.Д. Маянцтың зерттеулері нәтижесінде күйдірілген мырыш концентраттарын сілтілеу кезінде пульпада коллоидталған кремнезем болады, бұл қосылыс мырыш концентраттарын күйдіру кезінде кремний құрамды рудалы емес минералдардың ауыр металлдар оксидтерімен әсерлесу кезінде пайда болады.

Мырыш концентраттарын күйдіру процесінде келесідей силикаттар болады:

а) мырыш ортосиликаты;

б) қорғасынның қарапайым силикаттары;

в) орғасынмен мырыштың силикаты;

г) мырыштың рудалы емес минерал компоненттерінің күрделі силикаты;

д) қорғасынның күрделі силикаттары. Силикаттардың түзілу дәрежесі температура жоғарлаған сайын артады.

Күйінділерді сілтілеу кезіндегі коллоидты кремнеземнің мөлшері мырыш ортосиликатына байланысты.

Сонымен, мырыш концентраттарында кремнеземмен темірдің болуы зиянды, сондықтан да шихталау, флотациялау процесстерін тыңғылықты және күйдіруді төменірек температурада жүргізу керек.

*Қорғасынмен кадмийдің қосылдыстары.* Қорғасынмен кадмий мырыш концентраттарында сульфид түрінде болады.

Сульфаттап күйдіру өнімдерінде қорғасын тек қана сульфат түрінде болады. 950-1000 °С температурада қорғасын тотыққа және күкірт ангидридіне диссоциаланады. 700-800 °С температурада тотықтырып күйдіру кезінде күрделі және қарапайым оңай еритін қорғасын силикаттары түзіледі және бұл қосылыстар күйдіруді қиындатып күйінді сапасын нашарлатады.

Қорғасын сульфидінің жоғары ұшқыштығы (995 °С-да PbS буының тұтқырлығы 17 мм сын. бағ.) күйдіру кезінде мырыш сульфидынан болуді оңайлатады.

1000 °С температурада CdS толығымен буланады.

Нейтралданған немесе тотықсызданған атмосферада кадмиймен қорғасын сульфидтерін концентраттан толығымен айдауға болады. Бұл ары қарай пирометаллургиялық өңдеу кезінде маңызды, себебі тазалау кезінде бұл екі металл мырышқа өтеді де, арнайы тазалау операцияларын қажет етеді.

Кадмиймен қорғасын оксидтері, сульфидтарына қарағанда ұшқышты болып келеді. 1000 °С-да PbO буының тұтқырлығы 3,7, ал CdO тұтқырлығы

1 мм сын. бағ., және сондықтан да олар тотықтырудан соң концентратта қалады.

*Мыстың қосылыстары.* Мыс мырыш концентраттарында халькопирит, халькозин және ковеллин түрінде болады. Мыстың барлық минералдары 500 °С-ға дейін оңай тотығады және сульфаттар түзеді.

Мыс сульфаты 635 °С негізгі сульфатқа  $2\text{CuO}\cdot\text{SO}_3$  –ке бөлінеді, ол 702 °С-да  $\text{CuO}\cdot\text{SO}_3$  –ке диссоциаланады. Түзілген мыс тотығы кремнезем және темір тотығымен әлсіз күкірт қышқылында ерімейтін мыс ферриттерімен силикаттарын құрады. 70 %-ға жуық  $\text{Cu}$  ерімейтін түрде күйдірілген концентратта қалады.

*Темір қосылыстары.*

Темір мырыш концентраттарында пирит және пирротин түрінде, кейде мармарит және халькопирит түрінде болады. Пирит, пирротин және халькопирит ауа жетіспеген жағдайда күкірт молекулалары бөлшектерімен диссоциаланады. Оталудың төмен температурасына және күшті декрипитацияға байланысты бұл сульфидтер өте тез тотығады.

500 °С-дан төмен температурада сульфаттардың шалатотықтарымен темір тотықтары түзіледі. Температура жоғарлаған сайын олар темір оксидтеріне және күкірт ангидридтеріне бөлінеді, ал 600 °С-да темір сульфаттары жоғалып, темір шалатотықтары  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -ке дейін оңай тотығады.

Күйіндіде  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  және  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  болады. 650 °С температурада және одан жоғары температурада темір тотығы мырыш тотықтарының ферриттерін, мысты, қорасынды және кадмийді байланыстырады.

*Мышыьякпен сурьманың қосылыстары.*

Концентратта болатын мышьяк және сурьма  $\text{FeAsS}$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3$  және  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  қосылыстары жоғары ұшқыштыққа ие. Бұл металдардың ұштотықтары да ұшқышты. 500 °С-да буларының тұтқырлығы 1 ат. Бұл қасиеттер күйдіру кезінде сульфидтерді шығаруға мүмкіндік береді және күйінді сапасын жақсартады. Бірақта ұштотықтар тотығу атмосферасында ұшқыштыққа ие емес төрт-бестотықтарға ауысады. Және де басқа металдардың оксидтерімен ( $\text{CuO}$ ,  $\text{FeO}$  және  $\text{PbO}$ ) әсерлескенде мышьякпен сурьманың оксидтері арсенаттар және антимонаттар  $\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)$ ,  $\text{Pb}_3(\text{SbO}_4)_2$  сияқты тұрақты қосылыстар түзеді, ал бұл қосылыстар күйдіру өнімінің құрамына кіреді.

$\text{Ag}_2\text{S}$  түрінде болатын күміс, күйдіру кезінде мына реакция бойынша тотықсызданады:



Күйдіру кезінде пайда болған күміс сульфаты 850 °С-дан бастап ыдырайды, сондықтан да сульфаттап күйдіру кезінде күміс сульфат түрін сақтайды. Ал жоғары температуралық күйдіруде және агломерацияда күйдіру өнімінде металдық күміс болады.

Мырыш концентратының құрамындағы сирек және шашыранды элементтер ішінде өндірістік маңызға бар: талий, индий, галий, германий, селен және теллур.

Күйдіру кезінде талийдің, селен және теллурдың біраз бөлігі газдармен шығып кетеді. Селенмен теллур күкіртқышқылды цехтарында сүзіледі, ал шашыранды элементтер күйіндіде қалады.

## **1.2 Мырыш концентраттарын күйдіруді жүргізетін «Казцинк» ААҚ-ның жұмыстарын сараптау**

### **1.2.1 ААҚ «Казцинк»-тың құрылу тарихы және оны жобалаудағы мәліметтері**

Қазіргі уақытта Өскемен металлургиялық өнеркәсібі ААҚ “Қазмырыш” келесі құрылымдық бөліктерден тұрады:

- 1) Күйдіру цехы
- 2) Гидрометаллургиялық цех
- 3) Электролиз цехы
- 4) Шихта күйдіру цехы
- 5) Тазарту және аффинаж цехы
- 6) Энергия цехы
- 7) Механика – жөндеу цехы
- 8) Жөндеу – құю цехы

Мырыш өндірісі біркелкі технологиялық жоба бойынша тиянақталған: концентраттарды күйдіру – күйіндіні үзіліссіз ерітінділеу – ерітінді күйдегі өнімді тазалау – мырыш электролизі – катодты мырышты балқыту.

Өскемен қаласында осындай мырыш зауытының пайда болуына және жобалануына көптеген жағдайлар әсер етті. Өскемен қаласына қорғасын – мырыш кен орындары және кенді байыту фабрикалары жақын болды:

- Риддер кеніші – 185 км,
- Зырян кеніші – 190 км,
- Жезкент – 400 км.

Осыған орай бұл кеніштерді игеру үшін Шығыс Қазақстанға 1925 жылы “Алтай полиметалл” тресті, 1932 жылы “Алтайцветметзолото” тресті, 1939 жылы “Алтайцветметстрой”, құрылыс тресті, 1940 жылы “Алтайэнерго” Риддерлік энергетика басқармалары құрылды. Сондықтан да 1942 жылы Ұлы Отан соғысы кезінде Орджоникидзе қаласындағы “Электроцинк” зауытын құтқару мақсатында оның жабдықтарын Өскемен қаласына көшіруге жоғарыдағы қарастырылған себептер әсер етті.

Қазіргі уақытта ААҚ “КАЗЦИНК” мырыш зауытының шикізат көзі ретіндегі кен орындары зауыттан 100-130 км қашықтықта орналасқан, ал су көзі ретінде “Алтайэнерго” ТЭЦ, Зырян ГЭС-і, Үлбі ГЭС-і, Бұқтырма ГЭС-тері негізгі энергиямен жабдықтайды.

Бұл жобада ААҚ “КАЗЦИНК” технологиялық сұлбасы бойынша күйдіру бөлімі жобаланған. Мырыш өндірісі бойынша бастапқы шикізат көзі ретінде сульфидті мырыш концентраты пайдаланылады. Күйдіру бөлімі УМКК ААҚ “КАЗЦИНК” мырыш зауытының құрамына кіреді.

## **1.2.2 Номенклатура, өнімнің және шикізаттың сапасы мен техникалық деңгейі**

Зауытқа теміржол вагондарымен темір контейнерлерімен мырыш шикізаты әкелінеді, оның техникалық жағдайы мынадай флотоконцентраттық маркасіне: КЦ-3 сай  $1,9 - 2,2 \text{ г/см}^3$ . Концентраттардың ылғалдылығы 9-11%.

Күйдіру бөлімінде концентратты күйдірген соң күйіндіні ерітінділеуге жібереді, бұл үрдіс келесі техникалық дәрежеге сай болу керек: СТП – 3806-46-91. Күйіндінің ерігіштігі 88 % - дан кем болмауы қажет. Фракция + 0,25 мм 4 % - дан көп емес.  $\text{Sso}_4$  3,5 % - дан көп емес,  $\text{S}_5$  3,5 % мөлшерінде.

“Қайнау қабатын” пештерін қосуға және тоқтатуға арналған техникалық маркасы ТУ03 күкіртті теміржол вагондарында тасымалдайды да ашық қоймаға түсіреді. Пеште жаққан кезде күкірт думпкарларға салынады да қоймаға беріледі, сол жерден жағуға беріледі.

Күкіртті жағуға арналған сапасы М11 мазутты жылуқуатты цехынан мазут құбыры арқылы сорғылармен күйдіру цехындағы мазут бөлмелеріне айдайды.

Мазутты берудің техникалық деңгейі есептеуіштің көрсетуі арқылы анықталады. Шихта (мырыш концентраттарының қоспасы) қабылдау шанабына тиеледі де тасымалдағыш жүйесі арқылы “қайнау қабаты” пешінің қабылдағыш шанабына беріледі. Тиелген шихтаны есептеу үшін таспалы тасымалдағыштағы конвейерде салмақ өлшеуішті қояды.

## **1.2.3 Материалдар және энергоресурстарға мұқтаждық**

Ауамен қамтамасыз ету жүйесі болат құбырларымен жабдықталған. Сығымдалған ауа мынандай жағдайларда шығындалады: пеште температуралық режимді ұстанған кезде, электрофилтрде отырғызылған электродтарды пневмоқағу кезінде, сонымен бірге пештерді жаққан кезде.

Бумен қамтамасыз ету болат құбырларымен жасалған, бұнда бу негізінен мазутты қыздыруға және басқа да шаруашылықты мұқтаждықтарға қолданылады.

Өндірістік сумен қамтамасыз ету жүйесі де болат құбырлардан жасалған. Өндірістік суды “қайнау қабаты” пешінің технологиялық режимін ұстап тұру үшін және басқа да шаруашылықты мұқтаждықтарға қолданылады.

Ыстық сумен қамтамасыз ету комбинаттың магистральді тармағынан Алтайэнерго жүйесіне қосылған.

Мазутпен қамтамасыз ету жүйесі күкірт қышқылы цехынан бір бөлігі кіреді және еекеуі жұмысшы сыйымдылықта болады. Сыйымдылықтардан құбырлы жүйе арқылы сорғылар көмегімен мазутты технологиялық агрегатпен айдайды.

Электр энергиясымен қамту. Пештің және жіктеу бөлімдері №10 ГПН – 2 станциясынан КПП 3 арқылы фидер байланысымен жабдықталады. Ауа

үрлеу бөлімдері №13 станциядан фидермен, №628 және №8 станциядан, №21 фидермен. Электросүзгі аралық станциясы №9 аралық станциядан – 0,4 кв. Цехтың жеке мұқтаждықтары №16 – аралық станциядан – 0,4 кв.

Суарна жүйесі арқылы өңделген су коллекторларға жиналады да үш шығарылыммен комбинаттың жалпы коллекторына лақтырылады.

#### **1.2.4 ААҚ «Казцинк»-тың күйдіру цехында мырыш күйдіру үрдісін тәжірибе жүзінде жүзеге асыру**

Сульфидті мырыш концентраттарын күйдіру үрдісінің технологиясы келесі операциялардан тұрады:

- материалды күйдіруге даярлау
- “ҚҚ” пешінде концентраттарды күйдіру
- күйінді мен шағның құрғақтай жіктелуі

Дайындалған концентрат электркөпірлі крандармен қабылдау бункеріне тиеледі. Концентрат бункерге табақшалы ұсатқышқа беріліп ұнтақталады. Табақшалар арасындағы тесік (5-10мм). Табақшалы ұсатқышта ұсақталған концентрат таспалы тасымалдағышқа түседі. Одан концентрат тиеу тиеу тасымалдағышына беріледі де, “ҚҚ” пешінің қабылдау бункеріне плужкалылақтырғыштармен лақтырылады. Пеште екі бункер орналасқан: негізгі және қосалқы. Бункерден концентрат лақтырғыштармен қайнау қабатына беріледі.

Зауытта тиеуді лақтырғыш қондырғылар атқарады, себебі, олар, концентратты пеш ауданы бойынша біркелкі жаяды. “ҚҚ” пешінің тиеу жүйесі дозалаушы қондырғыдан және шихтаны лақтыратын арнайы қондырғыдан тұрады. Лақтыру қондырғысы қысқа таспалы тасымалдағыш түрінде болады. Тасымалдағыш концентратты қабат дәрежесінен жоғарырақ лақтырып отырады.

Лақтырғыш қаңқасына бұрандалы тесіктері бар болат плита жабыстырылған, ал оған электрліқозғалтқыш бұрандалармен бекітіледі. Тегершіктен айналу моменті электрліқозғалтқыш бөлігінен ұзындығы 3000 мм клиноременді және клиноберілісті барабанаралық тегершігіне беріледі.

Лақтыру қондырғысы приводтты барабаннан, таспадан және доңғалақты тіреулерден тұрады. Приводтты барабанның осі лақтырғыш қаңқасындағы подшипниктерге бекітілген.

Таспа ені 500 мм және ұзындығы 4000 мм болатын жалпақ приводтты ремень түрінде болады.

Лақтырғыш пеш жөнделу кезінде тасымалдауға, таспаны ауыстырғанда басқа да операцияларды жүргізу кезінде жылулық сәулеленуден қорғайтын доңғалақтармен (диаметрі 2500 мм) жабдықталған.



Лақтырғыш былай жұмыс істейді: приводты барабан таспаны айналдырады, шихта тиеу ойыңқысы арқылы барабанмен таспаның арасындағы ойыққа түсіп ортадан тепкіш және механикалық күштердің әсерінен таспаның жылдамдығымен бірге ілеседі. Лақтыру аралығын қозғалтқыш айналымының саны мен таспа ылдилығын горизонтқа өзгерту арқылы реттейді. Горизонтқа таспа ылдиының бұрышын және таспаның тартылуын винтті қоондырғылар көмегімен жүзеге асады.

“ҚҚ” пеште сульфидтті материалды тотықтырып күйдіру үрдісінде күйдірудің үш өнімі алынады: күйінді, шаң, газ.

Күйінді – ол күйдірудегі қатты өнімнің фракциясы. Басқа өнімдерден қышқылда еритін мырыштың мөлшерінің көп болуымен ерекшеленеді. Шаң – күйдірудегі қатты өнімдердің фракциясы. Шанды күйіндімен салыстырғанда шанда көп болады.

Газ – күкірт ангиридінің шоғырлануы, ол ауа бойынша пеш өнімділігіне және берілетін концентратқа байланысты өзгереді.

Температуралық режим салынған концентрат мөлшерімен және қабаттың алтыдан аз болмайтын нүктелерімен автоматты бақылаумен реттеліп отырады. Сонымен қатар аэротоназытқыштағы күйінді температурасымен пеш күмбезінің газдық фазасының температурасыменде реттеледі. КИП және А құрылғылары басқару пультына қондырылған, олар технологиялық үрдістерді реттейді және басқарады.

Пештің қалыпты жұмысы кезінде “қайнау қабатының” әртүрлі нүктелеріндегі температура №№ 15<sup>0</sup>С аспау керек. Бір немесе бірнеше нүктелерге температураның түсуі пештің сол ауданда қабаттың жартысына тиесілі келеді. Қабаттың температурасын 1000<sup>0</sup>С – дан жоғарылатуға болмайды. Бұндай кезде күйінді күйе жентектелінеді және газарна жолы бұзылады. “ҚҚ” пешінен күйіп шыққан мырыш концентраты ұнтақ тәрізді жемірлі материал түрінде болады. Бұл материал ірілігі бойынша біркелкі емес. Күйдірудің басқа өнімі – құйынды шаң, ол күйіндімен бірігеді, бірақ ол төмен температуралы және біркелкі түйіршікті құрамды болады. Жоғарғы температура күйіндіні ары қарай өңделуін қиындатады, сондықтан оны суыту қажет.

Күйіндіні тасымалдау үшін скребкалы тасымалдағышты қолданады. Скребкалы тасымалдағыштардан күйінді элеваторларға беріледі. Аэроайырғыштарда күйіндіні ірілігі бойынша бөледі. +0,25 мм фракция ары қарай ұнтақтау үшін диірмен шанаптарына жіберіледі. Ұнтақталған күйінді аэроайырғыштарға қайта жіктелуге түседі. –0,25 мм фракция шнектермен және тасымалдағышты лентамен сілтілеу цехының шанаптарына беріледі.

Экспаустерлер арқылы газдар сорылып, пеш күмбезінің астын сиретеді.

Пешке ауа құбырлы ауа үрлегішпен беріледі.

Қайнау қабатында күйдіру үрдісінде салынған материалдың 45 % газдар мен шаң түрінде шығады. Шандарды терең тазалау СИОТ №13 құйындатқыштарында жүреді. СИОТ №13 құйындатқышында ұсталған шаң штиль-трубаға түсіп құбырлы тасымалдағышқа беріледі.

Күйінді газдары терең тазалаудан өткен соң құрғақ электрсүзгілерге түседі. Газдарды тазалау кезінде келесідей шарттар сақталуы тиіс:

- электрсүзгілерге келетін газдардың температурасы  $250^{\circ}\text{C}$ -дан төмен болмауы тиіс;
- электрсүзгілер және газарна жолының камералары толық қамтылуы қажет.;
- отырған электродтарға сағат сайын бір рет сілку керек;
- электрсүзгі камераларында жиылған шаңды жиналғанына байланысты күніне бір рет шығарып отыру қажет.

### **1.3 “ҚҚ” пешінде мырыш концентратын тотықтырып күйдіру тәсілін талдау және негіздеу**

ААҚ «Казцинк» зауытының күйдіру тәсілін талдау кезінде мырыш концентраттарын  $800-900^{\circ}\text{C}$  температурада тотықтырып күйдіру кезінде мырыштың ферриттер мен силикаттары түзілуі, сілтілеу үрдісінде мырыштың жоғалуына әкеп соқтырады.

Осыған байланысты, бұл дипломдық жұмыста мырыш концентраттарын  $600-650^{\circ}\text{C}$  температурада артық мөлшерлі ауамен үрлеу арқылы (53 % теорияқтан) сульфаттап күйдіру тәсілі қаралды.

## **2 Тәсілді жақсарту және «ҚҚ» мырыш концентраттарын сульфаттап күйдірудің технологиялық есептеулері**

### **2.1 “ҚҚ” пешінде мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәсілінің негіздері**

Шикізат сипатына байланысты түсті металургияда өңдеуге арналған әртүрлі технологиялық әдістер қолданылады. Олар пиро және гидрометаллургиялық үрдістерге бөлінеді. Алайда бұлай бөлу тек шартты түрде, өйткені басқа үрдістерде әртүрлі деңгейде болса да пиро және гидрометаллургиялық өндірістік операциялар қолданылады. Металды мырышты өндіру үшін екі әдіс те қолданылады. Пирометаллургиялық немесе айдағыш өндіріс әдісінде сульфидтік мырышты концентраттарды алдын ала күйдіреді, қалыпқа келтіргішпен араластырып арнайы пештерде қыздырады. Бұнда мырыштың қышқылдандырылған қосылыстары металға дейін қалыптастырылады, мырыш булары ұшып, салқындатылып сұйық металға конденсацияланады. Өндірістің гидрометаллургиялық әдісінің мәні мырышты сульфат түріндегі ерітіндіге айналдыру мақсатымен күкірт қышқылының әлсіз ерітіндісімен күйдірілген мырыш концентраттарына ерітінділеу, мырышты қоспаларды әртүрлі қоспалардан тазалау, индукциондық электрпештеріндегі катодты мырыш ерітіндісі және тазаланған қоспадан металдың элетролиттік тұнбасы болып табылады. Айдағыш әдісімен салыстырғанда гидрометаллургиялық әдістің жағымды жақтары көп. Олардың негізгілері: шикізатты неғұрлым толық және комплексті қолдану, алынатын металдың жоғары жиілігі, еңбек үрдісінің автоматтандырылуы мен механизациясы, еңбек шартының санитарлы – гигиеналық жағдайы, өнімнің өзіндік құнының төменділігі. Гидрометаллургиялық әдіс (сурет 1) бойынша мырыш алудың өндірістік үрдісі келесі кезеңдерден тұрады:

- 1) шикізатты металлургиялық өңдеуге даярлау
- 2) мырыш концентраттарын күйдіру
- 3) күйдірілген өнімдерді және басқа да материалдарды ерітінділеуге даярлау
- 4) күйіндіні ерітінділеу
- 5) мырыш қоспаларын басқа қоспалардан тазарту
- 6) мырышты элетролиттік тұндыру
- 7) катодты мырышты балқыту

Мырыш алудағы гидрометаллургиялық әдісте күйдірілген концентратқа қатаң талаптар қойылады, ал күйдірілген концентратқа мынадай мақсаттар қойылады:

- металл сульфидттерінің максималды мөлшерін сульфатқа және оксидке айналдыру;
- қоспаларды сүзуді қиындататын мырыш, қорғасын силикаттарының құрылуына кедергі жасау

- үлкен реакционды бетімен жұқа дисперлы ұнтақ түрінде күйдірілінген өнім алу.

Күйдірудің негізгі мақсаты – сульфидтерді тотықтыру және мырышты ерігіштік күйге өткізу. Күйдіру үрдісі кезінде мырыш сульфидтері пештен үрленген ауамен байланысып, мына реакция бойынша тотығады:



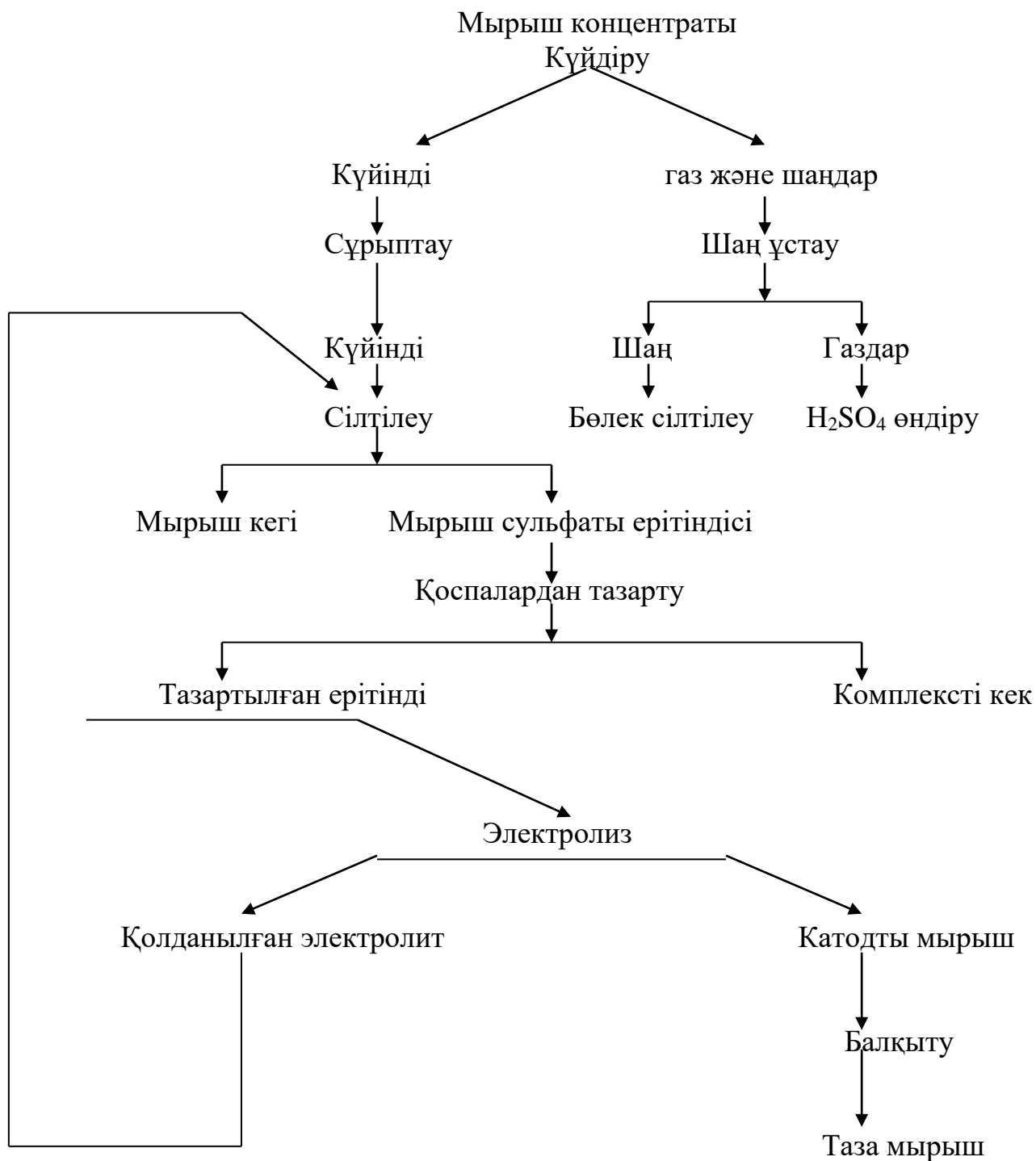
Реакция 600<sup>0</sup>C басталады. Басқа да металдардың сульфидтері PbS, CuS, FeS<sub>2</sub>, осы реакция бойынша тотығады:



Күйдіру үрдісінде күкіртті ангидрид түзіліп, ауаның және катализаторлардың әсерінен, газарнада өтеді:



Күйдіру үрдісі (600 – 650<sup>0</sup>C) қабаттың температурасында жүреді.



Сурет 2.1 – Мырыш өндірісінің сұлбасы

Сульфидтерді ауада арнайы температурада қыздырғанда реакция жылдамдығы жылу шығару нәтижесінде реакция барысында ары қарайғы қышқылдану үрдісі сырттан жылу алмай жүруіне әкелетін көрсеткіштерді иеленеді. Бұл температура сульфидтердің жануы деп аталады және сульфидтер тұқымына, олардың дәндерінің үлкенділігіне байланысты. Қатты сульфидтің қышқылдану үрдісінің жылдамдығы оксид қабыршақтары арқылы диффузия жағдайында анықталады. Дәннің ішін оттегі диффузиялайды, оған күкіртті газ септеседі. Сульфидтің қышқылдану деңгейіне қарай оксид қабыршақтары біртіндеп қалыңдайды, газдың диффузия жағдайы нашарлап реакция жылдамдығы төмендейді.

Бұдан шығатын қорытынды, дән көлемінің ұлғаюымен сульфат түріндегі ерітіндіге қажетті уақыт ұлғаяды.

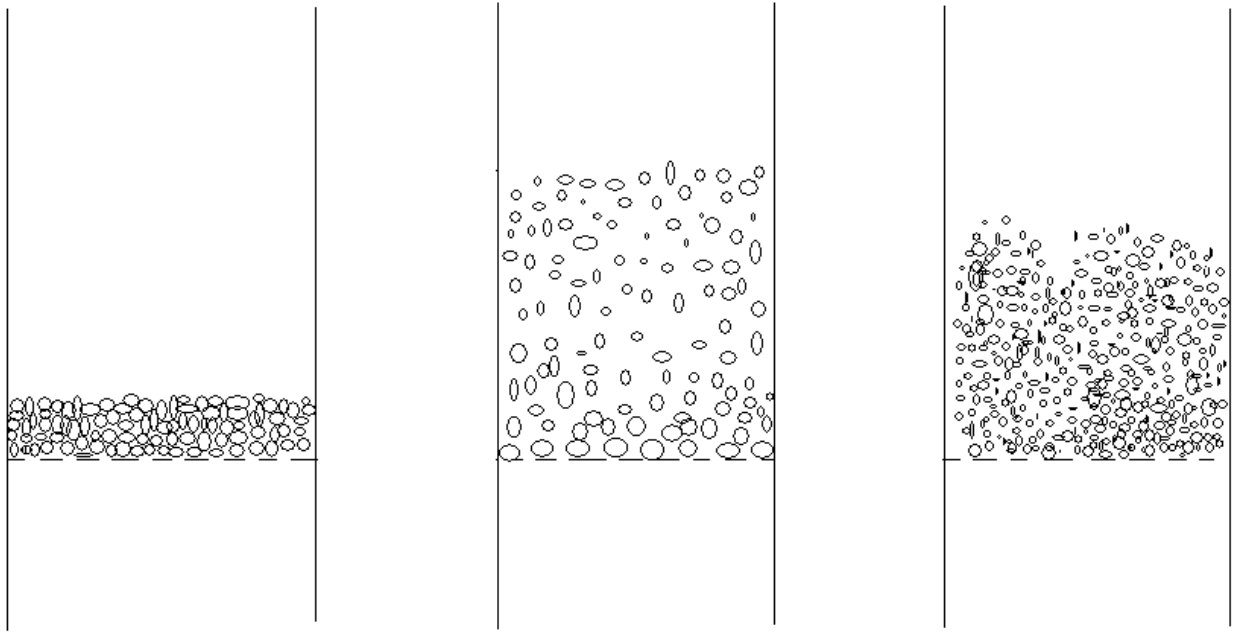
Осылайша сульфидтің бір дәнінің қышқылдану үрдісін көреміз. Тәжірбеде күйдіруге сульфидті дәндердің үлкен салмағынан тұратын мырыш концентраты ұшырайды. Сондықтан күйдіру ұзақтығы сульфид дәнінің әрбіреуіне оттегін әкеліп одан күкіртті газдан айыруға байланысты. Қыркыншы жылдар соңында алғаш рет қайнау қабатында күйдіру ұсынылған. Бұл күйдіру әдісі көптеген артықшылықтарына байланысты тез таралды және қазіргі тәжірбеде жиі қолданылады.

Күйіндінің бұл әдісінің артықшылығы концентратты күйдіру нәтижесінде болып отыр. Жалған жандыру дегеніміз – газ ағымының гидродинамикалық қабаттың статикалық қысымы теңестірілгендегі газ ағымдырымен үрленетін қатты дәнді материал күйі.

Газ өтудегі сеппелі материал қабатының үш күйі ажыратылады.

Газ ағымының жылдамдығының ең шеткі көрсеткішінде дәндер қабатта қозғалыссыз, дән аралаық кеңістік көлемі қозғалыссыз.  $V < V_0$  өсуі үрлеу қысымының пропорционалды үлкеюімен жалғасады.

$V = V_0$  жеткенде үрлеу қысымы шихта қабатының қысымымен теңеседі. Қабатта дәндер байланысты жоғалтады, қабат кеңейіп жалған жану күйіне өтеді. Ары қарайғы өсу барысында қабат кеңейуін жалғастырып дәндердің



а – қозғалмайтын қабат, б – қайнау сызығы,  
в – газ көпіршіктерімен қайнау қабаты.

Сурет 2.2 – Бөлшектерді бөлу

қозғалыс жиілігі өседі, үрлеу қысымы тұрақты болғанда шеткі  $V$  қозғалыссыз қабат қысымы жоғарылайды.  $V > V_0$  болғанда дәндер қабаттан шығарылып тасталады. Жалған жану күйіне өткенде қабат бірқалыптылығы сақталады,  $V$  өсуімен газ көпіршіктерінің пайда болуына септеседі. Тым кішкене күінді фракциялары қайнау қабатынан шығарылады, ал тым ірілері түбіне тұнады. Қайнау қабаты пешінде күінді дисперсіліктің белгілі деңгейінде ұсталады. Қайнау қабатының пеші – сапалы араластыратын үздіксіз жұмыс істейтін реактор. Материалды толық жаңарту теориялық тұрғыда мүмкін емес. Қайнау қабатының өндірістік пештерінде жаңару уақыты сағатпен есептеледі, ал дәндердің күйі өте тез. Осындай салмақ ауыстыру көмегімен қайнау қабатындағы материалдың орташа құрамы дайын күіндінің құрамына ұқсас.

Қайнау қабаты пештеріндегі коонцентраттарды күйдіру бұрынырақтағы әдістерден артықшылығы көп:

- 1) Жоғары өнімділік (табан ауданы бойынша үлесті өнімділік көптабанды пештерге қарағанда жоғары, қалыпсыз күйдегі күйдіруге қарағанда 1,5 – 2 есе жоғары).
- 2) Күйінді сапасын жақсарту және күйдіру режимін тұрақтандыру.
- 3) Газдардағы күкіртті ангидрид құрамын жоғарылату.
- 4) Технологиялық жылудың жоғары жарамдылық деңгейімен автотермиялық.

## 2.2 Үрдістің технологиялық есептеулері

### 2.2.1 Шикі мырыш концентратының рационалдық құрамының есебі

Шикі мырыш концентратының рационалдық есептелуін 100 кг концентратқа жүргіземіз. Берілген минералдық зерттеулер нәтижесінде мырыш концентратындағы металдар келесідей қосылыстар түрінде болады: мырыш – сфалеритте ZnS; қорғасын – галенитте PbS; кадмий күкіртті кадмиде CdS; мыс – халькопиритте; CuFeS<sub>2</sub>; халькопиритпен байланыспаған темір притте FeS<sub>2</sub> (50%) және пиротинде FeS (50 %).

Күйдіруге түсетін мырыш концентраты келесідей химиялық құрамда болады: Zn – 49; Pb – 1,93; Cd – 0,17; Cu – 1,94; Fe - 4; SiO<sub>2</sub> – 4,96; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,5; CaO – 0,5; S – 30 және басқалары – 1.

Сфалерит мөлшері ZnS:

$(49 \cdot 97,4)/65,4 = 73$  кг, онда күкірт 24 кг.

Галенит мөлшері – PbS:

$(1,93 \cdot 239,2)/207,2 = 2,23$  кг, онда 0,3 кг күкірт.

Күкіртті кадмий мөлшері – CdS:

$(0,17 \cdot 144,4)/112,4 = 0,22$  кг, онда 0,05 кг күкірт.

Халькопирит мөлшері – CuFeS<sub>2</sub>:

$(1,94 \cdot 183,5)/63,5 = 5,58$  кг, онда 1,7 кг темір және 1,94 кг күкірт бар.

Қалған темір:  $4 - 1,7 = 2,3$  кг, салмақ % 50:50 қатынасында пирротинмен пиритте орналасқан.

Сәйкесінше пирит мөлшері FeS<sub>2</sub> құрайды:

$(1,15 \cdot 120)/56 = 2,45$  кг, онда 1,31 күкірт

Ал FeS:

$(1,15 \cdot 88)/56 = 1,81$  кг, онда 0,66 кг күкірт бар.

Концентраттың рационалды құрамын есептеу нәтижесін 2.1 кестесіне енгіземіз

2.1 Кесте – Шикі күкірт концентратының рационалды құрамы

| Қосылыстар                     | Элементтер |      |      |      |      |      |      |      |      |      |          |         |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|---------|
|                                | Zn         | Pb   | Cd   | Cu   | Fe   | Si   | Al   | Ca   | O    | S    | Басқалар | Барлығы |
| ZnS                            | 49         |      |      |      |      |      |      |      |      | 24   |          | 73      |
| PbS                            |            | 1,93 |      |      |      |      |      |      |      | 0,3  |          | 2,23    |
| CdS                            |            |      | 0,17 |      |      |      |      |      |      | 0,05 |          | 0,22    |
| CuFeS <sub>2</sub>             |            |      |      | 1,94 | 1,7  |      |      |      |      | 1,94 |          | 5,58    |
| FeS <sub>2</sub>               |            |      |      |      | 1,15 |      |      |      |      | 1,31 |          | 2,46    |
| FeS                            |            |      |      |      | 1,15 |      |      |      |      | 0,66 |          | 1,81    |
| SiO <sub>2</sub>               |            |      |      |      |      | 2,31 |      |      | 2,65 |      |          | 4,96    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |            |      |      |      |      |      | 0,24 |      | 0,26 |      |          | 0,5     |
| CaO                            |            |      |      |      |      |      |      | 0,36 | 0,14 |      |          | 0,5     |
| Басқалары                      |            |      |      |      |      |      |      |      |      | 1,74 | 7,0      | 8,74    |
| Барлығы                        | 49         | 1,93 | 0,17 | 1,94 | 4,0  | 2,31 | 0,24 | 0,36 | 3,05 | 30,0 | 7,0      | 100     |



## 2.2.2 Күйінді мен шаңның рационалдық есебі

Шаңның рационалды құрамының есебі. Зауыт тәжіірбесінің мәліметтері бойынша, шаңның шикі концентрат салмағынан шығуы 4 % құрайды:

$$100 \cdot 0,04 = 4 \text{ кг.}$$

Қорғасын мен кадмийдың жартысы шикі концентраттан шаңға өтеді; сондықтан күйдірген кезде қайнаған қабатта күйінді шығарылатын концентратқа қарағанда қорғасынмен және кадмиимен байытылады:

$$1,93/2 = 0,965 \text{ кг Pb және } 0,17/2 = 0,085 \text{ кг Cd.}$$

Жұқа шаңның химиялық құрамы, % Zn – 30; Cu – 0,8; Fe – 4; S<sub>s</sub> – 1; Sso<sub>4</sub> – 3,5; SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO шикі концентратта құрамынан 5% мөлшерінде және қалған мөлшерін басқалары құрайды.

Барлық сульфидттік күкірт ZnS түрінде күкіртпен байланысты, ал сульфаттық PbSO<sub>4</sub> түрінде күкіртпен, қорғасынның қалған мөлшері - ZnO; қорғасынның қалған мөлшері – PbO; барлық мөлшері: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu – CuO, Cd – CdO.

Килограммдағы шаңның құрамының есебі төменде келтірілген.

$$\text{Сульфидттік күкірт мөлшері} - S_s: 4 \cdot 0,01 = 0,04 \text{ кг}$$

$$\text{ZnS мөлшері: } (0,04 \cdot 97,4)/32 = 0,12 \text{ кг, онда } 0,08 \text{ кг Zn}$$

$$\text{Zn шаңдағы жалпы мөлшері: } 4 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ кг}$$

$$\text{ZnO мырыш оксиді құрамындағы Zn мөлшері: } 1,2 - 0,08 = 1,12 \text{ кг}$$

$$\text{ZnO мөлшері: } (1,12 \cdot 81,4)/65,4 = 1,39 \text{ кг, онда } 0,27 \text{ кг оттегі}$$

$$\text{Сульфатты күкірт мөлшері} - Sso_4: 4 \cdot 0,035 = 0,14 \text{ кг}$$

$$\text{PbSO}_4: (0,14 \cdot 303,2)/32 = 1,327 \text{ кг}$$

$$\text{Онда } 0,907 \text{ кг Pb және } 0,28 \text{ кг оттегі}$$

$$\text{Pb мөлшері, PbO қорғасын оксидінің құрамында: } 0,965 - 0,907 = 0,058 \text{ кг}$$

$$\text{PbO мөлшері: } (0,058 \cdot 223,2)/207,2 = 0,062 \text{ кг онда } 0,004 \text{ кг оттегі}$$

$$\text{CdO мөлшері: } (0,085 \cdot 128,4)/112,4 = 0,097 \text{ кг, онда } 0,012 \text{ кг оттегі}$$

$$\text{Cu мөлшері шаңда: } 4 \cdot 0,008 = 0,032 \text{ кг}$$

$$\text{Fe мөлшері шаңда: } 4 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ кг}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ мөлшері: } (0,16 \cdot 160)/112 = 0,23 \text{ кг, онда } 0,07 \text{ кг оттегі}$$

$$\text{SiO}_2, \text{ Al}_2\text{O}_3, \text{ және CaO: } 4,96 \cdot 0,05 = 0,248 \text{ кг SiO}_2; 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ кг}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ және } 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ кг CaO}$$

Шаң құрамының рационалды есептеу нәтижесін 2.2 кестесіне енгіземіз.

Күйіндінің рационалды құрамының есебі. Сульфидттік күкірттің күйіндідегі құрамы 0,5 %, сульфаттық – 3 % деп қабылдасак, барлық күйіндідегі Fe Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> түрінде болады: Cd – CdO; 50 % Pb – PbO; 50 % Pb - PbSO<sub>4</sub>; Ca – CaSO<sub>4</sub>; қалған сульфиттік күкірт (Sso<sub>3</sub>) Zn ZnSO<sub>4</sub> түрінде байланысты; барлық сульфидттік күкірт (S<sub>s</sub>) ZnS түрінде байланысты.

2.2 Кесте – Шаңның рационалды және химиялық

| Қосылыстар<br>құрамы           | Элементтер |                |              |              |             |              |              |               |             |               |               |            |
|--------------------------------|------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|---------------|------------|
|                                | Zn         | Pb             | Cd           | Cu           | Fe          | Si           | Al           | Ca            | S           | O             | Басқалары     | Барлығы    |
| ZnS                            | 0,08       |                |              |              |             |              |              |               | 0,04        |               |               | 0,12       |
| ZnO                            | 1,12       |                |              |              |             |              |              |               |             | 0,27          |               | 1,39       |
| PbSO <sub>4</sub>              |            | 0,907          |              |              |             |              |              |               | 0,14        | 0,28          |               | 1,327      |
| PbO                            |            | 0,058          |              |              |             |              |              |               |             | 0,004         |               | 0,062      |
| CdO                            |            |                | 0,085        |              |             |              |              |               |             | 0,012         |               | 0,097      |
| CuO                            |            |                |              | 0,032        |             |              |              |               |             | 0,008         |               | 0,04       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |            |                |              |              | 0,16        |              |              |               |             | 0,07          |               | 0,23       |
| SiO <sub>2</sub>               |            |                |              |              |             | 0,116        |              |               |             | 0,132         |               | 0,248      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |            |                |              |              |             |              | 0,012        |               |             | 0,013         |               | 0,025      |
| CaO                            |            |                |              |              |             |              |              | 0,018         |             | 0,007         |               | 0,025      |
| Басқалары                      |            |                |              |              |             |              |              |               |             |               | 0,436         | 0,436      |
| Барлығы,<br>кг.....<br>%.....  | 1,2<br>30  | 0,965<br>24,12 | 0,085<br>0,8 | 0,032<br>0,8 | 0,16<br>4,0 | 0,116<br>2,9 | 0,012<br>0,3 | 0,018<br>0,45 | 0,18<br>4,5 | 0,796<br>19,9 | 0,436<br>10,9 | 4,0<br>100 |

Мырыш концентратының негізгі компоненттері қайтарылмайтынын шығынын есептегенде келесі мөлшерде күйіндіге өтеді: (компонент бөлігінің жұқа шаңға өтуін ескере отырып), кг:

Zn .....49 – 1,2 = 47,8  
 Pb.....1,93 – 0,965 = 0,965  
 Cd.....0,17 – 0,085 = 0,085  
 Cu.....1,94 – 0,032 = 1,908  
 Fe.....4 – 0,16 = 3,84  
 SiO<sub>2</sub>.....4,96 – 0,248 = 4,712  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.....0,5 – 0,025 = 0,475  
 CaO.....0,5 – 0,025 = 0,475  
 Басқалары....7 – 0,436 = 6,564

Күйінді мөлшерін есептеу үшін бір белгісізі бар теңдік шешеміз. X арқылы күйінді мөлшері 100 кг концентратқа.

Сонда 0,005x – күйіндідегі мөлшері S<sub>s</sub>, 0,03 x – S<sub>so3</sub> күйіндідегі мөлшері. Балансты теңдік күйінді мөлшері бойынша келесідей болады:

$$X = (97/32 \cdot 0,005x) + (223/207 \cdot 0,482)_{\text{PbO}} + (0,483 + 0,075 + 0,15)_{\text{PbSO}_4} + (0,085 + 0,012)_{\text{CdO}} + (1,908 + 0,477)_{\text{CuO}} + (3,84 + 1,65)_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + (4,712)_{\text{SiO}_2} + (0,475)_{\text{Al}_2\text{O}_3} + (6,654)_{\text{басқалары}} + (0,475 + 0,679)_{\text{CaSO}_4} + [(0,03x - 0,075 - 0,272) \cdot 161/32]_{\text{ZnSO}_4} + [(47,8 \cdot 81,4 / 65,4 - 0,005x \cdot 81,4/32 - (0,03x - 0,347) \cdot 81,4/32]_{\text{ZnO}}$$

Ұқсас мүшелерді келтіру нәтижесінде аламыз: x = 86,95 кг№

Күйіндінің рационалды құрамының есебін 2.3 кестесіне енгіземіз.

### 2.2.3 Оттегімен байытылған ауа есебі

95 % күкіртті газдарда SO<sub>2</sub> және 5% SO<sub>3</sub> түрінде болады деп қабылдаймыз. Газға күйінді кезінде жойылатын күкірт мөлшері:

30,0 – (0,04 + 0,14 + 0,256 + 2,592) = 26,97 кг

Кесте 2.3 – Күйіндінің рационалдық және химиялық құрамы

| Қосылыстар                     | Zn     | Pb    | Cd    | Cu    | Fe   | S <sub>s</sub> | Sso <sub>4</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ca    | O      | Басқалары | Барлығы |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|----------------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|--------|-----------|---------|
| 1                              | 2      | 3     | 4     | 5     | 6    | 7              | 8                | 9                | 10                             | 11    | 12     | 13        | 14      |
| ZnS                            | 1,048  |       |       |       |      | 0,256          |                  |                  |                                |       |        |           | 1,304   |
| ZnSO <sub>4</sub>              | 4,578  |       |       |       |      |                | 2,245            |                  |                                |       | 4,474  |           | 11,297  |
| ZnO                            | 41,976 |       |       |       |      |                |                  |                  |                                |       | 10,269 |           | 52,245  |
| PbSO <sub>4</sub>              |        | 0,483 |       |       |      |                | 0,075            |                  |                                |       | 0,15   |           | 0,708   |
| PbO                            |        | 0,482 |       |       |      |                |                  |                  |                                |       | 0,037  |           | 0,519   |
| CdO                            |        |       | 0,085 |       |      |                |                  |                  |                                |       | 0,012  |           | 0,097   |
| CuO                            |        |       |       | 1,908 |      |                |                  |                  |                                |       | 0,477  |           | 2,385   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |        |       |       |       | 3,84 |                |                  |                  |                                |       | 1,65   |           | 5,49    |
| SiO <sub>2</sub>               |        |       |       |       |      |                |                  | 4,712            |                                |       |        |           | 4,712   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |        |       |       |       |      |                |                  |                  | 0,475                          |       |        |           | 0,475   |
| CaSO <sub>4</sub>              |        |       |       |       |      |                | 0,272            |                  |                                | 0,339 | 0,543  |           | 1,154   |
| Басқалары                      |        |       |       |       |      |                |                  |                  |                                |       |        | 6,564     | 6,564   |
| Барлығы, Кг.....               | 47,6   | 0,965 | 0,085 | 1,908 | 3,84 | 0,256          | 2,592            | 4,712            | 0,475                          | 0,339 | 17,612 | 6,564     | 86,95   |
| %.....                         | 54,74  | 1,11  | 0,1   | 2,19  | 4,42 | 0,29           | 2,98             | 5,42             | 0,55                           | 0,39  | 20,26  | 7,55      | 100     |
| ....                           |        |       |       |       |      |                |                  |                  |                                |       |        |           |         |

Бұл күкіртпен келесі O<sub>2</sub> байланысты, кг:

SO<sub>2</sub> түрінде:  $26,97 \cdot 0,95 \cdot 32/32 = 25,62$  кг

SO<sub>3</sub> түрінде:  $26,97 \cdot 0,05 \cdot 48/32 = 2,02$  кг.

Жасалу үшін 100 кг концентратты күйдіру үшін теориялық тұрғыда қажетті оттегі мөлшері, кг:

1) SO<sub>2</sub> – 25,62

2) SO<sub>3</sub> – 2,02

3) Шаңның оксидтері мен сульфаттары және күйінді (2.2, 2.3 кестелеріне сәйкес) :  $(0,796 + 17,612) = 18,408$

Оттегінің барлығы – 46,048 кг  $\approx$  46,05 кг

Осынша оттегі мөлшерімен азот енгізіледі:

$46,05 \cdot 77/23 = 154,17$  кг

Теориялық тұрғыдан қажетті ауа құрайды:

$46,05 + 154,17 = 200,22$  кг

200,22 кг немесе 155,2 м<sup>3</sup>

Газдағы ауа шығынын теориялық тұрғыдан алғанда, құрайды:

$SO_2 + SO_3 = (25,62 + 25,62) + (2,02 + 1,34) = 51,24 + 3,36 = 54,6$  кг немесе

$SO_2 + SO_3 = 17,92 + 0,96 = 18,88$  м<sup>3</sup>

Күйінді газдардың теориялық құрамы 2.4 кестесінде келтірілген:

Кесте 2.4 – Күйінді газдардың теориялық құрамы

| Компоненттер    | Кг     | % (көлемді) |
|-----------------|--------|-------------|
| SO <sub>2</sub> | 51,24  | 24,5        |
| SO <sub>3</sub> | 3,36   | 1,6         |
| N <sub>2</sub>  | 154,17 | 73,9        |
| Барлығы         | 208,77 | 100         |

Қайнау қабатындағы мырышты концентраттардың күйіндісі көп емес ауа артықшылығымен іске асады. Күкірт қышқылын алу үшін күйінді газдарын қолданғанда пешке келетін ауа мөлшері келесідей реттелінеді, SO<sub>2</sub> + SO<sub>3</sub> 5-6% - дан төмен емес. SO<sub>2</sub> + SO<sub>3</sub> = 6%. Сонда күйінді газдарының мөлшері:

$$(17,92 + 0,96) : 0,06 = 314,67 \text{ м}^3.$$

Артық ауа мөлшері құрайды:

$$314,97 - 208,77 = 105,9 \text{ кг}$$

$$\text{ол құралады: } 105,9 \cdot 0,23 = 24,36 \text{ кг оттегі}$$

$$105,9 \cdot 0,77 = 81,54 \text{ кг азот}$$

100 кг концентратты күйдіру үшін қажетті ауа мөлшері:

$$200,22 + (24,36 + 81,54) = 306,12 \text{ кг немесе } 237,3 \text{ м}^3$$

“ҚҚ” реакциялық камераларынан алынған күйінді газдардың құрамы мен мөлшері 2.5 кестесінде келтірілген.

Кесте 2.5 – Күйінді газдардың құрамы мен мөлшері

| Компоненттер    | Кг                      | м <sup>3</sup> | % (көлем) |
|-----------------|-------------------------|----------------|-----------|
| 1               | 2                       | 3              | 4         |
| SO <sub>2</sub> | 51,24                   | 17,92          | 8,7       |
| SO <sub>3</sub> | 3,36                    | 0,96           | 0,5       |
| N <sub>2</sub>  | 154,17 + 81,54 = 235,67 | 147,99         | 71,9      |
| O <sub>2</sub>  | 24,36                   | 38,9           | 18,9      |
| Барлығы         | 314,63                  | 205,77         | 100       |

## 2.2.4 Үрдістің материалдық балансы

Бұрынырақ жүргізілген барлық технологиялық есептеулер негізінде 100 кг шығатын құрғақ мырышты концентратқа күйінді үрдісінің материалдық балансын құраймыз. Материалдық баланс мәліметтері 2.6 кестесінде келтірілген.

Кесте 2.6 – Мырышты концентратты күйдірудің материалдық балансы

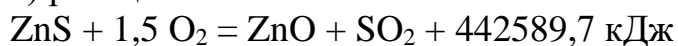
| Кіріс         | кг     | Шығын             | кг     |
|---------------|--------|-------------------|--------|
| 1. Концентрат | 100    | 1. Күйінді        | 86,95  |
| 2. Ауа        | 306,12 | 2. Жұқа шаң       | 4,0    |
|               |        | 3. Күйінді газдар | 314,63 |
| Барлығы       | 406,12 | Барлығы           | 405,58 |
| Ауытқушылық   |        |                   | 0,54   |

### 2.2.5 Пештің жылулық балансы

Пештің жылулық балансының есебі 106 кг сулы концентратқа жүргізіледі (6% құрғақ концентрат салмағынан дымқылдық мөлшерін ескергенде).

*Жылудың келуі:*

а) реакция бойынша:



Түзіледі:

$$1,39 + 52,245 = 53,635 \text{ кг ZnO}$$

сәйкесінше алынады:

$$(442589,7 \cdot 53,635)/81,4 = 291625, \text{ кДж}$$

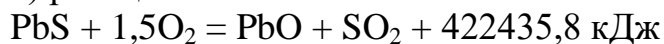
б) реакция бойынша:



11,297 кг ZnSO<sub>4</sub> түзіледі, сәйкесінше алынады:

$$(776742,2 \cdot 11,297)/161,4 = 54367,14 \text{ кДж}$$

в) реакция бойынша:



түзіледі:

$$0,062 + 0,519 = 0,581 \text{ кг PbO}$$

сәйкесінше алынады:

$$422435,8 \cdot 0,581/223,2 = 1099,62 \text{ кДж}$$

г) реакция бойынша:



түзіледі:

$$1,327 + 0,708 = 2,035 \text{ кг PbSO}_4$$

сәйкесінше алынады:

$$825262,4 \cdot 2,035/303,2 = 5538,95 \text{ кДж}$$

д) реакция бойынша: CdS + 1,5 = CdO + SO<sub>2</sub> + 407770,8 кДж

түзіледі:

$$0,097 + 0,097 = 0,194 \text{ кг CdO}$$

сәйкесінше алынады:

$$407770,8 \cdot 0,194/128,4 = 616,1 \text{ кДж}$$

е) реакция бойынша:



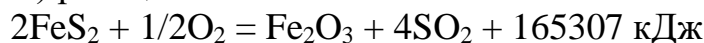
түзіледі:

$$0,04 + 2,385 = 2,425 \text{ кг CuO}$$

сәйкесінше алынады.

$$2015809 \cdot 2,425/2 \cdot 160 = 15276,05 \text{ кДж}$$

ж) реакция бойынша:



түзіледі:

$$0,23 + 5,49 = 5,72 \text{ кг Fe}_2\text{O}_3$$

сәйкесінше алынады:

$$165307 \cdot 5,72/160 = 59212,98 \text{ кДж}$$

$$\text{Жылудың келу нәтижесі: } Q_{\text{кіру}} = 427736 \text{ кДж}$$

*Жылу шығыны.* Қайнау қабатындағы температура 620-650 °С және пеш күмбезінде 550 °С. Бұл жағдайда 600 °С күйіндісінің температурасының жылулық балансын есептеу үшін қабылдауға болады, ал 500°С пештен шығатын күйдіру газдары мен шаң температурасын. Сонда,

а) күйіндімен әкетілетін жылу:

$$Q_1 = C_1 \cdot m_1 \cdot t_1$$

онда  $C_1$ ,  $m_1$ ,  $t_1$ , - жылусыйымдылық, сәйкесінше күйінді температурасы мен салмағы

$$Q_1 = 86,95 \cdot 0,92 \cdot 600 = 47996,4 \text{ кДж}$$

б) шаңмен әкетілетін жылу:  $Q_2 = C_2 \cdot m_2 \cdot t_2$

онда  $C_2$ ,  $m_2$ ,  $t_2$  - жылусыйымдылық, сәйкесінше шаң температурасы мен салмағы:

$$Q_2 = 4 \cdot 0,84 \cdot 500 = 1680 \text{ кДж,}$$

в) шығатын газдармен жоғалатын жылу:

$$Q_3 = C_3 \cdot m_3 \cdot t_3$$

онда,  $C_3$ ,  $m_3$ ,  $t_3$  - жылусыйымдылық, сәйкесінше газ компоненттерінің температурасы мен салмағы:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{O}_2$  және  $\text{N}_2$

$$\text{SO}_2 - \text{ден:} \dots\dots\dots 51,24 \cdot 0,766 \cdot 500 = 19624,92 \text{ кДж}$$

$$\text{SO}_3 - \text{тен:} \dots\dots\dots 3,36 \cdot 0,766 \cdot 500 = 1286,88 \text{ кДж}$$

$$\text{O}_2 - \text{ден:} \dots\dots\dots 235,67 \cdot 1,097 \cdot 500 = 129265 \text{ кДж}$$

$$\text{N}_2 - \text{ден:} \dots\dots\dots 24,36 \cdot 1,097 \cdot 500 = 13361,46 \text{ кДж}$$

---

$$\text{Барлығы: } Q_3 = 163538,26 \text{ кДж,}$$

г) судың булануы мен қыздыруына кететін жылу:

$$Q_4 = C_B \cdot m_B \cdot (t_{B1} - t_{B2}) = 4,19 \cdot 6 \cdot (100 - 10) = 2262,6 \text{ кДж}$$

д) сыртқы ортаға кететін жылу:

$$Q_5 = q \cdot P \cdot T$$

онда,  $q$  – пеш қабырғасы арқылы жылуды үлестік жоғалту, кДж/м<sup>2</sup>

$F$  – пеш күмбезімен қабырғасының суммарлық беті

$T$  – 106 кг концентратты өңдеу уақыты, сағ

Қабырға арқылы жылудың кетуін анықтаймыз. Пештің шегені, қышқақ – 460; асбест сеппесі – 30; железный кожух – 12.

Пештің қабырғасының ішкі бетінің температурасы  $620^{\circ}\text{C}$ . Пеш кожухының сыртқы бетінің температурасын  $120^{\circ}\text{C}$  деп қабылдаймыз. Жылуөткізгіштік коэффициенті,  $\text{кДж/м} \cdot \text{сағ} \cdot \text{градС}$ :

Асбест үшін – 0,412; кожух үшін – 163,41; қышқак үшін – 4,15.

$$\Sigma p/\lambda = 0,43$$

$\Sigma p/\lambda$  және пеш қабырғасы арқылы жылудың кетуін график бойынша қабырғалардың ішкі бетінің температурасының көлемі бойынша қабырғалардың сыртқы бетінің температурасын анықтаймыз. График бойынша бұл температура жуықтап алғанда  $120^{\circ}\text{C}$  – ға және  $q = 7542 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{сағ}$ - қа тең. Қызмет көрсету персоналының қауіпсіздігі үшін қызмет көрсету аумағындағы пештің төменгі бөлімін қосымша сыртынан жылуоқшаулайды.

Пеш бетінің ауданын анықтаймыз:

Дайындалатын пеш үшін:  $F = 350\text{м}^2$

$$\tau = (24 \cdot 106)/97470 = 0,0262,$$

$$Q_5 = 7542 \cdot 350 \cdot 0,026 = 68632 \text{ кДж}$$

$$Q_6 = 4542 \cdot 60 \cdot 0,026 = 11765,5 \text{ кДж}$$

Барлық жылу шығыны құрайды:

$$Q_{\text{шығын}} = 47996,4 + 1680 + 163538,26 + 2262,6 + 68632 + 11765,5 = 295874,76 \text{ кДж}$$

Жылудың кірісі мен шығынын салыстыру аз мөлшердегі шығынға нұсқайды:

$$Q_{\text{арт}} = Q_{\text{кір}} - Q_{\text{шығ}} = 427736,13 - 295874,76 = 131861,37 \text{ кДж}$$

Артық жылу қабаттан әртүрлі жылуалмасу құрылғыларымен алынады, олардың ішінде кең тарағаны кессондар. Жылуалмастырғыштар 40 атм. Қысыммен толыққанды бу алынатын 60% бусулық эмульсияда және  $250^{\circ}\text{C}$  коспа температурасында жұмыс істейді.

Қоректендіретін су тазалаудан, даэрациядан, бу алатын  $100^{\circ}\text{C}$  қыздырудан өтеді. Қабаттағы труба тәріздес жылуалмастырғыштардың жалпы беті мына формуламен анықталады:

$$F = Q_{\text{арт}} / K \cdot (t_1 - t_n),$$

Онда  $K$  – жылуберу коэффициенті: 220 – 260  $\text{ккал/м}^3 \cdot \text{сағ} \cdot \text{Град.С}$  немесе 921,8 – 1089,4  $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{сағ} \cdot \text{град. С}$  шегінде болады;  $t_1 - t_n$  - бусулық эмульсия мен қабаттың орташа температуралары.

$$t_1 = 650^{\circ}\text{C}, t_n = 250^{\circ}\text{C}$$

$$F = 131861,37 / 1089,4 \cdot (650 - 250) \cdot 0,026 = 131861,37 / 11329,76 = 11,64 \text{ м}^2$$



Суытуға кеткен судың шығынын анықтаймыз. Будың жылулықмөлшерінде 2790,54 кДж/кг, ал суда 1047,5 кДж/кг бусулық эмульсияда (60%) және 419 кДж/кг немесе 100 ккал/кг қоректендіретін суды жылумөлшерледе су шығыны – X мынадай қатынаста анықталады:

$$Q_{\text{арт}} = (0,6 X \cdot 2790,54 + 0,4X \cdot 1047,5) - X \cdot 100$$

$$X = 131861,37 / (0,6 \cdot 2790,54 - 0,4 \cdot 1047,5) = 131861,37 / 1255,32 = 105 \text{ кг } 0,026 \text{ сағатқа.}$$

Барлық жасалынған есептеулер негізінде қайнау қабатындағы күйінді үшін пештің нәтижелі жылулық балансын құраймыз (кесте 2.6).

Кесте 2.6 – 106 кг дымқыл концентраттың қайнау қабатындағы күйінді үрдісінің жылулық балансы

| Жылудың келуі                     | кДж       | Жылу шығыны  | кДж       |
|-----------------------------------|-----------|--|-----------|
| 1                                 | 2         | 3  | 4         |
| Құрылу реакциясынан:              |           | Жылу жоғалту:  |           |
| 1. ZnO                            | 291625,29 | 1 күйіндімен   | 47996,4   |
| 2. ZnSO <sub>4</sub>              | 54367,14  | 2 шаңмен   | 1680      |
| 3. PbO                            | 1099,62   | 3. шығатын газдармен                                   | 163538,26 |
| 4. PbSO <sub>4</sub>              | 5538,95   | 4. қыздыру мен булануға жылудың жұмсалуды.             | 2262,6    |
| 5. CdO                            | 616,1     | Сыртқы ортаға жылудың пеш қабырғалары арқылы жұмсалуды | 80397,5   |
| 6. CuO                            | 15276,05  | Жылудың алынуы   | 131861,37 |
| 7. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 59212,98  |  |           |
| Барлығы:                          | 427736,13 | Барлығы:   | 427736,13 |

### 2.2.6 «ҚК» пешінің есебі

Электрэнергия немесе жанармай жұмсау есебінен жылу қажеттілігі графикалық түрде немесе мына формула түрінде болады:

$$Q_T = 0,49 \cdot t_T \cdot S / SO_2 - q \cdot S$$

онда  $t_T$  - пештен шығатын газ температурасы,  $C^0$

SO<sub>2</sub> - шығатын газдардағы күкіртті ангидрид құрамы, % көлем;

S - жанатын күкірт мөлшері, % көлем.

Q – жанатын күкірт % - килограммына қатынасты, шығынды материалды күйдіргенде бөлінетін жылу (кДж/1 кг - % - S) графикалық анықталады:  
t<sub>r</sub> = 620 °C; SO<sub>2</sub> = 1792; S = 30; q = 14258 кДж/кг - % S

$$Q_T = 0,49 \cdot 620 \cdot 30/17,92 - 14258 \cdot 30 = - 427231,4 \text{ кДж}$$

Берілген мәнің жағымсыз мәні бар, берілген құрамдағы қайнау қабатындағы мырыш концентратын күйдіру үшін жанармай керек емес.

Үрлеу мөлшерін оптималды анықтау.

$$\varphi = 141,99/147,79 = 0,961 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

$$\gamma = 4000 \text{ кг/м}^3$$

$$\gamma = 306,12/141,99 = 2,15 \text{ кг/нм}^3$$

$$t_{орт} = (20 + 620)/2 = 320 \text{ }^\circ\text{C}$$

концентрат бөліктерінің орта өлшемінің көлемін гранулометриялық құрамы бойынша мәліметтері негізінде

Концентраттың ірі көлемі:

Бөліктер 0,3 мм – 10 % (50 %)

0619 мм – 10 % (50 %)

барлығы: 20 % (100 %)

$$l_{орт} = 0,9 \cdot (B \cdot l_{ұсақ} + (1 - B) \cdot l_{ірі}) = 0,9 \cdot (0,5 \cdot 0,19 + 0,5 \cdot 0,3) = 0,22 \text{ мм}$$

Концентраттың ұсақ бөлігі

Бөліктер 0,08 мм – 40 % (50 %)

0,07 мм – 40 % (50 %)

барлығы: 80 % (100 %)

$$l_{орт} = 0,9 \cdot (B \cdot l_{ұсақ}) = 0,9 \cdot 0,7 + 0,5 \cdot 0,08 = 0,069 \text{ мм}$$

Барлық концентрат:

Ірі бөлігі 0,22 мм – 20 %

Ұсақ бөлігі 0,069 мм – 80 %

Барлығы: 100 %

Барлық концентрат үшін  $l_{ұсақ} = 0,069/0,2$

$l_{ірі} = 0,34 \cdot l_{ірі}$ , яғни  $l_{ұсақ} < 0,415 l_{ірі}$

Онда бөлшектің орташа өлшемін есептеу үшін:

$$l_{орт} = 0,05 \cdot l_{ірі} + 0,95 \cdot l_{ұсақ} = 0,05 \cdot 0,22 + 0,95 \cdot 0,069 = 0,077 \text{ мм}$$

$$\text{немесе } l_{орт} = 77 \cdot 0,000001 \text{ м}$$

Берілген мәндерді формулаға қоямыз. Үрлеу шекті мөлшерін анықтаймыз:

$$K = (237,3 \cdot 0,15) / 0,961 \cdot \sqrt{(4000 \cdot 77 \cdot 0,000001)/2,16 \cdot (1 + 320/273)} = 144,7 \text{ нм}^3/\text{м}^3 \cdot \text{мин}$$

Мырыш концентратының тұрақты қайнау қабатын құруын қамтамасыз ететін үрлеудің оптималды мөлшері.

$$K_0 = 1,3 \cdot K = 1,3 \cdot 144,7 = 188,13 \text{ нм}^3/\text{м}^3 \text{ мин}$$

Пештің көлемді өнімділігі

$$q = 12 \text{ т/м}^2 \cdot \text{тәулік}$$

Күйдірудің аяқталуын қамтамасыз ететін концентраттың пеште болуының минималды уақыты:

$$\tau = (4 \div 5) \cdot l_{\text{ірі}} / \dot{\omega} = 5 \cdot 0,3 \cdot 0,001 / 0,004 = 0,375 \text{ сағ}$$

күйдіру жылдамдығында  $\dot{\omega} = 0,004 \text{ м/сағ}$  неғұрлым ірі концентрат бөліктері үшін  $l_{\text{ірі}} = 0,03 \text{ мм}$ .

Пеш табанының ауданы мына формуламен анықталады:

$$F = A/a = 451/12 = 38 \text{ м}^2$$

онда  $A$  – пештің күйінді бойынша тәуліктік өнімділігі, тәу.

Дөңгелек формадағы ішкі диаметрі:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt[3]{38} = 6,164 \text{ м}$$

Қайнау қабатының минималды көлемі мына формуламен есептеледі:

$$V = A \cdot \Delta V = \tau/24 \cdot 0,95 = (451 \cdot 0,84 \cdot 0,4)/(24 \cdot 0,95) = 6,64 \text{ м}^3$$

Қайнау қабатының қалыңдығы мына формуламен анықталады:

$$H_{\text{п}} = (4 \div 13) \cdot H_{\text{к}} = 13 \cdot 1,37 = 18,1 \text{ м}$$

$H_{\text{к}} = 1,37 \text{ м}$ .

Қайнау қабатының гидравликалық қарсы тұруы келесі формуламен анықталады:

$$\Delta P = H_{\text{п}} \cdot (\gamma_{\text{қатт}} - \gamma_{\text{г}}) \cdot (1 - S) \text{ мм}$$

Бұл формулаға келесі көлем мәндерін енгіземіз.

$$\gamma_{\text{қатт}} = 4000 \text{ кг/м}^3; S = 0,75$$

$$\Delta P = 1,37 \cdot 4000 \cdot (1 - 0,75) = 1370 \text{ мм су. бағ.}$$

Ауа үрлегіштегі ауа қысымы келесі формуламен анықталады:

$$P = (1,3 \div 1,5) \cdot (\Delta P - \Delta P_{\text{п}}) = 1,5 \cdot (1370 + 100) = 2205 \text{ мм су. бағ.}$$

Бір пешке кететін ауа шығыны үлестік шығынмен  $V_{\text{үл}} = 1387 \text{ нм}^3/\text{сағ}$  және пештің өнімділігімен  $A = 451 \text{ т/тәул}$

$$1387 \cdot 451/1370 \cdot 0,97 = 470,7 \text{ нм}^3/\text{мин}$$

сопло арқылы ауаның жіберілуін мына формуламен өрнектейміз:

$$\dot{\omega} = \varphi \cdot \sqrt{2d} \cdot (P_2 - P_1) / \gamma \text{ м/сек келесі мәндерде}$$

$$n = 0,8; g = 9,81 \text{ м/сек}^2; P_1 = 2205 \text{ мм су. бағ.}; P_2 = 2034 \text{ мм су. бағ.}$$

$$\dot{\omega} = 0,8 \cdot \sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot 171)/1,3} = 35,64 \text{ мм/сек} = 0,0036 \text{ м/сек}$$

Пештегі сопло саны мына формуламен есептеледі:

$$n = (1,2 \cdot 470,7) / (60 \cdot 0,0036 \cdot 38) = 69 \text{ шт.}$$

## 2.2.7 Газарна жүйесінің есебі

Газарна жүйесінің есебі газ, шаңдардың және газтазарту сызбаларын таңдаудан, бүкіл газарналық тракттың кеңістіктік сызбасын жасаудан және шаңды аулау құрылғыларынан, шаң трубасынан тұрады.

Пеште жасалатын газ мөлшері:

$$(451000 \cdot 237,3) / (106 \cdot 24 \cdot 3600) = 12 \text{ нм}^3/\text{сек}$$

сорманы ескере отырып газ мөлшері 5, 10 және 15% участкелерде сәйкесінше  $\text{нм}^3/\text{сек}$  –қа тең:

участок газ мөлшері

пеш – циклон  $12 \cdot 1,05 = 12,6$

циклон – электросүзгі  $12 \cdot 1,1 = 13,2$

электросүзгі түтінтартқы  $12 \cdot 1,15 = 13,8$

Пештен шыққандағы газ температурасы  $500^{\circ}\text{C}$ , сорманы ескергенде  $500/1,05 = 476^{\circ}\text{C}$

газдың циклонға кіргендегі температурасы, сорманы ескергенде  $476/1,1 = 433^{\circ}\text{C}$

газдың циклоннан шыққандағы температурасы  $265^{\circ}\text{C}$ , сорманы ескергенде  $265/1,15 = 230^{\circ}\text{C}$

газдың электросүзгіге кіргендегі температурасы  $230 - 2 \cdot 10 = 210^{\circ}\text{C}$

газдардың  $150^{\circ}\text{C}$  электросүзгісінен шыққандағы температурасы, сорманы ескергенде

$150/1,15 = 130^{\circ}\text{C}$

газдардың түтінтартқы алдындағы температурасы

$130/1,08 = 120^{\circ}\text{C}$

Ары қарай газдың шынайы көлемін анықтап, газарна жүйесінің жолдарын есептейміз.

*Пеш бөлімі – циклон.*

Газдардың орташа температурасын есептейміз:

$(500 + 433)/2 = 467^{\circ}\text{C}$

Газ көлемі тең:

$14,7 \cdot 740/273 = 40 \text{ м}^3/\text{сек}$

Газарна қимасы мен диаметрін есептейміз:

$40/5 = 8 \text{ м}^2 \quad d = \sqrt{(4 \cdot 8)/3,14} = 3,2 \text{ м}$

Газдың циклондағы орташа температурасы  $(433+230)/2 = 332^{\circ}\text{C}$ . Циклон арқылы өтетін газ көлемі тең:

$14,7 \cdot 605/273 = 32,5 \text{ м}^3/\text{сек}$  немесе  $117180 \text{ м}^3/\text{сағ}$

*Циклон участогы – электросүзгі*

Газдардың орташа температурасы  $220^{\circ}\text{C}$ , газ көлемі тең:

$15,4 \cdot 493/273 = 27,8 \text{ м}^3$

Газарна қимасы мен диаметрін есептейміз:

$27,8/5 = 5,6 \text{ м}^2 \quad d = \sqrt{(4 \cdot 5,6)/3,14} = 2,66 \text{ м}$

Газдардың электросүзгідегі орташа температурасы  $180^{\circ}\text{C}$ , электросүзгі арқылы өтетін газ көлемі:

*Электросүзгі – түті тартқы участогы.*

Газдың орташа температурасы  $125^{\circ}\text{C}$ , сонда газ көлемі:

$16,1 \cdot 453/273 = 23,5 \text{ м}^3$

Газарна қимасы мен оның диаметрін есептейміз:

$23,5/5 = 4,7 \text{ м}^2 \quad d = \sqrt{(4 \cdot 4,7)/3,14} = 2,45 \text{ м}$

Түтінтартқы алдындағы газ көлемін есептейміз:

$16,1 \cdot 393/273 = 23,2 \text{ м}^3/\text{сек}$  немесе  $83436 \text{ м}^3/\text{сағ}$

Қысымды жоғалтуды есептейміз. Пеш участогы – циклон.

Потери напора на трение:

$H_{\text{жог}} = \mu \cdot (L \cdot \omega \cdot \gamma) / (d \cdot 2g) = 0,05 \cdot (10 \cdot 25 \cdot 0,79) / (3,2 \cdot 2 \cdot 9,81) = 0,16$  мм су.бағ.

Батарейлық циклондағы қысымды жоғалтуды қабылдаймыз:

$h_{\text{жог}} = 50$  мм су. бағ.

*Циклон участогы – электрсүзгі*

Трениеге түсетін қысымды жоғалту келесі формуламен өрнектеледі:

$h_{\text{жог}} = 0,05 \cdot (10 \cdot 25) / (2,66 \cdot 2 \cdot 9,81) = 0,24$  мм су. бағ.

газды 90 градусқа бұру келесі формуламен өрнектеледі:

$\xi = 0,5$  (тік бұрыштағы жоспарлы бұрылыс)

$h_{\text{жог}} = (0,5 \cdot 6) / (2 \cdot 9,81) \cdot 0,777 = 0,2$  мм су. бағ.

Электрсүзгідегі қысымды жоғалтуды 400 мм су деп қабылдаймыз.

Электрсүзгі бөлімі – түтінтартқы.

Трениеге түсетін қысымды жоғалту келесі формуламен өрнектеледі:

$h_{\text{жог}} = 0,5 \cdot 8 / (5 \cdot 2,45 \cdot 9,81) \cdot 0,98 = 0,03$  мм су. бағ.

газды 90 градусқа бұру келесі формуламен өрнектеледі:

$h_{\text{жог}} = 0,05 \cdot 5 \cdot (2,45 \cdot 9,81) \cdot 0,98 = 1,47$  мм су. бағ.

электрсүзгіден кейінгі газды жібергендегі шығын тең:

$h_{\text{жог}} = H \cdot (\gamma_{\text{ауа}} - \gamma_{\text{газ}}) = 4 \cdot (1,29 - 0,98) = 1,24$  мм су. бағ.

қысымды жоғалту сомасы тең:

$\Sigma h_{\text{жог}} = 93,34$  мм су. бағ.

50% қысымды жоғалтуды ескергенде оның сомасы тең:

$\Sigma h_{\text{жог}} = 140,01$  мм су. бағ.

### 2.3 Көмекші және негізгі құрылғыларды таңдау

Мырыш концентраттын күйдіретін қайнау қабаты пешінің пішіні цилиндр немесе тікбұрышты шахталы, темір қаптамамен қапталған және отқа төзімді кірпішпен қаланған. Пеш биіктігі 7-12 м, диаметрі 5-7 м, пеш табаны 20-40 м<sup>2</sup>. Пеш камерасының көлемі 430 м<sup>3</sup>-қа дейін жетеді. Пеш табанындағы соплалар орналасқан аймақ ҚҚ пешінің маңызды бөлігі болып табылады.

Концентрат қабатының қайнау процесі, қайнау қабатының аэродинамикасы, күйінді сапасы, өнімділігі, үрлеу режимі пеш табанының құрылысына және оның жұмысына байланысты.

Табанды қалыңдығы 14-30 мм-лік темір торға 200-300 мм қалыңдықпен бетонды қабаттан құйылған. Табанда ауабөлгіш соплалар орналасқан. Пешке ауаны табан астында орналасқан ауа камерасынан береді. Ауа соплалар арқылы пештің жұмыс алаңына өтіп, материалды күйдіріп, қайнап жатқан түрге келтіреді. Бұл қабат қоғалысы тиеу камерасынан басталып құю табалдырығы арқылы пештен шығарылады.

Қайнау қабатына кететін шығындар қалқымалы күймен салыстырғанда анағұрлым төмен, ал материалдың газбен қайнау қабатында араласуы жоғары (1000 есе көп, сүзу қабатымен сапалыстырғанда). Сондықтан да қайнау қабатында күйдіру тиімді және ҚҚ пешінің өнімділігін арттырады. Мырыш

концентраты полидисперсті материал болғандықтан,оның майда бөлігі газдармен,шандармен шығып кетеді. Пеш биіктігінің биік болуына байланысты концентраттың көп бөлігі толығырақ күйеді, себебі ұсақ материал бөлігі қалқымалы күйде күйеді, ал ірі бөлігі қайнау қабатында күйеді. Материалдың пеште болу уақытын жұмыс алаңының көлемін, табан ауданына қатынасы арқылы табады. Бұл қатынастың 3-тен 9,5-ке өсуі, шаңның 60-70 %-дан 30 %-ға дейін төмендетеді. Ауаның біркелкі берілуі қайнау қабатының дұрыс жұмыс істеуіне әсері өте зор және де шандармен газдардың шығуы ауабөлгіш соплолардың құрылысымен тікелей байланысты. Әр соплода диаметрі 3-10мм-лік 4-тен 28-ге дейін тесіктер болады, олардан сығылған ауа тігінен,көлденеңнен немесе ылдиланып шығады. Пештегі соплолар саны, жалпы соплолардың тесіктерінің ауданы, табан ауданының 0,7-1,0 % құрау арқылы табады. Негізінен табанның 1 м<sup>2</sup>-на 50 сопло қондырылады. Соплонның қызмет ету уақыты 1,5 жылға тең.

Күйінді бөліміндегі көмекші құрал ретінде күйіндіге түсетін материалды ұсатуға арналған дискілік ұсатқыш, барабанды кептіргіш, тақтатаспалы тасымалдағыш, газды тазалауға арналған циклон, газдарды шаңнан жұқа тазалауға арналған электросүзгілер, газдарды пештен соруға арналған эксгаустер, үрлеуді қамтамасыз ететін ауаайдағыш, күйінді мен шаңды тасымалдайтын қырмалы тасымалдағыш, шаңды тасымалдайтын вакуумды насос, құрғақ электросүзгілердегі ерітінділеу, күйіндіні топтауға арналған элеватор қолданылады.

## 2.4 Мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәсілінің нәтижелері

Мырыш концентраттарын «ҚК» пешінде сульфаттап күйдіру үрдісін, басқа күйдіру тәсілімен салыстырғандағы нәтижелері (кесте 2.7).

Кесте 2.7 – Мырыш концентраттарын күйдіру процессінің технологиялық көрсеткіштері

|  | ААҚ «Казцинк» жағдайындағы «ҚК» пешінде тотықтырып күйдіру | Дипломдық жұмыстағы «ҚК» пешінде сульфаттап күйдіру |
|--|--|---|
| <b>Технологиялық көрсеткіштер</b>          |  |   |
| Күйінді, %                                 | 75   | 86,95   |
| Күйіндідегі сульфидті күкірттің молшері, % | 0,5  | 0,29  |
| Күйіндідегі сульфатты күкірттің молшері,%  | 1,0  | 2,98  |

| <i>2.7 кестенің жалғасы</i>                |  |   |
|--|--|---|
|  | ААҚ «Казцинк» жағдайындағы «ҚҚ» пешінде тотықтырып күйдіру | Дипломдық жұмыстағы «ҚҚ» пешінде сульфаттап күйдіру |
| Шаңның шығуы, %                            | 10   | 4,0   |
| Күйіндідегі кремний диоксидінің мөлшері, % | 6,8  | 5,42  |
| Мырыштың күйіндідегі құрамы, %             | 94,5   | 97,6  |
| Экономикалық көрсеткіштер                  |  |   |
| Пайда                                      | 304562544  | 428949950   |
| Кәсіпорынның рентабельділігі               | 57 %   | 51 %  |
| Өзіндік өзі ақтау мерзімі                  | 3 ЖЫЛ  | 2 ЖЫЛ   |

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қайнау қабатындағы 164700 кг-дық мырыштық шихтаны күйдіруге арналған көмекші құрылғылардың және пештің қажетті мөлшеріне есеп орындалды. Metallургиялық есеп және материалды және жылулық баланс есебінің нәтижесінде қайнау қабатына 2 пеш жобалаймыз.

Дипломдық жұмыста 164700 кг концентраттың рационалды құрамының, күйінді мен шаңның, ауа шығынының, материалды және жылу балансы үрдісінің газарналық жүйенің есебі және күйдірілетін материал қабатының гидравликалық кедергісі мен пешке конструктивтік есеп жүргізілді.

Нәтижесінде күйдіру бөлімін жобалауға қажетті келесі технологиялық мәліметтер алынды:

- 1 күйіндінің шығуы 87 % құрады
- 2 пештің берілген өнімділігін қамтамасыз ететін қайнау қабатындағы екі пешке қажеттілік
- 3 шығатын газдар мөлшеріне қысым 140,01 мм су.бағ.
- 4 қайнау қабатындағы гидравликалық кедергілер 1370 мм су
- 5 бір пешке кететін ауа шығыны 470,7 нм<sup>3</sup>/мин
- 6 пештегі соплолар саны 69 дана
- 7 сопло арқылы ауаның өту жылдамдығы 0,0036 м/сек
- 8 пайда – 428949950,4 тг
- 9 өзін өзі ақтау мерзімі – 2 жыл
- 10 рентабельділік – 51 %.

Сонымен қатар ОАО «Казцинк» жағдайындағы күйінді бөлімін жобалауға қажетті қорытынды мәліметтер және еңбекті сақтау шаралары анықталды.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Лакерник М.М., Пахомова Г.Н. Металлургия кадмия и цинка. – М.: Металлургия, 1969. – 488 с.
- 2 Лоскутов Ф.М. Металлургия свинца и цинка. – М.: Металлургиздат, 1956.
- 3 Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка. – М.: Металлургия, 1985. – 263 с.
- 3 Валиев Х.Х., Романтеев Ю.П. Металлургия свинца, цинка и сопутствующих металлов. Учебник. – Алматы: ИИА «Айкос», 2000. – 441 с.
- 4 Клушин Д.Н., Серебренникова Э.Я., Бессер А.Д., Мыденков Ф.А. и др. Кипящий слой в цветной металлургии. – М: Металлургия, 1978. – 279 с.
- 5 Сыромятников Н.И., Волков В.Ф. Процессы в кипящем слое. – Государственное издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1959. – 246с.
- 6 Снурников Н.П. Гидрометаллургия цинка. – М.: Металлургия, 1981.– 384 с.
- 7 Технологические расчеты. Под ред. Ю.В. Гудимы.
- 8 Диомидовский Д.А., Шалыгин Л.М., Галыбен А.А., Южанинов И.А. Расчеты пиропроцессов и печей цветной металлургии. – М : Государственное издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1963. – 459 с.
- 9 Лоскутов Ф.М., Цейдлер А.А. Расчеты по металлургии тяжелых и цветных металлов. – М.: Металлургиздат, 1962.– 592 с.
- 10 Диомидовский Д.А. Металлургические печи цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1970. – 704 с.
- 11 Тяжелые металлы. Под ред. Р.Л. Веллер, Н.П. Ольхов. – М.: Металлургия, 1962.– 792 с.
- 12 Грацерштейн И.М. и др. Организация и планирование предприятий цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1969. – 520 с.
- 13 Орлов П.П., Булыгин В.И., Виноградов. Инженерные решения по охране труда в строительстве. – М.: Строиздат, 1985. – 278 с.