ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

Абуова Айнур Байжумановна

Қайнау қабатты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесінде жетілдіру

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В070900 – Металлургия мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МПЖ және АМТ кафедра
меңгерушісі PhD докторы,
техн. ғыл. кандидаты,
қауымдас-ған профессор
_____Чепуштанова Т.А.
«02»_____05_____2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Қайнау қабатты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесінде жетілдіру»

5В070900 – Металлургия мамандығы

Орындаған: Абуова А.Б.

Ғылыми жетекшісі:
PhD докторы, қауымд.профессор.
_____Чепуштанова Т.А.
«_____02_____»_____05_____2019 ж

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылутехникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

5В070900 – «Металлургия»

БЕКІТЕМІН
МПЖжәне АМТ кафедра меңгерушісі PhD докторы,
техн. ғыл. кандидаты,
қауымдас-ған профессор
Чепуштанова Т.А.
«08» 10 2018 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы *Абуова Айнур Байжумановна*
Тақырыбы: *Қайнау қабатты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесінде жетілдіру*
Университет ректорының *«08» қазан 2018 ж. № 1113-б* бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«03» мамыр 2018 ж.*
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: әр түрлі типтегі экстрагенттердің қасиеттерін анықтау және экстрагент-терді таңдап алу; таңдап алынған АС(1:1) экстрагентімен мысты шаймалау ерітінділерінен бөліп алуды зерттеу.
Дипломдық жұмыстақарастырылатын мәселелер тізімі:
а) Әдеби шолу;
б) Тәжірибелік бөлім;
в) Экономикалық бөлім;
г) Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі.
Сызбалық материалдар тізімі
Сызбалық материалдар 44 слайдпен көрсетілген
Ұсынылатын негізгі әдебиет *13 атау*

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Әдеби шолу	6.02.2019	
Тәжірибелік бөлім	19.03.2019	
Экономикалық бөлім	18.04.2019	
Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	24.04.2019	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	**Кеңесшілер, аты,әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)**	**Қол қойылған күні**	**Қолы**
Экономика бөлімі	Чепуштанова Т.А., PhD докторы, қауымдаст. профессор	18.04.2019	
Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі	Чепуштанова Т.А., PhD докторы, қауымдаст. профессор	24.04.2019	
Норма бақылау	Меркибаев Е.С. Магистр технических наук	2.05.2019	

Ғылыми жетекші _____Чепуштанова Т.А.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____Абуова А.Б.

Күні «08» 10 2019 ж.

АНДАТПА

Негізгі сөздер: мырыш концентраты, күйінді, қайнау қабаты, қайнау қабат пеші, материалды баланс, газ шынының мөлшері, газ шығынының құрамы.

Дипломдық жобаның мақсаты байытылған оттегінің көмегімен Қайнау қабат пешінің өнімін 40 % жоғарлату. Ауа көлемін (243,8 м3) теоретикалық қажеттіліктен (163,7 м3) ұлғайту.

Түсіндірме жазба мырыш концентратын күйдіру туралы ғылыми-техникалық ақпараттарды, процестің материалды және жылу балансын есепке ала отырып, технологиялық шешімдерді, пештердің қажетті санын конструкциялық есептермен және мырыш концентратының псевдооіптік қабатында күйдіру үшін қосалқы жабдықты және әзірленген жобаның техникалық-экономикалық негіздемесін талдаудан тұрады.

Жұмыстың графикалық бөлігі мырыш гидрометаллургиялық өндірісінің технологиялық сызбасының сызбаларынан тұрады; күйдіру бөлімінің аппараттық-технологиялық схемасы; KS пештері және дамыған технологиялардың техникалық-экономикалық көрсеткіштері, мырыш концентраттарының термодинамикасы; фазалық тұрақтылық диаграммасы.

1) анықталды:

- күйінді концентратының шығуы - 88,2% және оның құрамы,%: Zn-51, Pb-1.98, Cd-0.35, Cu-2.05, Fe-5, SiO2-5.32, Al2O3-0.6, CaO-0.7, S-32 және басқалары -1;

- үрлеген машинаның параметрлері;

- шығатын газдардың мөлшері мен құрамы, м3: SO2 -18,34, SO3 - 0,97 м3: N2 - 152,09 м3; 02 - 37,9;

2) еңбекті қорғау шаралары көзделген;

3) шаруашылық бөлігі өндірістің рентабельділігі -26%.

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова: цинковый концентрат, обжиг, кипящий слой (далее – КС), печь кипящего слоя, материальный баланс, количество отходящих газов, состав отходящих газов.

Целью дипломной работы является увеличение производительности обжиговой печи за счет обогащения воздушного дутья кислородом до 40 % (243,8 м^3) от теоретически необходимого (163,7 м^3).

Пояснительная записка состоит из анализа научно-технической информации по обжигу цинкового концентрата, технологических решений проекта с расчетами материального и теплового баланса процесса, с конструктивными расчетами необходимого количества печей и вспомогательного оборудования для обжига в кипящем слое цинкового концентрата и технико-экономического обоснования разработанного проекта.

Графическая часть работы состоит из чертежей технологической схемы гидрометаллургического производства цинка; аппаратурно-технологической схемы обжигового отделения; печи КС и таблицы технико-экономических показателей разработанной технологии;термодинамика цинковых концентратов; диаграмма фазовой устойчивости.

В результате

1) определены:

– выход обожженного концентрата – 88,2 % и его состав, % : Zn-51, Pb-1.98,Cd-0.35, Cu-2.05, Fe-5, SiO_2-5.32, Al_2O_3-0.6, CaO-0.7, S-32 және басқалары-1;

– параметры воздуходувной машины;

– количество и состав отходящих газов, м^3: SO_2 –18,34, SO_3 – 0,97 м^3: N_2– 152,09 м^3; 0_2 – 37,9;

2) предусмотрены мероприятия по охране труда;

3) рассчитана экономическая часть рентабельность производства –26%.

ANNOTATION

Keywords: zinc concentrate, roasting, fluidized bed (hereinafter referred to as CS), fluidized bed furnace, material balance, amount of flue gases, composition of flue gases.

The aim of the thesis is to increase the productivity of the furnace by enriching the air stream with oxygen up to 40% (243.8 m3) of the theoretically necessary (163.7 m3).

The explanatory note consists of the analysis of scientific and technical information on roasting zinc concentrate, technological solutions of the project with calculations of the material and thermal balance of the process, with constructive calculations of the required number of furnaces and auxiliary equipment for roasting in a fluidized bed of zinc concentrate and a feasibility study of the developed project.

The graphic part of the work consists of the drawings of the technological scheme of the hydrometallurgical production of zinc; hardware and technological scheme of the burning department; KS furnaces and tables of technical and economic indicators of the developed technology, thermodynamics of zinc concentrates; phase stability diagram.

Because of

1) defined:

- yield of calcined concentrate - 88.2% and its composition,%: Zn-51, Pb-1.98, Cd-0.35, Cu-2.05, Fe-5, SiO2-5.32, Al2O3-0 , 6, CaO-0.7, S-32 Jeanne non bascali-1;

- parameters of the blow molding machine;

- the amount and composition of exhaust gases, m3: SO2 –18.34, SO3 - 0.97 m3: N2– 152.09 m3; 02 - 37.9;

2) measures for labor protection are provided;

3) the economic part calculates the profitability of production –26%.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	«ҚҚ» пешіндегі мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәжірибесі мен технологиялық күйі	10
1.1	Мырыш концентратын сульфаттап күйдіру кезіндегі компоненттердің өзін өзі ұстауын зерттеу	10
1.2	Мырыш концентраттарын күйдіруді жүргізетін «Казцинк» ААҚ-ның жұмыстарын сараптау	14
2	Тәсілді жасақтау және “қк” мырыш концентраттарын сульфаттап күйдірудің технологиялық есептеулері	16
2.1	“ҚҚ” пешінде мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәсілінің негіздері	16
2.2	Үрдістің технологиялық есептеулері	21
2.2.1	Шикі мырыш концентратының рационалдық құрамының есебі	21
2.2.2	Күйінді мен шаңның рационалдық есебі	22
2.2.3	Оттегімен байытылған ауа есебі	24
2.2.4	Үрдістің материалдық балансы	26
2.2.5	Пештің жылулық балансы	27
2.2.6	«ҚҚ» пешінің есебі	31
2.2.7	Газарна жүйесінің есебі	33
2.3	Көмекші және негізгі құрылғыларды таңдау	35
2.4	Мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру тәсілінің нәтижелері	36
3	Еңбек қорғау бөлім	37
3.1	Электр қауіпсіздігі	37
3.2	Жеке қорғаныс құралдары	38
3.3	Өрт қауіпсіздігі	38
4	Экономикалық бөлім	40
4.1	Өнімнің өзіндік құнын есептеу	40
	Қорытынды	41
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	42
	Қосымшалар	43

КІРІСПЕ

Гидрометаллургиялық өндірісте мырыш концентраттарын сульфаттап күйдіру мақсаты сульфид металлдарын жеңіл еритін оксидттерге 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 ^{0}С 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 түрібелгілі: $ZnSO_4$ және $3ZnO{\cdot}2SO_3$. Құрғақ ауа ағымындағы $ZnSO_4$ диссоциациясы 600^0C басталып температураның өсуімен жоғарылайды. 850^0C – да мысалы ол 750^0C – да 17 рет жоғары. 700 ^{0}C –да мырыш сульфаты темір оксидттерімен ажырайды, ал 600-700 ^{0}C температурасында ол темір және мырыш сульфидттерімен ажырайды. Әртүрлі металлдардың сульфаттарының бөліну температурасы 1.1 кестесінде келтірілген.

Кесте 1.1 – сульфидттердің 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
$A1_2(SO_4)_3$	590	639	$A1_2O_3$
$ZnSO_4$	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	$2PbO{\cdot}SO_3$

Кесте 1.1 жалғасы

1	2	3	4
$MgSO_4$	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:

$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$ (1.1)
$ZnO + SO_3 = ZnSO_4$ (1.2)
$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ (1.3)

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 ерекшеленетінқай-нау қабатындағы пештерінде және көптабанды пештердің төменгі табандарында жүреді.

Мәнді мөлшердегі мырыш сульфатының міндетті жағдайы – күйіндінің төмендетілген температурасы; 800-900^{0}C – 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 Fe_2O_3 мырыш метаферриті түзіледі $ZnO \cdot Fe_2O_3$. 650^{0}C температурада реакция жиірек жүреді және сондықтан да 700-750^{0}C 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 ($mZnS \cdot nFeS$ 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 ангидридімен оңай бұзылады.Сондықтан да бұл жағдайда сульфаттап күйдіру тәсілі тиімді.
Қайнау қабатында күйдіру кезінде күкірт ангидридінің 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 пайыз CO; 15 пайыз CO_2 және 75 пайыз N_2 700^0C температурада,қайнау қабатыннда тотықсыздау арқылы судаерігіш мырыш мөлшері 98 пайыз күйінді алған.
Бірақта көптеген металлургтардың ойынша,ферриттерді жою нәтиженсінде оңай еритін 2 валентті темір түзіледі,ал бұл жағдай ерітінділерді 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 металлдардар 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 рудалыемес минерал компонентерінің 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,флотациалау процесстерін тыңғылықты ж және күйдіруді төменірек температурада жүргізу керек.
Қорғасынмен кадмийдің қосылдыстары.Қорғасынмен кадмий мырыш концентрттарында сульфид түрінде болады.
Сульфаттап күйдіру өнімдерінде қорғасын тек қана сульфат түрінде болады. 950-1000 ^{0}C температурада қорғасын тотыққа және күкірт ангидридіне диссоциаланады. 700-800^0C температурада тотықтырып күйдіру кезінде күрделі және қарапайым оңай еритін қорғасын силикаттары түзіледі және бұл қосылыстар күйдіруді қиындатып күйінді сапасын нашарлатады.
Қорғасын сульфидінің жоғары ұшқыштығы (995^0C-да PbS буының тұтқырлығы 17 мм сын. бағ.) күйдіру кезінде мырыш сульфидынан болуді оңайлатады.
1000^0C 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 оперцияларын қажет етеді.

Кадмиймен қорғасын оксидтері,сульфидтарына қарағанда ұшқышты болып келеді. 1000 ^{0}C-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^{0}C-ға дейін оңай тотығады және сульфаттар түзеді.

Мыс сульфаты 635 ^{0}C негізгі сульфатқа $2CuO \cdot SO_3$ –ке бөлінеді, ол 702 ^{0}C-да $CuO \cdot SO_3$ –ке диссоциаланады. Түзілген мыс тотығы кремнезем және темір тотығымен әлсіз күкірт қышқылында ерімейтін мыс ферриттерімен силикаттарын құрады. 70 пайызға жуық 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^{0}C-дан төмен температурада сульфаттардың шалатотықтарымен темір тотықтары түзіледі.Температура жоғарлаған сайын олар темір оксидтеріне және күкірт ангидридтеріне бөлінеді, ал 600^{0}C-да темір сульфаттары жоғалып,темір шалатотықтары Fe_2O_3-ке дейін оңай тотығады.

Күйіндіде Fe_2O_3 және Fe_3O_4 болады. 650^{0}C температурада және одан жоғары температурада темір тотығы мырыш тотықтарының ферриттерін, мысты, қорасынды және кадмийді байланыстырады.

Мышьякпен сурьманың қосылыстары.

Концентратта болатын мышьяк және сурьма FeAsS, As_2S_3 және Sb_2S_3 қосылыстары жоғары ұшқыштыққа ие. Бұл металдардың үштотықтары да ұшқышты. 500^{0}C-да буларының тұтқырлығы 1 ат. Бұл қасиеттер күйдіру кезінде сульфидтерді шығаруға мүмкіндік береді және күйінді сапасын жақсартады. Бірақта үштотықтар тотығу атмосферасында ұшқыштыққа ие емес төрт-бестотықтарға ауысады. Және де басқа металдардың оксидтерімен (CuO, FeO және PbO) әсерлескенде мышьякпен сурьманың оксидтері арсенаттар және антимонаттар $Fe_3(AsO_4)$, $Pb_3(SbO_4)_2$ сияқты тұрақты қосылыстар түзеді, ал бұл қосылыстар күйдіру өнімінің құрамына кіреді.

Ag_2S түрінде болатын күміс, күйдіру кезінде мына реакция бойынша тотықсызданады:

$$Ag_2S+O_2=2Ag+SO_2 \qquad (1.4)$$

Күйдіру кезінде пайда болған күміс сульфаты 850^{0}C-дан бастап ыдырайды, сондықтан да сульфаттап күйдіру кезінде күміс сульфат түрін сақтайды. Ал жоғарытемпературалық 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

Қазіргі уақытта Өскемен металургиялық 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 зауытынң 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 ьойынша күйдіру бөлімі жобаланған. Мырыш өндірісі бойынша бастапқы шикізат көзі ретінде

сульфидтті мырыш концентраты пайдаланылады. Күйдіру бөлімі УКМК ААҚ”КАЗЦИНК” мырыш зауытының құрамына кіреді.

2 ТӘСІЛДІ ЖАСАҚТАУ 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 сульфидттік мырышты концентраттарды алдын ала күйдіреді, қалыпқа келтіргішпен араластырып арнайы пештерде қыздырады. Бұнда мырыштың қышқылдандырылған қосылыстары металға дейін қалыптастырылады, мырыш булары ұшып, салқындатылып сұйық металға конденцацияланады. Өндірістің гидрометалургиялық әдісінің мәні мырышты сульфат түріндегі ерітіндіге айналдыру мақсатымен күкірт қышқылының әлсіз ерітіндісімен күйдірілген мырыш концентраттарына ерітінділеу, мырышты қоспаларды әртүрлі қоспалардан тазалау, индукциондық электрпештеріндегі катодтты 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 саниталы – 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 электролиттік тұндыру
7. катодтты мырышты балқыту

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

- металл сульфидттерінің максималды мөлшерін сульфатка 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 – сульфидттерді тотықтыру және мырышты ерігіштік күйге өткізу. Күйдіру үрдісі кезінде мырыш сульфидттері пештен үрленген ауамен байланысып, мына реакция бойынша тотығады:

$$MeS + O_2 = MeO + SO_2 + Q \qquad (2.1)$$

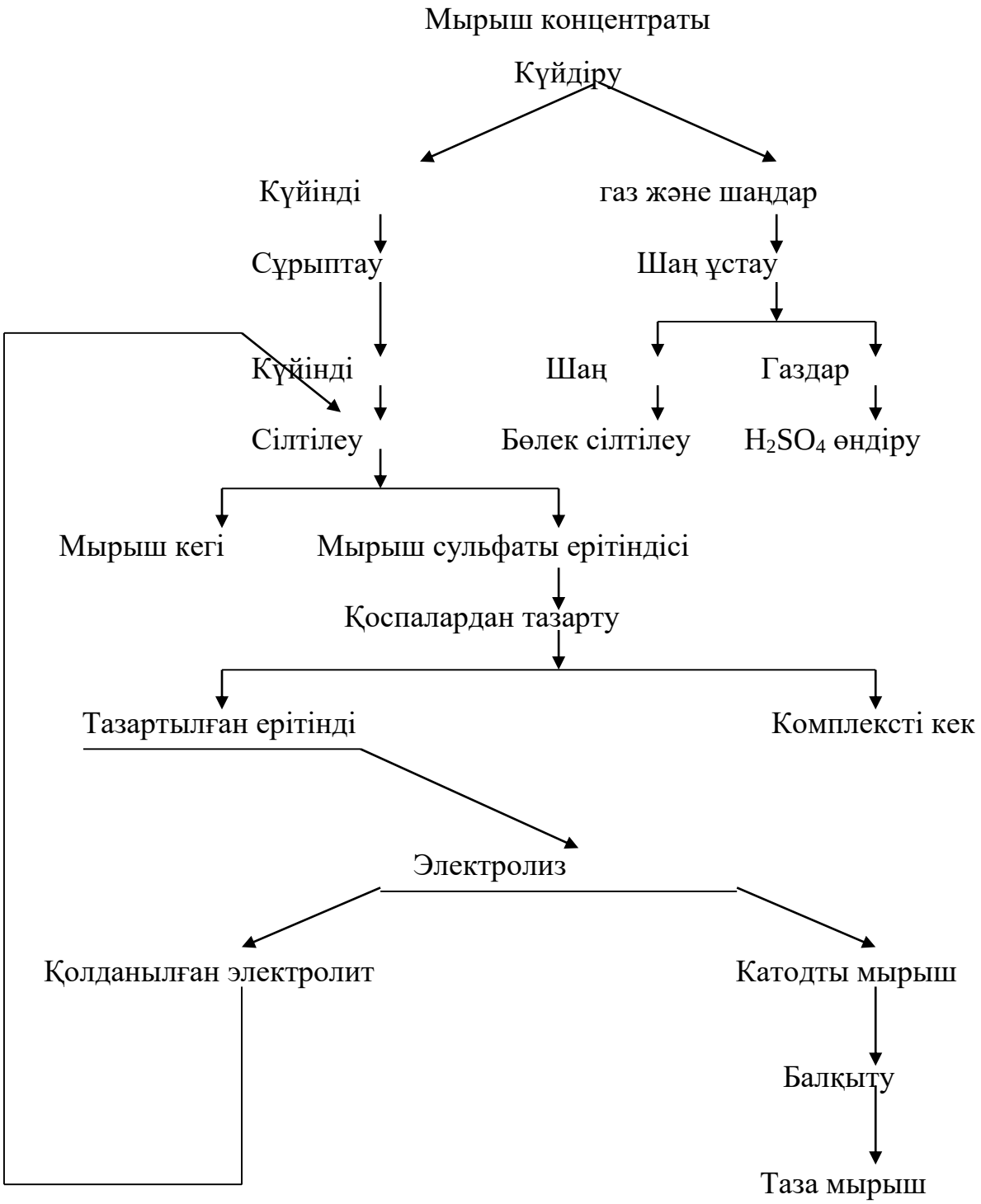
Реакция 600^0C басталады. Басқа да металдардың сульфидттері PbS, CuS, FeS_2, осы реакция бойынша тотығады:

$$MeS + 2O_2 = MeSO_4 + Q \qquad (2.2)$$

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

$$SO_2 + ½\ O_2 = SO_3 \qquad (2.3)$$

Күйдіру үрдісі (600 – 650^0C) қабаттың температурасында жүреді.



Сурет 2.1 – Мырыш өндірісінің сұлбасы

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

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

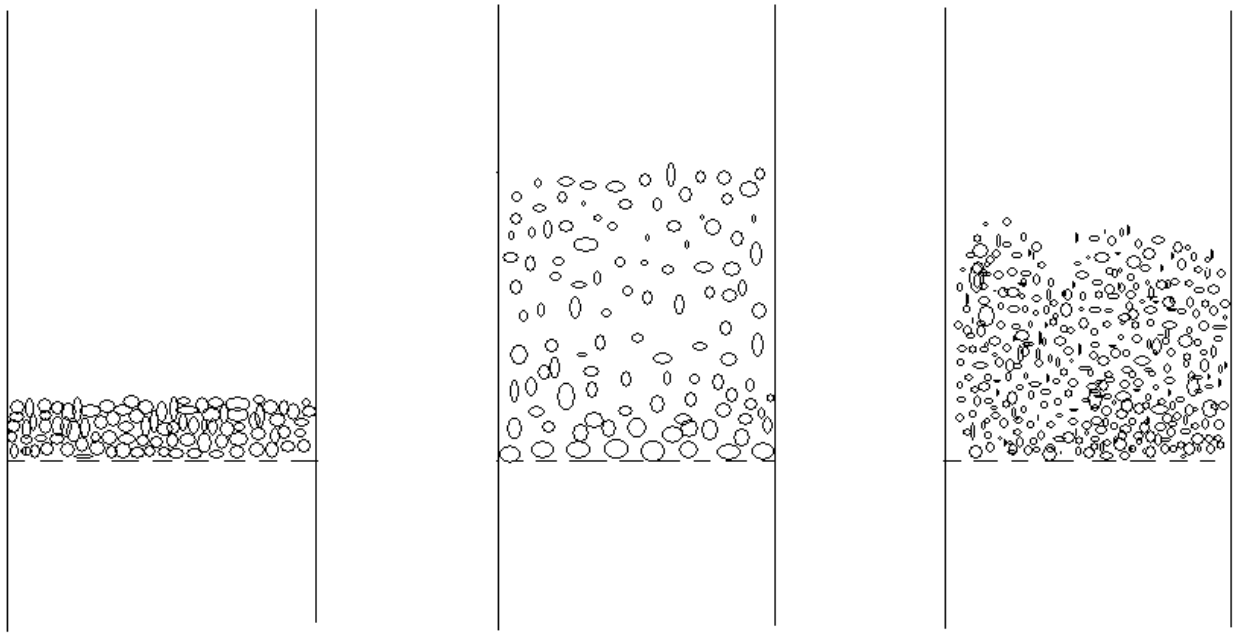
Осылайша сульфидттің бір дәнінің қышқылдану үрдісін көреміз. Тәжиірбеде күйдіруге сульфидтті дәндердің үлкен салмағынан тұратын мырыш концентраты ұшырайды. Сондықтан күйдіру ұзақтығы сульфид дәнінің әрбіреуіне оттегін әкеліп одан күкіртті газдан айыруға байланысты. Қырқыншы жылдар соңында алғаш рет қайнау қабатында күйдіру ұсынылған. Бұл күйдіру әдісі көптеген артықшылықтарына байланысты тез таралды және қазіргі тәжиірбеде 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, дәнаралаық 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 күйінді дисперсіліктің белгілі деңгейінде ұсталынады. 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 күюі өте тез. Осындай салмақ ауыстыру көмегімен қайнау қабатындағы материалдың орташа құрамы дайын күйіндінің құрамына ұқсас.

Қайнау қабаты пештеріндегі коонцентраттарды күйдіру бұрынырақтағы әдістерден артықшылығы көп:

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

2.1 Үрдістің технологиялық есептеулері

2.2.1 Шикі мырыш концентратының рационалдық құрамының есебі

Шикі мырыш концентратының рационалдық есептелуін 100кг 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; $CuFeS_2$; халькопиритпен байланыспаған темір притте FeS_2 (50 пайыз) және пиротинде FeS (50 пайыз).

Күйдіруге түсетін мырыш концентраты келесідей химиялық құрамда болады: Zn – 49; Pb – 1,93; Cd – 0,17; Cu – 1,94; Fe - 4; SiO_2 – 4,96; Ae_2O_3 – 0,5; CaO – 0,5; S – 30 және басқалары – 1.

Сфалерит мөлшері ZnS:

(49 · 97,4)/65,4 = 73 кг, онда күкірт 24 кг.

Галенит мөлшері – PbS:

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

Күкіртті кадмий мөлшері – CdS:

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

Халькопирит мөлшері – $CuFeS_2$:

(1,94 · 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 пайыз 50:50 қатынасында пирротинмен пиритте орналасқан.

Сәйкесінше пирит мөліері FeS_2 құрайды:

(1,15 · 120)/56 = 2,45 кг, онда 1,31 күкірт

Ал FeS:

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

Концентраттың рационалды құрамын есептеу неәтижесін 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
$CuFeS_2$				1,94	1,7					1,94		5,58
FeS_2					1,15					1,31		2,46
FeS					1,15					0,66		1,81
SiO_2						2,31			2,65			4,96
Al_2O_3							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 тәжиірбесінің мәліметтері бойынша, шаңның шикі концентрат салмағынан шығуы 4 пайыз құрайды:
100 · 0,04 = 4 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 кг Pb және 0,17/2 = 0,085 кг Cd.
Жұқа шаңның химиялық құрамы, пайызбен Zn – 30; Cu – 0,8; Fe – 4; S_s – 1; Sso_4 – 3,5; SiO_2, Al_2O_3, CaO шикі концентратта құрамынан 5 пайыз мөлшерінде және қалған мөлшерін басқалары құрайды.
Барлық сульфидттік күкірт ZnS түрінде күкіртпен байланысты, ал сульфаттық $PbSO_4$ түрінде күкіртпен, қорғасынның қалған мөлшері - ZnO; қорғасынның қалған мөлшері – PbO; барлық мөлшері: Fe_2O_3, Cu – CuO, Cd – CdO.

Килограммдағы шаңның құрамының есебі төменде келтірілген.
Сульфидттік күкірт мөлшері – S_s: 4 · 0,01 = 0,04 кг
ZnS мөлшері: (0,04 · 97,4)/32 = 0,12 кг, онда 0,08 кг Zn
Zn шаңдағы жалпы мөлшері: 4 · 0,3 = 1,2 кг
ZnO мырыш оксиді құрамындағы Zn мөлщері: 1,2 – 0,08 = 1,12 кг
ZnO мөлшері: (1,12 · 81,4)/65,4 = 1,39 кг, онда 0,27 кг оттегі
Сульфатты күкірт мөлшері – Sso_4: 4 · 0,035 = 0,14 кг
$PbSO_4$: (0,14 · 303,2)/32 = 1,327 кг
Онда 0,907 кг Pb және 0,28 кг оттегі
Pb мөлшері, PbO қорғасын оксидінің құрамында: 0,965 – 0,907 = 0,058 кг
PbO мөлшері: (0,058 · 223,2)/207,2 = 0,062 кг онда 0,004 кг оттегі
CdO мөлшері: (0,085 · 128,4)/112,4 = 0,097 кг, онда 0,012 кг оттегі
Cu мөлшері шаңда: 4 · 0,008 = 0,032 кг
Fe мөлшері шаңда: 4 · 0,04 = 0,16 кг
Fe_2O_3 мөлшері: (0,16 · 160)112 = 0,23 кг, онда 0,07 кг оттегі
SiO_2, Al_2O_3, және CaO: 4,96 · 0,05 = 0,248 кг SiO_2; 0,5 · 0,05 = 0,025 кг
Al_2O_3 және 0,5 · 0,05 = 0,025 кг CaO
Шаң құрамының рационалды есептеу нәтижесін 2.2 кестесіне енгіземіз.
Күйіндінің рационалды құрамының есебі. Сульфидттік күкірттің күйіндідегі құрамы 0,5 пайыз, сульфаттық – 3 пайыз деп қабылдасақ, барлық күйіндідегі Fe Fe_2O_3 түрінде болады: Cd – CdO; 50 пайыз Pb – PbO; 50 пайыз Pb - $PbSO_4$; Ca – $CaSO_4$; қалған сульфиттік күкірт (Sso_3) Zn $ZnSO_4$ түрінде байланысты; барлық сульфидттік күкірт (S_s) ZnS түрінде байланысты.

2.2 кесте – шаңның рационалды және химиялық

Қосылыстар 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
$PbSo_4$		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_2O_3					0,16					0,07		0,23
SiO_2						0,116				0,132		0,248
Al_2O_3							0,012			0,013		0,025
CaO								0,018		0,007		0,025
Басқалары											0,436	0,436
Барлығы, кг..... %.....	1,2 30	0,965 24,12	0,085 0,8	0,032 0,8	0,16 4,0	0,116 2,9	0,012 0,3	0,018 0,45	0,18 4,5	0,796 19,9	0,436 10,9	4,0 100

Мырыш концентратының негізгі компоненттері қайтарылмайтынын шығынын есептемегенде 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_2.....4,96 – 0,248 = 4,712

Al_2O_3.....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. Х арқылы күйінді мөлшері 100 кг концентратқа.

Сонда 0,005х – күйіндідегі мөлшері S_s, 0,03 х – Sso_3 күйіндідегі мөлшері. Балансты теңдік күйінді мөлшері бойынша келесідей болады:

$X = (97/32 \cdot 0{,}005x) + (223/207 \cdot 0{,}482)_{PbO} + (0{,}483 + 0{,}075 + 0{,}15)_{PbSo4} + (0{,}085 + 0{,}012)_{CdO} + (1{,}908 + 0{,}477)_{CuO} + (3{,}84 + 1{,}65)Fe_2O_3 + (4{,}712)SiO_2 + (0{,}475)\ Al_2O_3 + (6{,}654)$ басқалары $+ (0{,}475 + 0{,}679)CaSO_4 + [(0{,}03x – 0{,}075 – 0{,}272) \cdot 161/32]ZnSO_4 + [(47{,}8 \cdot 81{,}4 / 65{,}4 – 0{,}005x \cdot 81{,}4/32 – (0{,}03x – 0{,}347) \cdot 81{,}4/32]ZnO$

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

Күйіндінің рационалды құрамының есебін 2.3 кестесіне енгіземіз.

2.2.3 Оттегімен байытылған ауа есебі

95 % күкіртті газдарда SO_2 және 5% SO_3 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_s	Sso_4	SiO_2	Al_2O_3	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
$ZnSO_4$	4,578						2,245				4,474		11,297
ZnO	41,976										10,269		52,245
$PbSO_4$		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_2O_3					3,84						1,65		5,49
SiO_2								4,712					4,712
Al_2O_3									0,475				0,475
$CaSO_4$							0,272			0,339	0,543		1,154
Басқалары												6,564	6,564
Барлығы,Кг..... %.....	47,6 54,74	0,965 1,11	0,085 0,1	1,908 2,19	3,844 4,42	0,256 0,29	2,592 2,98	4,712 5,42	0,475 0,55	0,339 0,39	17,612 20,26	6,564 7,55	86,95 100

Бұл күкіртпен келесі O_2 байланысты, кг:

SO_2 түрінде: $26,97 \cdot 0,95 \cdot 32/32 = 25,62$ кг

SO_3 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_2 – 25,62
2) SO_3 – 2,02
3) Шаңның оксидттері мен сульфаттары және күйінді

(2.2, 2.3 кестелеріне сәйкес) : (0,796 + 17,612) = 18,408

Оттегінің барлығы – 46,048 кг ≈ 46,05 кг

Осынша оттегі мөлшерімен азот енгізіледі:

$$46,05 \cdot 77/23 = 154,17 \text{ кг}$$

Теориялық тұрғыдан қажетті ауа құрайды:

$$46,05 + 154,17 = 200,22 \text{ кг}$$

$$200,22 \text{ кг немесе } 155,2 \text{ м}^3$$

Газдағы ауа шығынын теориялық тұрғыдан алғанда, құрайды:

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

$$SO_2 + SO_3 = 17,92 + 0,96 = 18,88 \text{ м}^3$$

Күйінді газдардың теориялық құрамы 2.4 кестесінде келтірілген:

Кесте 2.4 – күйінді газдардың теориялық құрамы

Компоненттер	Кг	% (көлемді)
SO_2	51,24	24,5
SO_3	3,36	1,6
N_2	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, $SO_2 + SO_3$ 5-6% -дан төмен емес.$SO_2 + SO_3 = 6\%$. Сонда күйінді газдарының мөлшері:
(17,92 + 0,96) : 0,06 = 314,67 $м^3$.
Артық ауа мөлшері құрайды:
314,97 – 208,77 = 105,9 кг
ол құралады: 105,9 · 0,23 = 24,36 кг оттегі
105,9 · 0,77 = 81,54 кг азот
100 кг концентратты күйдіру үшін қажетті ауа мөлшері:
200,22 + (24,36 + 81,54) = 306,12 кг немесе 237,3 $м^3$
“ҚҚ” реакциялық камераларынан алынған күйінді газдардың құрамы мен мөлшері 2.5 кестесінде келтірілген.

Кесте 2.5 – күйінді газдардың құрамы мен мөлшері

Компоненттер	Кг	$м^3$	%(көлем)
SO_2	51,24	17,92	8,7
SO_3	3,36	0,96	0,5
N_2	154,17 + 81,54 = 235,67	147,99	71,9
O_2	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 106кг сулы концентратқа жүргізіледі (6% құрғақ концентрат салмағынан дымқылдық мөлшерін ескергенде).

Жылудың келуі:

а) реакция бойынша:

$ZnS + 1,5\ O_2 = ZnO + SO_2 + 442589,7$ кДж

Түзіледі:

1,39 + 52,245 = 53,635 кг ZnO

сәйкесінще алынады:

(442589,7 · 53,635)/81,4 = 291625, кДж

б) реакция бойынша:

$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4 + 776742,2$ кДж

11,297 кг $ZnSO_4$ түзіледі, сәйкесінше алынады:

(776742,2 · 11,297)/161,4 = 54367,14 кДж

в) реакция бойынша:

$PbS + 1,5O_2 = PbO + SO_2 + 422435,8$ кДж

түзіледі:

0,062 + 0,519 = 0,581 кг PbO

сәйкесінше алынады:

422435,8 · 0,581/223,2 = 1099,62 кДж

г) реакция бойынша:

$PbS + 2O_2 = PbSO_4 + 825262,4$ кДж

түзіледі:

1,327 + 0,708 = 2,035 кг $PbSO_4$

сәйкесінше алынады:

825262,4 · 2,035/303,2 = 5538,95 кДж

д) реакция бойынша: $CdS + 1,5 = CdO + SO_2 + 407770,8$ кДж

түзіледі:

0,097 + 0,097 = 0,194 кг CdO

сәйкесінше алынады:

407770,8 · 0,194/128,4 = 616,1 кДж

е) реакция бойынша:

$$2CuFeS_2 + 6{,}5O_2 = 2CuO + Fe_2O_3 + 4SO_2 + 2015809 \text{ кДж}$$

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:

$$2FeS_2 + 1/2O_2 = Fe_2O_3 + 4SO_2 + 165307 \text{ кДж}$$

түзіледі:

$$0{,}23 + 5{,}49 = 5{,}72 \text{ кг } Fe_2O_3$$

сәйкесінше алынады:

$$1656307 \cdot 5{,}72/160 = 59212{,}98 \text{ кДж}$$

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

Жылу шығыны. Қайнау қабатындағы температура 620-650 ^{0}С және пеш күмбезінде 550 ^{0}С. Бұл жағдайда 600 ^{0}С күйіндісінің температурасының жылулық балансын есептеу үшін қабылдауға болады, ал 500^{0}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: SO_2, SO_3, O_2 және N_2

SO_2 – ден:.....$51{,}24 \cdot 0{,}766 \cdot 500 = 19624{,}92$ кДж

SO_3 – тен:.....$3{,}36 \cdot 0{,}766 \cdot 500 = 1286{,}88$ кДж

O_2 – ден:.....$235{,}67 \cdot 1{,}097 \cdot 500 = 129265$ кДж

N_2 – ден:.....$24{,}36 \cdot 1{,}097 \cdot 500 = 13361{,}46$ кДж

Барлығы: $Q_3 = 163538{,}26$ 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^2

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^{0}С. Пеш кожухының сыртқы бетінің температурасын 120^{0}с деп қабылдаймыз. Жылуөткізгіштік коэфициенті, кдж/м · сағ · градС:

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

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

Σр/λ 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^{0}С – ға және q = 7542 кдж/м^2 · 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 = 350м^2

τ = (24 · 106)/97470 =0,0262,

Q_5 = 7542 · 350 · 0,026 = 68632 кДж

Q_6 = 4542 · 60 · 0,026 = 11765,5 кДж

Барлық жылу шығыны құрайды:

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

Жылудың кірісі мен шығынын салыстыру аз мөлшердегі шығынға нұсқайды:

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

Артық жылу қабаттан әртүрлі жылуалмасу құрылғыларымен алынады, олардың ішінде кең тараған кессондар. Жылуалмастырғыштар 40 атм. Қысыммен толыққанды бу алынатын 60% бусулық эмульсияда және 250^{0}С қоспа температурасында жұмыс істейді.

Қоректендіретін су тазалаудан, даэрациядан, бу алатын 100^{0}С қыздырудан өтеді. Қабаттағы труба тәріздес жылуалмастырғыштардың жалпы беті мына формуламен анықталады:

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

Онда К – жылуберу коэфициенті: 220 – 260 ккал/м^3 сағ. Град.С немесе 921,8 – 1089,4 кДж/м^2 · сағ · град. С шегінде болады; t_1 – t_n - бусулық эмульсия мен қабаттың орташа температуралары.

$$t_1 = 650^0C,\ t_n = 250^0C$$
$$F = 131861,37 /1089,4 \cdot (650 – 250) \cdot 0,026 = 131861,37 / 11329,76 = 11,64\ м^2$$

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 – Х мынадай қатынаста анықталады:

$$Q_{арт} = (0,6\ X \cdot 2790,54 + 0,4X \cdot 1047,5) – X \cdot 100$$
$$X = 131861,37 / (0,6 \cdot 2790,54 – 0,4 \cdot 1047,5) = 131861,37 / 1255,32 =$$
$$= 105\ кг\ 0,026\ сағатқа.$$

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
Құрылу реакциясынан: 1.ZnO 2. $ZnSO_4$	 291625,29 54367,14	Жылу жоғалту: 1 күйіндімен 2 шаңмен	 47996,4 1680
3. PbO 4. $PbSO_4$ 5. CdO 6. CuO 7. Fe_2O_3	1099,62 5538,95 616,1 15276,05 59212,98	3. шығатын газдармен 4. қыздыру мен булануға жылудың жұмсалуы. Сыртқы ортаға жылудың пеш қабырғалары арқылы жұмсалуы Жылудың алынуы	163538,26 2262,6 80397,5 131861,37
Барлығы:	427736,13	Барлығы:	427736,13

2.2.6 «ҚҚ» пешінің есебі

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

$$Q_T = 0{,}49 \cdot t_г \cdot S/SO_2 – q \cdot S$$

онда $t_г$ - пештен шығатын газ температурасы, C^0
SO_2 - шығатын газдардағы күкіртті ангидрид құрамы, % көлем;
S - жанатын күкірт мөлшері, пайыздық көлем.
Q – жанатын күкірт пайыз - килограмына қатынасты, шығынды материалды күйдіргенде бөлінетін жылу (кДж/1 кг - пайыз - S) графикалық анықталады: $t_г$ = 620^0C; SO_2 = 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 мәннің жағымсыз мәні бар, берілген құрамдағы қайнау қабатындағы мырыш концентратын күйдіру үшін жанармай керек емес.
Үрлеу мөлшерін оптималды анықтау.

$$\varphi = 141{,}99/147{,}79 = 0{,}961 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$
$$\gamma = 4000 \text{ кг/м}^3$$
$$\gamma = 306{,}12/141{,}99 = 2{,}15 \text{ кг/нм}^3$$
$$t_{орт} = (20 + 620)/2 = 320\ ^0C$$

концентрат бөліктерінің орта өлшемінің көлемін гранулометриялық құрамы бойынша мәліметтері негізінде
Концентраттың ірі көлемі:
Бөліктер 0,3 мм – 10 пайыз (50 пайыз)
0619 мм – 10 пайыз (50 пайыз)
барлығы: 20 пайыз (100 пайыз)

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

Концентраттың ұсақ бөлігі
Бөліктер 0,08 мм – 40 пайыз (50 пайыз)
0,07 мм – 40 пайыз (50 пайыз)
барлығы: 80 пайыз (100 пайыз)

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

Барлық концентрат:
Ірі бөлігі 0,22 мм – 20 пайыз

Ұсақ бөлігі 0,069 мм – 80 пайыз
Барлығы: 100 пайыз
Барлық концентрат үшін lұсақ = 0,069/0,2

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

Онда бөлшектің орташа өлшемін есептеу үшін:

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

немесе lорт = 77 · 0,000001 м
Берілген мәндерді формулаға қоямыз. Үрлеу шекті мөлшерін анықтаймыз:

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

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

$$К_0 = 1{,}3 \cdot К = 1{,}3 \cdot 144{,}7 = 188{,}13 \text{ нм}^3/\text{м}^3 \text{ мин}$$

Пештің көлемді өнімділігі

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

Күйдірудің аяқталуын қамтамасыз ететін концентраттың пеште болуының минималды уақыты:

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

күйдіру жылдамдығында $\acute{\omega}$ = 0,004 м/сағ неғұрлым ірі концентрат бөліктері үшін lірі = 0,03 мм.
Пеш табанының ауданы мына формуламен анықталады:

$$F = A/a = 451/12 = 38 \text{ м}^2$$

онда А – пештің күйінді бойынша тәуліктік өнімділігі, тәу.
Дөңгелек формадағы ішкі диаметрі:

$$Д = 1{,}13 \cdot \sqrt{38} = 6{,}164 \text{ м}$$

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:

$$Нп = (4 \div 13) \cdot Нк = 13 \cdot 1{,}37 = 18{,}1 \text{ м}$$

Нк = 1,37 м.

Қайнау қабатының гидравликалық қарсы тұруы келесі формуламен анықталады:

$$\Delta P = Нп \cdot (\gamma_{қатт} - \gamma_г) \cdot (1 - S) \text{ мм}$$

Бұл формулаға келесі көлем мәндерін енгіземіз.

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

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

Ауа үрлегіштегі ауа қысымы келесі формуламен анықталады:

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

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

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

сопло арқылы ауаның жіберілуін мына формуламен өрнектейміз:

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

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

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

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 нм^3/сек –қа тең:

участок	газ мөлшері
пеш – циклон	12 · 1,05 = 12,6
циклон – электросүзгі	12 · 1,1 = 13,2
электросүзгі түтінтартқы	12 · 1,15 = 13,8

Пештен шыққандағы газ температурасы 500^{0}С, сорманы ескергенде

$$500/1,05 = 476\ ^0С$$

газдың циклонға кіргендегі температурасы, сорманы ескергенде

$$476\ /1,1 = 433\ ^0С$$

газдың циклоннан шыққандағы температурасы 265^{0}С, сорманы ескергенде

$$265/1,15 = 230^0С$$

газдың электросүзгіге кіргендегі температурасы

$$230 – 2 \cdot 10 = 210^0С$$

газдардың 150^{0}С электросүзгісінен шыққандағы температурасы, сорманы ескергенде

$$150/1,15 = 130^0С$$

газдардың түтінтартқы алдындағы температурасы

$$130/1,08 = 120^0С$$

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

Пеш бөлімі – циклон.

Газдардың орташа температурасын есептейміз:

$$(500 + 433)/2 = 467\ ^0С$$

Газ көлемі тең:

$$14,7 \cdot 740/273 = 40\ м^3/сек$$

Газарна қимасы мен диаметрін есептейміз:

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

Газдың циклондағы орташа температурасы (433+230)/2 = 332 ^{0}С. Циклон арқылы өтетін газ көлемі тең:

14,7 · 605/273 = 32,5 м^3/сек немесе 117180 м^3/сағ

Циклон участогы – электрсүзгі

Газдардың орташа температурасы 220^{0}С, газ көлемі тең:

15,4 · 493/273 = 27,8 м^3

Газарна қимасы мен диаметрін есептейміз:

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

Газдардың электрсүзгідегі орташа температурасы 180^{0}С, электросүзгі арқылы өтетін газ көлемі:

Электросүзгі – түті тартқы участогі.

Газдың орташа температурасы 125 ^{0}С, сонда газ көлемі: 16,1 · 453/273 = 23,5 м^3

Газарна қимасы мен оның диаметрін есептейміз:

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

Түтінтартқы алдындағы газ көлемін есептейміз:

16,1 · 393/273 = 23,2 м^3/сек немесе 83436 м^3/сағ

Қысымды жоғалтуды есептейміз. Пеш участогы – циклон.
Потери напора на трение:
$H_{жоғ} = \mu \cdot (L \cdot \omega \cdot \gamma)/(d \cdot 2g)=0,05 \cdot (10 \cdot 25 \cdot 0,79)/(3,2 \cdot 2 \cdot 9,81) = 0,16$ мм су.бағ.
Батареялық циклондағы қысымды жоғалтуды қабылдаймыз:
$h_{жоғ}$ =50мм су. бағ.
Циклон участогы – электрсүзгі
Трениеге түсетін қысымды жоғалту келесі формуламен өрнектеледі:
$h_{жоғ} =0,05 \cdot (10 \cdot 25)/(2,66 \cdot 2 \cdot 9,81) = 0,24$ мм су. бағ.
газды 90 градусқа бұру келесі формуламен өрнектеледі:
$\xi = 0,5$ (тік бұрыштағы жоспарлы бұрылыс)
$h_{жоғ} = (0,5 \cdot 6)/(2 \cdot 9,81) \cdot 0,777 = 0,2$ мм су. бағ.
Электросүзгідегі қысымды жоғалтуды 400 мм су деп қабылдаймыз.
Электрсүзгі бөлімі– түтінтартқы.
Трениеге түсетін қысымды жоғалту келесі формуламен өрнектеледі:
$h_{жоғ} = 0,5 \cdot 8/(5 \cdot 2,45 \cdot 9,81) \cdot 0,98 = 0,03$ мм су. бағ.
газды 90 градусқа бұру келесі формуламен өрнектеледі:
$h_{жоғ} = 0,05 \cdot 5 \cdot (2,45 \cdot 9,81) \cdot 0,98 = 1,47$ мм су. бағ.
электросүзгіден кейінгі газды жібергендегі шығын тең:
$h_{жоғ} = H \cdot (\gamma_{ауа} – \gamma_{газ}) = 4 \cdot (1,29 – 0,98) = 1,24$ мм су. бағ.
қысымды жоғалту сомасы тең:
$\Sigma h_{жоғ} = 93,34$ мм су. бағ.
50% қысымды жоғалтуды ескергенде оның сомасы тең:
$\Sigma h_{жоғ} = 140,01$ мм су. бағ.

2.2 Көмекші және негізгі құрылғыларды таңдау

Мырыш концентраттатын 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^2. Пеш камерасының көлемі 430 м^3-қа дейін жетеді.Пеш табанындағы соплолар 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 соплолар орналасқан. Пешке ауаны табан астында орналасқан ауа камерасынан береді. Ауа соплолар арқылы пештің жұмыс алаңына өтіп,материалды күйдіріп,қайнап жатқан түрге келтіреді. Бұл қабат қоэғалысы 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 саплыстырғанда). Сондықтан да қайнау

қабатында күйдіру тиімді және ҚҚ пешінің өнімділігін арттырады. Мырыш концентраты полидисперсті материал болғандықтан,оның майда бөлігі газдармен,шаңдармен 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 шаңдармен 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 $м^2$-на 50 сопло қондырылады. Соплоның 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 «ҚҚ» пешінде сульфаттап күйдіру үрдісін, басқа күйдіру тәсілімен салыстырғандағы нәтижелері (кесте 2.7).

Кесте 2.7 – Мырыш концентраттарын күйдіру процессінің технологиялық көрсеткіштері

	ААҚ «Казцинк» жағдайындағы «ҚҚ» пешінде тотықтырып күйдіру	Дипломдық жұмыстағы «ҚҚ» пешінде сульфаттап күйдіру
Технологиялық көрсеткіштер		
Күйінді, %	75	86,95
Күйіндідегі сульфидті күкірттің молшері, %	0,5	0,29
Күйіндідегі сульфатты күкірттің	1,0	2,98

молшері,%		
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

3 ЕҢБЕК ҚОРҒАУ БӨЛІМ

3.1 Электр қауіпсіздігі

Адамның тоққа соғылуы көп жағдайларда электр қондырғылардың ашық тұрған бөліктеріне денесінің бір бөлігімен тигенде болады. Электр тоғы адам ағзасының физиологиялық үрдісіне, жүйке жүйесіне, жүрек, тыныс алу жолдарына зиянын тигізеді.

Адам өміріне қауіпті кернеу 40В және одан да жоғары. Ылғалды орталарда 36В қауіпті болады. Тоқ күші 0,005 А адам өміріне өте қауіпті. Адамның кедергісі орташа 10000 Ом мөлшерінде болады. Бұл мән сыртқы ортаға, температураға, ылғалдылыққа, тері қаптамасына, адам киіміне және де адамның шаршау дәрежесіне байланысты.

Электрқондырғы жұмыстарына арнайы нұсқаулық, қауіпсіздік, медициналық тексеруден өткен және қондырғы жұмысын жақсы білетін азаматтар ғана жіберіледі. Барлық электрқозғалтқыштарды және электрқондырғыларды міндетті түрде жерсіндіру керек. Жерсіндіруді кәсіпорынның электрзертханасын тексеру жүргізіліп отырады. Жерсіндірудегі олқылықтарды міндетті түрде жойып отыру керек.

Электрқондырғыларды пайдалану негізінде мыналарға тиым салынады:

- оқшаулағыш жүйесі бұзылған, электроқшаулағыш қасиеттерінен пайдалану үрдісінде айырылған оқшаулағыш сымдармен тоқөткізгіштерді пайдалануға;
- электрқыздырғышты аспаптарды отқа төзімсіз подставкаларға қоюға және оларды қараусыз ұзақ уақыт бойы қосып қоюға;
- ғымаратты жылыту мақсатында стандартқа сай емес қыздыру электрпештерін және қатты қызатын электр шамдарын қолдануға;
- жарамсыз электрқондырғы бөлшектерін пайдалануға болмайды.

Қысқа тұйықталулардың алдын алу мақсатында қыздыру құралдарын, электрқондырғыларын, тоқ жүйелерін сырт көзбен және арнайы апараттар көмегімен ұдайы тексеріп отыру керек. Қалыпты орталарда электртармақтарының оқшаулауыш кедергілерін жылына 1 мәрте, ал ылғалды, жебірлі орталарды жылына 2 – 3 мәрте тексеру керек.
Тоқ түріне байланысты тоқ әсерінің шекті мөлшері 4.2 кестеде көрсетілген.

Кесте 4.1 – Тоқ түріне байланысты, тоқ әсерінің шекті мөлшері

Ток түрі	Ток әсерінің астында қалуының шекті (артық емес) мөлшері, с											
	0,01-0,03	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1-ден ар-тық
Айныма-лы 50Гц	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	36
Айналма-лы 400Гц	650	500	500	330	250	200	17	14	13	11	10	36
Тұрақты 50Гц	650	500	400	350	300	250	24	23	22	21	20	-

3.2 Жеке қорғаныс құралдары

Әрбір күйдіруші арнайы жұмыс киімімен, жеке қорғаныс заттарымен жұмыс істеу керек және жұмысының тәртібі нормаларын құралдарды сақтап қолдана білу қажет:

- арнайы жұмыс киімі;
- бас киім – шляпа немесе телпек;
- арнайы аяқ киім – былғары бәтеңке, керзі етіктер
- қорғанышты көзілдірік, қалқан, респиратор
- қолғаптар
- арнайы қорғаушы заттарсыз және арнайы жұмыс киімінсіз жұмыс істеуге тиым салынады. Жұмыс киімдері уақытымен жууға және жөнделуге берілуі тиіс. Цехта жұмысшылар қорғанысы үшін мынадай коллективті құралдар бар:
- желдеткіш
- аспирационды қондырғы
- жүк көтеру орындарында және жүк көтеру механизмдеріндегі жарықты дабылқаққыш
- проемдарды, баспалдақты торларды, газ жүру жүйесінің аймағын қоршау
- барлық айланбалы механизмдерді қоршау
- тоғы бар қондырғыларды жерсіндіру

– дыбысты дабылқаққыш және ПГС

ҚР – ң «Еңбек қорғау» заңына сәйкес, міндеттемелерді орындамаған жағдайда қызметкер әкімшілік (айыппұл), материалды (келтірілген зиянды толық немесе бөлікті қайтару) қылмыстық жауапкершілікке тартылады.

3.3 Өрт қауіпсіздігі

Бөлімдк өрт қауіпсіздігіне орай өртке қарсы қалқан болады.

Өрт болған жағдайда арнайы жасаған тәртіп өрт сөндіру керек.

Ғимараттың сыртқы және ішкі қабырғалары кірпіш және темірбетоннан жасалады, ал баспалдақтар темірбетон және металдық болып келеді. өрт қаупі кезінде адамдарды шығару ҚНжЕ 2.02.05-2002 сәйкес екі шығу жолмен – бас шығу жолы және цехтың оң жағындағы дарбазаның көмегімен жүргізіледі.

Өрттің пайда болу себептері:

- электрөткізгіштерді дұрыс оқшауламау, жоғары температурадан оқшаланудың бұзылуы;
- электр жабдықтың бұзылуы;

Цехта өрт сөндіруге арналған құм, ОУ - 5, ОУ - 8 өртсөндірушілері бар арнайы бөлмелері орналасқан. Бұл өртсөндіргіштер әртүрлі қатты және сұйық заттардың (ауасыз жанатын заттар және кернеу мәні маңызды электр құрылғылардан басқасы) жануы кезінде өртті сөндіруге арналған.

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін төмендегі шаралар қолданылады:

– өртті сөндіру және адамдарды құтқару үшін қажетті жабдықтармен және арнайы көлікпен қамтамасыз етілген өртке қарсы топ құрылған;
– ғимарат құрылысы кезінде жанбайтын және қиын жанатын топқа жататын материалдар қолданылады;
– өрт тез жайылып кетпеу үшін бөлімдер мен ғимараттардың арасында ішкі аудан қарастырылады;

Өрт сөндіру үшін қарастырылады:

– жоғары қысымды су құбырымен өртке қарсы сумен қамтамасыз ету;
– сәуле типті өртті автоматтандырылған сигнал беру.

Жобаланып жатқан бөлімнің бөлмелерінде темекі шегуге және ашық от қолдануға болмайды, сыртқы есіктер мен бөлме ішінде қауіпсіздік белгілері көрсетілген.

БҚ 34.21.122-95 сәйкес цех ғимаратында найзағай қабылдағыш құрылғы бар. Найзағай қабылдағыш ретінде металдық тор, тоқ өткізбейтін апат баспадағы мен ғимарат арматурасы қолданылады.

Кесте 4.3 – Негізгі құрылыстың конструкциялары

Негізгі құрылыстың конструкциялары

Отқа төзімділік дәрежесі	Баспалдақты торлардың қабырғалары, бағаналар	Панельдерден жасалған ішкі қабырғалар	Плиталар, қабат аралық және шатыр асты жабылым конструкциялары	Плиталар басқа бұзылмалы конструкциялары	Ішкі бұзылмалы қабырғалар	Отқа қарсы қабырғалар
II	Өртенбейтін (2,0)	Өртенбейтін (0,25); қиын өртенетін (0,5)	Өртенбейтін (0,75)	Өртенбейтін (0,25)	Қиын өртенетін (0,25)	Өртенбейтін (2,5)

3 ЭКОНОМИКАЛЫҚ БӨЛІМ

3.1 Өнімнің өзіндік құныны есептеу

Шикізаттың және негізгі материалдардың өзіндік құны.

1 тонна мырыш концентраты 18395 Тг тұрады. 1 жылдағы қажетті концентрат 164700 Т. Сонда 1 жылдағы бар концентраттың бағасы 3029656500 Т. Бұл күйіндідегі 1 тонна мырыштың бағасын құрайды:

3029656500 /143289 = 21143,68 Т мұндағы 143289 т – күйінді бойынша жылдық өнімділік.

Өндірісте 143289 т күйінді алу үшін келесі қажет:

- техникалық оттегі 20249,8 $м^3$;
- ауа 312000 $м^3$;

Қайтарымды өнімдер:

- шаңдар 57474,25 Т
- күйінді газдары – 2066670 $м^3$;
- бу 77004 Т

Өндірістік мәліметтер үшін күйіндідегі 1 тонна мырышты өндіру үшін мынандай материалдар шығындалады:

- оттегі 13 Т,
- ауа 1,105 Т;
- су 0,125 Т;
- шаң – 8905 Т;
- күйінді газдар – 9676 Т,
- бу 169 Т;
- электр энергия 286 Т

Жабдықтардың бастапқы бағасынан 629900 тг – ден 1% жабдықтардың пайдаланылуы.

Жабдықтың бастапқы бағасынан 1039350 тг, 1,5 % жөндеуді аламыз.

Цехтық шығындар:

1. Басқару аппаратын жабдықтау 1225440 тг,
2. ғимарат бағасы 17461000 тг.

Мына формула бойынша пайданы табамыз:

П = (Б – Қ) Ө = (22100 – 19106,4) · 143289 = 428949950

мұндағы П – пайда; Б – көтерме баға; Ө - өнімділігі.

Кәсіпорынның өзін өзі ақтау уақыты:

Т = К/П = 841199850/428949950 ≈ 2 ж,

мұндағы – К – басты шығындар; Т - өзін өзі ақтау

Кәсіпорынның рентабельділігін табамыз:

1 тонна күйіндінің цехтық өзіндік құнынан, жылдық өзіндік құны арқылы мына формула бойынша рентабельділікті табамыз:

$Р = П_а / К \cdot 100$;

Р = (218711961/841199850) · 100 % ≈ 26 пайыз

ҚОРЫТЫНДЫ

Қайнау қабатындағы 164700 кг-дық мырыштық шихтаны күйдіруге арналған көмекші құрылғылардың және пештің қажетті мөлшеріне есеп орындалды. Металлургиялық 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 газаарналық жүйенің есебі және күйдіріліетін материал қабатының гидравликалық кедергісі мен пешке конструктивтік есеп жүргізілді.

Нәтижесінде күйдіру бөлімінжобалауға қажетті келесі технологиялық мәліметтер алынды:

1 күйіндінің шығуы 87 % құрады

2 пештің берілген өнімділігін қамтамасыз ететін қайнану 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^3/мин

6 пештегі соплолар саны 69 дана

7 сопло арқылы ауаның өту жылдамдығы 0,0036 м/сек

8 пайда – 218711961 тг

9 өзін өзі ақтау мерзімі – 2 жыл

10 рентабельділік – 26 %.

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

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

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.

А қосымшасы

Мырыш концентраттарының температураға байланысты термодинамикасы

ZnS+1.5O2(g)=ZnO+SO2(g)						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
K	kJ	J/K	kJ			
273.15	-444.063	-74.125	-423.815	1.13E+81	81.053	
373.15	-444.887	-76.735	-416.254	1.88E+58	58.273	
473.15	-445.355	-77.858	-408.516	1.27E+45	45.103	
573.15	-445.598	-78.33	-400.703	3.32E+36	36.522	
673.15	-445.67	-78.449	-392.862	3.07E+30	30.488	
773.15	-445.655	-78.429	-385.018	1.03E+26	26.014	
873.15	-445.594	-78.355	-377.178	3.68E+22	22.566	
973.15	-445.503	-78.257	-369.347	6.71E+19	19.827	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
ZnS	97.44	66.998	1	97.44	24.119	ml
O2(g)	31.999	33.002	1.5	47.998	33.62	l
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
ZnO	81.379	55.955	1	81.379	14.516	ml
SO2(g)	64.059	44.045	1	64.059	22.414	l

ZnS+2O2(g)=ZnSO4						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
K	kJ	J/K	kJ			
273.15	-775.876	-341.762	-682.523	#######	130.53	
373.15	-774.806	-338.452	-648.513	6.14E+90	90.788	
473.15	-773.367	-335.053	-614.837	7.62E+67	67.882	

573.15	-771.503	-331.494	-581.508	1.00E+53	53.001	
673.15	-769.175	-327.76	-548.544	3.71E+42	42.569	
773.15	-766.345	-323.848	-515.962	7.27E+34	34.862	
873.15	-762.973	-319.754	-483.78	8.78E+28	28.944	
973.15	-759.029	-315.483	-452.017	1.84E+24	24.264	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
ZnS	97.44	60.358	1	97.44	24.119	ml
O2(g)	31.999	39.642	2	63.998	44.827	l
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
ZnSO4	161.438	100	1	161.438	42.484	ml

PbS+1.5O2(g)=PbO+SO2(g)						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
K	kJ	J/K	kJ			
273.15	-415.21	-81.304	-393.002	1.45E+75	75.16	
373.15	-415.911	-83.512	-384.748	7.29E+53	53.863	
473.15	-416.309	-84.471	-376.341	3.55E+41	41.551	
573.15	-416.419	-84.691	-367.878	3.39E+33	33.53	
673.15	-416.265	-84.448	-359.419	7.80E+27	27.892	
773.15	-415.931	-83.988	-350.996	5.19E+23	23.716	
873.15	-415.471	-83.43	-342.624	3.15E+20	20.499	
973.15	-414.924	-82.837	-334.311	8.83E+17	17.946	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
PbS	239.26	83.291	1	239.26	31.482	ml
O2(g)	31.999	16.709	1.5	47.998	33.62	l
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	

PbO	223.199	77.7	1	223.199	23.421	ml
SO2(g)	64.059	22.3	1	64.059	22.414	l

PbS+2O2(g)=PbSO4						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
K	kJ	J/K	kJ			
273.15	-823.593	-352.73	-727.245	########	139.083	
373.15	-824.02	-354.045	-691.908	7.30E+96	96.863	
473.15	-824.213	-354.529	-656.468	3.01E+72	72.478	
573.15	-823.717	-353.602	-621.05	4.03E+56	56.605	
673.15	-822.344	-351.415	-585.789	2.88E+45	45.459	
773.15	-820	-348.184	-550.801	1.64E+37	37.216	
873.15	-816.627	-344.094	-516.181	7.62E+30	30.882	
973.15	-812.193	-339.298	-482.006	7.49E+25	25.874	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
PbS	239.26	78.897	1	239.26	31.482	ml
O2(g)	31.999	21.103	2	63.998	44.827	l
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
PbSO4	303.258	100	1	303.258	48.213	ml

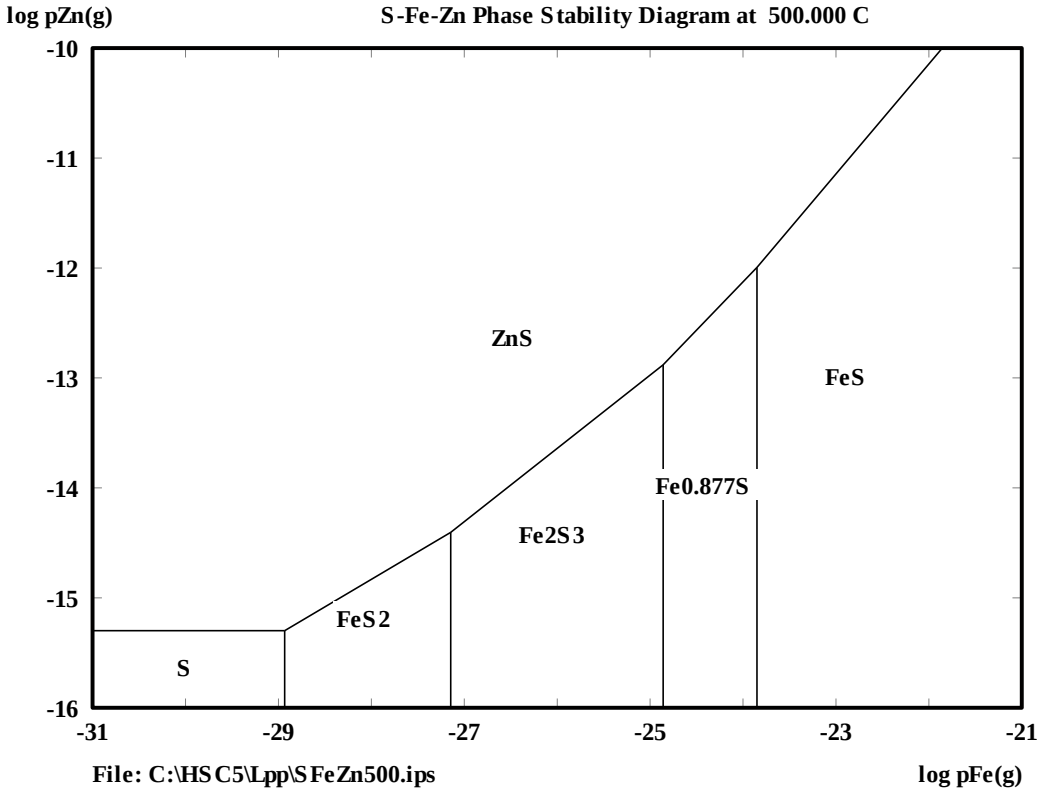
CdS+1.5O2(g)=CdO+SO2(g)						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
K	kJ	J/K	kJ			
273.15	-406.196	-76.149	-385.396	5.08E+73	73.706	
373.15	-406.876	-78.3	-377.658	7.42E+52	52.87	
473.15	-407.247	-79.194	-369.777	6.70E+40	40.826	
573.15	-407.415	-79.522	-361.837	9.53E+32	32.979	
673.15	-407.423	-79.537	-353.883	2.90E+27	27.463	

773.15	-407.352	-79.439	-345.934	2.36E+23	23.374	
873.15	-407.24	-79.303	-337.996	1.67E+20	20.222	
973.15	-407.107	-79.159	-330.073	5.23E+17	17.718	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CdS	144.47	75.062	1	144.47	29.911	ml
O2(g)	31.999	24.938	1.5	47.998	33.62	l
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CdO	128.409	66.717	1	128.409	15.756	ml
SO2(g)	64.059	33.283	1	64.059	22.414	l

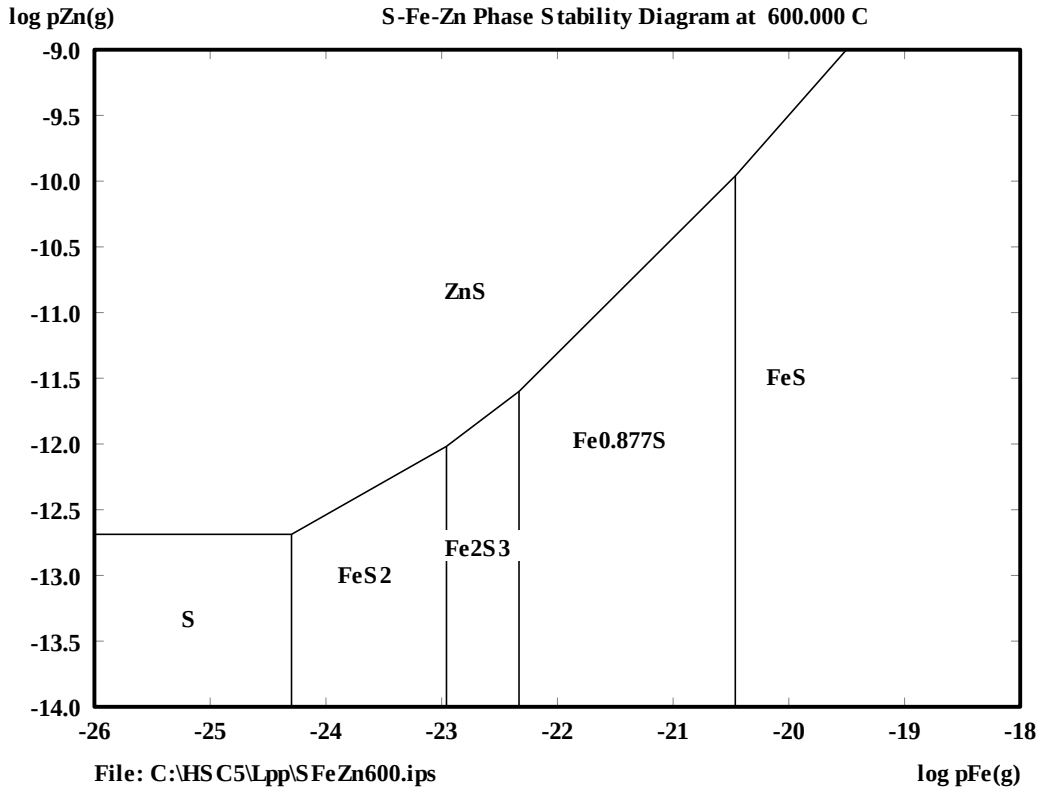
2CuFeS2+6.5O2(g)=2CuO+Fe2O3+4SO2(g)						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
K	kJ	J/K	kJ			
273.15	-1940.12	-414.198	-1826.98	1.000E+308	308	
373.15	-1943.14	-423.794	-1785	########	249.89	
473.15	-1944.58	-427.278	-1742.42	########	192.375	
573.15	-1945.34	-428.74	-1699.61	########	154.908	
673.15	-1945.67	-429.283	-1656.7	########	128.566	
773.15	-1945.87	-429.56	-1613.76	########	109.036	
873.15	-1965.83	-453.576	-1569.79	8.27E+93	93.918	
973.15	-1978.48	-467.367	-1523.66	6.17E+81	81.791	
CuFeS2		Extrapolated from		1200	K	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
CuFeS2	183.513	63.829	2	367.026	87.387	ml
O2(g)	31.999	36.171	6.5	207.992	145.688	l
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	

CuO	79.545	27.667	2	159.091	25.212	ml
Fe2O3	159.692	27.772	1	159.692	30.476	ml
SO2(g)	64.059	44.561	4	256.235	89.654	l

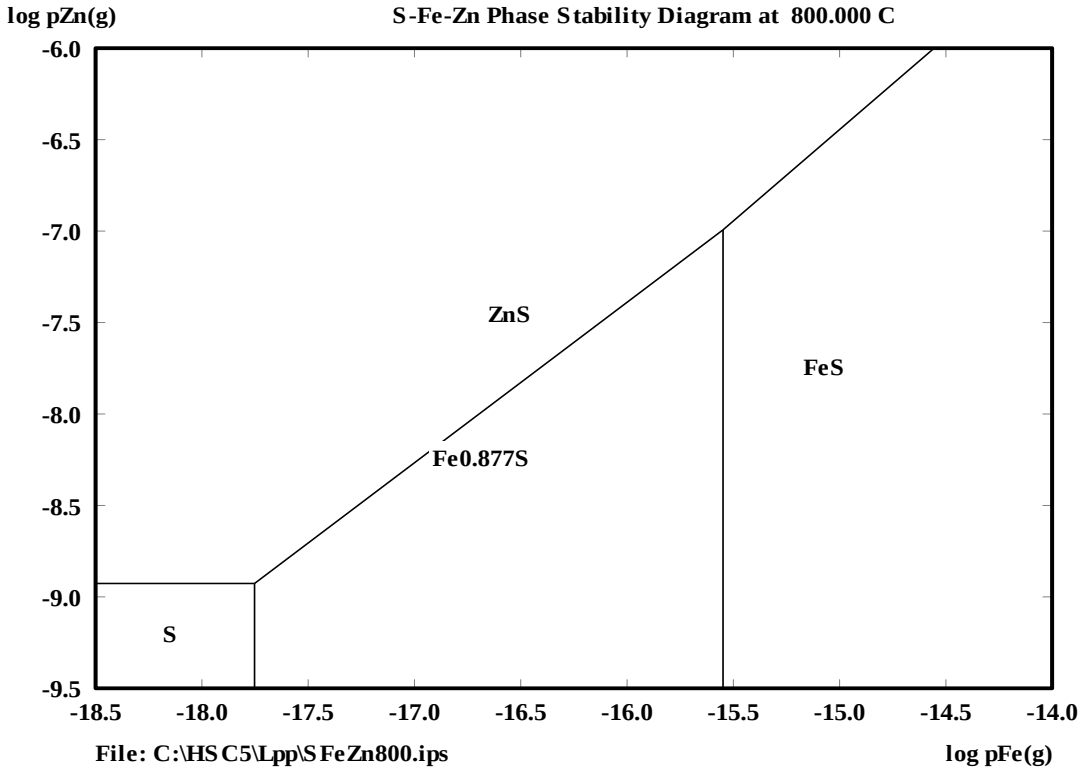
2FeS2+5.5O2(g)=Fe2O3+4SO2(g)						
T	deltaH	deltaS	deltaG	K	Log(K)	
K	kJ	J/K	kJ			
273.15	-1669.05	-151.792	-1627.59	1.000E+308	308	
373.15	-1670.88	-157.603	-1612.07	########	225.68	
473.15	-1671.4	-158.912	-1596.21	########	176.233	
573.15	-1670.92	-158.009	-1580.35	########	144.039	
673.15	-1669.46	-155.676	-1564.66	########	121.424	
773.15	-1667.2	-152.565	-1549.24	########	104.677	
873.15	-1664.06	-148.755	-1534.17	6.12E+91	91.787	
973.15	-1659.91	-144.262	-1519.53	3.70E+81	81.569	
Formula	FM	Conc.	Amount	Amount	Volume	
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
FeS2	119.967	57.687	2	239.934	47.796	ml
O2(g)	31.999	42.313	5.5	175.993	123.275	l
	g/mol	wt-%	mol	g	l or ml	
Fe2O3	159.692	38.394	1	159.692	30.476	ml
SO2(g)	64.059	61.606	4	256.235	89.654	l



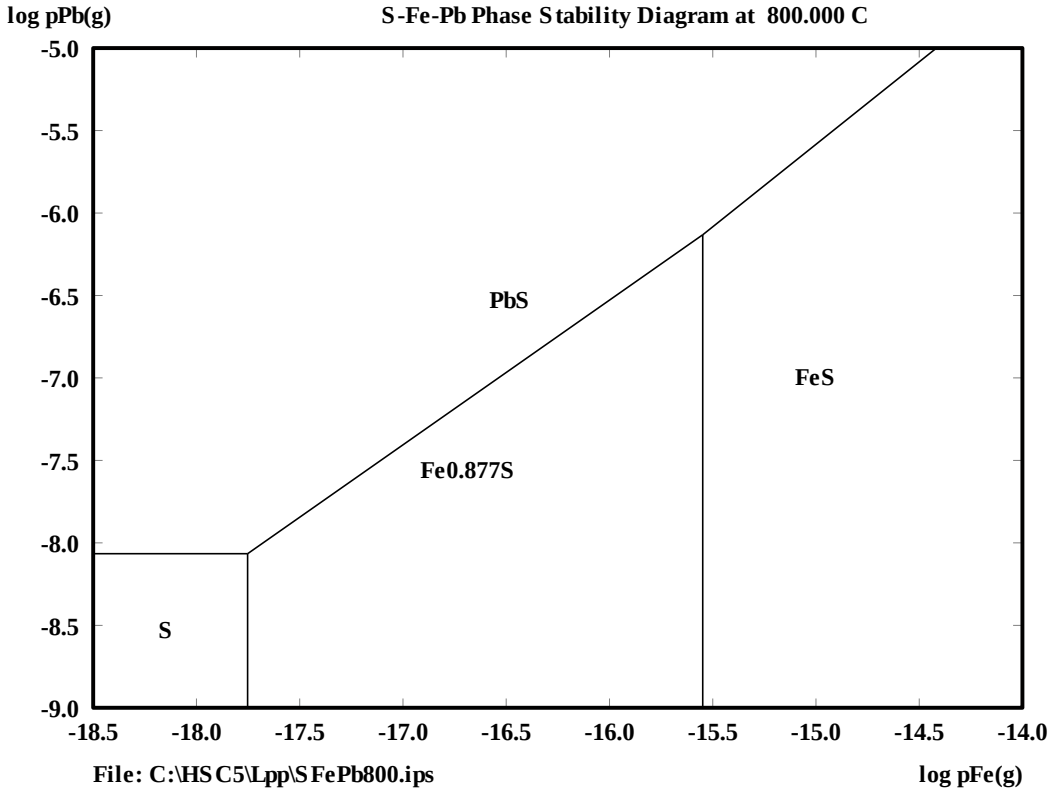
1 Сурет – Күкірт, темір және мырыштың 500 ^{0}C фазалық тұрақтылық диаграммасы



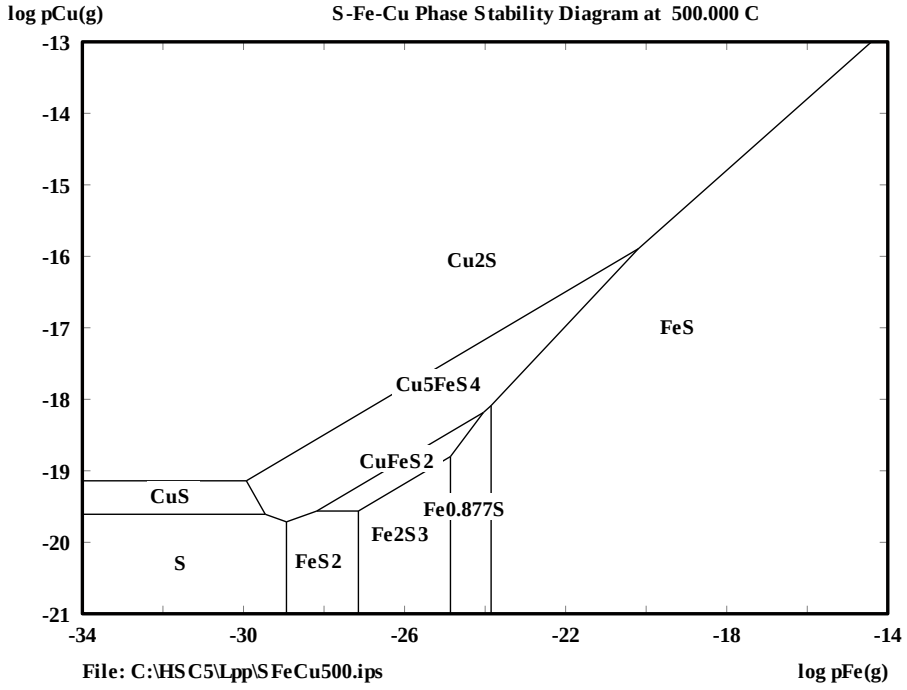
2 Сурет – Күкірт, темір және мырыштың 600 ^{0}C фазалық тұрақтылық диаграммасы



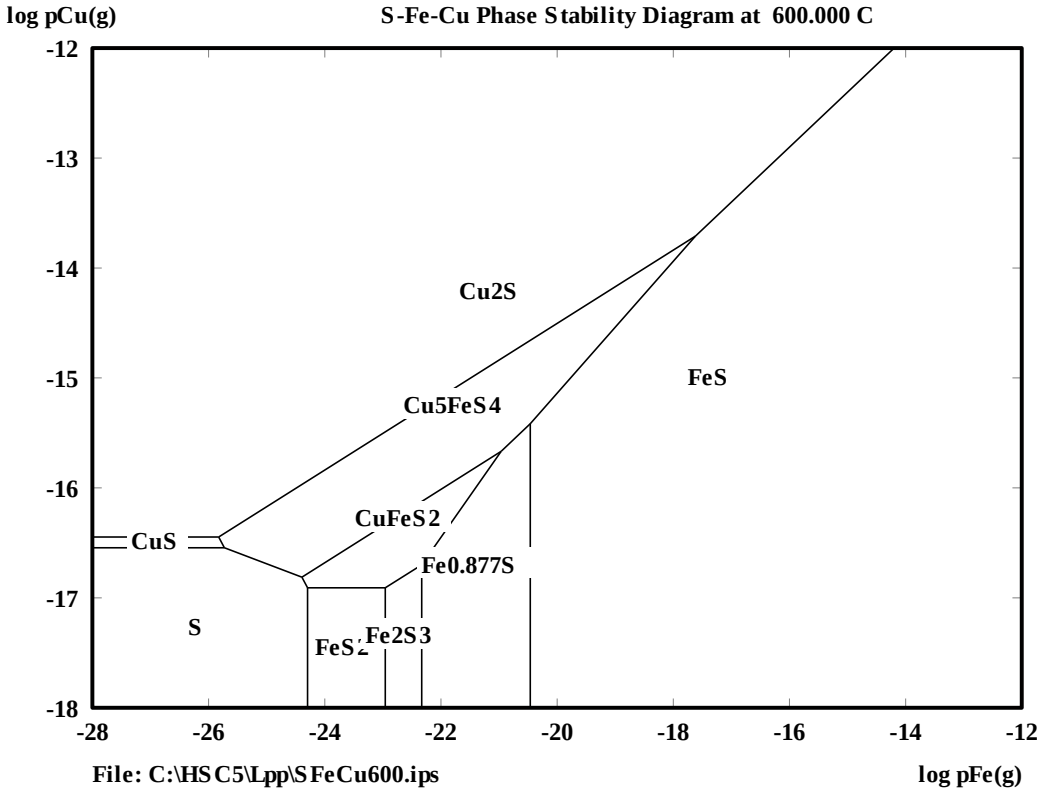
3 Сурет – Күкірт, темір және мырыштың 800 ^{0}C фазалық тұрақтылық диаграммасы

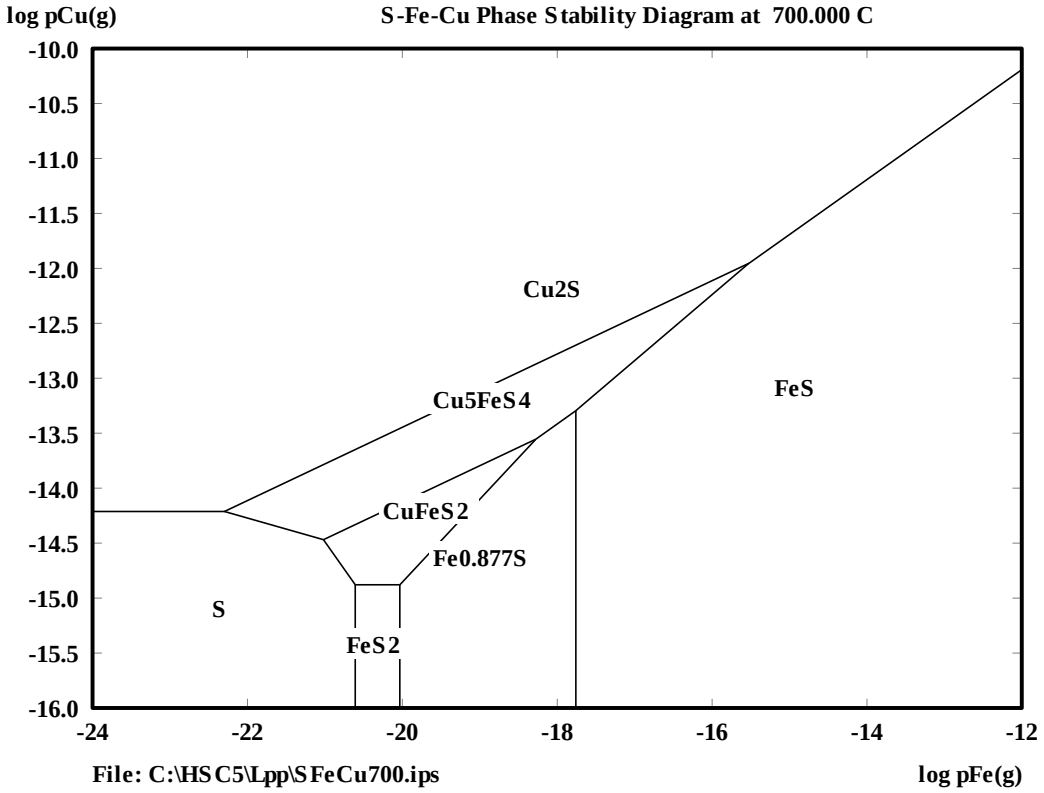


4 Сурет – Күкірт, темір және қорғасынның 800 ^{0}C фазалық тұрақтылық диаграммасы

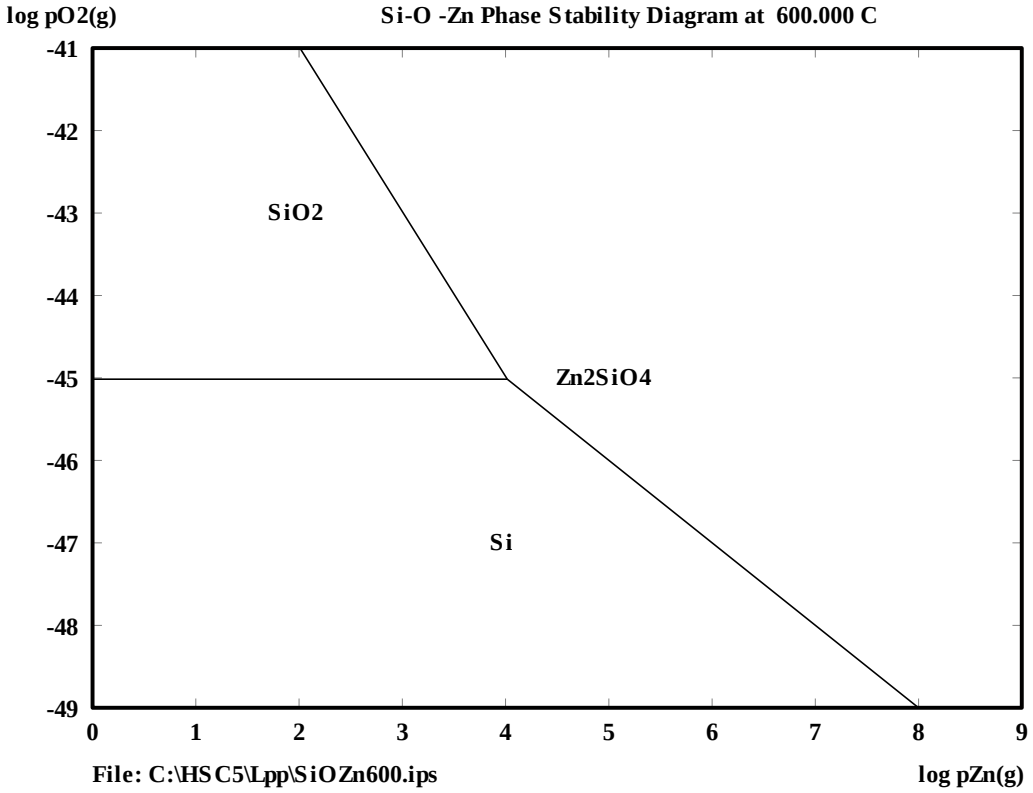


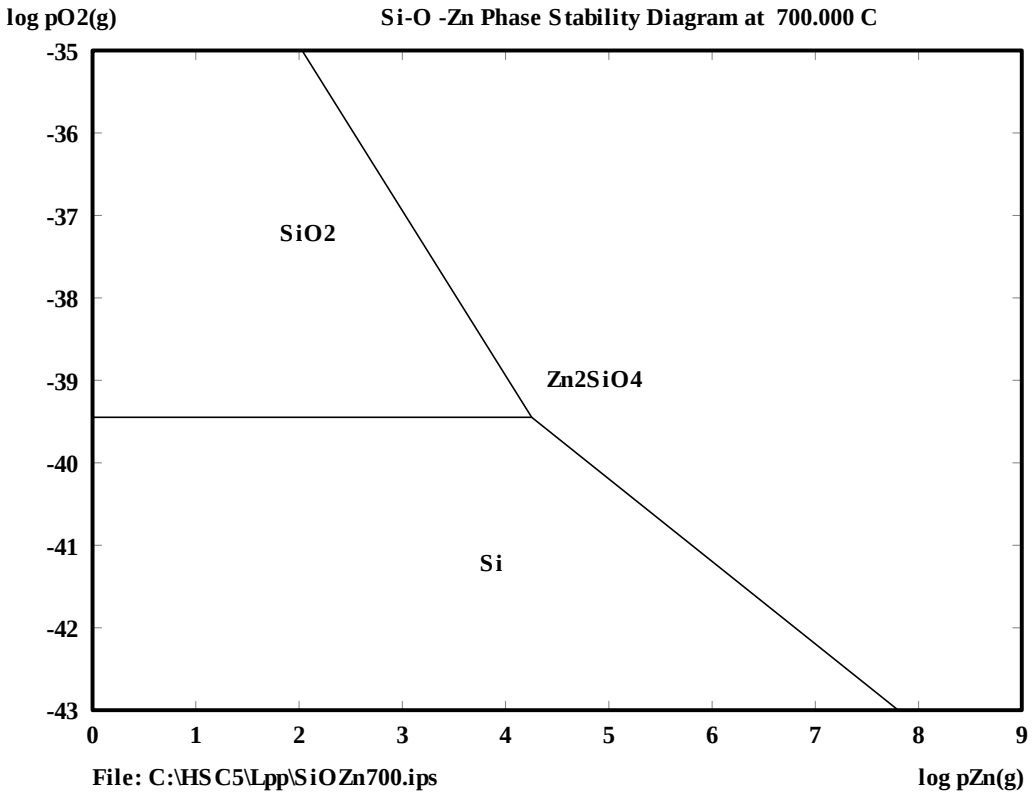
5 Сурет – Күкірт, темір және мырыштың 500 ^{0}C фазалық тұрақтылық диаграммасы



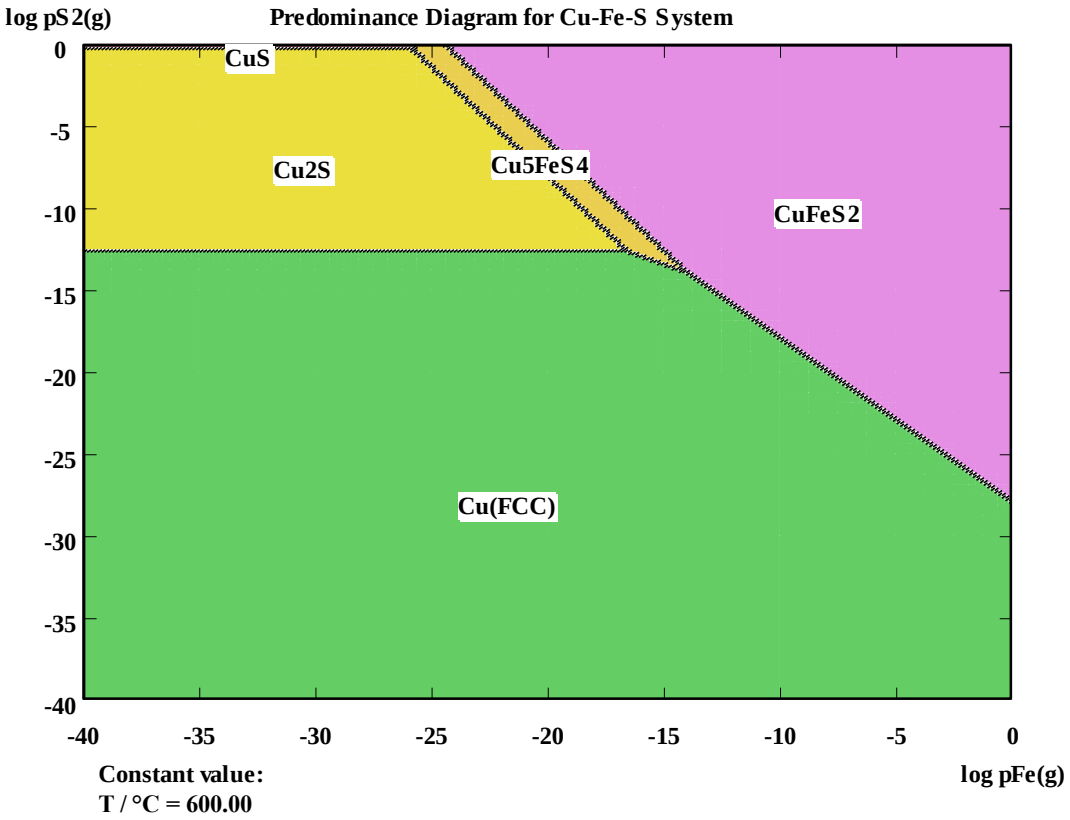


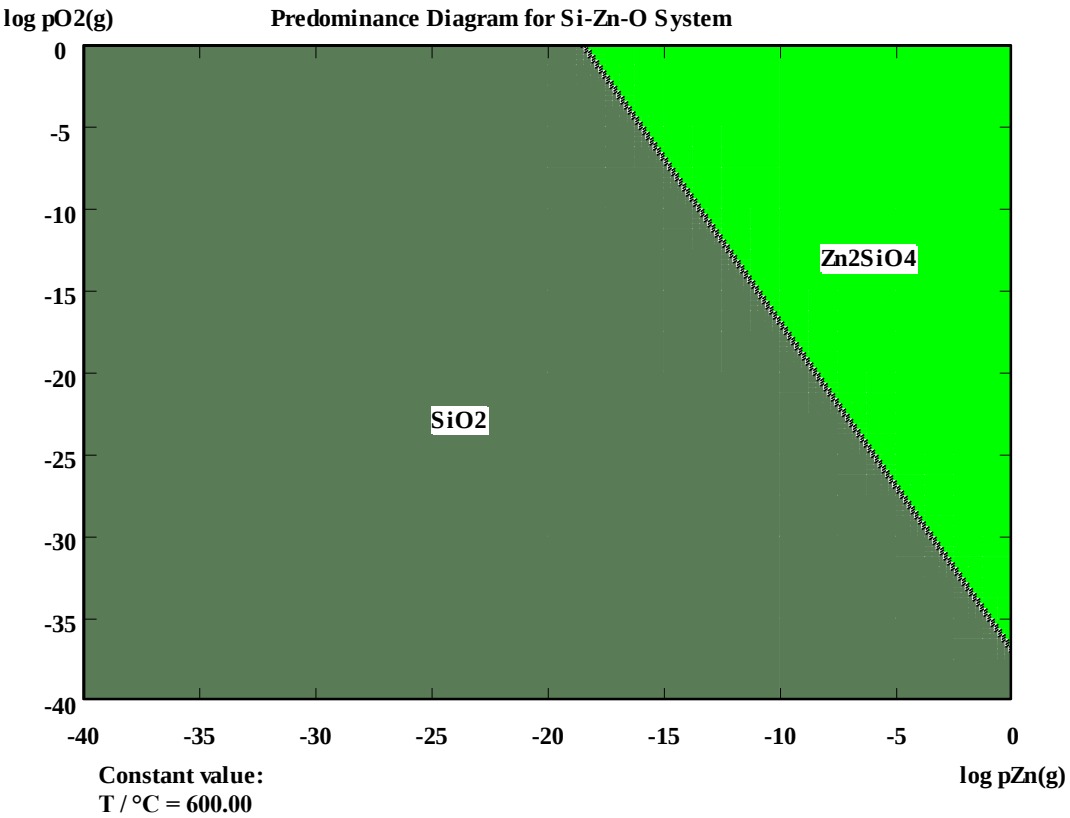
6 Сурет – Күкірт, темір және мыстың 600-700 ^{0}C фазалық тұрақтылық диаграммасы





7 Сурет – Кремний, оттекгі мен мыстың 600-700 ^{0}C фазалық тұрақтылық диаграммасы


log pS2(g)
Predominance Diagram for Cu-Fe-S System
CuS
Cu2S
Cu5FeS4
CuFeS2
Cu(FCC)
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-40
-35
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
Constant value:
T / °C = 600.00
log pFe(g)


log pO2(g)
Predominance Diagram for Si-Zn-O System
Zn2SiO4
SiO2
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-40
-35
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
Constant value:
T / °C = 600.00
log pZn(g)

8-сурет диаграммасы