

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Әкімжан Нұрдәулет Жанатұлы

Қайнау қабатты пеште мырыш концентратын күйдіру процесін зерттеу

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070900 – Metallургия мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

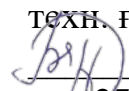
Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова

« 27 » мамыр 2021 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Қайнау қабатты пеште мырыш концентратын күйдіру процесін зерттеу»

Мамандығы 5B070900 – Metallургия

Орындаған

Әкімжан Н.Ж.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., сениор-лектор



Г.Ж. Молдабаева

« 27 » мамыр 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

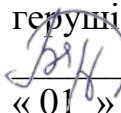
Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра мең-

герушісі, техн. ғыл. канд.,

 М.Б. Барменшинова

« 01 » ақпан 2021 ж.

Дипломдық жоба орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Әкімжан Нұрдәулет Жанатұлы

Тақырыбы: «Қайнау қабатты пеште мырыш концентратын күйдіру процесін зерттеу»

Университет Ректорының 2020 жылғы «24» қараша № 2131-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «18» мамыр 2021 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: мырыш концентратының құрамы, концентраттың ылғалдылығы, цех өнімділігі, үрлеудің оттегімен байытылуы, күйдіру өнімдеріндегі күкірттің мөлшері, циклондық шаңдағы күкірттің мөлшері

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) өндірістің технологиялық үдірістері мен шешімдері;

в) технологиялық процесстің есептеулері;

г) қорытынды.

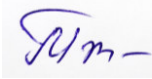
Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс): ҚҚ пешінде мырыш концентратын күйдірудің технологиялық схемасы, концентрат сақтайтын жабық қойманың қимасы, кептіру қондырғысы, мырыш концентратын күйдіруге арналған ҚҚ пеші

Ұсынылатын негізгі әдебиет 6 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	15.02.2021 ж.	
Әдеби шолу	29.03.2021 ж.	
Технологиялық бөлім	12.04.2021 ж.	
Металлургиялық есептеулер	19.04.2021 ж.	
Қорытынды	03.05.2021 ж.	

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

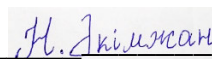
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Г.Ж.Молдабаева техн. ғыл. канд., сениор-лектор	27.05.2021 ж.	
Норма бақылау	С.Қ. Джуманкулова PhD д-ры	27.05.2021 ж.	К. Джуманкулова

Ғылыми жетекші



Г.Ж.Молдабаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Н.Ж. Әкімжан

Күні

«01» ақпан 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобада мырыштың сульфидті концентратын қайнау қабаты пешінде тотықтырып күйдіру процессі қарастырылды.

Ұсынылған жобада мырыштың концентратты күйдіруінің теориялық негіздері және тәжірибе барысы баяндалған.

Мырыш өндіру үшін пиро- немесе гидрометаллургиялық технологиялар қолданылды, олардың бастапқы сатысында мырыш концентраттарын күйдіру процессі бар. Оларды негіздеуге жобада есептеулер мен сызбанұсқалар көрсетілген.

Мырыш концентратын қайнау қабаты пешінде күйдіруге бағытталған процесті жетілдіру жүзеге асырылады.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект предусматривает процесс окисления сульфидного концентрата цинка в печи кипящего слоя.

Предлагаемый проект описывает теоретические основы и ход практики концентрационного обжига цинка.

Для производства цинка применялись пиро- или гидрометаллургические технологии, начальной стадией которых является процесс обжига цинковых концентратов. Для их обоснования в проекте указаны расчеты и чертежи.

В данном проекте осуществляется совершенствование процесса, направленного на обжиг цинкового концентрата в печи кипящего слоя.

ANNOTATION

The diploma project provides for the oxidation of zinc sulfide concentrate in a boiling furnace.

The proposed project outlines the theoretical foundations and the course of practice of concentration firing of zinc.

Pyrotechnic or hydrometallurgical technologies were used for zinc production, the initial stage of which is the roasting of zinc concentrates. The project contains calculations and drawings for their justification.

The process aimed at firing zinc concentrate in a fluidized bed furnace is being improved.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Жалпы түсіндірме жазба	10
1.1 Әлемдік және отандық тәжірибеде мырыш концентратын күйдіру технологиясын талдау	10
1.2 Жұмыс істеп тұрған кәсіпорын жұмысын талдау	15
2 Мырышты концентратты күйдіру процесінің теориялық негіздері	19
3 Мырышты концентратты күйдіру процесінің тәжірибесі	25
4 Технологиялық процестің есептелуі	27
4.1 Бастапқы тапсырма	27
4.2 Концентраттың минералдық құрамының есебі	27
4.3 Күйінді және шаңның рационалдық құрамының есебі	28
4.4 Ауа және газдардың есебі	32
4.5 Пеш есебі	32
4.6 Процестің материалдық балансы	34
4.7 Пештің жылулық балансы	36
4.8 Газ жолы есебі	37
4.9 Қайнау қабаты пеште мырыш концентратын күйдіру процессін жетілдіру	39
Қорытынды	42
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	43

КІРІСПЕ

Дипломдық жобада мырыштың сульфидті концентратын ҚҚ пешінде тотықтырып күйдіру процесі қарастырылды.

Мырыш машина және прибор жасауда, құрылыста және басқа өндірістерде кең қолданылатын ауыр түсті металл. Мырыш өндіру үшін пиро-немесе гидрометаллургиялық технологиялар қолданылады, олардың бастапқы сатысында мырыш концентраттарын күйдіру процесі бар. Күйдіру процесінің көрсеткіштері одан кейін жүретін процестердің техника-экономикалық жағдайына және негізгі компоненттің бөліну дәрежесіне әсер етеді. Мысалы, гидрометаллургиялық технологияда мырыш концентраттарын күйдіру барысында сульфидті мырышты мырыш оксидіне және әлсіз қышқылды ерітіндіде тез еритін мырыш сульфатына ауыстыру мақсаты қойылады. Күйіндіні шаймалауда мырыштың оксиді мен сульфаты толық еріп, мырыш сульфаты ерітіндісін түзеді. Пирометаллургиялық немесе дистилляцияндық технологияда мырыштың сульфидті концентратын күйдіріп, алынған мырыш оксидінен тұратын күйіндіні көмірмен немесе кокспен араластырып, арнайы пеште қыздырады. Соның нәтижесінде мырыш оксиді тотықсызданып, ұшырылған мырыш булары конденсацияланады [1].

Күйдіру процесін көп табанды пеште және қайнау қабаты (ҚҚ) пешінде жүргізуге болады, алғашқысы соңғы жылдары өндірісте қолданылмайды. ҚҚ пешінде күйдіру техника-экономикалық жағынан тиімдірек. Мұнда пештің өнімділігі, шығатын газдағы SO_2 мөлшері және күйіндінің сапасы көп табанды пештегі күйдіру процесімен салыстырғанда жоғары.

Елімізде мырыш өндірісі «Қазмырыш» Корпорациясында іске асады. Оның құрамында Өскемен қорғасын-мырыш комбинаты, Риддер полиметалл және Зырян қорғасын комбинаттары, Николаевский, Белоусовский, Зыряновский, Березовский, Лениногорский сияқты бірнеше кен орындары, тау-кен байыту фабрикалары, электр энергиясын өндіруші Бұхтарма станциясы және т.б. өндіріске қажетті қосымша шаруашылықтар бар. Курстық жобада аталған металлургиялық зауыттардың ішінде Өскемен қорғасын-мырыш комбинатының құрамындағы мырыш концентраттарын күйдіру цехының тәжірибесі қарастырылды. Әлемдік тәжірибесі бойынша әдебиетке шолу, процестің теориялық негіздері, технологиялық есептері орындалды.

1 Жалпы түсіндірме жазба

Күйдіру процесі сульфидті мырышты тотықтыру, күкіртті, мышьяк пен сурьманы ұшқыш қосылыс түрде толық газға бөлу, тек металл оксидтерінен тұратын күйінді алу мақсатын көздейді. Күйдіру тәсілдерінің (тотықсыздандырып, тотықтырушы, сульфаттаушы, хлорлаушы және т.б.) ішінде мырыш концентратын өңдеуге көбінесе тотықтырып күйдіруді қолданады. Процесстің рационалды технологиясын жасау үшін өңделетін материалдың құрамы мен қасиеттеріне және нақты өндірістің жағдайына карап, берілген сападағы өнім алуға тиімді параметрлерін таңдайды [2].

Күйдіруге түсетін шикізат – мырыштың сульфидті концентраты. Кенде мырыш сфалерит (немесе цинковая обманка) ZnS және кейде марматит $mZnS \cdot nFeS$ түрінде кездеседі. Мырыштың сульфидті қосылыстарынан өзге кенде қорғасын, мыс, кадмий, марганец, мышьяк, сурьма, кобальт, күміс сульфидтері, сирек металдардан индий, таллий, германий, селен, теллур, алтын болады. Кей кендерде сынап пен висмут кездеседі. Кендегі мырыш мөлшері өте төмен, 0,5-3 % болған соң, оны байыту міндетті түрде жүргізілуі тиіс. Құрамы күрделі полиметалды кендерді байытуға селективті немесе коллективті флотация әдісі қолайлы. Байытудан кейін алынған мырышты концентратта 50 % жоғары Zn, 32 % S, 10 % жуық Fe, 0,2 % Cd, 1,5 % Pb, 1,5 % Cu және қалғаны карбонаттар мен силикаттар бар [2].

Мырыш концентратын күйдіруге ҚҚ пешін қолданады. Процесс толығымен механикаландырылған және автоматты түрде басқарылады. Процестің өнімдері мырыш күйіндісі, күкіртті газ және шаң. Газды-шаңды қоспаны тазарту арқылы бөлінген шаң құрамы бойынша күйіндіге жақын болғандықтан, күйіндімен қосылып шаймалау процессіне беріледі. Күкіртті газдардан күкірт қышқылын өндіреді.

1.1 Әлемдік және отандық тәжірибеде мырыш концентратын күйдіру технологиясын талдау

Қазіргі кезде мырыш өндірісінің жағдайы өндіріске түсетін кеннің сапасы нашар, қиын байытылатын, құрамында темір, мыс және басқа қоспалары жоғары мөлшерде болуымен сипатталады. Жартылай өнімдерден тотыққан шикізаттар, мысалы вельц-оксидтер, фьюмингілеу шаңдары, қорғасын және мыс өндірістерінің шаңдары көбірек түзіледі. Соған қоса, қоршаған ортаны қорғау мәселесінде талаптар жоғары, мысалы, шығатын газдар мен өндірістік суларға қатаң талап қойылады. Мырыштың және қосымша өндірілетін металдардың тазалығына талаптар жоғары десе болады.

Көптеген металлургиялық зауыттарда мырыш негізіндегі қорытпаларды өндіру процесстері де ұйымдастырылған. Осыған орай мырыш зауыттарының дәстүрлі технологияларына өзгерістер енгізілуде, заманауи технологиялық операциялар енгізіліп, цехтар реконструкциясы және техникалық қайта жасақталуы орын алуда. Металлургиялық агрегаттардың бірлік өнімділігі

артты, технологиялық процесстерді бақылау жүйесін автоматтандыру енгізілді.

Әлемдік және отандық тәжірибеде мырыш өндіруге қолданылатын технологиялық схемалардың әртүрлі болуына қарамастан, барлық металлургиялық зауыттарда жүргізілетін алғашқы операция осы күйдіру процессі. Оны күкіртті қосылыстарды ауадағы оттегімен тотықтыру мақсатында жүргізеді. Зауыттарға түсетін концентраттардың химиялық, минералогиялық, гранулометриялық құрамдары, ылғалдылығы жөнінен бір бірінен айырмашылығы болғандықтан, оларды күйдіру технологияларында да ерекшеліктер болады. Көптеген мырыш зауыттары шикізатты кешенді пайдаланудың нәтижесінде, полиметалды кеннен 15-ке жуық элементті бөліп алады. Жалпы 30 шақты тауарлық өнім өндіреді. Бұл жетістіктерге технологияны жетілдірудің арқасында қол жетеді [3].

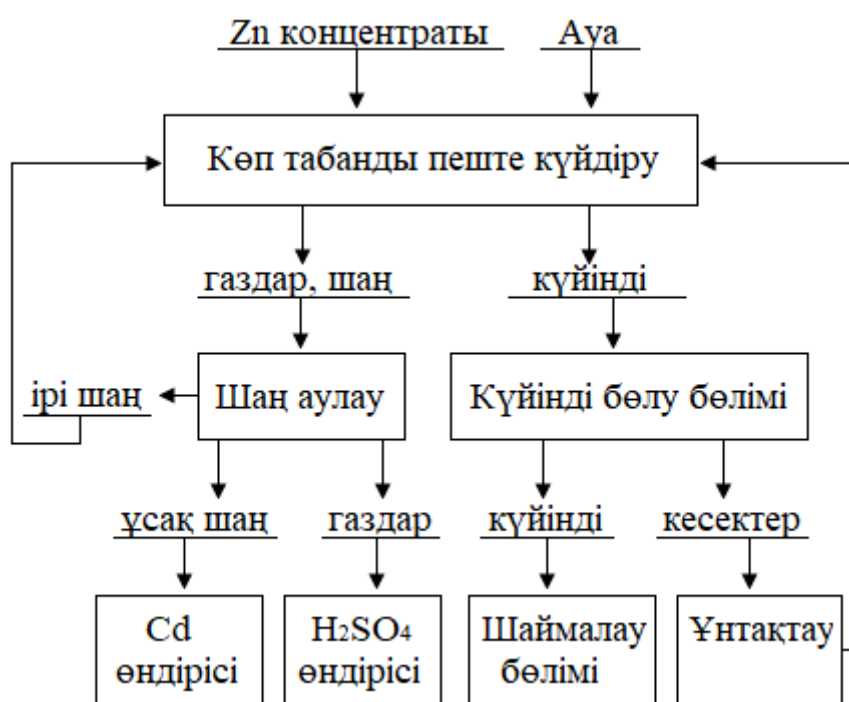
Қазіргі кезде мырыш көптеген зауыттарда гидрометаллургиялық технологиямен алынады. Бұл технологияның жетістіктері ретінде оның кедей кендерді өңдеуге де тиімді қолдануылуы және алынатын мырыштың тазалығы жоғары болуын айтуға болады. Соған қоса, кеннен мыс, кадмий, кобальт, сирек және шашыранды металдарды бөліп алуға мүмкіндік бар, бұл кенді кешенді пайдалануға мүмкіндік ашады. Гидрометаллургиялық технологиямен жұмыс істейтін өндірістерде бағалы металдардың қайтарымсыз жоғалуы аз болады, төгінді суларды бағалы металдар мен зиянды қалдықтардан толық тазартуға мүмкіндік бар. Сол себепті де гидрометаллургиялық технологияны қолданатын зауыттарда техника-экономикалық көрсеткіштері жоғары және өнімнің өзіндік құны төмен болады.

Гидрометаллургиялық технологияда өндірістік процестер келесі сатылармен жүзеге асады: кенді металлургиялық өңдеуге дайындау – концентратты күйдіру – күйдірілген материалды шаймалау – ерітіндіні қоспалардан тазарту – тазарған мырыш сульфаты ерітіндісінен электролизбен мырыш алу – катодтық мырышты қайта балқыту. Аталған сатылардың біріншісі күйдіру процессі екенін көріп отырмыз. Келесі сатыларда алынатын өнімдердің сапасы және процестердің көрсеткіштері осы күйдіру процессінде алынатын мырыш күйіндісінің сапасына тәуелді. Сондықтан мырыш күйіндісінің сапасына қатаң талаптар қойылады.

Гидрометаллургиялық технологиямен мырыш өндіру кезінде қолданылатын күйдіру процессінің негізгі мақсаттары – металл сульфидтерін максималды толық түрде оксидке өткізу, күкіртті, мышьяк пен сурьманы толық газға өткізу, күйіндіде 3-4 % жуық сульфатты күкіртті қалдыру, күкірт қышқылында аз еритін мырыштың ферриттерінің түзілуіне және ерітіндінің тұнуын қиындататын қорғасын мен мырыш силикаттарының түзілуіне жол бермеу, соған қоса, өте ұнтақ, ірілігі жоғары емес, тез еритін күйінді алу және газдағы күкірт ангидридінің SO_2 концентрациясын максималды жоғарылату. Осы мақсаттарды орындау үшін бастапқы концентраттың ерекшелігіне қарай әртүрлі зауыттарда күйдіру процесін жетілдіру жұмыстары үнемі жүргізіледі. Көптеген зауыттарда күйіндіде қалған күкірттің мөлшері 1 % аспайды, кей зауыттарда 0,2-0,3 % болады. Көбінесе мырышты концентратта күкірт шамасы

жоғары 30-33 % болады. Сонда газдағы SO_2 мөлшері 5-6 %, кейде одан да жоғары болады. күкіртке бай бұл газдардан күкірт қышқылын немесе элементтік күкірт өндіреді. Кейбір мырыш зауыттары күйдіру кезінде концентраттан қорғасын мен кадмийдің көп бөлігін айдап, оларды газдан шаң түрінде аулап алады және сол қорғасынға бай шаңдарды арнайы әдіспен өңдейді [4].

Гидрометаллургиялық технологияда мырыш концентратын күйдіруге көп табанды, аспалы күйде күйдіру пештерін және ҚҚ пешін қолданған. Көп табанды пеште мырыш концентратын күйдірудің схемасы 1-суретте келтірілді, процестің технологиялық көрсеткіштері басқа әдістермен салыстырғанда төмен, сол себепті де қазір көп табанды пештер өндірістен шығарылды.

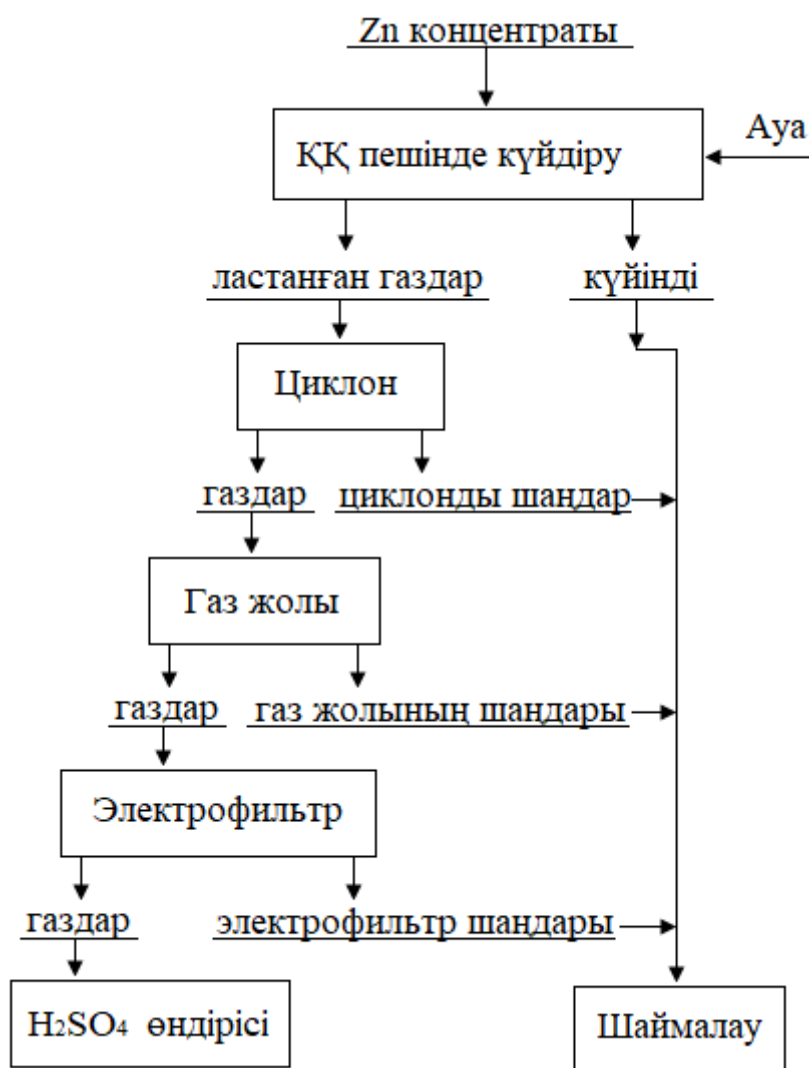


1 Сурет – Көп табанды пеште мырыш концентратын күйдіру схемасы

Канаданың Трэйл және Шопениц зауыттарында аспалы пештің екі түрін қолданып күйдіреді. Шопениц зауытында аспалы пештің төменгі кең шахтасында температура 1000 °С, жоғарғы тар бөлігінде 700 °С. Пештің жоғарғы бөлігіндегі газды суыту үшін арнайы ауалы суытқыш қолданады. Трэйл зауытында ауаны 23,4 % оттегімен байытқанда, шығатын газдағы SO_2 мөлшері 9 % жетті және шығатын газдың жылуын пайдалану 15 % артты. Трэйл зауытында газдардың жылуын максималды пайдалану үшін пештен шыққан газдың жылуын шихтаны кептіруге жұмсайды және пештің астын суытқаннан шығатын қызған ауаны үрлеп, концентратты күйдіреді [2-3].

ҚҚ пешінде күйдірудің схемасы 2- суретте көрсетілген. ҚҚ пешінде күйдіру процесін 1946 жылы Гинцветметте ғалым Г.Я. Лейзеровичтың басқаруымен зерттеуді бастаған. Алғаш рет ҚҚ пеші Г.М. Штейнгарттың

басқаруымен «Электроцинк» зауытына салынды. Қазіргі кезде көптеген зауыттарда мырыш концентратын тек осы ҚҚ пешінде күйдіреді. ҚҚ пешінде күйдіру басқа пештермен (көп табанды және аспалы) салыстырғанда бірнеше артықшылықтары бар. Мысалы, өнімділігі көп табанды пешпен салыстырғанда 3-4 есе, аспалы пешпен салыстырғанда 1,5-2 есе көп; күйдіру режимі мен күйіндінің сапасы бойынша қарастырсақ, ҚҚ пешінде сульфидті күкірттің қалдық мөлшері 0,1-0,3 %, көп табанды пеште 0,3-1 %, аспалы пеште 0,2-0,5 %; ҚҚ пешінде газдағы күкірт ангидридінің мөлшері жоғары, шихтаны дайындау тәсілі күрделі емес, пешті толық механикаландыруға және автоматты басқаруға мүмкіндік бар, технологиялық жылуды жою дәрежесі жоғары [1-4].



2 Сурет – ҚҚ пешінде мырыш концентратын күйдірудің технологиялық схемасы

Әр зауытта қолданылатын ҚҚ пеші құрылысы әртүрлі болады. Пештің көлденең қимасы дөңгелек немесе тік төрт бұрышты болуы мүмкін, пештің қайнау қабатынан жоғары бөлігінің көлемі мен пеш табанының ауданына қатынасы әртүрлі болуы мүмкін, соған қоса, пешке шихта тиеу форкамера

арқылы, болмаса пеш қабырғасына немесе пештің күмбезіне орнатылған тиеу тесіктері арқылы әртүрлі жүргізілуі мүмкін және табанындағы ауаны таратқыштардың құрылысы да әртүрлі болуы мүмкін. Зауыттарда мырыш концентратын күйдіру процессін жетілдіру үшін пештің құрылысын өзгерткенде немесе оның табан ауданын $70-120 \text{ м}^2$ дейін үлкейткенде пештің бірлік өнімділігін $500-800 \text{ т/тәул}$ дейін артты. Пештің бірлік өнімділігін арттырғанда, оның эксплуатациялық шығындары төмендеп, еңбек өнімділігі артты.

Пештен шыққан күйіндіні суыту әдістері, шаң аулау жүйесі әр зауытта әртүрлі. Күйіндіні суытуға көбінесе аэросуытқыштар қолданады. ҚҚ пешінде шаң шығуы бірнеше себептерге тәуелді: бастапқы концентрат сапасына, ірілігіне, ылғалдығына, күйдіруге дайындау әдісіне, күйдірудің режиміне, температурасына, пеш камерасына түскен ауаның жылдамдығына және т.б. Мысалы, ылғалдығы 6% , ірілігі $8-10 \text{ мм}$ елекпен еленіп дайындалған мырыш концентратын пештегі ауаның жылдамдығы $9-12 \text{ м/сек}$ жағдайда күйдіргенде шаң шығуы бастапқы концентраттан $30-40 \%$ болды. Қазіргі кезде шығып жатқан жаңа ҚҚ пештерінің құрылысы шаң шығуды азайтуға және газдардың температурасын төмендетуге бағытталған. Бұған пеш камерасының биіктігін үлкейтіп немесе пеш қимасын ауыспалы етіп жасау арқылы қол жеткізеді. Ауыспалы қимада пештің табан ауданынан «қайнау қабатының» үстіндегі ауданы үлкен болады. Мұндай кезде пештегі шығатын газдардың қозғалыс жылдамдығы дереу төмендеп, құрамындағы ірі шаңдар қайтадан «қайнау қабатындағы» күйіндіге қосылады. Газдардың температурасын азайту үшін пеш шахтасына суытқыштар немесе термосифондар орнатады [1-5].

Күйдіру процесінің температурасы маңызды. Температурасы жоғарылаған сайын процесінің жылдамдығы артады, пештің меншікті өнімділігі жоғары болады, газдағы SO_2 мөлшері көбейеді, шаң шығуы төмендейді, күйіндіде мырыш оксидінің мөлшері жоғары болады. Көптеген зауыттарда күйдіруді жоғары температурада жүргізеді.

Күйдіру процесін жетілдірудің тағы бір жолы үрленетін ауадағы оттегінің мөлшерін арттыру. Оттекпен байытылған ауаны үрлеген кезде ҚҚ пешінің өнімділігі артты, күйіндінің сапасы жақсарды, газдағы күкірт ангидридін SO_2 концентрациясы көбейді, одан күкірт қышқылын өндіру тиімді болды.

Күйдіруді оттекпен байытылмаған қарапайым ауамен үрлегенде «қайнау қатабында» жүретін экзотермиялық реакциялардан бөлінген жылумен қабаттың температурасы көтеріліп, бұдан күйінді іріленіп кететін және оның құрамында сульфидті күкірт көп қалатын, нәтижесінде күйіндінің сапасы нашар болатын. Үрлеуді оттекпен байытқанда бұл кемшіліктердің бәрі жойылды. Қазір 35% оттегімен байытылған ауаны үрлеп, пеште температураны $970-1000^\circ\text{C}$ дейін жеткізеді және бұл жағдайда процесс тез жүретін болған соң пештің өнімділігі $10,4 \text{ т/м}^2 \cdot \text{тәул}$ дейін өсті, газда азот мөлшері азайып, керісінше SO_2 мөлшері көбейді.

Мырыш зауыттарына құрамы әртүрлі кендер түсетін болған соң, сапалы өнім алу және процесі қалыпты жүргізу үшін шихта дайындау процессі

маңызды. Мырыш концентратында қорғасын мөлшері жоғары болса ол процеске көп әсер етеді. Жоғары температурада әртүрлі элементтермен химиялық қосылыс түзеді, бұл күйдірудің режимін бұзады, күйінді түйіршіктері үлкейіп, қақ түзілу көбейеді, бұдан пештің өнімділігі азайып, кейде пештің жұмысын тоқтатуға тура келеді. Дәл осындай кері әсерлі құбылыстар концентратта кремний оксиді, сілтілік металдар тұздары мен кальций оксиді көп болса пайда болады.

Күйдіруге түсетін концентраттың максималды ылғалдылығы 10% жуық болуы керек. Ылғалдығы жоғары болса, ұнтақ тәрізді концентратты тасымалдау механизмдері нашар жұмыс істейді және бункердің қабырғаларына жабысып, пешке бірқалыпты түспейді, пештің өнімділігін төмендетеді, шығатын газдың көлемі жоғары болады, газ жолдары тез коррозияға ұшырап, газ бен шаң аулайтын құрылғылар бұзылады. Концентратты кептіргенде, ол бір-біріне жабысып, қосымша ұнтақтауды қажет етеді. Шикі флотациялық концентраттың ылғалдығы 15 % жетеді. Шихтаға қосылатын қайтымды өнімдердің ылғалдығы бар. Мұндай ылғалдығы жоғары материалдарды күйдіру пешіне жүктеуге болмайды. Көптеген шет елдік және отандық зауыттарда күйдірудің алдында ылғалдығы 6-8 % немесе шихта бойынша ылғалдығы 9-10 % болатындай кептіреді. Жапонияның Акита, Косако, Хикосима зауыттарында, Югославияның Шабац, Трепча зауыттарында күйдіру пешіне концентратты пульпа түрінде жүктейді [5-6].

1.2 Жұмыс істеп тұрған кәсіпорын жұмысын талдау

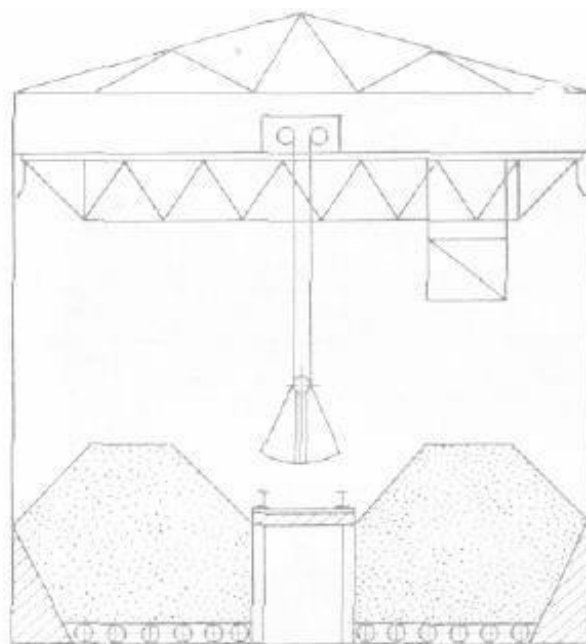
Қазақстанда мырыш, қорғасын, мыс және оларға ілесіп жүретін бағалы металдарды өндіруші ірі интеграцияланған өндіріс «Қазмырыш» компаниясы. Компанияның басты кәсіпорындары Шығыс Қазақстанда орналасқан. 1997 жылы Өскемен қорғасын-мырыш комбинаты, Риддер (бұрынғы Лениногор) полиметалл комбинаты және Зырян қорғасын комбинатының активтерін біріктіру арқылы құрылған, ол кезде компанияның меншік иесі Қазақстан Республикасының Үкіметі болды. Компанияның акцияларының бақылау пакеті Гленкор Интернейшнл компаниясының жеке меншігіне сатылды, қазір бас инвестор осы компания. «Қазмырыш» компаниясы құрылғаннан бері өндірістік қуаттары артып, барлық өнім түрлері бойынша өндіріс көлемі жақсарды, өндірістік шығындарды азайту, әлемдің мырыш өндіріс бойынша озат кәсіпорындардың бестігіне кіру мақсатында жұмыс істеп келеді. 2004 жылы ISO9001:2000 сериасы бар Жалпыға бірдей сапа менеджментінің халықаралық стандартына сәйкестігі туралы сертификат алды, 2006 жылы сапа менеджменті, экология, еңбек қорғау және қауіпсіздік техникасын қамтитын ISO 14000 сериалы халықаралық стандартын алды және OHSAS 18000 менеджмент жүйесін өндіріске енгізді. Компанияда 25 мыңға жуық еңбекшілер бар, олардың $\frac{1}{4}$ бөлігі жоғары білімді мамандар [5-6].

Компанияның құрамындағы Өскемен қорғасын-мырыш комбинаты қазір Өскемен металлургиялық кешені деп аталады. Оның қуаттылығы 190 мың т/жыл мырыш, 144 мың т/жыл қорғасын және аффинаж өндірісі бар. Өндірістік алаңша Өскемен қаласының ішінде орналасқан, барлық үш өндіріс (мырыш, қорғасын, аффинаж) ортақ инфрақұрылымға бағынады.

Мырыш зауытының іргетасы 1939 жылы құрыла бастаған, бірақ Ұлы Отан соғысының басталуынан 1942 жылы құрылыс жұмыстары тоқтатылған. Солтүстік Осетиядағы Орджоникидзе қаласынан «Электроцинк» мырыш зауытын Өскеменге көшіру мақсатында 1943 жылы жабдықтарды эвакуациялау жұмысы қайта қолға алынды және 1947 жылы бұл зауыт Өскемен мырыш зауыты болып құрылды және мырыштың алғашқы партиясын берді. Мырыш зауытында сол кезден бері стандартты гидрометаллургиялық технологияны аздаған өзгерістермен қолданады: мырыш концентратын күйдіру – сілтісіздендіру – ерітінділерді тазарту – электролиз – катодтық мырышты қайта балқыту [6].

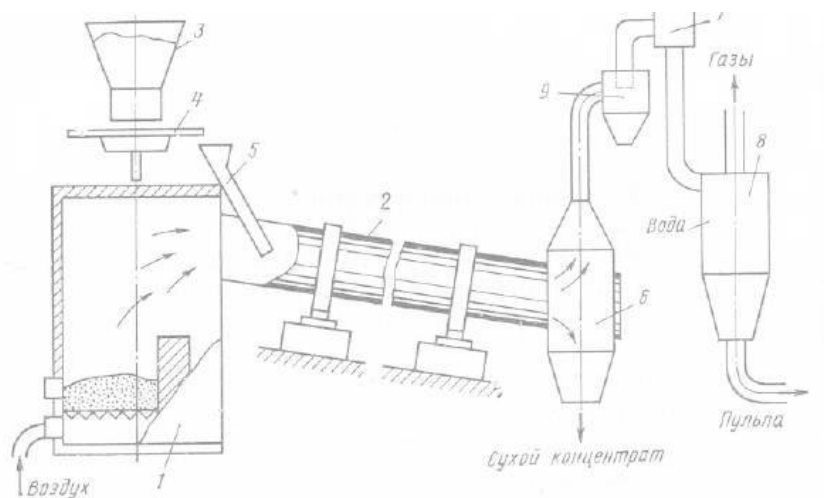
1953-1977 жылдары мырыш зауытының қуатын арттыру жұмыстары жүрді, біртіндеп кеңейтіліп, қазір құрамында электролиз ванналарының 4 сериясы бар, 1999 жылдан бері ерітінділерді 3 сатыда тазарту үшін үш «Дифенбах» фильтрі іске қосылды, 2000 жылы күйіндіні үздіксіз сілтісіздендіру, қоюлатқыштарды ауыстыру, «Alfa Laval» фирмасының қуатты жылу алмастырғыштарын орнату жұмыстары жүрді. Осыдан бері алынатын мырыштың сапасы жақсарды, шығындар азайды, еңбек жағдайы жақсарды, көптеген жұмыстар автоматтандырылды және зауыттың өнімділігі 190 мың т/жыл тауар түріндегі мырыш өндіру қуатына жетті. Зауытта мырышты тауар түрінде мына заттар өндіреді: металдық мырыш, мырыш-алюминий қорытпасы, мырыш сульфаты [5].

Зауытқа құрамында орташа шамамен 53,5 % мырыш бар Малеев кенішінен алынған мырышты концентрат түседі. Малеев кеніші Зыряновск қаласының шығысында 18 км қашықтықта орналасқан, жер асты әдіспен кен игеретін ірі кен орны. 2000 жылы өнімділігі 1,5 млн т кен болып іске қосылып, 2001 жылдың соңында өнімділігі 2,25 млн т жетті. Осы темппен 18 жыл өндірісті кенмен қамтамасыз етуге жетеді. Кендегі мырыштың орташа мөлшері 7,5 %. Малеев кендері Зыряновск байыту фабрикасына жүк тасымалдаушы автокөліктермен тасымалданады. Байытудан кейін мырышты, қорғасынды, алтынды концентраттарды алады және оларды темір жол көлігімен Өскемен металлургиялық кешеніне тасымалдайды. Зауытқа түскен концентраттың салмағын өлшеп, кен сақтайтын жабық қоймаға жинайды. Қыста тасымалдағанда вагонға қатып қалған концентратты ыстық бумен қыздырып ерітеді. Қойманың қимасы 3-суретте көрсетілген. Қойманың сиымдылығы 15-20 мың т концентрат. Қоймаға түскен құрамы әртүрлі концентраттардың химиялық құрамдарын анықтап, шаң және тағы басқа айналымдағы материалдармен араластырмай, бөлек бөлек жинайды [4-6].



3 Сурет – Концентрат сақтайтын жабық қойманың қимасы

Концентраттың ылғалдығын азайту үшін айналатын барабанды пеште 650-850 °С кептіреді (4-суретте көрсетілген).



1 - қыздырғыш; 2 - айналатын пеш; 3 – бункер; 4 - қоректендіргіш;
5 - шихта салу құбыры; 6 - түсіретін тесік; 7 - түтін сорғыш;
8-9 - шаң аулау жүйесі

4 Сурет – Кептіру қондырғысы

Кепкен концентратта 6-10 % ылғалдық бар. Ылғалдық 6 % төмен түссе болмайды, тасымалдау кезінде шаң көп шығатын болады. Кептіру қондырғысының өнімділігі 10 т/сағ. Кептіруден кейін концентраттың көбісі жабысып, ірі кесек түрде болады, оларды ұнтақтау мақсатында дискі орнатады.

ҚҚ пешіне түсетін шихта құрамындағы күкірт 20-25 % болады. Күкірт шамасын, ылғалдықты бір қалыпты ұстап тұруға тырысады. Шихтадағы темір, кремнезем, мышьяк, сурьма, кобальт сияқты зиянды қоспалардың шамасын белгілі шектеуден асырмай қадағалайды. Өндірістің экономикалық тиімділігін жақсарту мақсатында күйдіруге түсетін шихтада мырыш, кадмий, индий, асыл металдардың шамасы берілген мөлшерде болу тиіс. Шихтаның технологиялық құрамын жасауға грейферлі кранның көмегімен кептіру бункеріне нақты салмақпен бірнеше концентратты қосып араластырады және қайтымды материалдар қосады. Барабанда кептіргенде, кепкен шихтаны ұнтақтағанда және күйдіру пешінің бункеріне тасымалдағанда шихта араласып шығады.

Дайын шихтаны оттегімен байытылған ауамен ҚҚ пешінде күйдіреді. Күйдіру жоғары температурада жүреді. Пеш өнімділігі 9,5-12 т/м²*тәул жетеді. Күйіндінің орташа диаметрі 0,8мм. Мырыш күйіндісін аэро суытқышпен суытып, электролиз цехынан келетін қалдық электролитпен сілтісіздендіреді. Сілтісіздендіруден алынған ерітіндіні мыс пен кадмийден тазалайды, таза электролиттен электролизбен мырыш тұндырады. Мырышты кектер пирометаллургиялық бөлімге немесе вельц-пеште кектерді өндеуге береді. Нәтижесінде пайда болған мырыш тотығы қорғасыннан, хлордан, мышьяктан, сурьмадан тазартылады. Оны сілтісіздендіруге қосады. Катодта тұнған мырыш индукциялық пеште қайта балқытылып, құйма қалыптарға, Джумбо блоктарына құйылады. Оны тұтынушыға жібереді [3-4].

ҚҚ пешінен шыққан күкіртті газдарды 3 сатыда аулайды. Газдағы SO₂ 10-12 %, шаң шығу мөлшері 15 % аспайды. Шаңнан тазартылған газдардан жанасу әдісімен күкірт қышқылын өндіреді. Өскемендегі мырыш зауытында қаланың ауасын ластамау, табиғатты қорғау тапсырмасы қатаң. Құрамында күкірт ангидридін SO₂ бар газдарды ауа атмосферасына жібермеу үшін зауытта күкірт қышқыл өндірісі қайта жаңартылды, Данияның Хальдор Топсе фирмасының технологиясы бойынша күкірт қышқылын өндіретін екінші қондырғы салынып, пайдалануға берілді. Ірі шаң аулау бөлімшесіне жаңа сүзгілер орнатылды.

2 Мырышты концентратты күйдіру процесінің теориялық негіздері

Сульфидті материалды тотықтырып күйдіру мырыш, мыс, қорғасын металлургиясында кең таралған процесс. Тотықтырып күйдіруде металл сульфидтері оксидке айналады, күкірт жартылай немесе толық газға өтеді. Десульфуризация дәрежесі пештің өнімділігіне және концентраттың минералдық құрамына, ұнтақталу дәрежесіне, процесстің температурасына, ауа құрамына, процесстің ұзақтығына, араластыру жылдамдығына, т.б. жағдайларға тәуелді.

Пешке түсетін концентрат мырыш, мыс, темір, қорғасын, мышьяк, сурьма және т.б. металл сульфидтерінен тұрады. Әрбір сульфид физика және химиялық қасиетіне байланысты күйдіру процессіне, температурасына, өнімділігіне әсер етеді. Пештегі бастапқы және соңғы максималды температура концентраттағы металлдар сульфидтерінің жану температурасына байланысты, әрбір сульфидтің жану температурасы әртүрлі. Бәрібір пештің максималды температурасы шихта құрамына кіретін компоненттердің балку температурасынан төмен болуы тиіс [2-4].

Күйдіру нәтижесіне концентрат түйіршігінің өлшемі әсер етеді. Концентратты өте ұнтақтағанда кен бетінің шамасы өседі және күйдіру тез жүреді. Оттегінің сульфидтермен химиялық әрекеттесуі пеш газдарының жанасу шекарасында жүреді, ал осы бетте ұнтақтау дәрежесі немесе кеннің ұнтақ болуына және оның ерекшеліктеріне – бетінің жарылуы, кедір бұдыр болуы, борпылдақ болуына байланысты.

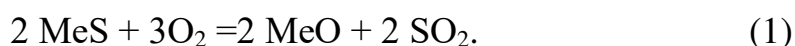
Температура өскен сайын сульфидтердің тотығу реакциясының жылдамдығы өседі және пештің өнімділігі артады. Бірақ күйдіру кезінде бәріне белгілі температураның жоғарғы шегі деген бар. Оны материалдың пісуіне және қаламайтын қоспалардың түзілуіне қарай анықтайды. Күйдіруде шихтаның пісуі қажетсіз, себебі піскен сульфидтердің бетіне оттегі жетпейді. Мырыш концентратын күйдіргенде 730-750 °C температурада мырыш ферритінің түзілуі байқалады, ол күйіндіні гидрометаллургиялық шаймалағанда ерімейді.

Сульфидтерді күйдіру дәрежесі пешке түсетін ауа шамасына тәуелді. Тотықтырып күйдіруде ҚҚ пешінің гидродинамикалық режимі бұзылса немесе пеш газдарының қатты материалмен жанасуы шектеулі болса десульфуризацияның қажетті дәрежесін алу үшін пешке ауа шығынын 4-5 есе теориялықтан көп береді. Сульфидтер жану температурасына жеткенде тотығуын кинетикалық аймақтан диффузиялыққа ауыстырады, онда тотығу реакцияларының жылдамдығы бірлік уақыттағы ыстық сульфидтің бетіне жеткен оттек шамасымен анықталады. Пешке түскен ауа шамасында ауаны оттеппен байыту арқылы оттек мөлшерін көтереді. Ауаны оттеппен байытпай көп мөлшерде үрлегенде пештен шығатын газдар сұйылып, құрамындағы күкірт ангидридіннің шамасы азаяды және пешке қажетті температураны беру үшін қосымша отын жағуға тура келеді. ҚҚ пешінде күйдірудің артықшылығы ауаның шығыны теориялыққа жақын. Бұл сульфидтердің жеке бөлшегінің

қозғалғыштығына және олардың пеш газымен үлкен дәрежеде жанасуына, реакциялық зонаның бетінің үлкен болуына байланысты.

Тотықтырып күйдіру күрделі гетерогенді процесс. Ол адсорбция, десорбция, реакциялық диффузия, химиялық әрекеттесумен байланысы бар [1-3].

Сульфидтердің тотығу реакциялары экзотермиялық гетерогенді реакция, олар қатты және газдық фазалар ортасындағы шекарада жүреді. Тотықтырып күйдіру процесінің жалпы реакциясы келесі түрде жазылады:



Реакцияның жылулық эффектісі сульфидтерді жану температурасына дейін қыздырғаннан кейін процестің өз бетімен басқа отын шығындамай жүретінін қамтамасыз етеді. Кейде тотығу реакциясы клесі теңдеулермен жүреді:



Реакциялардың барлығының соңында түзілетін өнімдер процестің механизмі туралы ешқандай мәліметтер бермейді. Оны анықтау үшін Гиббс энергиясын есептеу керек. Реакцияның тепе теңдігінің тұрақтысын мына теңдеумен өрнектейді:

$$\Delta G^\circ_T = -RT \ln K = -4,575T \lg K. \quad (4)$$

Сульфидтердің тотығу механизмі осы күнге дейін бөлшектеп зерттелмеген, бірақ жеке құбылыстарды зерттеген жұмыстардың негізінде келесі актілерден құралғанын болжауға болады:

1) сульфидтер бетінде оттег молекуласының адсорбциясы және оның каталитикалық әсерінен диссоциациясы;

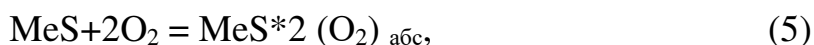
2) сульфидтің ішкі торына оттектің диффузиясы және күкірттің кері диффузиясы;

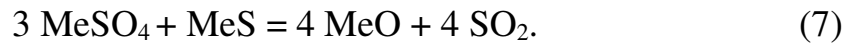
3) атомдық оттегімен алғашқы сульфидтің немесе комплексті қосылыстың түзілуі;

4) аралық өнімнің қалған сульфидпен химиялық әрекеттесуі және күкірт ангидридін бөлуі;

5) оксидтің беткі қабатының күкіртті газбен екінші сульфид түзіп химиялық әрекеттесуі [4].

Осы механизм бойынша сульфидтің тотығуының негізгі сатыларын келесі теңдеулермен жазуға болады:

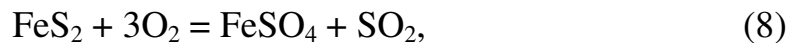




Сульфидтің сульфатқа айналу реакциясы қайтымсыз және ең баяу жүреді. Қалған барлық реакциялар жеткілікті үлкен жылдамдықпен жүреді. Оның ішінде бір металдың сульфаты мен сульфидінің әрекеттесу реакциясы өте тез жүреді.

Мырыш концентратының ішінде келесі сульфидтер бар: сфалерит, галенит, пирит, пирротин, халькопирит, халькозин, ковеллин және бос мүшелері кальций мен магнийдің карбонаты, кремнезем, глинозем, т.б. қоспалар. Құраушылардың күйдірудегі мінезін қарастырамыз [1-4].

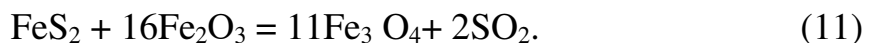
Пирит FeS_2 . 500-700 °C температурада қыздырған кезде күкіртті темір және молекулалы күкірт түзеді. 250-290 °C температурада пириттің тотығуы мына реакциямен:



290 °C жоғары температурада мына реакциямен жүреді және осыда жанады:

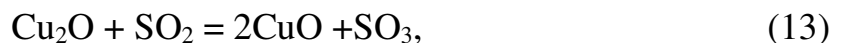


600 °C температурада темір сульфатының түзілгені көрінеді. 380 °C бастап темір оксиді мен пириттің арасында келесі реакциялар жүреді:



Пирит пен пирротиннің күйі кезіндегі соңғы өнімдер магнетит пен темір оксидінің әртүрлі қатынасында түзіледі, ауаның артық болуына байланысты күйіндіде тотықпай қалған күкіртті темір және аздап сульфаты болады.

Мыстың сульфидтері. Жартылай күкіртті мыс келесі реакциямен тотығады:



Халькопириттің тотығуы әртүрлі, температураға байланысты. 400 °C төмен температурада тотығу сульфаттаушы күйдіру сияқты жүреді:



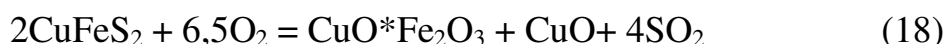
Одан кейін мына саты жүреді:



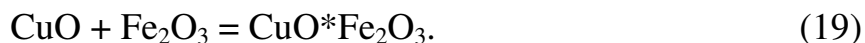
400-600 °C температура арасында мына реакция жүреді:



700-800 °C арасында:



және қосымша:



Барлық көрсетілген реакциялар, сульфаттың тура түзілуінен басқасы, қайтымды, бірақ пеште сору жүргенде күкірт ангидридті түзілу реакциясы жүріп отырады. Соңғы өнімде жартылай к.кіртті мыстың тотықпаған формасы, сульфаты, мыс ферриті кездеседі, күйдіру жағдайына байланысты қатынастары әртүрлі [1-2].

Мырыш сульфиді. Сфалериттабиғатта тез тотығатын сульфидтер қатарына жатады. Басқа сульфидтермен жанасқан кезде тез тотығады. Марказитпен жанасқанда сфалерит 10-14 есе тез тотығады. Бұл процесті келесі реакциямен көрсетеміз:

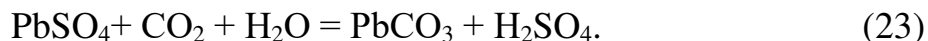


Зауыттағы күйдіру тәжірибесінен және жеке зерттеулерден бұл процестің өте баяу жүретіні және жоғары температура болса аз өзгертетіні байқалды. Сфалериттің толық десульфуризациясы үшін ұзақ уақыт, ауаның артық шығыны және жоғары температура қажет.

Күкіртті қорғасын. Галенит табиғатта мына реакциямен тотығады:



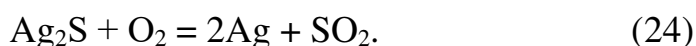
Бірақ қорғасын сульфаты ккмір қышқыл газ болса және су болса тұрақсыз, бірте бірте карбонатқа ауыстырады:



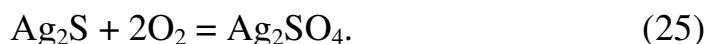
Қорғасынның бірінші тотығу өнімі сульфат, содан түзілген сульфат пен сульфид әрекеттесіп қорғасын оксидін түзеді. Тотықтырып күйдіргенде қоршаған газда оттегі көп болуынан металдық қорғасын түзілмейді.

Марганец сульфиді. Табиғи марганец сульфиді жеңіл тотығатын және төмен температурада тез еритін сульфат түзеді. Жану температурасы ірілігіне қарай 0,1 мм – 355 °С, 0,2 мм- 700 °С. марганец сульфаты 700 °С дейін тұрақты. 790 °С бастап марганецтің мына оксидіне айналады Mn_3O_4 .

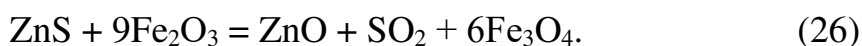
Күміс сульфиді. Сульфидті кенде күміс галениттің құрамында болады. Галенитті күміс қатты ерітінді немесе аргентиттің механикалық қоспасы түрінде болады. Аргентит түйіршіктің шамасына қарай 600-870 °С аралығында жанады, оттегі бар жерде келесі реакция жүреді:



Күміс оксиді Ag_2O күйдіру кезінде түзілмейді. Аргентитті баяу қыздырғанда күміс сульфаты түзіледі:

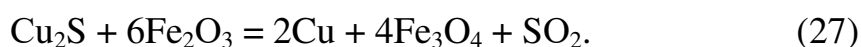


Күйдіру кезінде жеке сульфидтердің мінезін талдай отырып, тотығу процессі аралық қосылыстардың түзілуі және өзара әрекеттесуімен және бірте бірте температураны көтергенде сульфид-сульфат-оксид сатылары жүретінін көрдік. Құрамында бірнеше металл сульфиді және басқа қоспалар бар концентратты күйдіргенде бұл реакциялар одан ары күрделі болады. шихта қабатының ішінде бірнеше металдардың сульфидтерімен, сульфаттарымен, оксидтерімен және жыныс түзетін минералдармен арасында күрделі химиялық реакциялар жүреді. Мысалы, $nZnS + mFe_2O_3$ жүйесін зерттегенде, реакция келесі схемамен жүреді:



590-700 °С арасында әрекеттесу басталады, 20-30 минуттың арасында қоспаны 900 °С дейін қыздырғанда толығымен реакция аяқталады, ары қарай қыздыруда жылдамдығы өспейді. Заттардың ара қатынасын 1 молекула күкіртті мырышқа 1/9 молекула темір оксидін қосып 900 °С температурада қыздырғанда 60 минутта десульфуризация жүрді. Темір оксидін артық қосқанда мырыш оксидінің ферриттері түзілді.

Темір оксиді қыздырғанда жартылай күкіртті мыспен әрекеттеседі, мыс металдық бөлініп, темір магнетитке айналады:



Металдық мыс түзілуі салымен жүруі ықтимал.

Шихтаның ішкі қабатында жүретін реакциялардың екінші тобына сульфаттар мен карбонаттардың әрекеттесуін жатқызамыз. Жалпы схемасы:



Әктас пен ауыр металдар сульфаттарының әрекеттесіп, кальций сульфатын түзуі мүмкін. Күйдіру кезінде бөлінетін күкіртті газдар кальций сульфатының түзілуіне ықпал етеді. Кальций сульфаты тұрақты сульфаттар қатарында, кремнезем әсер еткен кезде де ол тек 1000 °С температурада ыдырайды.

Металл сульфидтері мен кремнезем арасындағы әрекеттесу кальций сульфатының ыдырау температурасын 800-900 °С дейін төмендетеді. Күйдіру жағдайында бәрібір кальций сульфатының көп бөлігі ыдырамай қалады. Бұдан әктастың күйдіру кезінде күкірттің газға бөлінуіне кедергі жасайтынын білеміз.

Шихта құрамындағы кремнезем кальций оксидіне кері бағытта десульфуризатор ретінде әсер етуі мүмкін. Күйдіру жағдайында кремнеземнің десульфуризаторлық әсері баяу, сондықтан кремнеземнің көбісі сол күйінде күйіндіде қалады [1-5].

Әдебиетке шолудан біз мына қоспалардың күйдіруге кері әсері бар екенін білеміз: мыс, темір және қорғасын сульфидтері, кремнезем. Сапасы төмен мырыш концентратында осы қоспалар көп болса, күйдіру процесін жүргізу қиындайды және алынатын өнім сапасы нашар болады.

3 Мырышты концентратты күйдіру процесінің тәжірибесі

Күйдіру процесінің тәжірибесі шикізаттарды металлургиялық өндеуге дайындаудан басталады. Зауытқа түсетін мырыш шикізатының негізгі түрлері сульфидті мырыш концентраты, қорғасынды-мырышты шаңдар, қарғасын мен мыс өндірісінің мырышты шаңдары болуы мүмкін. Сульфидті мырышты концентраттарды дайындап болған соң күйдіруге жібереді, ал шаңдарды – сілтісіздендіруге. Технологиялық процесті дұрыс жүргізу мақсатында шикізаттарды тасымалдау, сақтау, күйдіруге дайындау кезінде белгілі бір жағдайларды сақтау қажет. Күйдіруге түсетін шихтаның ішіндегі компоненттердің ара қатынасы, қоспалардың шамасы алдын ала берілген тапсырмаға сәйкес болуы қажет.

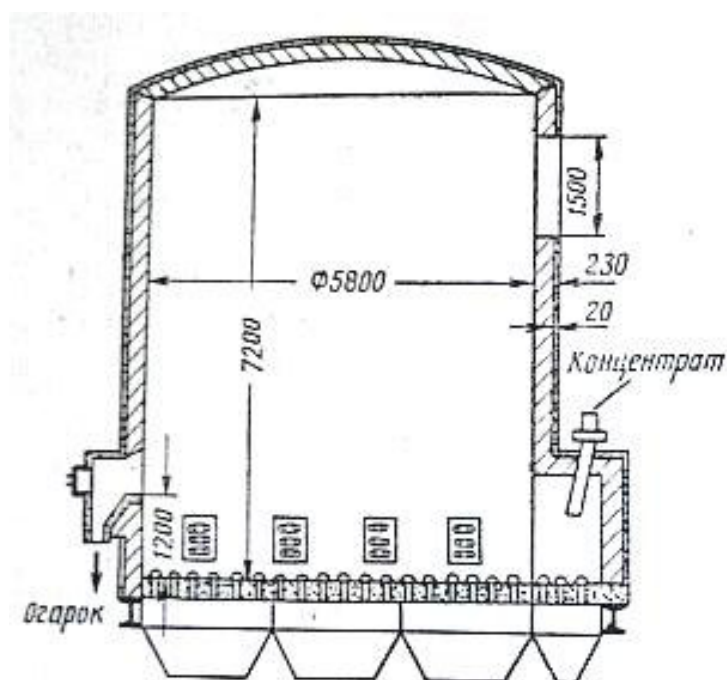
Мырыш зауыттары шикізат өндіретін және байытатын фабрикалардан алшақ орналасады. Концентраттарды темір жолмен немесе су жолымен вагондар мен баржаларға тиеп тасымалдайды. Жазда концентратты ұзақ уақыт сақтағанда кеуіп, шаң көп ұшады. Тасымалдауда және тиеу-түсіру жұмыстарында шаңмен жоғалуы мүмкін. Қыста ылғал концентраттар монолитті масса болып қатады, оларды түсіру үшін сыртынан қыздыру жұмыстары ұзақ уақытқа созылады. Шаңмен жоғалуды азайту үшін байыту фабрикалары концентраттарды 10-15 % ылғалдықпен жібереді, қыста қатуды азайту үшін опилка төсеп, металдық контейнерлермен тасып, профилактикалық шаралар қолданады [1].

Зауытқа түскен концентратты өлшейді, қоймаға түсіреді. Сақтайтын қоймалар жабық, әртүрлі механизмдермен жабдықталған. Қойманың ортасынан вагондарды түсіретін, өлшейтін экстакада орналасады. Қалған бөлігіне әрбір жеткізілген концентраттарды құрамы әртүрлі болса бөлек бөлек төгеді. Қойманың бір жағы шаңдар, әртүрлі айналымдағы материалдар сақтауға арналған. Қойманың жалпы сыйымдылығы 20 мың т жетеді.

Шихтаны дайындау барысында айналымды барабанды пешке салып концентратты, басқа қосымша материалдарды кептіреді және араластырады, одан түскен шихтаны електен өткізіп, кесектерін ұнтақтайды. Шихта жақсы араласу үшін барабанды пештің ішінде тістері болады. Пешті газбен немесе мазутпен қыздырады. Күйдіруге түсетін шихтаның технологиялық құрамы материалдарды дозалап беру арқылы қамтамасыз етіледі. Ол үшін грейферлі крандарды қолданады.

Кептіру пешінен шыққан шихтаның ұнтақ бөлігін күйдіру пешінің бункеріне береді. ҚҚ күйдіру пешінің цилиндрлі формадағы шахтасының іші отқа төзімді материалмен қапталған және сырты темірден жасалған болады. Шахтасының төменгі жағында кессондалған бөлім бар. Пештің табаны ыстыққа шыдайтын бетонна жасалған. Оның арасымен ауа тарататын болаттан жасалған құбырлар өтеді. Табанын біртұтас немесе бөлек секциялармен жасайды. Ауа таратқыш құбырлардың құрылысы әр зауытта әртүрлі. Құбыр болаттан жасалған стақаннан, оған дәнекерленген қаңылтырдан, тұрады. Қаңылтыр бетон плитканың астында орналасқан. Құбырдың ауаны тарататын қақпағы білікке гайкамен бекітіледі және саусақпен тіркеліп

түзетіледі. Құбырдың қызмет ету уақыты 1,5 жыл, табанды жөндеуге 3 тәулік уақыт кетеді. ҚҚ пешінің схемасы 5-суретте келтірілген.



5 Сурет – Мырыш концентратын күйдіруге арналған ҚҚ пеші [1]

ҚҚ пешінің параметрлері: ішкі диаметрі – 6 м; биіктігі – 10 м; табан ауданы – 35 м²; форкамера саны – 1; құбыр саны – 2800; құбырдың нақты қимасы – 0,7%.

4 Технологиялық процестің есептелуі

4.1 Бастапқы тапсырма

Мырыш концентратының құрамы: 50,3% Zn; 0,9% Pb; 2,3% Cu; 0,22% Cd; 8,9% Fe; 34,9% S; 0,16% SiO₂; 0,8% CaO; басқалары – 1,52%. Концентраттың ылғалдылығы 9%.

Цех өнімділігі – 539 т/тәулігіне.

Үрлеудің оттегімен байытылуы – 27 %.

Концентратта келесідей қосылыстар кездеседі: ZnS; PbS; CuFeS₂; CdS; FeS₂; Fe₇S₈.

Күйінді мен шаңның құрамы бірдей деп қабылдаймыз.

Күкірттен басқа бастапқы концентраттың барлық элементтерін күйінді және шаңға таралуын кәсіпорынның деректері бойынша 3:2, яғни күйіндіге 60% және шаңда 40% деп қабылдаймыз.

Күйдіру өнімдеріндегі күкірттің мөлшері:

- күйіндідегі сульфидті күкірт 0,4%;
- сульфатты күкірт 1%;
- күйіндідегі жалпы күкірт 1,4%;
- Циклондық шаңдағы күкірттің мөлшері:
- сульфидті 0,6%;
- сульфатты 2,6%;
- шаңдағы жалпы күкірт 3,2%.

Күйінді мен шаңдағы металдар мынадай қосылыстар түрінде болады:

- мырыш: ZnO, ZnSO₄, ZnS;
- қорғасын мен кадмий: 50% PbO және CdO; 50% PbSO₄ және CdSO₄;
- мыс пен темір: Cu₂O, Fe₂O₃

4.2 Концентраттың минералдық құрамының есебі

Тапсырма бойынша минералдық құрамды 100 кг кепкен концентратқа есептейміз.

Сфалерит: $50,3 \cdot 97,4 / 65,4 = 74,9$ кг, сфалериттегі күкірт 24,6 кг.

Галенит: $0,9 \cdot 239,2 / 207,2 = 1,03$ кг, галениттегі күкірт 0,13 кг.

Халькопирит: $2,3 \cdot 183,4 / 63,6 = 6,63$ кг, халькопириттегі темір $55,8 \cdot 6,63 / 183,4 = 2,01$ кг, халькопириттегі күкірт 2,3 кг.

Кадмий сульфиді: $0,22 \cdot 144,4 / 112,4 = 0,28$ кг, кадмий сульфидіндегі күкірт 0,05 кг.

Пирит және пирротиндегі темір $8,9 - 2,01 = 6,89$ кг.

х- пириттегі темір, у- пириттегі күкірт. Сонда $(6,89 - x)$ пирротиндегі темір, $[34,9 - (24,6 + 0,13 + 2,3 + 0,05 + y)]$ – пирротиндегі күкірттің мөлшері, х және у шамасын теңдеу арқылы табамыз:

$$x = y \cdot 55,8 / 64 ;$$

$$6,89 - x = (7,82 - y) \cdot 55,8 / 732 \cdot 8.$$

Осы теңдеулерді шешеміз: $x = 3,09$; $y = 3,54$.

Бұдан, пириттің мөлшері 6,63 кг, пирротин мөлшері – 7,82 кг.

Минералдық құрамды 1- кестеге жазамыз.

1 Кесте - Мырыш концентратының минералдық құрамы

Қосылыстар	Барл.	Zn	Pb	Cu	Cd	Fe	S	SiO ₂	CaO	басқ.
ZnS	74,9	50,3					24,6			
PbS	1,03		0,9				0,13			
CuFeS ₂	6,61			2,3		2,01	2,3			
CdS	0,27				0,22		0,05			
FeS ₂	6,63					3,09	3,54			
Fe ₇ S ₈	8,08					3,8	4,28			
SiO ₂	0,16							0,16		
CaO	0,8								0,8	
басқ.	1,52									1,52
Барлығы	100	50,3	0,9	2,3	0,22	8,9	34,09	0,16	0,8	1,52

4.3 Күйінді және шаңның рационалдық құрамының есебі

Күйдіру кезінде түзілген шаң мен күйіндінің құрамын бірдей деп қабылдаймыз. Тек олардың өзгешелігі құрамындағы күкірітті. Қалған элементтердің шамасы бірдей. Күкірттен басқа бастапқы концентраттың барлық элементтерін күйінді және шаңға таралуын кәсіпорынның деректері бойынша 3:2, яғни күйіндіге 60% және шаңда 40% деп қабылдаймыз.

Күйінді мен шаңдағы металдар мынадай қосылыстар түрінде болады:

- мырыш: ZnO, ZnSO₄, ZnS;

- қорғасын мен кадмий: 50% PbO және CdO; 50% PbSO₄ және CdSO₄;

- мыс пен темір: Cu₂O, Fe₂O₃.

Күйінді мен шаңның есебін алгебралық жолмен шығарамыз, мұнда :

x – күйінді, кг;

$0,01x$ – күйіндідегі сульфатты күкірт;

$0,004x$ – күйіндідегі сульфидті күкірт;

y - шаң, кг;

$0,026y$ – шаңдағы сульфатты күкірт;

$0,006y$ – шаңдағы сульфидті күкірт деп белгілейміз.

Есептеуден аламыз:

- күйіндідегі мырыш сульфиді: $97,4 \cdot 0,004x / 32 = 0,0122x$;

- шаңда: $97,4 \cdot 0,006y / 32 = 0,0182y$;

Күйіндідегі қорғасын сульфаты: $303,2 \cdot 0,27 / 207,2 = 0,4$;

- шаңда: $303,2 \cdot 0,14 / 207,2 = 0,2$.

Күйіндідегі қорғасын оксиді: $223,2 \cdot 0,27 / 207,2 = 0,29$;

- шаңда: $223,2 \cdot 0,14 / 207,2 = 0,15$.

Күйіндідегі кадмий сульфаты: $208,4 \cdot 0,07 / 112,4 = 0,13$;

- шаңда: $208,4 \cdot 0,04 / 112,4 = 0,07$.

Кадмий оксидінің күйіндідегі мөлшері: $128,4 \cdot 0,07 / 112,4 = 0,08$;

- шаңда: $128,4 \cdot 0,04 / 112,4 = 0,045$.

Күйіндідегі қорғасын және кадмий сульфаттарындағы сульфатты күкірт:

$0,4 \cdot 32 / 303,2 = 0,042$,

$0,13 \cdot 32 / 208,4 = 0,019$;

- шаңда: $0,2 \cdot 32 / 303,2 = 0,021$; $0,07 \cdot 32 / 208,4 = 0,01$.

Күйіндідегі мырыш сульфаты: $161,4 / 32 \cdot (0,01x - 0,061)$;

- шаңдағы мырыш сульфаты: $161,4 / 32 \cdot (0,026y - 0,031)$.

Күйіндідегі мырыш оксиді:

$81,4 / 65,4 \cdot [30,2 - (65,4 / 97,4) \cdot 0,0122x - 65,4 / 32 \cdot (0,01x - 0,061)]$,

- шаңда:

$81,4 / 65,4 \cdot [20,1 - (65,4 / 97,4) \cdot 0,0182y - 65,4 / 32 \cdot (0,026y - 0,031)]$.

Күйіндідегі мыс оксиді: $143,2 \cdot 1,38 / 127,2 = 1,55$;

- шаңда: $143,2 \cdot 0,92 / 127,2 = 1,035$.

Күйіндідегі темір оксиді: $159,6 \cdot 5,34 / 111,6 = 7,64$;

- шаңда: $159,6 \cdot 3,56 / 111,6 = 5,09$.

Басқа компоненттер күйінді мен шаңға 3:2 қатынасында өтеді.

Күйінді мен шаң шамасын анықтаймыз:

- күйінді:

$x = 0,0122x + 0,4 + 0,29 + 0,13 + 0,08 + 161,4 / 32 \cdot (0,01x - 0,061) + 81,4 / 65,4$
 $\cdot [30,2 - (65,4 / 97,4) \cdot 0,0122x - 65,4 / 32 \cdot (0,01x - 0,061)] + 1,55 + 7,64 +$
 $0,096 + 0,48 + 0,91$; $x = 49,97$ кг;

- шаң:

$y = 0,0182y + 0,2 + 0,15 + 0,07 + 0,045 + 161,4 / 32 \cdot (0,026y - 0,031) +$
 $81,4 / 65,4 \cdot [20,1 - (65,4 / 97,4) \cdot 0,0182y - 65,4 / 32 \cdot (0,026y - 0,031)] + 1,035$
 $+ 5,09 + 0,064 + 0,32 + 0,61$; $y = 34,73$ кг.

Есептеу нәтижесін кестеге енгіземіз.

2 Кесте – Күйіндінің рационалдық құрамы

Қос.	Барл.		Zn		Pb		Cu		Cd		Fe		S _{SO4}		S _S		O ₂		SiO ₂		CaO		басқ.	
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
ZnO	35,94	71,40	28,83	57,28													7,11	14,13						
ZnS O ₄	2,21	4,39	0,90	1,79									0,43	0,85			0,88	1,75						
ZnS	0,61	1,21	0,41	0,81											0,20	0,40								
PbO	0,29	0,58			0,27	0,54											0,02	0,04						
PbS O ₄	0,40	0,79			0,27	0,54							0,04	0,08			0,09	0,17						
CdO	0,08	0,16							0,07	0,14							0,01	0,02						
CdS O ₄	0,13	0,26							0,07	0,14			0,02	0,04			0,04	0,08						
Cu ₂ O	1,55	3,08					1,38	2,74									0,17	0,34						
Fe ₂ O ₃	7,64	15,18									5,35	10,63					2,29	4,55						
SiO ₂	0,10	0,19																0,10	0,19					
CaO	0,48	0,95																		0,48	0,95			
басқ.	0,91	1,81																				0,91	1,81	
Барл. .	50,34	100,00	30,14	59,88	0,54	1,07	1,38	2,74	0,14	0,28	5,35	10,63	0,49	0,98	0,20	0,40	10,61	21,08	0,10	0,19	0,48	0,95	0,91	1,81

3 Кесте – Шаңның рационалдық құрамы

Қос.	Барл.		Zn		Pb		Cu		Cd		Fe		S _{SO4}		S _S		O ₂		SiO ₂		CaO		басқ.	
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
ZnO	22,28	63,85	17,82	51,07													4,46	12,78						
ZnS O ₄	4,40	12,61	1,78	5,11									0,87	2,49			1,75	5,01						
ZnS	0,63	1,81	0,42	1,21											0,20	0,57								
PbO	0,15	0,43			0,14	0,40											0,01	0,03						
PbS O ₄	0,20	0,57			0,14	0,39							0,02	0,06			0,04	0,12						
CdO	0,05	0,13							0,04	0,11							0,01	0,01						
CdS O ₄	0,07	0,20							0,04	0,11			0,01	0,03			0,02	0,07						
Cu ₂ O	1,04	2,97					0,92	2,64									0,12	0,33						
Fe ₂ O ₃	5,09	14,59									3,55	10,17					1,54	4,41						
SiO ₂	0,06	0,18																	0,06	0,18				
CaO	0,32	0,92																			0,32	0,92		
басқ.	0,61	1,75																					0,61	1,75
Барл. .	34,89	100,00	20,03	57,39	0,28	0,79	0,92	2,64	0,08	0,22	3,55	10,17	0,90	2,58	0,20	0,57	7,95	22,77	0,06	0,18	0,32	0,92	0,61	1,75

Есептеу бойынша күйдіру кезіндегі десульфуризация дәрежесін табамыз:

$$34,09 - 1,79 / 34,09 * 100 = 94,75 \%$$

4.4 Ауа және газдардың есебі

Ауа ҚҚ күйдіруде екі роль атқарады: бірінші – тотықтырғыш реагент; екінші – материал қабатынан өткенде оны «қайнаған» күйге түсіреді. Оттекті есептегенде осы екі процесті ескереді. Біз мұнда ауаның теориялық және практикалық шамасын анықтаймыз. Алдыңғы технологиялық есептерге сүйеніп, түзілетін газдарды анықтаймыз.

Күйдіру кезінде 100 кг құрғақ мырыш концентратынан 32,3 кг күкірт (4,6, және 7 кестелерді қара) бөлінеді. Оның күкірт ангидридіне дейін тотығуына сондай салмақта оттек қажет. ҚҚ мырыш концентратын күйдіргенде газдағы күкіртті ангидрид SO_3 шамасы өте аз және оны бұл жерде есепке алмаймыз.

Сульфидтердің оксидтер мен сульфаттарға тотығуына тағы 18,55 кг O_2 қажет (6 және 7 кестелерді қара). 100 кг құрғақ концентратқа барлығы 50,85 кг O_2 қажет. Ауаның теориялық шамасы: $50,85 / 0,27 = 188$ кг.

Мырыш концентратын ҚҚ пешінде күйдіргенде ауаның артық шамасы 1,1-1,2 болады. оны 1,13 деп қабылдап, практикалық ауа шығынын есептейміз, ол 213 кг немесе 165 нм^3 . Ауаның бұл шамасында 164 кг немесе $131,2 \text{ нм}^3$ азот және 5,75 кг немесе $4,02 \text{ нм}^3$ артық оттек.

Ылғалдықты (9 %) қоса есептегенде практикалық ауаның меншікті шамасы:

$$V_{\text{мен}} = 165 * 9 * 100 / 109 = 1362 \text{ нм}^3/\text{т}.$$

109 кг ылғал концентратқа газдың шамасы мен құрамын кестеге жазамыз.

4 Кесте – Шығатын газ шамасы және құрамы

Қосылыстар	кг	нм^3	%
SO_2	64,6	22,6	13,4
O_2	5,75	4,02	2,4
N_2	164	131,2	77,5
H_2O	9	11,16	6,7
Барлығы:	243,35	169,42	100

4.5 Пеш есебі

1) Отын және электр энергиясының есебінен жылудың қажеттілігі, Q_t , ккал/кг.

Белгілі формуламен немесе графикпен есептеледі. $t_r=870^{\circ}$; $SO_2=14\%$; $S=34,09\%$; $g=36$ ккал/кг*%S.

$$Q_T = 0,5 \cdot t_r \cdot S / SO_2 - gS = 0,5 \cdot 870 \cdot 34,09 / 14 - 36 \cdot 34,09 = 1059 - 1227 = -168.$$

Бұдан, ҚҚ пешін қыздыру үшін отын мен энергия қажет емес, керісінше, 168 градусқа жылу артық екенін білеміз.

2) Үрлеудің оптималды шамасын анықтау, K_0 , $\text{нм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{мин}$.

Алдымен формулаға сай, үрлеудің шекті шамасын K анықтайды.

$$\varphi = 169,42 / 165 = 1,02 \text{ нм}^3/\text{нм}^3; \gamma = 4000 \text{ кг}/\text{м}^3; \gamma_0^{\text{газ}} = 243,35 / 169,42 = 1,44 \text{ кг}/\text{м}^3; t_{\text{op}} = 20 + 900 / 2 = 460^{\circ}\text{C}.$$

Концентраттың кесегінің орташа өлшемі шамасын оның гранулометриялық құрамымен анықтайды, кестеде келтірілген.

5 Кесте - Мырыш концентратының гранулометриялық құрамы

Ірілігі		Құрғақ сынақтың елеуіш талдамасы, %
меш	мм	
+48	0,295	10
-48+170	-0,295+0,088	20
-170+200	-0,088+0,074	35
-200	-0,074	35
Барлығы:		100

Концентраттың ірі бөлігі:

- Кесек – 0,3 мм - 10 % (33%)
- 0,19 - 20% (67%)

Барлығы: 30 % (100%).

$$l_{\text{op}} = 0,9 [b \cdot l_{\text{ұнт}} + (1-b) \cdot l_{\text{ірі}}] = 0,9 [0,67 \cdot 0,19 + 0,33 \cdot 0,3] = 0,203 \text{ мм}.$$

Концентраттың ұнтақ бөлігі:

- Кесек – 0,08 мм - 35 % (50%)
- 0,07 - 35% (50%)

Барлығы: 70 % (100%).

$$l_{\text{op}} = 0,9 [b \cdot l_{\text{ұнт}} + (1-b) \cdot l_{\text{ірі}}] = 0,9 [0,5 \cdot 0,07 + 0,5 \cdot 0,08] = 0,067 \text{ мм}.$$

Концентраттың барлық бөлігі:

- ірі – 0,203 мм - 30 %;
- ұнтақ 0,067 - 70%;

Барлығы: 100%.

$$l_{\text{ұнт}} = 0,067 / 0,203; l_{\text{ірі}} = 0,33; l_{\text{ұнт}} < 0,405 l_{\text{ірі}}.$$

$$l_{\text{орт}} = 0,05 \cdot l_{\text{ірі}} + 0,95 \cdot l_{\text{ұнт}} = 0,05 \cdot 0,203 + 0,95 \cdot 0,067 = 0,074 \text{ мм}.$$

$$l_{\text{орт}} = 74 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Үрлеудің шекті шамасы:

$$K = 172 \cdot 0,15 / 1,02 \cdot \sqrt{4000 \cdot 74 \cdot 10^{-6} / 1,44 \cdot (1 + 460 / 273)} = 6,95 \text{ нм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{мин}.$$

$$\text{Үрлеудің оптималды шамасы: } K_0 = 1,2 \cdot K = 1,2 \cdot 6,95 = 8,34 \text{ нм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{мин}.$$

3) Пештің меншікті өнімділігі:

$$\alpha = 1440 \cdot 1,02 \cdot 8,34 / 1362 = 8,99 \approx 9 \text{ т/м}^2 \cdot \text{тәул.}$$

Меншікті өнімділік зауыттағыға ұқсайды.

4) Концентраттың пеште болу минималды уақыты:

$$\tau = 5 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} / 0,004 = 0,425 \text{ сағ.}$$

5) Пеш табаны ауданы:

$$F = A / \alpha = 539 / 9 = 59,88 \text{ м}^2.$$

Пеш дөңгелек болса, диаметрі:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{59,88} = 8,74 \text{ м, } 8,7 \text{ м деп қабылдаймыз.}$$

6) ҚҚ минималды көлемі:

$$V_k = 539 \cdot 1 \cdot 0,425 / 24 \cdot 1,02 = 9,35 \text{ м}^3.$$

7) ҚҚ қалыңдығы:

$$H_k = 9 \cdot 9,35 / 59,88 = 1,4 \text{ м, бұл зауыттағы ҚҚ пешінің қалыңдығына сай (0,7-1,2 м).}$$

8) Пештің жалпы биіктігі:

$$H_{\text{п}} = 6 \cdot 1,4 = 8,4 \text{ м.}$$

9) ҚҚ гидравликалық кедергісі:

$$\Delta p = 1,4 \cdot 4000 \cdot (1 - 0,75) = 1400 \text{ мм сын.бағ.}$$

10) Ауа үрлегіштің параметрі:

$$p = 1,5 \cdot (1400 + 100) = 2250 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$1362 \cdot 539 / 1441 \cdot 1,02 = 499 \approx 500 \text{ нм}^3 / \text{мин.}$$

Қысымы 2300 мм сын.бағ. болатын Невский зауытының 0-325-11 ауа үрлегішінен 2 машина таңдаймыз.

11) үрлеу құбырының өлшемі және саны:

Саңырауқұлақ түріндегі 10 мм болатын 4 тесігі бар құбырды таңдаймыз.

Құбырдан ауаның ағуы:

$$\omega = 0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (1500 - 1400)} / 1,29 = 31 \text{ м/сек.}$$

Қажетті құбыр саны:

$$1,2 \cdot 3,72 / 31 \cdot 0,000314 = 460 \text{ құбыр.}$$

4.6 Процестің материалдық балансы

Жоғарыда шығарылған есептердің негізінде 100 кг құрғақ концентратқа немесе 109 кг ылғал концентратқа материалдық баланс құрастырамыз.

6 Кесте – Күйдіру процесінің материалдық балансы

№	Мат./өнім.	Барл.	Zn		Pb		Cu		Cd		Fe		S		O2		N2		H2O		SiO2		CaO		Басқ.	
		кг	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Түскені																										
1	концен-трат	109	50,3		0,9		2,3		0,22		8,9		34,09		-		-		9		0,16		0,8		1,52	
2	ауа	213													57,51	27	155,49	73								
Барл.		322	50,3		0,9		2,3		0,22		8,9		34,09		57,51		155,49		9		0,16		0,8		1,52	
Жетіспеуі		6,58 (2%)	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Алынғаны																										
1	Күйінді	50,34	30,14	59,88	0,54	1,07	1,38	2,74	0,14	0,28	5,35	10,63	0,69	1,38	10,61	21,08					0,10	0,19	0,48	0,95	0,91	1,81
2	Шаң	34,89	20,03	57,39	0,28	0,79	0,92	2,64	0,08	0,22	3,55	10,17	1,1	3,15	7,95	22,77					0,06	0,18	0,32	0,92	0,61	1,75
3	газдар																									
	SO2	64,6																								
	O2	5,75																								
	N2	164																								
	H2O	9																								
Жоғалуы		-	0,13		0,08		-		-		-		-		-						-		-		-	
Барл.		328,58	50,17		0,82		2,3		0,22		8,9		1,79		18,11						0,16		0,8		1,52	

Материалдық баланс кестесінде есептеу мәндерін жуықтаудан ауытқу 6,58 кг немесе 2% шықты.

4.7 Пештің жылулық балансы

Жылулық балансты 109 кг концентратқа жүргіземіз.

Жылу кірісі:

1) Концентраттың физикалық жылуы: $Q_1 = 0,18 \cdot 109 \cdot 10 = 196$ ккал.

2) Ауаның физикалық жылуы: $Q_2 = 0,31 \cdot 165 \cdot 20 = 1023$ ккал.

3) Экзотермиялық реакциялар жылуы:

$ZnS + 1,5O_2 = ZnO + SO_2 + 105630$ ккал;

$58,22 \cdot 105630 / 81,4 = 75550$ ккал;

$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4 + 185000$ ккал;

$6,61 \cdot 185000 / 161,4 = 7576$ ккал.

$PbS + 1,5O_2 = PbO + SO_2 + 100490$ ккал;

$0,44 \cdot 100490 / 223,2 = 198$ ккал;

$PbS + 2O_2 = PbSO_4 + 196800$ ккал;

$0,6 \cdot 196800 / 303,2 = 389$ ккал.

$CdS + 1,5O_2 = CdO + SO_2 + 98800$ ккал;

$0,13 \cdot 98800 / 128,4 = 100$ ккал;

$CdS + 2O_2 = CdSO_4 + 187700$ ккал;

$0,2 \cdot 187700 / 208,4 = 180$ ккал.

$2FeS_2 + 5 \cdot 1/2 O_2 = Fe_2O_3 + 4SO_2 + 395300$ ккал;

$7,64 \cdot 395300 / 239,6 = 12604$ ккал;

$2FeS + 3 \cdot 1/2 O_2 = Fe_2O_3 + 2SO_2 + 293010$ ккал;

$5,09 \cdot 293010 / 175,6 = 8493$ ккал.

$2CuFeS_2 + 6O_2 = Cu_2O + Fe_2O_3 + 4SO_2 + 481100$ ккал;

$2,59 \cdot 481100 / 366,8 = 3397$ ккал;

$Q_3 = 75550 + 7576 + 198 + 389 + 100 + 180 + 12604 + 8493 + 3397 = 108487$ ккал.

Барлығы: кірісі – $Q_k = 196 + 1023 + 108487 = 109706$ ккал.

Жылу шығысы:

1) Күйінді және шаңмен шығатын жылу:

$Q_1' = 0,177 \cdot (50,34 \cdot 900 + 34,89 \cdot 870) = 13391$ ккал.

2) Газбен шығатын жылуы:

$$Q_2' = (0,528 \cdot 22,6 + 0,349 \cdot 4,02 + 0,329 \cdot 131,2) \cdot 870 = 49155 \text{ ккал.}$$

3) Ылғалдықты қыздыру және ұшыруға жылу:

$$1 \cdot 9(100 - 10) = 810 \text{ ккал.}$$

$$539 \cdot 9 = 4851 \text{ ккал.}$$

$$0,401 \cdot 8,4 \cdot (870 - 100) = 2593 \text{ ккал.}$$

$$Q_3' = 810 + 4851 + 2593 = 8254 \text{ ккал.}$$

4) Сыртқы ортаға жоғалған жылу:

$$\tau = 24 \cdot 109 / 180000 = 0,0145 \text{ сағ.}$$

$$Q_4' = 1800 \cdot 185 \cdot 0,0145 = 4828 \text{ ккал.}$$

Барлығы шығындар:

$$Q_1' + Q_2' + Q_3' + Q_4' = 13391 + 49155 + 8254 + 4828 = 75628 \text{ ккал.}$$

Жылу кірісі және шығысын салыстыру:

$$Q_{\text{өзг}} = 109706 - 75628 = 34078 \text{ ккал.}$$

Жылудың артығын әртүрлі жылуалмастырғыштармен жоямыз. Қабатта құбырлы жылуалмастырғыштың жалпы беті:

$$F = 34078 / 250 \cdot (900 - 250) \cdot 0,0145 = 14,46 \text{ м}^2 \approx 15 \text{ м}^2.$$

Жылуалмастырғыштың бір секциясының бетін $1,5 \text{ м}^2$ деп аламыз, сонда 10 қажет.

Судың суытуға шығыны:

$$x = 34078 / (0,6 \cdot 666 + 0,4 \cdot 250) - 100 = 85 \text{ кг } 0,0145 \text{ сағ немесе } 5862 \text{ кг/час } (5,86 \text{ м}^3/\text{сағ}).$$

Есептеулер нәтижесімен жылулық баланс кетесін құрамыз.

7 Кесте – Мырыш концентратын ҚҚ пешінде күйдірудің жылулық балансы

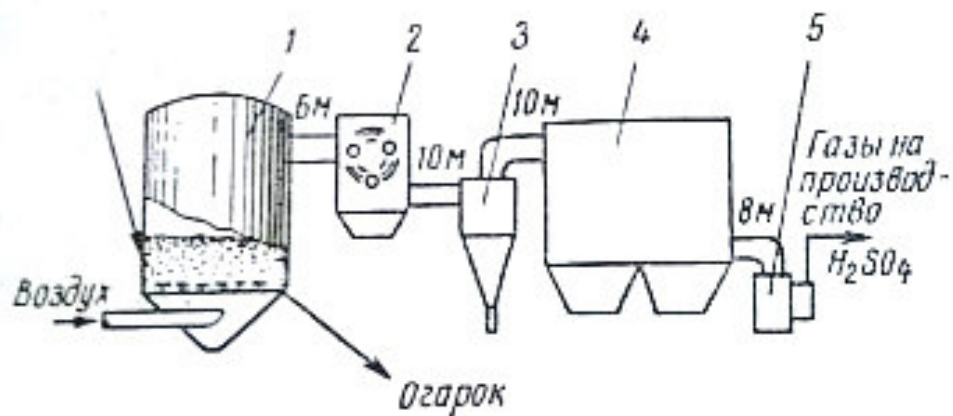
№	Кіріс	қДж	%	№	Шығыс	қДж	%
1	Концентраттан	821,24	0,19	1	Күйіінді мен шаңға	56108,29	12,20
2	Ауадан	4286,37	0,93	2	Газбен	205959,45	44,80
3	Экзотермиялық реакциядан	454560,53	98,88	3	Ылғалдыққа	34584,26	7,52
				4	Сыртқы ортаға	20229,32	4,40
				5	Жылуалмастырғышқа	142786,82	31,08
Барл.		459668,14	100	Барл.		459668,14	100

4.8 Газ жолы есебі

Газ жолдарын 6-суретте келтірілген схемаға сай қарастырамыз.

Пеште түзілетін газ шамасы:

$$180000 \cdot 169,42 / 109 \cdot 24 \cdot 3600 = 3,2 \text{ нм}^3/\text{сек.}$$



1- пеш; 2- бу қазаны; 3- циклон; 4- электрофильтр; 5- түтін сорғыш

6 Сурет – ҚҚ пешінің газ жолы схемасы [1]

Пеш-қазан аймағы:

Орташа температура – 815° ; газ көлемі: $3,68 \cdot 1088 / 273 = 14,7 \text{ м}^3/\text{сек}$.

$Q = 0,95 \cdot 0,34 \cdot 3,68 \cdot (800 - 350) = 535 \text{ ккал/сек}$ немесе 1925000 ккал/сағ .

Қазанның беті:

$F = 1925000 / 40 \cdot 264 = 182 \text{ м}^2$.

Қазанның бу өндіру күші:

$D = 1925000 / 666 - 100 = 3460 \text{ кг/сағ}$ немесе $3,5 \text{ т/сағ}$.

Есептеу бойынша УККС 8/40 жойғыш қазан аламыз.

Қазан-циклон аймағы:

Циклоннан өтетін газдың көлемі:

$3,84 \cdot 543 / 273 = 7,64 \text{ м}^3/\text{сек}$ немесе $27500 \text{ м}^3/\text{сағ}$.

2 батареикалы БЦ-24-0 циклонын аламыз.

Циклон-электрофильтр аймағы:

Электрофильтр арқылы өтетін газ көлемі:

$4,02 \cdot 448 / 273 = 6,6 \text{ м}^3/\text{сек}$ немесе $23800 \text{ м}^3/\text{сағ}$.

Бұл жағдайға ГК-30 типті электрофильтр аламыз. Оған 3-4 пеш қосуға болады.

Электрофильтр- түтін сорғыш аймағы:

Түтін сорғыш арқылы өтетін газ көлемі:

$4,2 \cdot 408 / 273 = 6,3 \text{ м}^3/\text{сек}$ немесе $22600 \text{ м}^3/\text{сағ}$.

Түтін сорғышты таңдау үшін газ жолының кедергісін анықтаймыз.

Пеш-қазан аймағында:

$h_{\text{шығ}}^I = 1,0 \cdot 5^2 / 2 \cdot 9,8 \cdot 0,352 = 0,45 \text{ мм сын.бағ.}$

$h_{\text{шығ}}^{II} = 0,5 \cdot 5^2 / 2 \cdot 9,8 \cdot 0,352 = 0,23 \text{ мм сын.бағ.}$

$d = 4 \cdot 2,93 / 6,86 = 1,71 \text{ м.}$

$\gamma_t = 273 \cdot 1,41 / 273 + 815 = 0,354;$

$$h_{\text{шығ}}^{\text{III}} = 0,05 \cdot 6 / 1,71 \cdot 5^2 / 2 \cdot 9,8 \cdot 0,354 = 0,08 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$h_{\text{шығ}}^{\text{IV}} = 0,28 \text{ мм сын.бағ.}$$

Қазан - циклон аймағында:

$$h_{\text{шығ}}^{\text{VI}} = 0,25 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$h_{\text{шығ}}^{\text{VII}} = 50 \text{ мм сын.бағ.}$$

Циклон-электрофильтр аймағында:

$$h_{\text{шығ}}^{\text{VIII}} = 0,37 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$h_{\text{шығ}}^{\text{IX}} = 0,5 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$h_{\text{шығ}}^{\text{X}} = 20 \text{ мм сын.бағ.}$$

Электрофильтр- түтін сорғыш аймағында:

$$h_{\text{шығ}}^{\text{XI}} = 0,37 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$h_{\text{шығ}}^{\text{XII}} = 0,6 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$h_{\text{шығ}}^{\text{XIII}} = 1,44 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$\sum h_{\text{шығ}} = 114,54 \text{ мм сын.бағ.}$$

$$\text{Қысымның } 50\% \text{ запасын ескерсек, } \sum h_{\text{шығ}} = 172 \text{ мм сын.бағ.}$$

Ростовта шығатын «Красное знамя» зауытының №8 желдеткішін таңдаймыз. Оның 180 мм сын.бағ. өнімділігі 27870 м³/сағ.

4.9 Қайнау қабаты пеште мырыш концентратын күйдіру процессін жетілдіру

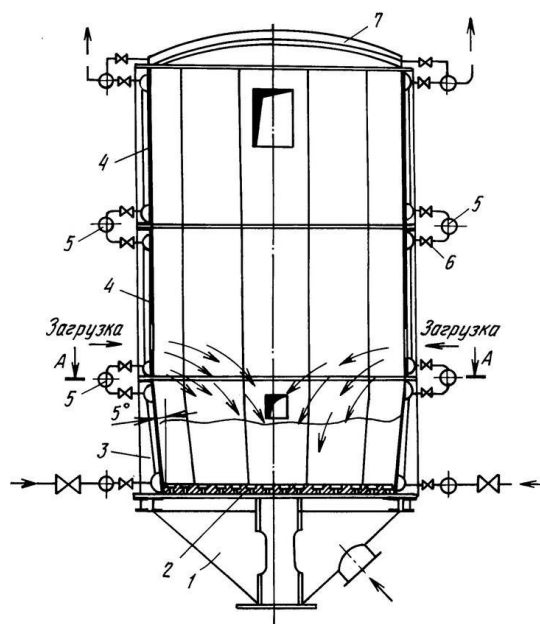
Концентраттарды күйдіруге арналған белгілі қайнау қабатының (ҚҚ) пештерінің негізгі бөліктері болат, отқа төзімді материалмен қорғалған корпус, ауа тарату шүмектері бар подина, арка, ауа өткізу құрылғылары және тиеу камерасы (форкамера) болып табылады.

Қабаттан артық жылуды кетіру үшін құбырлы кессондар мен катушкалар орнатылады, ал газдардан жылуды алу үшін газды белгіленген температураға дейін салқындатуға және қайталама энергия ресурстарын пайдалануға арналған ҚҚ пештерінің ажырамас бөлігі болып табылатын қазандықтарды пайдаланады.

ҚҚ пештерінің кемшілігі - олар қайта өңдейтін қазандықтарсыз жұмыс істей алмайды. Қатты жағдайларда жұмыс істейтін екі агрегаттың өзара байланысты жұмысы негізгі өндіріс көрсеткіштерін нашарлатады, өйткені шанды тазарту және жөндеу үшін кәдеге жарату қондырғыларының тоқтап қалуы салдарынан күйдіру пештерінің жиі мәжбүрлі тоқтап қалуы, пештердің өнімділігі төмендейді, тарту режимінің бұзылуына байланысты санитарлық жағдайлар нашарлайды. Жылу қондырғыларын қалпына келтіру және жөндеу үшін үлкен материалдық және еңбек шығындары қажет.

Сондай-ақ, өрт камерасынан, қапталған корпусан және жылу алмастырғыштан, бір-бірімен дәнекерленген тік құбырлардан тұратын қайнаған қабат пеші белгілі. Алайда, мұндай пеш толық жұмыс жасай алмауына байланысты практикалық қолданудан алынып тасталды.

Өнімділікті арттыру, буды қыздыру үшін және шаң жинағышты азайту үшін газ кеңістігінің жылуын пайдалану үшін төменгі суретте көрсетілген пештің дизайны ұсынылады.



7 Сурет - Жетілдірілген қайнау қабатты пештің дизайны

Бұл пеш құрамында 1 ауаны жеткізу қорабы, саңылаулары бар 2 шұңқыр, тік осінен $5-10^\circ$ көлбеу қайнау аймағындағы 3 жартылай құбырлы кессондар және газ кеңістігіндегі 4 тік кессондар-буландыратын салқындатылған пештің корпусын құрайтын бу қыздырғыштар, 5 коллекторлары және 6 бекіту арматурасы, 7 кессондалған арка бар. Бір жарым құбырлы кессондар тегіс жылу алатын бетінен 8, төменгі коллектордан 9 су немесе бу-су қоспасынан тұрады, олар жоғарғы коллекторға 10 жарты құбырмен 11 қосылып, тегіс беті 8 жылу алатын бетті құрайды. Газ кеңістігінің 4 тік кессондары қайнау аймағындағы 3 кессондарымен 5 коллекторлармен және әрбір кессонның кіріс және шығыс келте құбырларындағы 6 бекіту арматураларымен тізбектеліп қосылған.

Техникалық-экономикалық көрсеткіштердің артуына буландыратын салқындатудың жалпақ жартылай құбырлы кессондары пештің периметрі бойынша орнатылып, қайнаған қабат деңгейінде пештің тік осіне $5-10^\circ$ бұрышпен жоғары қарай кеңейеді, ал газ кеңістігінде кессондар тігінен орнатылады, олар пештің корпусын құрайды және кесонирленген арканы қоса алғанда, жылу көтергіш элементтер ретінде қызмет етеді. Қайнаған қабат пен газ кеңістігі деңгейіндегі кессондардың жеткізуші және бұрушы коллекторлары болады және газ кеңістігінің кессондары газдарды салқындатуға арналған және бу қыздырғыш болып табылатын пештің бүкіл биіктігі бойынша ортақ коллекторлармен бекіту арматурасы арқылы қосылады.

Пештің ұсынылған дизайнында қайнаған қабатта құбырлы кессондар немесе катушкалар жоқ, олардың болуы қайнау қабаты принципін бұзады, масса алмасуды және жылуды нашарлатады. Қабаттан артық жылуды тиімді масса алмасу және алып тастау пештің шеткері бойымен қайнау аймағында орнатылған кессондармен жүреді.

Пештің ұсынылған дизайны қазандықсыз жұмыс істейді, оның мәні бу қыздырғыштары болып табылатын газ кеңістігінің кессондарын орындайды. Бұды қыздырғышқа жылу бере отырып, газ көлемі азаяды және жылдамдығын жоғалтады, шаң қабатына оралады, шаң жинағыш азаяды.

Ұсынылып отырған пеште тиеу камерасы (форкамера) жоқ, оны қолдану шаң жинағышты қысқартатын, технологиялық көрсеткіштерді жақсартатын, өнімділікті арттыратын қайнау қабаты пешінің тиеу құрылғысымен ауыстырылады. Бұдан басқа, пеште болат қаптама және отқа төзімді қалау жоқ. Корпус пеші бір мезгілде жылу бөлетін элементтер болып табылатын кессондардан құралады.

Дизайндағы өзгерістер пештің ұзақтығын арттырады, өнімділікті арттырады, технологиялық көрсеткіштерді жақсартады (пештің сапасы, экстракцияның жоғарылауы, пештің ерігіштігі және т.б.), нәтижесінде алынған бу электр энергиясын өндіру және өндіріс қажеттіліктері үшін қолданылады.

Қазіргі уақытта ҚҚ пешінің ажырамас бөлігі болып табылатын кәдеге жарату қазандығын пайдаланудың қажеті жоқ.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада мырыш концентраттарын ҚҚ пешінде күйдіру процесін қарастырдым. Жұмыстың тапсырмасында 27% оттеппен байытылған ауа үрлеу қарастырылды.

Жұмыста мырыш сульфидті концентраттарды күйдіру процестерінің түрлері, күйдіру пештерінің сипаттамалары, көрсеткіштері, әлемдік және отындық зауыттардың тәжірибесі қарастырылды.

Мырыш концентраттарын ҚҚ пешінде күйдіру процесінің теориялық негіздері, процесте жүретін химиялық реакциялар, механизмдер қарастырылды.

Технологиялық есептер жүргізілді. Есептеулер нәтижесінде ауаны 27% оттеппен байытқанда, пештің өнімділігі артатынын және пеште артық жылу пайда болатынын анықтадым. Күйдіру процесіне сырттан жылу қажет емес.

Жұмыста материалдық баланс есебі, жылулық баланс есебі және жабдықтар мен газ жолы есебі орындалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Диомидовский Д.А., Шалыгин Л.М., Гольнбек А.А., Южанинов И.А. Расчеты пиропроцессов и печей цветной металлургии. – М.: 1962.
- 2 Гудима Н.В. Технологические расчеты в металлургии тяжелых цветных металлов. – М.: Металлургия, 1977.
- 3 Пакерник М.М., Пахомов Г.И., Металлургия цинка и кадмия. - М.: Металлургия, 1982.
- 4 Шиврин Г.И. Металлургия свинца и цинка. – М.: Металлургия, 1982.
- 5 Клушин Д.Л., Серебрянникова Э.Я. и др. Кипящий слой в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1978.
- 6 Снурников А.П. Комплексное использование сырья в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1977.
- 7 Патент РФ 2027966. Печь кипящего слоя. Патентообладатель Даутов Р.С. Оpubл. 27.01.1995.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Әкімжан Нұрдәулет Жанатұлы

Название: Қайнау қабатты пеште мырыш концентратын күйдіру процесін зерттеу

Координатор:Гульнар Молдабаева

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:34

Интервалы:0

Микропробелы:75

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

01.06.2021 ж.
.....

Дата


.....

Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Әкімжан Нұрдәулет Жанатұлы

Название: Қайнау қабатты пеште мырыш концентратын күйдіру процесін зерттеу

Координатор: Гульнар Молдабаева

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:34

Интервалы:0

Микропробелы:75

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....

Дата

 Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

Дата

 Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения