

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау–кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар

технологиясы» кафедрасы

Сатыбаев Б. А.

Қорғасын концентратын шахталық пеште балқыту процесін жобалау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070900 – Металлургия мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

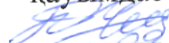
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау–кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар  
технологиясы» кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

МІЖ және АМТ кафедра  
меңгерушісі PhD докторы,  
техн. ғыл. кандидаты,  
қауымдас–ған профессор

 Т.А. Чепуштанова  
« 13 » « 05 » 2019 ж.

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Қорғасын концентратын шахталық пеште балқыту  
процесін жобалау»

5В070900 – Металлургия мамандығы

Орындаған

Сатыбаев Б. А.

Ғылыми жетекшісі:

PhD доктор

 Байгенженов Ө.С.

« 13 » « 05 » 2019 ж



Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Металлургиялық процестер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасы

5B070900 – Металлургия

**БЕКІТЕМІН**

МІДЖ және АМТ кафедра  
меңгерушісі PhD докторы,

техн. ғыл. кандидаты,

қауымдасқан профессор

Т.А. Чепуштанова

« 15 » 2019 ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Сатыбаев Бауыржан Айдынұлы

Тақырыбы: Қорғасын концентратын шахталық пеште балқыту процесін жобалау

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Шахталық пеш, шлак, агломераттың рационалдық құрамы, қождың құрамы, шаңның құрамы, қара қорғасынның құрамы, ұшып кететін газдардың мөлшері мен құрамы.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Әдеби шолу;

б) Тәжірибелік бөлім;

в) Экономикалық бөлім;

г) Қауіпсіздік және еңбек қорғау бөлімі.

Графикалық материалдар тізімі







Графикалық материалдар 15 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 26 атау

Дипломдық жұмысты (жобаны) даярлау  
КЕСТЕСІ

№ п/п	Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
1	Кіріспе	8.02.2019 ж.	
2	Аналитикалық бөлім	22.02.2019 ж.	
3	Тәжірибелік бөлім	16.03.2019 ж.	
4	Экономикалық бөлім	5.04.2019 ж.	
5	Еңбекті қорғау	12.04.2019 ж.	
6	Қорытынды	19.04.2019 ж.	
7	Норма бақылау	26.04.2019 ж.	

Жұмыс (жоба) бойынша оларға қатысты бөлімдердің көрсетілуімен кеңес берушілердің  
қолтаңбалары

Бөлім атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Аналитикалық бөлім	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	22.02.2019	
Тәжірибелік бөлім	Байгенженов Ө.С Ph.D докторы	16.03.2019	
Қорытынды	Байгенженов Ө.С Ph.D докторы	19.04.2019	
Экономикалық бөлім	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	5.04.2019	
Еңбекті қорғау	Байгенженов Ө.С. Ph.D докторы	12.04.2019	
Норма бақылау	Көккөзов Д.К. техника және технология магистрі	13.05.2019	

Ғылыми жетекші  Байгенженов Ө.С.

Студент тапсырманы орындауға алды  Сатыбаев Б.А.

Күні « 18 » 01 2019 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттерден тұрады. Жұмыс компьютермен терілген 33 беттен тұрады, оның ішінде 10 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 26 аталымнан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – Қорғасын концентратын шахталық пеште балқыту процесін жобалау.

Зерттеулер бойынша қорғасын агломераттарын шахталық пеште балқыту процесінің негізгі мәндері есептелген. Балқыту процесіне қажетті шихта құрамы мен қолданылатын аппараттардың негізгі параметрлер есептелді. Процесс барысында негізгі роль ойнайтын ауа шығыны мен жалпы материалдың баланстық мәндері анықталды.

Экономикалық есептеулері жасалған, қауіпсіздік және еңбек қорғау жөніндегі іс-шаралары қарастырылған.

Түйінді сөздер: пирометаллургия, шахталық пеш, агломерат, қорғасын концентраты, балқыту, агломашина, қара қорғасын.

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект состоит из задания, введения, 4 глав, заключения и использованной литературы. Работа состоит из 46 страниц, набранных на компьютере, в том числе 10 таблиц. Список литературы составляет 26 номинация.

Целью дипломной работы является разработка процесса плавки свинцового концентрата в шахтной печи.

При исследовании рассчитаны основные значения процесса агломерации свинца в угольной печи. Рассчитаны основные параметры состава и оборудования, используемого для процесса плавки. Во время процесса были определены воздушный поток и общие значения материала основного ролика.

Предоставляются экономические расчеты, меры безопасности и охраны здоровья.

Ключевые слова: пирометаллургия, шахтная печь, агломерат, свинцовый концентрат, плавка, агломашин, черный свинец.

## ANNONTATION

The graduation project consists of a task, introduction, 4 chapters, conclusion and used literature. The work consists of 46 pages typed on a computer, including 10 tables. References: 26 nominations.

The aim of the thesis is to develop the process of smelting lead concentrate in a shaft furnace.

In the study, the main values of the process of lead sintering in a coal furnace were calculated. The main parameters of the composition and equipment used for the smelting process are calculated. During the process, the airflow and the total material values of the main roller were determined.

Economic calculations, health and safety measures are provided.

Key words: pyrometallurgy, shaft furnace, agglomerate, lead concentrate, smelting, sintering machine, black lead

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Әдеби шолу	11
1.1	Қорғасынды алу әдістері	11
1.1.1	Қорғасынды күйдіруметаллургиялық тәсілмен алу	11
1.1.2	Шөктіре балқыту	11
1.1.3	Реакциялы балқыту	12
1.1.4	Тотықсыздандыра балқыту	15
1.2	Шахталық пештерде тотықсыздандыра балқыту	18
2	Технологиялық үрдістің есептелуі	24
2.1.1	Агломераттың рационалдық құрамы	24
2.1.2	Балқыту өнімдерінің құрамын есептеу	27
3	Экономика және өндірісті ұйымдастыру	28
3.1	Негізгі және қосалқы жабдықтың құнын есептеу	28
4	Жобаның қауіпсіздігі мен экологиялығы	30
4.1	Электрлік қауіпсіздікті қамтамасыз ету	30
4.2	Жарықтандауды ұйымдастыру	30
4.3	Өртке қарсы қауіпсіздік іс–шаралары	30
	Қорытынды	31
	Әдебиеттер тізімі	32
	А Қосымшасы	34



## КІРІСПЕ

Егеменді Қазақстан өндірісінің негізгі саласы түсті металлургия болып саналады және оның дамуына бүкіл республика экономикасының дамуы тәуелді. Біздің мемлекеттің түсті металлургиясы көптеген металдар өндіреді, олар: мырыш, мыс, кадмий, алтын, күміс және қорғасын.

Қазіргі кезде қорғасын түсті металлургияда алынатын өте қажетті металл болып саналады. Қорғасынды қолдану салалары өте көп, олар:

- әскери техникада қорғасынды оқтың өзекшесін дайындауға қолданады;

- атомдық өндірісте қорғасынды альфа, бетта және гамма сәулелерінен қорғануға қолданады;

- машинажасауда қорғасынды үйкеліс коэффициенті аз баббит қорытпасын алу үшін қолданады, бұл қорытпаны подшипник дайындауға қолданады;

- радио өндірісінде қорғасынды қымбат қалайының орнына қолданады;

- химия өндірісінде қорғасын мен сурьма қорытпасын алу үшін қолданады, бұл қорытпа коррозияға төзімді;

- қорғасынның қолдануының үлкен үлесі аккумулятор өндірісіне сәйкес келеді;

- басқа элементтермен химиялық қосылыс түрінде қорғасын бояулар өндірісінде қолданылады.

Осылайша қазіргі кезде қорғасынның түсті металдардың бірі ретінде алатын орны орасан зор.

Қорғасынның кейбір қорытпаларының құрамында қалайы, кадмий, висмут және сынап бар болса, олар техникада қолданылады және балқу температурасы 100 °С кем болады.

Құрғақ ауада қорғасын өзінің химиялық қасиеттерін өзгертпейді және металлдық жылтырын сақтайды. Ал ылғал және құрамында көмір қышқыл газы бар ауада, ол қарайып тотық қабыршығын түзеді.

Қорғасын күкірт қышқылында ерімейді, тіпті шоғырланған қышқылда 200 °С жоғары температурада ғана ериді. Калий, натрий, темір және мыстың күкірт қышқыл тұздары қорғасынға әсер етпейді. Ол цианды калий және минералды майларда да ыдырамайды. Қорғасын күкірт тотығына да тұрақты. Қорғасынның ең жақсы еріткіші болып азот қышқылы саналады, ал оның ерітіндісі тіпті жақсы ерітеді [1].

*Жұмыстың өзектілігі.* Қазақстандағы негізгі өндірістің саласының бірі ретінде түсті металлургияны айтсақ қате болмас. Себебі түсті металлургияны өндіру республикамыздың экономикасының дамуына тікелей тәуелді. Қазақстанда қорғасын өндірісін дамыту, қорғасын концентратын шахталық пеште балқыту процесін жобалаумен тығыз байланыста. Қорғасын – химиялық тұрақты элемент. Айта кететін жағдай судың құрамында оттегі болмаса, ол қорғасынға әсер етпейді. Ал құрамында оттегі және әртүрлі тұздары бар кәдімгі су қорғасынның бетінде қиын еритін шөкпе түзеді.

*Ғылыми техникалық проблемалардың заманауи күйі.*

Қазіргі кезде дүние жүзіндегі өндірілетін қорғасынның 80 пайызы шахталық тотықсыздай балқытумен алынады.

Бұл жағдайды түсіндіру оп–оңай. Басқа әдістер, мысалы көріктік балқытудың кемшіліктері өте көп, олар мынадай: өнімділігі жоғары болатын пештерді қолдануға болмайды, өйткені оларға қызмет көрсету өте қиын, көп қорғасын жоғалтылады және көп шаң пайда болады және оған үлкен қуатты шаңтұтқыштар орнату қажет. Айта кететін жай шаңшығару мөлшері шикі–құрамның 25 – 30 пайызын құрайды. Көріктік балқыту мен гидрометаллургиялық әдістердің бір үлкен кемшілігі, ол әдістерде қорғасынның шикіқұрамының құрамындағы мөлшері 68 – 75 пайыздан кем болмауы керек, ал олай болса кенді байытуға да шығындар кетеді деген сөз.

*Дипломдық жұмыстың мақсаты:* Қорғасын концентратын шахталық пеште балқыту процесін жобалау.

*Қойылған мақсат бойынша келесідей шешімдер орындалуы міндет–телді:*

- агломераттың рационалдық құрамын есептеу;
- балқыту өнімдерінің құрамын есептеу;
- балқытудың материалдық балансын анықтау;
- пешті есептеу.

Жұмыс Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ – нің «Металлургиялық процесстер, жылу техникасы және арнайы материалдар технологиясы» кафедрасының зертханасында жүргізілді.

*Зерттеу объектісі:* Қорғасын зауытының қорғасын агломераты және шахталық пеші

*Жұмыстың ғылыми жаңалығы* – Шахталық тотықсыздай балқыту қорғасынды өндірудің басқа әдістермен салыстырғанда әмбебап болып саналады. Шахталық балқытуда құрамында минималды мөлшерде қорғасыны бар шикіқұрамды өндіруге болады және өнімділігі жоғары болатын пештерді қолдануға болады. Және де бұл әдісте кенді байыту үшін көп шығын қажет емес.

Осы жоғарыда айтылғанға сүйеніп шахталық тотықсыздай балқыту әдісі қорғасынды кедей, тотыққан және сульфидті кендерден алуға болатын, ең бір жарамды әдіс деуге болады. Ал бұл кендер болса біздің ауданда кеңінен тараған.

## 1 Әдеби шолу

### 1.1 Қорғасынды алу әдістері

Қорғасынды пирометаллургиялық немесе гидрометаллургиялық екі әдіспен алуға болады. Пирометаллургия – бұл металлды және металл қорытпаларын өндіру және тазарту үрдістерінің жоғары температураларда өтетін жиынтығы. Пирометаллургиялық әдісте құрамында қорғасыны бар барлық шикіқұрам балқытылады.

Гидрометаллургия – бұл металлды төмен температураларда алуға бола-тын үрдістердің жиынтығы. Гидрометаллургиялық әдісте әртүрлі еріткіштер мен құрамында қорғасыны бар қосылыстарды ерітінділеумен айналысады. Қоспалардан тазартылған ерітіндіден қорғасынды бөліп алады. Бұл әдіс өндірісте қолданылмайды, өйткені қорғасынның қосылыстарын ерітетін арзан және жақсы еріткіш табылмаған [2].

#### 1.1.1 Қорғасынды пирометаллургиялық әдіспен алу

Қорғасынды концентраттан пирометаллургиялық әдіспен алудың үш түрі болады :

- шөктіре балқыту;
- реакциялы балқыту;
- алдын ала күйдірілген және күйежентпектелген концентраттан тотықсыздай балқыту [3].

#### 1.1.2 Шөктіре балқыту

Шөктіре балқыту әдісімен қорғасынды тікелей сульфид кенінен және концентраттан алады. Шөктіре балқыту әдісінің принципі күкіртке тартымдылығы көбірек металдар қорғасынды оның сульфидінен ығыстырып, ал өздері мына реакция бойынша сульфидке айналады:



Бірақ тәжірибеде бұл балқытуды жүргізгенде көптеген қиындықтар туады :

- қорғасын сульфиді мен темір арасындағы қатынас жақсы болу үшін, галенит аса таза болуы керек;
- балқыту өнімдері темір сульфиді мен қорғасын пештегі шикіқұраммен әрекеттесіп штейн түзеді, соның нәтижесінде темір штейннен қорғасынды ығыстыра алмайды да қорғасынды штейнмен жоғалтамыз;
- темір қорғасынды ғана ығыстырмай онымен қоса көптеген металдарды ығыстырады, сондықтан қорғасын кірленеді және темір шығыны артады.

Шөктіре балқыту жоғары тотықсыздандырғыш атмосферада кокстың көп шығынымен шахталық пештерде жүргізіледі. Бұл үрдіс өндірісте қолданылмайды. Бірақ қорғасынды шөктіру реакциясын көптеген қорғасын зауыттары қолданады. Күйдіру кезінде күкірттен түгелімен құтылуға болмайтындықтан, агломератты шахталық балқытуда аздаған құрамында темірі бар материал қосады, соған байланысты қорғасынның қара қорғасынға өтуі артады [4].

### 1.1.3 Реакциялы балқыту

Реакциялы балқыту шарпыма пештерде, электр пештерінде, көрікте немесе қысқа барабанды пештерде жүргізіледі. Қолданылатын аппаратқа байланысты шарпымалы балқыту, көрікті, электр балқыту және қысқа барабанды балқыту деп аталады.

Шарпымалы балқыту өте бай кен және кендерден қорғасынды алуға жарамды. Бұл үрдіс отынның көп шығынымен және көп қол еңбегінің қажеттілігімен сипатталады.

Шарпыма пештерде құрамында 65 – 70 пайыздан кем емес қорғасыны бар қорғасын кені мен концентраттардан қорғасын алынады. Үрдіс екі сатыдан тұрады: кенді жартылай күйдіру содан кейін оны реакциялы балқытуға жіберу [5].

Күйдіру үшін қорғасын кенін 5 – 6 мм дейін ұсатып, пештің табанына жұқа қабатпен тиейді. Пеште температураны 500 – 600 °С дейін көтеріп, кенді күйдіреді. Күйдіру кезінде галениттің бір бөлігі ғана қорғасын тотығына және қорғасын сульфатына дейін тотығады, ал қорғасын сульфидінің қалған бөлігі өзгеріссіз қалады. Содан кейін реакциялы балқытуды бастайды:



Екінші саты 850 °С температурада 2 – 4 сағат жүргізіледі. Қорғасынды түгелдей бөліп алу үшін жартылай күйдіру үрдісі мен содан кейінгі реакциялық балқытуды бірнеше рет қайталайды.

Көріктік балқытуда бай қорғасынның сульфидтік кенінің немесе концентратының қатты отынмен қысымдағы ауа ағынымен өңделеді. Отын ретінде ағаш көмірі, антрацит немесе кокс қолданылады. Бұл үрдіс шарпыма балқытумен ұқсас, бірақ бір өзгешілігі күйдіру мен реакциялық балқыту бір уақытта жүреді және де қорғасын тотығының бір бөлігі отынның көміртегімен тотықсызданады [6].

Көріктік балқыту көне болғанына қарамастан, қазіргі кезде де қолданылады. Бұл үрдістің бірқатар артықшылықтарына қарамастан (отынның аз шығыны және еңбек күшінің аз қолданылуы), ол аз ғана таза және бай кен мен концентраттарға ғана жарамды.

Қысқабарабанды пештерде балқыту шетел зауыттарында қолданылады (Германия, Польша ). Балқыту үзілістермен жүргізіледі, әр операцияға 4 сағаттай уақыт жұмсалады. Бірнеше тонна шикіқұрамды тиесп (жартылай күйген агломерат, айналым шаңы ), қысқа барабанды пешті минутына 0,5 – 1 айналыммен айналдырады да және тез уақытта көмір шаңын жандырып оны 1100 °С температураға дейін қыздырады. Айналымның әсерінен қорғасынның сульфидтері мен оксидтері жақсы қатынасқа түседі. Оттық газдары кәдеге жаратушы қазандықта суытылып әрі қарай жеңдік сүзгіде сүзіледі.

Балқытудың аяғында балқыту өнімдері (қорғасын, штейн, қож) жақсы бөлінеді және бөлек шығарылады [7].

Электр балқыту да шетелде жүргізіледі (Швеция). Қорғасыны 70 пайыз және күкіртке бай қорғасын концентраты үздіксіз электр пешінде балқытылады. Балқыту қож арқылы электр тоғын өткізген кезде бөлінетін жылу арқылы жүргізіледі.

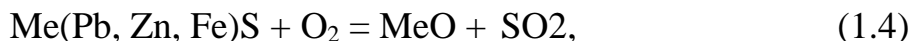
Финляндияда қорғасын концентраттарын қалқыма күйде балқытатын үрдіс қолданылады. Шикі концентраттарды қождамамен және шаңдармен араластырып құбырлы пеште ылғалдылығы 0,3 пайызға жеткенше кептіреді. Кептіргеннен кейін шикіқұрамды балқытуға жібереді, балқыту–тотығу экзотермиялық реакцияларының әсерінен жүреді. Тотығу дәрежесін оттегі мен концентраттың қатынасымен реттейді, ал температураны газүрлеуді оттегімен байыту дәрежесімен реттейді. Құрамында 40–75 пайыз қорғасыны бар концентраттарды қалқыма күйде өндеген кезде қорғасынның қара қорғасынға өту 60–95 пайыз аралығында болады. Қалған қорғасын қожды кедейлететін электр пешінде алынады. Жалпы қорғасынның шығымы 97–99 пайызын құрайды.

Реакциялық балқытуға автогендік үрдістерді жатқызуға болады – КИВЦЭТ–МҚ және оның бір түрі оттекті – алаулы балқыту кокстық фильтрмен (КФ–КФ), QSL үрдісі (Кено–Шуман–Лурги), конвертердегі балқыту (TBRC) және басқалар.

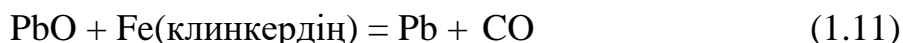
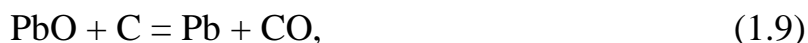
КИВЦЭТ–МҚ үрдісі (оттекті–қалқымалы, құйындатқыштық, электротермиялық–мырыш, қорғасын) өзіне мына операцияларды: оттегі атмосферасында күкіртсіздену 100 пайызға жуық болғанда тозаң қондырылған шикіқұрамды күйдіре балқыту кезінде жоғары шоғырланған күкірт газдары түзіледі; оттекті балқыма тотықсызданып қара қорғасын мен қара мырыш түзуді қосады. Мырыш тотыққан возгон түрінде де алынуы мүмкін немесе қожда қалтырылынып, одан алынуы мүмкін. Қорғасын концентратындағы күкірт түгелдей шоғырланған күкірт газдарына өтіп, содан кейін оларды күкірт қышқылы өндірісіне жібереді [8].

КИВЦЭТ–МҚ агрегаты балқыту шахтасы және оның күмбезінде орналысқан шикіқұрамды – оттекті жанарғыдан, электротермиялық пештен тұрады, ол балқыту шахтасынан балқымаға сүңгітілген далдамен бөлінеді және металлдық мырыш алуға қажетті конденсатордан тұрады. Ал тотыққан мырыш алынатын болса, онда конденсатордың орнына күйдіру камерасы және жеңдік сүзгі орнатады.

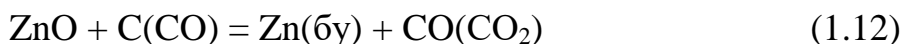
Балқыту шикіқұрамында қождама мен концентратпен қатар, құрамында қорғасыны әртүрлі тотыққан материалдар (қоқымдар, шандар, возгондар және де басқа айналым өнімдері) өнделуі мүмкін. Ірілігі 5 мм артық емес шикіқұрам, алдын ала ылғалдылығы 1 пайызға дейін кептіріліп, шанаптан оттекті–шикіқұрамды жанарғы арқылы техникалық оттегі (90 пайыздан кем емес оттегі) балқыту шахтасына жіберіледі. Осы жерде шикіқұрам бөлшектері лезде жоғарғы температураға дейін қызып, бірнеше секунд ішінде олар күйіп, мына реакциялар бойынша балқиды :



кокстық сүзгіде, клинкерде (КФ–КФ):



электр пешінде:



Ауланған шаң түбегейлі балқытуға қайтарылады немесе (құрамында сирек металдар болса) үрдістен бір бөлігін алып өндеуге жібереді [9].

QSL үрдісі бойынша құрамында концентрат (65 пайызға жуық қорғасын), айналым шаңы бар шикіқұрам ылғалдалынып, шекемтастанып үзіліссіз 2 аумаққа (тотыққан және тотықсызданған) бөлінген ұзындығы 22 м және диаметрі 2,5 м реакторға тиеледі. Пештің тотығу аумағында 950°C температура ұсталынады, бұл жерге оттегі беріледі.

Тотығу аумағында реакциялық үрдістердің нәтижесінде қорғасынның 60 пайыз қара қорғасынға өтеді, оны сифон арқылы шығарады, ал қорғасынның 40 пайызы қожға өтеді, қождың құрамындағы қорғасын мөлшері 55 пайыз. Қожды тотықсыздандыру аумағына жібереді де, температураны 1250 °C дейін көтереді, сол кезде қорғасынның мөлшері 1–1,8 пайызға дейін төмендейді. Далдадағы арнайы тесіктер арқылы қара қорғасын қайтадан тотығу аумағына қайтып, онда түзілген қорғасынмен бірге сифон

арқылы ағызып алынады. Тотықсыздану аумағында температураны біртекті ұстау үшін көмір ұнтағы мен оттегімен жұмыс істейтін жанарғыны пайдаланады. Қожды сумен түйіршіктендіріп күресінге жібереді. Реакторда сағатына 8–10 т концентрат өнделеді, қара қорғасынға барлық мыс пен күміс өтеді, қорғасынның шығымы 99 пайызды құрайды [10].

Швецияда қорғасын концентраттарын конвертерде балқыту ТВРС әдісі қолданылады, бұл әдісті бай қорғасын концентратын қалқыма күйде электр пешінде балқытудың альтернативасы ретінде қолдануға болады.

Конвертордың ұзындығы 3,65 м, диаметрі 6 м, өсінің қиғаштығы 28 °С, айналу жылдамдығы 0–30 айн/мин реттеледі. Конвертордың беті тозаңдатқышпен тығыз жабылған. Конвертордың аузы және тозаңдатқышы арқылы екі газүрлеуіш өтеді: оның біреуі оттекті–отындық жанарғыдан, ал екіншісі шоғырланған құбыршалардан тұрады. Ішкісі арқылы концентрат тиейді, ал сыртқысы арқылы оттегімен байытылған ауа үрленеді. Концентратты ылғалдылығы 0,5 пайызға дейін кептіреді. Балқыту өнімдері желдетілетін жабық құбыр арқылы тасмалданады. Қорғасын концентратын ТВРС конверторда балқыту үрдісі екі сатыдан тұрады – балқыту және тотықсыздандыру. Бірінші сатыда галенит тотығады және реакциялы үрдістің арқасында қорғасын тотықсызданады. Екінші сатыда көміртегі мен реакциялы балқытудың арқасында қорғасын мен көміртегі тотығы тотықсызданады. Бірінші сатыда қорғасынның 50 пайызы тотықсызданып, ал қалғаны қожға өтеді. Ал екінші сатыдан кейін қожда 1–2 пайыз қорғасын қалады. Үрдістің температурасы оттегі мөлшерімен реттеліп, шамамен 1100 °С құрайды. Шаң мөлшері 15–20 пайыз, ал газдардағы күкірттің қос тотығының мөлшері 10 пайызды құрайды. Қорғасынның қара қорғасынға өтуі 70 пайыз құрайды, ал ондағы күкірттің мөлшері шамамен 0,5 пайыз құрайды [11].

#### 1.1.4 Тотықсыздандыра балқыту

Тотықсыздай балқыту – бұл алдын–ала күйдірілген және күйежентектел-ген концентратты шахталық пеште балқыту әдісі.

Сульфидтік қорғасын концентраты қождамамен араластырылып тотықтыра күйдіріледі:



Осы кезде басқа металдардың да сульфидтері тотығып, ал күйдірілетін қоспа күйежентектендіріліп агломератқа айналады. Кесектелген материал балқытуды шахталық пеште жүргізу үшін қажет [12].

Агломератты шахталық пеште балқытуды тотықсыздандырғыш атмосферада жүргізеді, демек пеш газдарында керекті мөлшерде көміртегі тотығы (II) – СО бар болғанда, қорғасынды тотық түрінен тотықсыздандыру келесі реакция бойынша жүреді:



Шахталық балқытудың жартылай өнімдерін рационалды өндегенде және тазартқанда шикіқұрамнан комплексті түрде қорғасынды, алтынды, күмісті, мысты, мырышты, висмутты, мышьякты, сурьманы, қалыңыны және басқа металлдарды бөліп алуға болады.

Тотықсыздай балқыту дүниежүзілік тәжірибеде қорғасынды кедей және бай концентраттардан алуға болатын негізгі әдіс болып саналады (1.1 кесте) және де болашақта да өзінің көшбасшылығын сақтайды. Тотықсыздай балқытуға және де мырыш сұйықтай конденсацияланатын қорғасынды – мырыш агломератын шахталық пеште балқыту да кіреді (Имперал–Смелтинг фирмасының үрдісі, Англия) [13].

1.1 Кесте – Қорғасынды алыс шетел елдерінде алу әдістері:

Алу әдісі	Еуропа		Азия		Африка		Америка		Австралия		Барлығы		
	Зауыттар саны	Өндіру көлемі, мың т/жыл	Зауыттар саны	Өндіру көлемі, мың т/жыл	Зауыттар саны	Өндіру көлемі, мың т/жыл	Зауыттар саны	Өндіру көлемі, мың т/жыл	Зауыттар саны	Өндіру көлемі, мың т/жыл	Зауыттар саны	Өндіру көлемі, мың т/жыл	Меншікті салмақ, пайыз
Шахталық балқыту	8	620	8	218	3	147	15	1223	2	430	36	2638	82,5
Имперал Смелтинг	4	153	2	54	1	28	–	–	1	33	8	268	8,4
КИВЦЭ Т–МҚ	1	84	–	–	–	–	1	100	–	–	2	184	5,8
Электр балқыту	1	65	1	24	–	–	–	–	–	–	2	89	2,8
Көріктік балқыту	1	17	–	–	–	–	–	–	–	–	1	17	0,5
Барлығы	15	939	11	296	4	175	16	1323	3	463	49	3196	100,0

Жоғарыда сипатталған әдістерден басқа да болашағы жоқ қорғасынды сульфид концентратынан алуға болатын бірқатар әдістер бар, олар: концентрат пен натрий сульфатын, соданы, сілтіні қарапайым жағдайда немесе вакуумде балқыту, концентратты 700 – 900 °С сутегімен өндеу, инерттік газ атмосферасында концентраттан қорғасын сульфидін төте буландыру және содан кейін будан қорғасынды сутегімен тотықсыздандыру, концентратты табағи газбен тотықсыздандыру [14].

ТМД елдеріндегі қорғасынды кен шикіқұрамынан өндірудің негізгі технологиясы болып алдын ала шикіқұрам агломерациялық күйдірілген



шахталық тотықсыздай балқыту болып саналады. Тек қана жылына 10 мың т қорғасын өндіретін «Дальполиметалл» зауытында көріктік балқыту технологиясы қолданылады. 1985 жылы «Қазмырыш» АҚ пайдалануға дүние жүзіндегі бірінші жобалық өнімділігі 350 т шикіқұрам тәулігіне тәжірибелік – өндірістік кешен КИВЦЭТ–МҚ пайдалануға берілді.

Осы жобада қорғасынды пирометаллургиялық әдіспен алу немесе шахталық тотықсыздай балқыту әдісі таңдалған.

Бұл әдістің артықшылықтары:

- бай және кедей концентраттарды өндеуге болады;
- шахталық балқытудың және тазарту үрдістерінің жартылай өнімдерін рационалды өндегенде шикіқұрамнан комплесті түрде қорғасынды, алтынды, күмісті, мысты, мырышты, висмутты, мышьякты, сурьманы, қалайыны және басқа металлдарды бөліп алуға болады.

Қорғасынды гидрометаллургиялық әдіспен алудың кемшіліктері:

- пирометаллургиялық әдістермен салыстырғанда жасалынатын операциялар саны көбірек;
- қорғасын қосылыстарын ерітетін арзан және жақсы еріткіш жоқ .

Қорғасынды өндіруде шахталық тотықсыздай балқыту әдісі басқа әдістермен салыстырғанда әмбебап болып саналады. Шахталық балқытуда құрамында минималды мөлшерде қорғасын бар шикіқұрамды өндеуге болады және көріктік пешпен салыстырғанда өнімділігі жоғары пештер қолдануға болады. Кендерді байытуға көп шығын кетпейді және гидрометаллургиялық әдіспен салыстырғанда жасалынатын операциялар саны өте аз.

Жоғарыда айтылғанға сүйеніп шахталық балқыту біздің аймақта тараған кедей, тотыққан және сульфидтік кендерден алуға ең жарамды әдіс деп тұжырым жасаймыз [15].

## **1.2 Шахталық пештерде тотықсыздандыра балқыту**

Шахталық пеште жүретін химиялық үрдістерге байланысты оның үш түрі болады:

- тотықсыздандыра;
- тотықтыра;
- тотықтыра–тотықсыздандыра.

Тотықсыздандыра балқытудың өзі екіге бөлінеді:

- сульфидтеусіз тотықсыздандыра балқыту;
- тотықсыздандыра–сульфидтей балқыту.

Шикіқұрамның балқытуға дайындалуы бойынша кенді, агломератты және түйіршіктерді балқыту деп бөледі.

Шахталық балқытудың мақсаты – құрамында алтын мен күміс бар қорғасынды максималды металл түрінде алу және құрамында агломераттың бос тау жыныстарының компоненттері еріген қож үйіндісін алу.

Бұл әдіспен қорғасынды өндірудің негізгі сатылары мынадай:

- агломерациялық күйдіру;
- қорғасын агломератын шахталық тотықсыздандыра балқыту;

- қара қорғасынды тазалау;
- шаңтүту [16].

Қорғасынды алу принципіалды сұлбасы бойынша бұл сатылардың қажеттілігін қарастырайық

Қорғасын концентраты, қождамалар және басқа да құрамында қорғасын бар материалдар шикіқұрам дайындауға жіберіледі, бұл жерде белгілі бір құрамдағы шикіқұрам дайындалады. Содан кейін шикіқұрамды агломерациялық күйдіруге жібереді, бұл жерде қорғасынның және басқа металлдардың сульфидтері тотығады. Бұл жерде құрамында тотық түрінде қорғасын және басқа металлдар бар агломерат және күкірт қышқылы өндірісіне жіберілетін құрамында 6–7 пайыз SO<sub>2</sub> бар газдар алынады.

Газдарды тазалағаннан алынған шаң сирек металлдарды алуға қажетті бағалы шикіқұрам.

Құрамында 32–44 пайыз қорғасыны бар агломерат шахталық тотықсыздай балқытуға жіберіледі. Агломераттың негізгі құраушылары болып қорғасын тотығы, қорғасын силикаттары мен ферриттері және де аздаған сульфид, сульфат және металл түріндегі қорғасын саналады. Мырыш және мыс негізінен бос тотық түрінде немесе силикат, феррит, сульфат түрлерінде болады. Агломератпен бірге балқытуға әртүрлі қорғасын өндірісінің айналым өнімдері (пеш сынықтары, айналым қождары және тағы басқа) жіберіледі. Мырыш өндірісінің айналым өнімдерін (мырышқалдық, мырыш және қорғасын қыштары және тағы басқа) жиі агломерациялық күйдіру шикіқұрамына қосып жібереді. Қождаманы балқыту шикіқұрамына көбінесе қоспайды, өйткені күйдірген кезде өздігінен балқитын агломерат аламыз [17].

Қорғасынды агломераттан тотықсыздандыруды көмртегімен немесе көміртегі тотығымен (II) жүргізеді. Шахталық балқытуда отын ретінде кокс қолданылады. Шахталық балқыту өнімдері:

- қара қорғасын (веркблей), әр–түрлі қоспалармен (мыспен, мышьякпен, сурьмамен, висмутпен, теллурмен, алтынмен және күміспен) ластанған;
- қож, құрамында бос тау жыныстарының және түсті металлдар (мырыш, қорғасын) тотықтары бар;
- штейн (құрамында 1 пайыз көп мыс бар концентраттарды өндегенде) және шпейза (құрамында мышьяк пен сурьма бар шикіқұрамды өндегенде);
- газдар мен шаң.

Пешке тилген шикіқұрам мен кокс мойыннан (тиелетін жерден) үрлеу–іштер белдігіне дейін қыздырылған газдарға қарсы жылжиды. Шикіқұрам пештің ішінде болғанда химиялық және физикалық өзгерістерге ұшырап, соның нәтижесінде айтылып кеткен балқытудың сұйық өнімдері мен газдар пайда болады. Шикіқұрам мойыннан төмен түскенде мынадай физика–химиялық өзгерістер байқалады: кептіру, судан айыру, тотықсыздандыру, штейн түзу, қож түзу және тағы басқалар.

Балқытудың сұйық өнімдері пештің ішкі көрігінде жиналып өздерінің меншікті салмақтарына қарай тұнады. Қара қорғасынды ішкі көріктен ағызып алып тазалауға жібереді. Штейн мен қожды сыртқы тұндырғышқа шығарады, бұл жерден штейн ары қарай өндеуге жіберіледі, ал қож мырышқа

бай болса, онда оны өндеуге жібереді. Қождан қорғасын мен мырышты бөліп алу үшін оны қожұшыруға жібереді. Қара қорғасынды қоспалардан тазарту үшін оны тазартады, соның нәтижесінде маркалық қорғасын алады, оны ары қарай тұтынушыға жібереді. Қара қорғасынды тазалағаннан пайда болған жартылай өнімдерден алтын, күміс, висмут, сурьма, мыс, мышьяк бөліп алуға болады [18].

Шаңданған пеш газдары шаңтұту қондырғыларына жіберіледі, содан кейін тазаланған газдарды атмосфераға лақтырады, ал шаңды өндеуге жібереді.

Тотықсыздандыра балқытуды кез келген металлургиялық агрегатта жүргізуге болады. Дегенмен шахталық пеште тотықсыздандырғыш атмосфераны тудырып және оны реттеу оңайырақ. Түсті металлургиядағы шахталық балқытудың барлық түрлері сумен суытылатын қабырғалары кессондалған шахталық пештерде жүргізіледі, сондықтан да мұндай пештерде кейде су көйлекті пештер деп атайды.

Қазіргі кездегі қорғасынды балқытатын шахталық пештерді сумен және бумен суытылатын кессондары бар тұрақты және айнымалы қимадағы деп бөледі.

Қазіргі кездегі шахталық пештердің көбінің барлық қабырғалары суытылады. Бұлардың ертеде кірпіштен қаланған пештерге қарағанда бір-қатар артықшылықтары бар. Кірпіштен қаланған қабырғалар қызып шикі-құрамның компоненттерімен әрекеттесіп, соның нәтижесінде қожданып бұзылады, сондықтан көп жөндеуді талап етеді. Қабырғасы сумен суытылатын шахталық пештерде қабырғалар көп қызбайды, сондықтан коррозия мен қождану болмайды. Кірпіштен қаланған пештердің жұмыс уақытын апталап санаған. Ал қабырғалары суытылатын металдан жасалған пеш 8–12 айға дейін жұмыс істейді. Пеште төрт қатар кессондар орналасқан, олар: үрлеуіштік, үрлеуіштен жоғарылық, шатырлық және газарналық деп бөлінеді. Кессондарға қажетті суық су қысыммен кессонның астыңғы жағынан беріледі. Ішкі қабырғаның жанында жылынған су жоғары көтеріліп ең жоғарғы жақта шығарылады. Кессоннан шыққан судың температурасы 60–70 °С. Судың жылуы кәдеге асырылмайды. Кессондары бар шахталық пештерді жөндеу тез өтеді. Күйіп кеткен кессонды 8–10 сағат ішінде өзгертуге болады. Кессондардың жұмыс істеу мерзімін арттыру үшін таза су қолдану керек.

Сумен суытылатын кессондары бар шахталық пештің едәуір жылуы сумен жоғалтылады. Бұл жоғалым әдетте 12–14 пайыз құрайды. Айта кететін жағдай су 40 °С немесе одан да жоғары температураға дейін қыздырылса, онда тұздар тұнады да кессондар қызып істен шығады. Жоғарғы әсерлікпен шахталық пешті буландыра суытуға болады. Сонда судың кессондарды суытуға шығыны 15 есе азаяды, ал пайда болатын жоғары қысымды 405,3–506,63 кПа буды зауыттың керек-жарағына жылдың кез келген кезінде қолдануға болады [19].

Буландыра суытуды қазіргі кездегі шахталық пештерге кессондардың және пештің өзгерісіз орнатуға болады. Қолайлы болу үшін айырғыш-ыдысты пештің үстіне орнату керек. Кессондағы қайнаған судың айналымы

кәдәмгі тиелетін және қайнайтын сулардың тығыздықтарының айырмасынан жүреді. Бумен суыту жүйесі былай жұмыс істейді. Айырғыш–ыдыстағы температурасы 110–115 °С су түсірім құбырларымен пештің кессондарының астыңғы жағына жетіп, одан кейін жоғарғы жағына бу–сулық эмульсия күйінде шығады. Бу–сулық эмульсия ыдысқа жиналып, айырылады да бөлінген бу жылуалмастырғышқа немесе тікелей өндіріске жіберіледі. Айырғыш ыдысты қамтамасыз ету үшін таза су қолданылады.

Қорғасынның негізгі бөлігі қатты агломераттан тотықсызданады. Қорғасынның бос тотығынан тотықсыздануы келесі реакциямен жүреді:



Тотықсыздану өте төмен (200 °С дейінгі) температураларда басталып және көміртегі тотығының аз концентрациясында тез жүреді [20].

Қорғасынның тотығынан жартылай және қатты көміртегінің көмегімен тотықсыздану реакциясы:



Бұл реакция 400–500 °С байқалады, бірақ шахталық пеште бұл реакцияның жүруіне мүмкіндік жоқ.

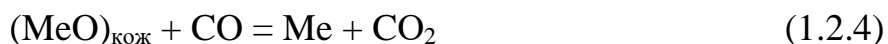
Қорғасын былай да жартылай тотықсызданады:



Бұл реакция 800 °С жоғары температурада қарқынды жүреді. Бұл реакцияның мәні жоқ.

Қорғасынның силикаттары пеште тез балқиды. Пештің шахтасымен ағып олар қызып өзінде басқа металлдардың тотығын ерітеді. Сондықтан қорғасын, мыс, темір және басқа металлдардың тотықтары шахталық балқытуда қождан тотықсызданады. Қож ыстық тотықсыздандырғыш газдарға қарсы ағады.

Жалпы металл тотықтарының қождан тотықсыздану реакциясы былай жазылады:



Қождағы тотықтың мөлшері аз болса, онда көміртегі тотығы көп жұмса–лады. Қорғасынның силикаттан тотықсыздануы оның өз тотығынан тотықсыздануына қарағанда қиынырақ. Қорғасынның силикаттан тотықсыздануына күшті негіздер (катиондар), мысалы, кальций ( $\text{Ca}^{2+}$ ) тотығы болысады, олар қорғасын ( $\text{Pb}^{2+}$ ) тотығын силикаттық күйден ығыстырады :



Қорғасынның силикаттық күйінен тотықсыздануына бір шама уақыт керек, сондықтан шахталық пеште тез балқытуға болмайды [21].

Қорғасынның ферриті салыстырмалы төмен температурада көміртегі тотығымен немесе қатты көміртегімен оңай тотықсызданады.

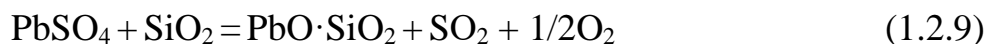
Қорғасын сульфатынан көміртегі тотығымен немесе қатты көміртегімен тотықсызданады. Реакциялар 550 – 630 °С басталып, қорғасынның сульфидіне дейін жүреді:



Қорғасын сульфатының бір бөлігі келесі реакция бойынша ыдырайды:



Кремний тотығы болса, онда қорғасынның сульфатының ыдырауы жыл–дамдайды:



Сульфидтің аз бөлігі қорғасынның тотығы немесе сульфатымен әрекет–тесіп металлдық қорғасын бөлуі мүмкін. Қорғасын сульфидінің қалған бөлігі басқа металлдар сульфидтерімен штейн түзеді [22].

Аздаған қорғасынды темірмен ығыстыру реакциясы жүреді:



сондықтан да агломератта көп сульфидтік күкірт болса, шахталық пешке темір жоңқа немесе басқа құрамында темір бар материал тиейді.

Агломератта мыс негізінен бос немесе силикат түрінде, ал аздағаны сульфид түрінде кездеседі.

$\text{Cu}_2\text{S}$  өзгеріске ұшырамай түгелдей штейнге өтеді.

Мыс (I) тотығы күйдіру дәрежесіне сәйкес өзгерістерге ұшырайды. Агломератта балқыту кезінде штейн түзілуге қажетті сульфидтік күкірт қалтырылса, онда мыс (I) тотығы бас сульфидтермен келесі реакция бойынша әрекеттеседі:



Мыс тотықтары металлға дейін оңай тотықсызданады:





Бірақ шикіқұрамда сульфидтік күкірт болса металлдық мыс онымен әрекеттесіп штейнге өтеді:

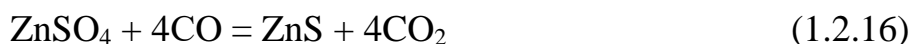


Агломератты түгел күйдірген кезде мыс тотық түрінде ғана болады. Ол металлға дейін тотықсызданып содан кейін қара қорғасынға өтіп оның балқу температурасын арттырады. Мыс силикаты тотықсыздана алмай қожға өтеді.

Мырыш агломератта тотық, сульфид және сульфат түрінде болады [23]. Мырыш сульфатының бір бөлігі балқыту кезінде ыдырайды :



және бір бөлігі сульфидке дейін тотықсызданады :



Осылайша мырыш сульфаты сульфидке және көміртегі (II) тотығына айналады.

Мырыш сульфиді шикіқұрамдағы зиянды қоспа болып саналады. Шикіқұрамды балқытқан кезде ол штейнге де, қожға да өтеді. Ол қождың меншікті салмағы мен балқу температурасын арттырады. Ал штейннің меншікті салмағын азайтып, балқу температурасын арттырады. Бұл жағдай штейн мен қождың шекарасын бұзып, олардың бөлінуін қиындатады. Мырыш сульфиді шектеулі мөлшерде штейнде ериді, ал оның мөлшері көп болса ол өзі бөлек көбік тәрізді фаза түзеді, ал ол болса балқу өнімдерін бөлуге бөгет жасайды. Бұндай штейн көрік қабырғаларында шоғырмақ түзеді және көріктегі сұйық қорғасынның бетінде қатты қабықша түзеді [24].

Сульфидтегі мырыштың бір бөлігі келесі реакциямен тотықсыздануы мүмкін:



Жоғарғы температурада (1000 °С жоғары) және өте жоғары тотықсыздандырғыш атмосферада мырыштың өз тотығынан тотықсыздануы жүреді:



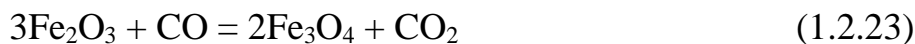
Тотықсызданған мырыштың қайнау температурасы төмен (906 °С), сондықтан пештің жоғарғы қабаттарына көтеріліп оттегімен, көмертегі тотығымен, су буымен әрекеттесіп тотығады:



Мырыш тотығының бір бөлігі пеш қабырғаларында шөгіп шоғырмақ түзеді, ал қалған бөлігі газдармен пештен шығады [25].

Егер концентратта көп мырыш болса, оны тотықтыруға тырысады, өйткені ол темір қождырында жақсы ериді..

Темір агломератта  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  және  $\text{FeO}$  түрінде кездеседі. Темірдің тотығының бір бөлігі қорғасынның, мыстың және мырыштың тотықтарымен байланысқан (ферриттер). Тотықсыздандырғыш шахталық пеш атмосфера–сында темірдің екі тотығы  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  және  $\text{FeO}$  болады, темірдің (III) тотығы мына реакция бойынша оңай тотықсызданады:



темірдің магниттік тотығы темірдің (II) тотығына дейін тотықсызданады:



$\text{FeO}$  металлға дейін тотықсызданбайды, өйткені ол үшін көміртегі тотығының концентрациясы жоғары және температура жоғары болуы керек. Темір металл түрінде пайда болғанда пеште шоғырмақтар пайда болады [26].

## 2 Технологиялық үрдісті есептеу

### 2.1 Агломераттың рационалдық құрамын есептеу.

2.1 Кесте – Агломераттың құрамы, пайыз.

Pb	Zn	Cu	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	As	Қалғаны	Барлығы
42,8	9,6	2,6	12,4	2,8	8,6	4,8	2,6	2,0	0,8	27,6	100

Минералогиялық талдаудың мәліметтері бойынша агломератта металлдар келесі қосылыстар түрінде болады:

- қорғасын – PbO, 2PbO·SiO<sub>2</sub>, PbO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, PbS;
- мырыш – ZnO және ZnS;
- мыс – Cu<sub>2</sub>O және Cu<sub>2</sub>S;
- темір – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Қалған металдар тотық түрінде болады.

Қорғасын агломератының рационалдық құрамын есептеген кезде күкірт, қорғасын және темірдің таралуын келесідей қабылдаймыз:

1 қорғасын аздап PbS, PbO түрінде жартылай бос күйінде және жартысы феррит және силикат түрлерінде;

2 күкірт сульфид түрінде (S<sub>SO<sub>4</sub></sub> күкірттің сульфат түрі аз мөлшерде, сондықтан оны ескермейміз): күкірттің 1/3 бөлігі PbS түрінде, күкірттің 1/2 бөлігі мырышпен ZnS түрінде ал қалған 1/6 бөлігі мыспен Cu<sub>2</sub>S түрінде болады;

3 темір тең мөлшерде Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> түрлерінде, бірақ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> түгелдей PbO-мен қосылыста.

Есептеуді 100 кг агломератқа жүргіземіз.

PbS мөлшерін анықтаймыз:

- S :  $2,8 \cdot 1/3 = 0,93$  кг;
- Pb:  $207,2 \cdot 0,93 : 32 = 6,02$  кг;
- PbS:  $6,02 + 0,93 = 6,95$  кг.

ZnS мөлшері:

- S:  $2,8 \cdot 1/2 = 1,4$  кг;
- Zn:  $1,4 \cdot 65,4 : 32 = 2,86$  кг;
- ZnS:  $1,4 + 2,86 = 4,26$  кг.

Cu<sub>2</sub>S мөлшері:

- S:  $2,8 \cdot 1/6 = 0,47$  кг;
- Cu:  $0,47 \cdot 127 : 32 = 1,87$  кг;
- Cu<sub>2</sub>S:  $1,87 + 0,47 = 2,34$  кг.

Қалған қорғасын мөлшері:  $42,8 - 6,02 = 36,78$  кг.

PbO мөлшерін анықтаймыз:

- Pb:  $36,78 \cdot 0,50 = 18,39$  кг;
- O:  $18,39 \cdot 16,0 : 207,2 = 1,42$  кг;



– PbO:  $18,39 + 1,42 = 19,81$  кг.

Cu<sub>2</sub>O мөлшері:

Қалған мыс  $2,6 - 1,87 = 0,73$  кг Cu<sub>2</sub>O түрінде болады.

– O:  $0,73 \cdot 16 : 127 = 0,09$  кг;

– Cu<sub>2</sub>O:  $0,73 + 0,09 = 0,82$  кг.

ZnO мөлшері:

Мырыштың ZnO түріндегі мөлшері:  $9,6 - 2,86 = 6,74$  кг;

– O:  $6,74 \cdot 16 : 65,4 = 1,65$  кг;

– ZnO:  $6,74 + 1,65 = 8,39$  кг.

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> мөлшері:

– Fe:  $12,4 \cdot 0,5 = 6,2$  кг;

– O:  $6,2 \cdot 48 : 112 = 2,66$  кг;

– Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:  $6,2 + 2,66 = 8,86$  кг.

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> мөлшері:

– Fe:  $12,4 \cdot 0,5 = 6,2$  кг;

– O:  $6,2 \cdot 64 : 168 = 2,36$  кг;

– Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:  $6,2 + 2,36 = 8,56$  кг.

PbO · Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> мөлшері:

– PbO:  $223,2 \cdot 8,86 : 160 = 12,36$  кг;

– Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:  $8,86$  кг;

– PbO · Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:  $8,86 + 12,36 = 21,22$  кг;

– Pb:  $12,36 \cdot 207,2 : 223,2 = 11,47$  кг;

– оттегінің PbO–дағы мөлшері:  $12,36 - 11,47 = 0,89$  кг.

2PbO · SiO<sub>2</sub> мөлшері:

Бұл қосылысқа келетіні:

– Pb:  $42,8 - 6,02 - 18,39 - 11,47 = 6,92$  кг;

– O:  $6,92 \cdot 16 : 207,2 = 0,53$  кг;

– PbO:  $6,92 + 0,53 = 7,45$  кг;

– 2PbO · SiO<sub>2</sub>:  $506,4 \cdot 7,45 : 446,4 = 8,45$  кг.

Кремнеземнің 2PbO · SiO<sub>2</sub>–дегі мөлшері:  $8,45 \cdot 60 : 506,4 = 1,00$  кг.

Бос кремнеземнің мөлшері SiO<sub>2</sub>:  $8,6 - 1,00 = 7,6$  кг.

Есептеулердің нәтижесін 2.2 кестеге еңгіземіз.

2.2 кесте – Агломераттың рационалдық құрамы

Қосылыс	Pb	Cu	Zn	Fe	Ss	CaO	SiO <sub>2</sub>	As	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	Басқа- лары	Жалпы масса, кг
PbO	18,39										1,42		19,81
2PbO · SiO <sub>2</sub>	6,92						1,00				0,53		8,45
PbS	6,02				0,93						0,89		6,95
PbO · Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,47			6,2							2,66		21,22
ZnO			6,74								1,65		8,39
ZnS			2,86		1,4								4,26
Cu <sub>2</sub> O		0,73									0,09		0,82
Cu <sub>2</sub> S		1,87			0,47								2,34
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>				6,2							2,36		8,56
SiO <sub>2</sub>							7,6						7,6
CaO						4,8							4,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>										2,6			2,6
MgO									2,0				2,0
As								0,8					0,8
Басқалары												1,4	1,4
Барлығы	42,8	2,6	9,6	12,4	2,8	4,8	8,6	0,8	2,0	2,6	9,6	1,4	100,0

## 2.1.2 Балқыту өнімдерінің құрамын есептеу

Штейннің құрамы мен мөлшерін есептейік.

Есептеуді 100 кг агломератқа жүргіземіз. Тәжірибе мәліметтеріне сүйеніп шахталық балқытудағы күкіртсіздену дәрежесін 30 пайыз деп қабылдаймыз, олай болса, күкірттің 70 пайызы мыс–қорғасын штейніне өтеді, оның құрамындағы күкірт мөлшері 20 пайыз.

Мыстың штейнге өтуін заут мәліметтері бойынша 80 пайыз деп аламыз:

$$2,6 \cdot 0,80 = 2,08 \text{ кг Cu}$$

Қорғасын зауытының тәжірибесі бойынша штейннің құрамын келесідей қабылдаймыз: 25 пайыз Cu, 12 пайыз Pb, 10 пайыз Zn, 22 пайыз S ал қалғаны Fe. Сонда штейннің шығымы :

$$2,08 \cdot 100 : 25 = 8,32 \text{ кг}$$

Штейннің құрамын есептейік:

– Cu:  $8,32 \cdot 0,25 = 2,08 \text{ кг}$ ,

– Pb:  $8,32 \cdot 0,12 = 1,00 \text{ кг}$ ,

– Zn:  $8,32 \cdot 0,10 = 0,83 \text{ кг}$ ,

– S:  $8,32 \cdot 0,22 = 1,83 \text{ кг}$ ,

– Fe:  $8,32 \cdot 0,31 = 2,58 \text{ кг}$

Барлық есептеулер нәтижесін кесте 2.3–ші кестеге еңгіземіз.

### 2.3 Кесте – Штейннің құрамы

Құрауыш	Кг	Пайыз
Cu	2,08	25,0
Pb	1,00	12,0
Zn	0,83	10,0
S	1,83	22,0
Fe	2,58	31,0
Барлығы	8,32	100,0

### 3 Экономика және өндірісті ұйымдастыру

#### 3.1 Негізгі және қосалқы жабдықтың құнын есептеу

Таңдалған технологиялық сұлба негізінде негізгі және қосалқы жабдықтар құнын есептейміз.

Есептелмеген жабдықтар жалпы құнның 15 пайызын құрайды:

$$75303000 \times 0,15 = 11295450 \text{ тенге.}$$

Ескерілмеген жабдықтардың амортизациялық аударымдары 8 пайыз:

$$11295450 \times 0,08 = 903636 \text{ тенге.}$$

#### 3.1 Кесте– Негізгі және қосалқы жабдықтар құны

Атауы	Саны	Жабдықтың бірлігінің құны, теңге	Жалпы құны, теңге	Амортизациялық аударымдар	
				Пайыз	Жиынты, теңге
Шахталық пеш	2	28800000	57600000	6,5	374400
Құйындатқыш	2	470000	940000	5,0	47000
Жеңдік сүзгі	2	960000	1920000	6,8	130560
Электртұндырғыш	1	2000000	2000000	5,5	110000
Кокс шанабы	4	122000	488000	6,4	31232
Агломерат шанабы	4	260000	640000	3,9	24960
Ауаурлегіш	1	135000	135000	4,5	6075
Тасымалдаушы	1	3800000	3800000	8,8	334400
Көпірлі жүккөтергіш	1	3085000	3085000	3,5	107975
Тельфер	1	115000	115000	2,7	3105
Троллейкара	2	90000	180000	7,0	12600
Таразы–вагон	2	1050000	2100000	6,9	144900
Қож шөміші	4	48000	192000	4,0	7680
Қорғасын шөміші	4	27000	108000	7,0	7560
Барлығы			75303000		1342447
Негіздеме	3 бөлім бойынша	«Қазмырыш» АҚ Ө МК бухгалтериясының мәліметтері бойынша			

Барлық жабдықтардан амортизациялық аударымдар:

$$7530300 + 903636 = 8433936 \text{ тенге.}$$

1 тонна қара қорғасынға:

$$\frac{8433936}{120000 \cdot 0,9} = 78,09 \text{ тенге.}$$

Жабдықтардың ағымды жөндеуіне жалпы құнның 3 пайыз шығындалады:

$$75303000 \times 0,03 = 2259080 \text{ тенге.}$$

1 тонна қара қорғасынға:

$$\frac{2259090}{120000 \cdot 0,9} = 20,91 \text{ тенге.}$$

Түтін құбырының бағасы 163200 теңге. Амортизациялық аударымдар 2,5 пайыз құрайды:

$$1632000 \cdot 0,025 = 40800 \text{ тенге.}$$

Барлық амортизациялық аударымдар:

$$3263856,41 + 40800,00 = 3304656,40 \text{ тенге.}$$

1 тонна қара қорғасынға:

$$\frac{3304656,4}{120000 \cdot 0,9} = 30,6 \text{ тенге.}$$

Ғимарат пен құрылыстардың ағымдық жөндеу шығын олардың жалпы құнының 1 пайыз құрайды:

$$102600848 + 1632000 = 104232848 \text{ тенге;}$$

$$104232848,00 \cdot 0,01 = 1042328,48 \text{ тенге.}$$

1 тонна қара қорғасынға:

$$\frac{1042328,48}{120000 \cdot 0,9} = 1,31 \text{ тенге.}$$

Ғимарат пен құрылыстарды жақсы күйде сақтау үшін шығындар олардың жалпы құнының 2 пайызын құрайды:

$$104232848,00 \times 0,02 = 2084656,96 \text{ тенге.}$$

1 тонна қара қорғасынға:

$$2084656,96 / (120000,00 \cdot 0,968) = 17,94 \text{ тенге.}$$

## **4 Жобаның қауіпсіздігі мен экологиялығы**

### **4.1 Электрлік қауіпсіздікті қамтамасыз ету**

Жобада электрлік қауіпсіздік іс–шаралары қарастырылған:

– өндірістік техниканың қауіпсіздіктеріне және қауіпсіздік техникасы талаптарына сай цехта контурлы жерге еңгізу өзекшелер мен болат жолақтары цех контурінде 4 Омдық кедергімен ал цехтағы жабдық 1000 В кернеулікте жұмыс істейді.

Электрлік двигательдер 220/ 380 кернеулікте жабық типте белгіленген.

Электрлік двигательдерге жеткізүші кабельдер болат құбырлармен жүргізіліп, қосылған орындарын қатерсіздендірілген. Барлық электр жүйесі сенімді түрде қатерсіздендіріліп жермен қосылған.

### **4.2 Жарықтандауды ұйымдастыру**

Санитарлық нормалар мен ережелерге сәйкес күндізгі жарықтандыру қабырғадағы жарықтандырғыш саңылаулар арқылы жүзеге асырылады. Табиғи жарық жетіспеген жағдайда жұмыс орындары лампалармен жабық тип жарықтандырғыштар мен ДРЛ–250 жарық шығарғыш айналар арқылы орындалады. Лампа қуаты 250 Вт, кернеуі 220 В, жылжымалы құрылымдарда лампалар кранштейндер арқылы ілімде немесе 3,5 м биіктіктен жоғары бекітіледі. Жұмыс орнының жарықтасында 50 лк, зертханаларда 300 лк, жуынып, шешінетін жерлерге 25 лк.

Цехтың сыртжағын жарықтандыру сынапты лампалары бар шамдар 6–14 м биіктікте орналасқан.

### **4.3 Өртке қарсы қауіпсіздік іс–шаралары**

Шахта пешінде балқытуды жобалаушы ыстық цех болып табылады, өртке қарсы қауіпсіздігі жөнінен «Г» санатына жатады. Жобалаушы цехта өрт туғызатын себептер ашық өрт электрмен пісіру балқытуда заттардың сумен жанасуы кезінде қопарылыс тұтануы, кокс жанып тұрғанда төгіліп кетуі балқымалы еденге түгілуінен.

Санитарлық нормамен ережелері бойынша өртті болдырмас үшін төмендегі іс–шаралар қарастырылған:

– жобалаушы цех ғимараты жанбайтын материалдардан: кірпіштен, бетоннан, темір бетоннан металдан жасалады. Сыртқы кірпіш қабырғаның қалыңдығы 2 кірпіштің қалыңдығындай. Басқыш аласа, тасымалдауға ыңғайлы.

– шығуға арналған 2 есік қарастырылған;

– цехтың ғимараты айналасында подъездік жолдар бар;

– цехтың едені болат плиталармен салынған.

– қорытпа шығару үшін қорда қазандықтар болады.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада қорғасын агломератын шахталық балқыту және өнімділігі 878 т/тәулік. Болғандағы пеш есептелген. Есептеу барысында 100 кг агломератта 41,43 кг қорғасын болатыны алынды, оның құрамында 96,8 пайыз Pb, 0,63 пайыз Cu, 1,62 As, 0,06 пайыз S және 0,89 пайыз өзгелері. Агломератпен бірге 11 кг кокс және 30 пайыз оттегімен қаныққан 54,19 м<sup>3</sup> ауа үрленеді (100 кг агломератқа). Шахталық балқыту үрдісінде қара қорғасын мен қатар 42,88 кг қож, 8,32 кг штейн, 1,78 кг шаң және 84,54 кг газдар алынады.

Пештің негізгі өлшемдерін есептеу тәжірибелік мәліметтер негізінде жасалынған, бұл есептеулер негізінде өнімділігі агломерат бойынша 878 т/тәулік. пештің жұмыс ауданындағы көлденең қимасының ауданы 11,21 м<sup>2</sup>, пеш ұзындығы 8 м, ал пештің ені 1,4 м.

Сонымен қатар шахталық пештер бөлімінде жұмыс істеу кезіндегі негізгі еңбекті қорғау ережелері келтірілген.

Жобада апаратты – технологиялық таңдау, қорғасын агломератын шахталық балқыту үрдісінің материалдық және жылулық балансын есептеу жүргізілген.

Өндірісті қарқындандыру мақсатымен үрлеуіштің жаңа құрылымы ұсынылған. Бұл ұсыныс үрлеуішке қызмет көрсетуді жеңілдетеді.

Жобада қажетті көлемде қоршаған ортаны қорғау және экология бойынша сұрақтар қарастырылған. Жобада үрдісті бақылау және реттеу жүйесін автоматтандыру қарастырылған.

Жобада технологиялық сұлба таңдалынған, металлургиялық, материалдық және жылулық баланс есептеулері жүргізілген. Есептеулер нәтижесінде бөлімшедегі негізгі және қосалқы қондырғылар таңдап алынған.

Жобада сәулетті – құрылыстық, қоршаған ортаны қорғау және еңбек қауіпсіздігі бойынша шешімдер қабылданған.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Романтеев Ю.П. Металлургия свинца. – Алматы, 1998
- 2 Бейлин Я.З., Интыкбаев А.М. Шахтная плавка свинцового агломерата. – М.: Metallurgia, 1974. – 144 с.
- 3 Лунев В.Е. Слово о свинце. – М.: Metallurgia, 1964. – 108 с.
- 4 Абланов А.Д., Нургалиев Д.Н. Свинец: дорога через века. – Алма-Ата: Наука, 1984. – 95 с.
- 5 Лакерник М.М., Севрюков Н.Н. Металлургия цветных металлов. – М.: Metallurgizdat, 1957. – 538 с.
- 6 Инструкция по охране труда для всех работающих на промышленном комплексе «Металлургическое производство» ОАО «Казцинк», Усть-Каменогорск, 1999 г.
- 7 Дайн Я.Ф. Контроль и регулирование технологических процессов в металлургии. – М.: Metallurgia, 1966. – 152 с.
- 8 Основы металлургии. Т. VII. Технологическое оборудование предприятий цветной металлургии. Под ред. И.А. Стригина, А.И. Басова, Ф.П. Ельцева, А.В. Троицкого. – М.: Metallurgia, 1975. – 1008 с.
- 9 Металлургическая теплотехника. В 2-х томах. Т.2. Конструкция и работа печей. / Под ред. Кривандина В.А., Неведомской И.Н., Кобахидзе В.В. и др. – М.: Metallurgia, 1986. – 592 с.
- 10 Шейн Я.П., Гудима Н.В. Краткий справочник металлурга по цветным металлам. – М.: Metallurgia, 1964. – 412 с.
- 11 А.с. 769258 (СССР), М.Кл.<sup>3</sup> F 27 В 1/16, С 21 С 5/48. Фурма шахтной печи / В.А. Дурасов, Д.П. Чернышев, М.Р. Русаков и др. (СССР). № 2656936/29–02; Заяв. 21.08.78; – Оpubл. 07.10.80. Бюл. № 37. – 2с.: ил. 1.
- 12 Захаров Б.Н. и Воробьев В.А. Шахтная плавка окисленных никелевых руд и конвертирование никелевых штейнов.–М.:Metallurgia, 1974, с. 40 – 42.
- 13 Авторское свидетельство СССР № 602558, кл. С 21С 5/48, 1976 (прототип).
- 14 Основные процессы и аппараты химической технологии. /Под ред. Ю.И. Дымнерского. – М.: Химия, 1983. – 271 с.
- 15 СНиП 11–89–80\*. Генеральные планы промышленных предприятий. – М., 1994.
- 16 Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. – М.: Metallurgizdat, 1995.–460 с.
- 17 Хан О.А., Комков Н.М., Гончарова Н.Г. Проектирование металлургических цехов и предприятий: Методические указания к дипломному проектированию. /ВКТУ. – Усть–Каменогорск, 1999. – 62 с.
- 18 Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия Pb и Zn. – М.: Metallurgia, 1977. – 335 с.
- 19 Лебедева К.В. Охрана труда на предприятиях цветной металлургии: Уч. пособие для техникумов. – М.: Metallurgia, 1981. – 392 с.



- 20 Грацерштейн И.М. Организация и планирование предприятий цветной металлургии. – М., 1966. – 675 с.
- 21 Грацерштейн И.М. Экономика, организация и планирование производства цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1985. – 565 с.
- 22 Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов. – М.: Металлургия, 1968 2–е изд., 499 с.
- 23 Багров О.Н. Испарительное охлаждение печей в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1979. – 423 с.
- 24 Шиврин Г.Н. Металлургия свинца и цинка: Учеб. пособие для техникумов цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1991. – 214 с.
- 25 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учеб. пособие для вузов. – 9–е изд., испр. – М.: Химия, 1973. – 725 с.
- 26 Бошняков Е.М. Вентиляция в цехах основных производств в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 420 с.

## А ҚОСЫМШАСЫ

### Қожды есептеу

Қожды компоненттері бойынша есептегенде агломераттағы қожды түзуші және кокстың күлін ескереміз.

Есептеуді 100 кг агломератқа жүргіземіз.

Зауыт тәжірибесіне сүйеніп балқыту қалыпты жүруге қажетті кокстың шығынын 11 пайыз деп қабылдаймыз, ал Кузнецк коксының күлділігі 10 пайыз, болғанда кокстың шығыны:

$$100 \cdot 0,11 \cdot 0,10 = 1,1 \text{ кг.}$$

Күлдің құрамы келесі: 48 пайыз  $\text{SiO}_2$ , 37 пайыз  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 12 пайыз  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , (оның 6,7 пайызы  $\text{Fe}$   $\text{FeO}$  түрінде), 3 пайыз  $\text{CaO}$ .

Балқыту кезінде қожға агломераттан және кокс күлінен өтеді:

$$- \text{SiO}_2: 8,6 + 1,1 \cdot 0,48 = 9,13 \text{ кг,}$$

$$- \text{CaO}: 4,8 + 1,1 \cdot 0,03 = 4,83 \text{ кг,}$$

$$- \text{FeO}: (12,4 + 1,1 \cdot 0,12 - 2,58) \cdot 71,8 : 55,8 = 12,81 \text{ кг,}$$

$$- \text{Al}_2\text{O}_3: 2,6 + 1,1 \cdot 0,37 = 3,01 \text{ кг,}$$

$$- \text{MgO}: 2,0 \text{ кг}$$

«Қазмырыш» зауытының тәжірибесі бойынша  $\text{Zn}$  агломераттан қожға өтуін 75 пайыз деп қабылдаймыз, осылайша қазіргі кезде балқытуды мырышқа бай қождармен және оттегімен байытылған газүрлеуді қолданғанда қож түзушілердің қосындысын 95 пайыз болады. Формуладағы 81,4 және 65,4 бұл  $\text{ZnO}$  және  $\text{Zn}$  молекулярлық массалары.

$$\text{ZnO}: 9,6 \cdot 0,75 \cdot 81,4 : 65,4 = 8,96 \text{ кг}$$

Қождағы тотықтардың қосындысын 95 пайыз деп қабылдап, қождың шығымын есептейік:

$$(9,13 + 4,83 + 12,81 + 3,01 + 2,0 + 8,96) \cdot 100 : 95 = 42,88 \text{ кг}$$

Күресін қожда 1,2 пайыз  $\text{Pb}$  және 0,60 пайыз  $\text{Cu}$  болады, сонда олардың мөлшері:

$$- \text{Pb}: 42,88 \cdot 1,2 : 100 = 0,51 \text{ кг;}$$

$$- \text{Cu}: 42,88 \cdot 0,006 = 0,26 \text{ кг.}$$

Нәтижелерді А.1 кестеге еңгіземіз.

Агломератты өздігінен балқытуға алынған қож бойынша тексереміз.

Негізгі қож түзішулер  $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZnO}$ , олар қождың қасиеттерін анықтайды, егер агломерат өзі балқытын болса, онда алынатын қож балқытудың қалыпты жүруін және өзінің түзілуіне қождамалар талап етпеуі керек.

Шахталық балқытуды оттегімен байытылған газүрлеумен жүргізгенде қождағы  $\text{FeO}$  мен  $\text{ZnO}$  екеуінің тәуелділігін сақтамауға болады. Пеш құрамында темірі аз және мырышы көп қожбен жақсы балқытады.

Зауыттың тәжірибесі бойынша осы агломератпен пештің қалыпты және тұрақты жүрісі қождың мына құрамында болады:

$$- \text{ZnO} - 25 \text{ пайызға дейін;}$$

- FeO – 26 пайыздан 38 пайызға дейін;
- SiO<sub>2</sub> – 18 пайыздан 24 пайызға дейін;
- CaO – 10 пайыздан 16 пайызға дейін.

#### А.1 Кесте – Қождың құрамы

Құраушылар	Кг	Пайыз
Pb	0,51	1,2
Cu	0,26	0,60
ZnO	8,96	20,90
SiO <sub>2</sub>	9,13	21,29
CaO	4,83	11,26
FeO	12,81	29,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,01	7,02
MgO	2,0	4,66
Басқалары	1,37	3,20
Барлығы	42,88	100,0

Алынған қож көрсеткіштерді қанағаттандырады. Қождың дұрыстығын оның тығыздығы, тұтқырлығы және балқу температурасы бойынша анықтаймыз.

Қождың тығыздығын әр компоненттің тығыздығы бойынша аддитивті әдіспен анықтаймыз:

$$\gamma_{\text{шл}} = (C_{\text{ZnO}} \cdot d_{\text{ZnO}} + C_{\text{Al}_2\text{O}_3} \cdot d_{\text{Al}_2\text{O}_3} + C_{\text{FeO}} \cdot d_{\text{FeO}} + C_{\text{SiO}_2} \cdot d_{\text{SiO}_2} + C_{\text{CaO}} \cdot d_{\text{CaO}} + C_{\text{өзг}} \cdot d_{\text{өзг}}) : 100 \quad (1)$$

мұндағы  $C$  – қождағы металл тотықтарының мөлшері, пайыз;

$d$  – компоненттер тығыздығы, г/см<sup>3</sup>.

$$\gamma_{\text{кож}} = (20,90 \cdot 5,2 + 7,02 \cdot 2,3 + 29,87 \cdot 5,2 + 21,29 \cdot 2,2 + 11,26 \cdot 3,4 + 3,2 \cdot 3,0) : 100 = 3,75 \text{ г/см}^3$$

Тәжірибе және әдебиет бойынша қождардың тығыздығы 3,5 – 4,0 г/см<sup>3</sup> болады.

Қождың тұтқырлығы және балқу температурасы FeO – CaO – SiO<sub>2</sub> жүйесі бойынша балқу және тұтқырлық Вейнарт және Лоскутова диаграммалары бойынша анықталады, ол үшін осы үш компонент бойынша қожды есептейміз. FeO – CaO – SiO<sub>2</sub> жүйесі бойынша қождың құрамы:

$$12,81 + 4,83 + 9,13 = 26,77 \text{ кг}$$

$$26,77 \text{ кг} - 100 \text{ пайыз}$$

$$12,81 \text{ кг} - x_1 \text{ пайыз}$$

$$4,81 \text{ кг} - x_2 \text{ пайыз}$$

$$9,13 \text{ кг} - x_3 \text{ пайыз}$$

$$x_1 = 47,85 \text{ пайыз FeO}$$

$$x_2 = 18,04 \text{ пайыз CaO}$$

$$x_3 = 34,11 \text{ пайыз SiO}_2$$

Вейнарт–Лоскутов диаграммасы бойынша бұл қождың балқу температурасы  $1100^{\circ}\text{C}$  және тұтқырлығы  $1-2\text{Пз (пуаз)}=0,1-0,2\text{ Па}\cdot\text{с}$ .

#### Шаңды есептеу

Қорғасын зауытының тәжірибесі бойынша биік сусымалы пештер қолдану пайдалы, сонда шаңның шығуы  $1,5-2,5$  пайыз, қорғасын агломераттан толығырақ шығарылады, қорғасынның қождағы мөлшері азаяды  $1,0-1,5$  пайыз, және де мысты штейнге өткізгенде қорғасынның қара қорғасындағы мөлшері артады.

Тиелген  $111\text{ кг}$  шикіқұрамнан шаңның шығуы  $1,6$  пайыз болғанда, оның мөлшері:  $111 \cdot 0,016 = 1,78\text{ кг}$

Шаң құрамы бойынша шикіқұрамға ұқсас. Шаңның басқа компоненттерінің құрамдық мөлшерін анықтайық.

Тәжірибе бойынша осы агломератты шахталық пеште балқытқанда, шаңның құрамы мынадай болады:

–  $60$  пайыз Pb, бұл:  $1,78 \cdot 0,60 = 1,07\text{ кг}$  құрайды; қорғасынның агломераттан шаңмен шығуы  $2,5$  пайыз болғанда;

–  $25$  пайыз Zn, бұл:  $1,78 \cdot 0,25 = 0,45\text{ кг}$  құрайды, оның жоғары ұшқыштығына байланысты;

–  $3$  пайыз As, бұл:  $1,78 \cdot 0,03 = 0,05\text{ кг}$  құрайды;

–  $12$  пайыз қалған сирек металдарға және басқа компоненттерге келеді:  $1,78 - (1,07 + 0,45 + 0,05) = 0,21\text{ кг}$ .

Есептеулер нәтижесін кесте А.2 еңгіземіз.

#### А.2 Кесте – Шаңның құрамы

Құраушылар	Кг	Пайыз
Pb	1,07	60,0
Zn	0,45	25,0
As	0,05	3,0
Басқалары	0,21	12,0
Барлығы	1,78	100,0

#### Қара қорғасынды есептеу

Зауыттың тәжірибесі бойынша қорғасынның қожға өтеді  $1,0-1,5$  пайыз болады,  $1,2$  пайыз деп қабылдаймыз, бұл:  $42,88 \cdot 0,012 = 0,51\text{ кг}$  құрайды.

Қалған қорғасын қара қорғасынға өтеді:

$$42,88 - 1,00 - 0,51 - 1,07 = 40,3\text{ кг}$$

Қара қорғасындағы қорғасынның мөлшері  $96,8$  пайыз болғанда оның шығымы:

$$40,32 : 0,968 = 41,63\text{ кг}$$

Мыстың қождағы мөлшері 0,60 пайыз, бұл:

$$42,88 \cdot 0,006 = 0,26 \text{ кг құрайды.}$$

Қалған мыс (шаңмен шыққанды есептемегенде), қара қорғасынға өтеді:

$$2,6 - 2,08 - 0,26 = 0,26$$

және қара қорғасынның:

$$0,26 \cdot 100 : 41,63 = 0,62 \text{ пайыз құрайды.}$$

Мырыштың 75 пайызы қожға өтеді, бұл:

$$9,6 \cdot 0,75 = 7,2 \text{ кг Zn құрайды, немесе}$$

$$7,2 \cdot 81,4 : 65,4 = 8,96 \text{ кг ZnO.}$$

Қара қорғасында мырыш болмайды. Ал шаңда 25 пайыз, бұл 0,45 кг Zn құрайды.

Қождағы As мөлшері 0,2 пайыз, бұл:

$$42,88 \cdot 0,002 = 0,086 \text{ кг құрайды.}$$

Қалған As қара қорғасында шоғырланады:

$$0,8 - 0,086 - 0,05 = 0,66 \text{ кг,}$$

бұл қара қорғасынның:

$$0,66 \cdot 100 : 41,63 = 1,59 \text{ пайыз құрайды.}$$

Күкірттің қара қорғасындағы мөлшері әдетте 0,05 – 0,1 пайыз болады. Есептеуде 0,06 пайыз деп қабылдап, бұл:

$$41,63 \cdot 0,06 : 100 = 0,025 \text{ кг S құрайды.}$$

Қара қорғасындағы 0,39 кг (айырым бойынша) сирек және асыл металдарға сәйкестіріледі. Есептеулерді А.3–шы кестеге еңгіземіз.

Ауа мен газдарды есептеу

Газүрлеуді оттегімен 30 пайыз байытқанда кокстың тотығуы жай ауа үрлегенмен салыстырғанда толығырақ жүреді, көміртегінің 60 пайызы  $\text{CO}_2$ -ге, жанады ал 40 пайызы  $\text{CO}$ -ға жанады.

100 кг агломератқа шаққанда кокстың шығыны 11 кг, кокстың күлділігі

10 пайыз, осыдан костың жанатын мөлшері:

$$11,0 - 1,1 = 9,9 \text{ кг С.}$$

### А.3 Кесте – Қара қорғасынның құрамы

Құраушылар	Кг	Пайыз
Pb	40,3	96,8
Cu	0,26	0,62
Zn	–	–
As	0,66	1,59
S	0,025	0,06
Өзгелер (Au, Ag, Se, Te)	0,385	0,93
Жиыны	41,63	100

Оның ішінде  $\text{CO}_2$  дейін жанатыны:

$$9,9 \cdot 0,60 = 5,94 \text{ кг көміртегі}$$

және  $\text{CO}$  дейін жанатыны:

$$9,9 \cdot 0,40 = 3,96 \text{ кг көміртегі.}$$

Тотығу реакцияларына жұмсалады оттегі:



оттегі:  $5,94 \cdot 32 : 12 = 15,84 \text{ кг}$



оттегі:  $3,96 \cdot 32 : 24 = 5,28 \text{ кг.}$

Сонда барлық оттегі:

$$15,84 + 5,28 = 21,12 \text{ кг.}$$

Ауаны 30 пайыз оттегімен байытқанда, азоттың мөлшері 70 пайыз болады, сонда  $\text{N}_2$  мөлшері:

$$21,12 \cdot 70 : 30 = 49,28 \text{ кг.}$$

Сонымен барлық ауа мөлшері:

$$Q_{\text{ауа}} = 21,12 + 49,28 = 70,4 \text{ кг}$$

Тығыздықтары  $\rho_{\text{O}_2} = 1,43 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{N}} = 1,25 \text{ кг/м}^3$ , сонда:

$$Q_{\text{ауа}} = 21,12 : 1,43 + 49,28 : 1,25 = 54,19 \text{ м}^3$$

Пеште көміртегін жаққандағы түзілетін газдар мөлшерін есептейік:

$$- \text{CO}_2: 5,94 \cdot 44 : 12 = 21,78 \text{ кг};$$

$$- \text{CO}: 3,96 \cdot 56 : 24 = 9,24 \text{ кг};$$

$$- \text{N}_2: 49,28 \text{ кг}.$$

$$Q_{\text{газ}} = Q_{\text{CO}_2} + Q_{\text{CO}} + Q_{\text{N}_2} = 21,78 + 9,24 + 49,28 = 80,3 \text{ кг}$$

Бірақ тәжірибедегі пеш газдарының құрамы есептелген құрамнан бөлек. Қорғасын сульфид түрінде штейнге, қожға, шаңға өтеді:

$$1,00 + 0,51 + 1,07 = 2,58 \text{ кг Pb}$$

$$x = 3,97 \cdot 2 \cdot 223,2 : 239,2 = 7,41 \text{ кг PbO}$$

және түзілген  $\text{SO}_2$  мөлшері:

$$y = 3,97 \cdot 64 : 239,2 = 1,06 \text{ кг SO}_2$$

Тотықсызданған  $\text{PbO}$  мөлшері:

$$18,39 + (8,45 - 2,58) - 7,41 = 16,85 \text{ кг PbO}$$

бұл жерде  $x$  кг  $\text{CO}$  шығынданады және  $y$  кг  $\text{CO}_2$  түзіледі:

$$- x: 16,85 \cdot 28 : 223,2 = 2,11 \text{ кг CO};$$

$$- y: 16,85 \cdot 44 : 223,2 = 3,32 \text{ кг CO}_2.$$

Агломераттағы  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  мөлшері 8,86 кг.

Есептеуде кокс күліндегі темір  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  түрінде деп қабылдаймыз:

$$11,0 \cdot 0,10 \cdot 0,12 = 0,13 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$\text{Барлығы: } 8,86 + 0,13 = 8,99 \text{ кг Fe}_2\text{O}_3$$

$$x = 8,99 \cdot 28 : 159,8 = 1,58 \text{ кг CO}$$

$$y = 8,99 \cdot 44 : 159,8 = 2,48 \text{ кг CO}_2$$

Әрекеттесетін 8,56 кг  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CO}$  шығыны:

$$x = 8,56 \cdot 28 : 231,7 = 1,03 \text{ кг CO}$$

CO<sub>2</sub> түзіледі:

$$y: 8,56 \cdot 44 : 231,7 = 1,63 \text{ кг CO}_2.$$

Бұлардан басқа және де шикіқұрамның ылғалдылығы ескеріледі, біздің жағдайымызда агломерат ылғалдылығы нольге тең, ал кокстікі 4 пайыз, сонда бу мөлшері:

$$\text{H}_2\text{O (бу)} - 11,0 \cdot 0,04 = 0,44 \text{ кг.}$$

CO шығыны:

$$2,11 + 1,58 + 1,03 = 4,72 \text{ кг CO.}$$

CO<sub>2</sub> түзілу мөлшері:

$$3,32 + 2,48 + 1,63 = 7,43 \text{ кг CO}_2.$$

SO<sub>2</sub> түзілу мөлшері 1,06 кг SO<sub>2</sub>.

Сонда газға өтетіні:

$$- \text{CO} = 9,24 - 4,72 = 4,52 \text{ кг CO};$$

$$- \text{CO}_2 = 21,78 + 7,43 = 29,21 \text{ кг CO}_2 \text{ немесе } 29,21 : 44 \cdot 22,4 = 14,87 \text{ м}^3;$$

$$- \text{SO}_2 = 1,06 \text{ кг.}$$

Есептеу нәтижелерін кесте А.4 енгіземіз.

А.4 Кесте – Ұшып кететін газдардың мөлшері мен құрамы

Құраушы	Кг	Пайыз	Н·м <sup>3</sup>	Пайыз
CO <sub>2</sub>	29,21	34,56	14,87	25,28
CO	4,52	5,35	3,62	6,15
SO <sub>2</sub>	1,06	1,25	0,37	0,63
N <sub>2</sub>	49,28	58,32	39,42	67,01
H <sub>2</sub> O	0,44	0,52	0,55	0,93
Барлығы	84,51	100,0	58,83	100,0

Балқытудың материалдық балансы

Материалдық баланс құру үшін ұшып кететін газдардың құрамын барлық элементтер бойынша есептейміз:

$$- \text{CO}_2\text{-дегі көміртегі: } 29,21 \cdot 12 : 44 = 7,97 \text{ кг};$$

$$- \text{O: } 29,21 - 7,97 = 21,24 \text{ кг};$$

$$- \text{CO-дағы көміртегі: } 4,52 \cdot 12 : 28 = 1,93 \text{ кг};$$

$$- \text{CO-дағы оттегі: } 4,52 - 1,93 = 2,59 \text{ кг.}$$

$$\text{Барлық C: } 7,97 + 1,93 = 9,9 \text{ кг.}$$

$$\text{SO}_2\text{-дегі күкірт: } 1,06 \cdot 32 : 64 = 0,53 \text{ кг};$$



$$O: 1,06 - 0,53 = 0,53 \text{ кг.}$$

$$\text{Барлығы: } 21,24 + 2,59 + 0,53 = 24,36 \text{ кг.}$$

Балқытудың материалдық балансын құрамыз оны А.5 кестеге еңгіземіз.

Кіріс пен шығыс материалдық балансын құрғанда айырмасы +2,36 болды, бұл:  $2,36 \cdot 100 : 181,4 = 1,3$  пайыз құрайды.

Айырма 3 пайыздан аспайды, осы шартты қорғасын агломератын шахталық пеште тотықсыздай балқыту теориясы талап етеді. Демек осы құрамдағы агломерат және осы газүрлеумен шахталық пештің жұмыс жүрісі сақталады.

Пешті есептеу

Шахталық пештің параметрлерін және ауаүрлегіш машинаны есептеу

Оптималды газүрлеу мөлшерін есептейік.

Бұл есептеу келесі формуламен жүргізіледі:

$$K_0 = (0,6 - 0,9) K, \text{ Н} \cdot \text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{мин}) \quad (3)$$

мұндағы  $(0,6 - 0,9)$  – шикіқұрамды ірілігі бойынша сұрыптау коэффициенті;

$K$  – шикіқұрамның дінгегі бұзылатын шекті газүрлеу мөлшері.

Пештің биіктігі бойынша көлденен қимасы өзгермегенде және шикіқұрам дінгегі 4–5 м болғанда,  $K$  мына формуламен анықталады:

$$K = \frac{265 \cdot \omega_2 \cdot \alpha}{\varphi} \sqrt{\frac{h_1 \gamma_1 + h_2 \gamma_2}{\gamma_0^2 \left( 1 + \beta t_{cp}^2 \cdot \left( \frac{h_1}{l_1} \left( \frac{2\omega_1}{\omega_1 + \omega_2} \right)^2 + \frac{h_2}{l_2} \left( \frac{2\omega_1}{\omega_1 + \omega_2} \right) \right) \right)}}, \quad (4)$$

мұндағы  $\beta = \frac{1}{273}$  – ауысу коэффициенті;

$\alpha = 0,6$  – кесектер үйкелісін ескеретін өлшемсіз коэффициент;

$\varphi$  – ұшып кететін газ мөлшері, газүрлеу бірлігіне санағанда. Біздің есептеуде:  $58,83 : 54,19 = 1,09 \text{ м}^3 / \text{м}^3 = 1,09$ ;

$\omega_{1,2}$  – тиелген материал қабатындағы өтуге жарамды бос аудандар, кокс үшін  $\omega_2 = 0,125$ ; агломерат үшін  $\omega_1 = 0,15$

$h_{1,2}$  – шикіқұрам көлемінің бірлігіндегі әр шикіқұрамның биіктік үлесі.

Есептеуде 100 кг агломератқа жүргіземіз. Агломераттың үйінді массасын  $1,1 \text{ т} / \text{м}^3$ , ал кокстікі –  $0,45 \text{ т} / \text{м}^3$ .

Агломераттың көлемі:  $V_{\text{ар}} = 100 : 1,1 = 90,91 \text{ м}^3$ .

Кокстың көлемі:  $V_{\text{кокс}} = 11,0 : 0,45 = 24,44 \text{ м}^3$ .

Шикіқұрамның жиынды көлемі:  $V_{\text{ших}} = 90,91 + 24,44 = 115,35 \text{ м}^3$ .

Шикіқұрам көлемінің бірлігіндегі кокстың үлесі:

$$h_1 = 24,44 : 115,35 = 0,21;$$

А.5 Кесте – Балқытудың материалдық балансы

Материал мен өнім	Барлығы		Pb	Cu	Zn	Fe	CaO	SiO <sub>2</sub>	S	As	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Басқалары	O <sub>2</sub>	C	N <sub>2</sub>
	кг	пайыз														
Кіріс																
Агломерат	100,0	55,13	42,88	2,6	9,6	12,4	4,8	8,6	2,8	0,8	2,0	2,6	1,4	9,6	–	–
Кокс	11,0	6,06				0,13	0,03	0,53				0,41			9,9	
Газұрлеу	70,4	38,81												21,12	–	49,28
Барлығы	181,48	100	42,88	2,6	9,6	12,53	4,83	9,13	2,8	0,8	2,0	3,01	1,4	30,72	9,9	49,28
ШЫҒЫС																
Қара қорғасын	41,55	22,91	40,3	0,26					0,025	0,66			0,39			
Штейн	8,32	4,59	1,00	2,08	0,83	2,58			1,83							
Қож	42,88	23,64	0,51	0,26	7,2	9,95	4,83	9,13	0,42	0,086	2,0	3,01	0,8	4,81		
Шаң	1,78	0,98	1,07		0,45					0,05						
Газдар	84,51	46,59							0,53						9,9	49,28
Айырма	+2,36	1,30			+1,12											
Барлығы	181,48	100	42,88	2,6	9,6	12,53	4,83	9,13	2,8	0,8	2,0	3,01	1,4	30,72	9,9	49,28

агломераттікі:  $h_2 = 90,91 : 115,35 = 0,79$ .

$\gamma_1, \gamma_2$  – шикіқұрам материалының көрінетін тығыздығы (кокс үшін  $\gamma_1 = 970 \text{ кг/м}^3$ ; агломерат үшін  $\gamma_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$ );

$\gamma_0^r$  – пештегі газдардың келтірілген тығыздығы.

$$\gamma_0^e = \frac{Q_{\text{yш.газ, кг}}}{Q_{\text{yш.газ, м}^3}} = \frac{84,51}{58,83} = 1,44 \text{ кг/м}^3$$

$t_{\text{cp}}^r$  – пештегі газдардың орташа температурасы (пеш шоғының температурасы  $1300^\circ\text{C}$  және ұшқыш газдардың температурасы  $250^\circ\text{C}$ ), сонда:

$$t_{\text{op}}^e = \frac{1300 + 250}{2} = 775^\circ\text{C}$$

$l_{1,2}$  – шикіқұрамның кесектерінің орташа өлшемдері, м. Агломерат пен кокстың қалбырлық талдау негізінде есептейміз.

А.6 Кесте – Қорғасын зауытының агломерат пен кокстың қалбырлық талдауы

Ірілігі	Материалдың ірі бөлігі			Ұсақ–түйек	
	+100 мм	-100 мм +50 мм	-50 мм +20 мм	-20 мм +5 мм	-5 мм
Агломерат, пайыз	–	13	67,0	16,0	4,0
Кокс, пайыз	–	30,0	60,0	10,0	–

Агломераттың ірі және ұсақ–түйек бөлігін жеке–жеке қарап оның кесектерінің орташа мөлшерін есептейміз.

Агломераттың ірі бөлігіндегі кесектердің орташа мөлшері:

$$L_{\text{ірілігі}} = (100 + 50) : 2 = 75 \text{ мм,}$$

олардың масса бойынша үлесі:

$$13 : (13 + 67) \cdot 100 = 16,3 \text{ пайыз} = 0,163.$$

Ұсақ–түйек бөлігіндегі орташа мөлшер:

$$L_{\text{ұсақ}} = (50 + 20) : 2 = 35 \text{ мм,}$$

Олардың масса бойынша үлесі:

$$67 : (13 + 67) \cdot 100 = 83,7 \text{ пайыз} = 0,837.$$

Қалбырлық талдау бойынша агломераттың 80пайыз ірілігі 37,4 мм кесектерден және 20пайыз ірілігі 5,5 мм кесектерден тұрады. Сонда:

$$L_{op} = 0,3 \cdot l_{ipr} + 0,7 \cdot l_{ycaq} = 0,3 \cdot 37,4 + 0,7 \cdot 5,5 = 15,1 \text{ мм} = 0,015 \text{ м.}$$
$$l_1 = 0,015 \text{ м.}$$

Кокстың орташа кесектерінің орташа өлшемдерін есептеу осыған тәрізді жүргізіледі.

Кокстың ірі бөлігіндегі кесектердің орташа өлшемдері:

$$L_{ipr} = (100 + 50) : 2 = 75,$$

олардың масса бойынша үлесі :

$$30 : (30 + 60) \cdot 100 = 33 \text{ пайыз} = 0,33.$$

Ұсақ бөлігіндегі кесектердің орташа өлшемдері:

$$L_{ycaq} = (50 + 20) : 2 = 35 \text{ мм,}$$

олардың масса бойынша үлесі:

$$60 : (30 + 60) \cdot 100 = 67 \text{ пайыз} = 0,67$$

$$l_{op} = 0,9 (0,33 \cdot 75 + 0,67 \cdot 35) = 43,1 \text{ мм.}$$

Кокстың ұсақ бөлігінде:

$$l_{kp} = (20 + 5) : 2 = 12,5 \text{ мм,}$$

олардың үлесі 100 пайыз = 1 бірлікке.

Кокс талдауы бойынша, ол 90 пайыз ірілігі  $l_{opt} = 43,1$  мм және 10 пайыз  $l_{opt} = 12,5$  мм.

$$L_{op} = 0,3 \cdot l_{kp} + 0,7 \cdot l_{ipr} = 0,3 \cdot 43,1 + 0,7 \cdot 12,5 = 21,6 \text{ мм} = 0,022 \text{ м.}$$

$$l_2 = 0,022 \text{ м.}$$

К анықтаймыз:

$$K = \frac{265 \cdot 0,215 \cdot 0,6}{1,09} \sqrt{\frac{0,79 \cdot 1400 + 0,21 \cdot 970}{1,44 \left( 1 + \frac{775}{273} \cdot \left( \frac{0,79}{0,015} \left( \frac{2 \cdot 0,15}{0,15 + 0,215} \right)^2 + \frac{0,21}{0,022} \left( \frac{2 \cdot 0,215}{0,15 + 0,215} \right) \right) \right)}} =$$

$$= 53,62 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{мин});$$

$$K_0 = 0,6 \cdot 53,63 = 32,18 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{мин}).$$

Пештің меншікті өнімділігін есептеу

Есептеуде өнімділік отынның жану қарқындылығынан тікелей байланыста деп қабылдаймыз. Шахталық пештің өнімділігі оттегі-ауа үрлеуде келесі формуламен анықталады:

$$a = 6 \cdot K_0 \cdot \tau : (m \cdot n), \quad (5)$$

мұндағы  $\tau$  – пештің тәулікте жұмыс істеу уақыты (22 сағат);

$m$  – отынның меншікті шығыны, пайыз (11,0 кг);

$n$  – ауаның отын бірлігіне шығыны,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ,  $n = 54,19 \cdot 11 = 4,93$ .

Пештің меншікті өнімділігі:

$$a = 6 \cdot 32,18 \cdot 22 : (11,0 \cdot 4,93) = 78,33 \text{ т} / (\text{м}^2 \cdot \text{тәулік}).$$

Пештің негізгі өлшемдерін есептеу

Пеш жылына 330 тәулік жұмыс істейді. Дипломдық тапсырма бойынша цехтің өнімділігі жылына 120000 тонна қара қорғасын.

Құрамында 42,8 пайыз қорғасыны бар агломераттың жылына шахталық пеште балқытылатын жалпы мөлшері:

– 100 кг агломераттан  $42,8 \cdot 0,968$  кг Pb аламыз;

– X кг агломераттан –  $120000 \cdot 10^3$  кг Pb аламыз.

$X = 100 \cdot 120000 \cdot 10^3 : (42,8 \cdot 0,968) = 289642$  тонна агломерат жылына, немесе тәулігіне :

$$A = 289642 : 330 = 878 \text{ т/тәулік}$$

878 т/тәулік агломератты балқытуға қажетті үрлеуіш деңгейіндегі шахталық пештің көлденен қимасы:

$$F = A : a = 878 : 78,33 = 11,21 \text{ м}^2. \quad (6)$$

Тәжірибе бойынша пештің әсерлі ені 1,4–1,7 м, біз есептеуде 1,4 м деп

қабылдаймыз.

Пештің ұзындығы:

$$11,21 : 1,4 = 8,0 \text{ м.}$$

Кессондардың үлгілі ені 750 мм және олардың арасындағы саңылау 10 мм, сонда пеш ұзындығы бойындағы кессондардың саны:

$$N_{\text{кес}} = 8,0 \cdot 1000 : (750 + 10) = 11.$$

11 кессон қойғанда:

$$l = 11 \cdot 0,75 + 0,1 \cdot 10 = 9,25 \text{ м.}$$

Нақты үрлеуіш деңгейіндегі пештің қимасы:

$$9,25 \cdot 1,4 = 12,95 \text{ м}^2.$$

Сәл балқыту мөлшері:

$$878 : 12,95 = 67,8 \text{ т}/(\text{м}^2 \cdot \text{тәул}).$$

Пештің жұмыс ауданын есептейік (үрлеуіш деңгейінен шикіқұрам деңгейіне дейін):

$$N_{\text{ж}} = a \cdot V \cdot \tau_1 : \tau, \quad (7)$$

мұндағы  $V$  – пештегі шикіқұрамның меншікті көлемі:  $V = 115,35 : 111 = 1,04 \text{ м}^3/\text{т}$ ;

$\tau_1 = 1,5$  сағат – шикіқұрамның пеште физико–химиялық үрдістер аяқталуы

үшін қажетті минималды болу уақыты;

$\tau = 22$  сағат – пештің тәуліктегі жұмыс уақыты;

$a$  – пештің меншікті өнімділігі.

$$N_{\text{ж}} = 67,8 \cdot 1,04 \cdot 1,5 : 22 = 4,8 \text{ м.}$$

Пештің пештабанынан мойын деңгейіне дейінгі жалпы биіктік:

$$H = 1,2-1,4 \cdot N_{\text{ж}} + 1 = 1,3 \cdot 4,8 + 1 = 7,24 \text{ м.}$$

Осы есептеулердің шахталық пеші жылына 120000 тонна қара қорғасын бере алады.

Орнатуға екі пеш қабылдаймыз (біреуі – резервтегі).

Ауаның 1 тонна агломератты балқытуға кететін шығыны  $541,9 \text{ м}^3$ , ал бір тәулікте 878 тонна агломератты балқытқанда, шығыны:

$$878 \cdot 541,9 = 475788 \text{ м}^3.$$

Ауаурлегіш машинаның өнімділігі ауа жоғалу коэффициентін ескергенде ( $K = 1,15$ ) пештің тәулігіне 22 сағат жұмыс істегенде:

$$V_{\text{ауа}} = 1,15 \cdot 475788 : (22 \cdot 60) = 415 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Ауаурлегіштегі газурлеу қысымын анықтайық. Шикіқұрамның шахталық пештегі кедергісін келесі формуламен анықтаймыз:

$$h_{\text{кедергі}} = K \frac{H_p}{d} \cdot \frac{\omega_0^2}{2g} \gamma_0^2 (1 + f r), \quad (8)$$

мұндағы  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $\beta = \frac{1}{273}$ ;

$$K = \frac{\alpha}{V^2}, \quad (9)$$

мұндағы  $V$  – шикіқұрамдағы бос орындар көлемі;  
 $\alpha$  – Рейнольдс критеріі бойынша анықталатын коэффициент.

Шикіқұрамдағы бос орындар көлемін анықтайық:

$$V_{\text{бос}} = (\gamma_{\text{бос}} - \gamma_{\text{шикіқұрам}}) : \gamma_{\text{бос}} \quad (10)$$

Қосынды  $V_{\text{шикіқұрам}} = 115,35 \text{ м}^3$ .

$$\gamma_{\text{бос}} = 1,4 \cdot 0,9 + 0,97 \cdot 0,1 = 1,36 \text{ т/м}^3,$$

мұндағы 0,9 және 0,1 – шикіқұрам бірлігіндегі кокс пен агломераттың көлем үлесі ;

1,4 және 0,97 – кокс пен агломераттың көрінетін тығыздығы.

$$\gamma_{\text{шикіқұрам}} = 111 : 115,35 = 0,96 \text{ т/м}^3.$$

Бос орындар көлемі:

$$V_{\text{бос}} = (1,36 - 0,96) : 1,36 = 0,3 \text{ м}^3.$$

Рейнольдс критеріі бойынша  $\alpha$  коэффициентін анықтаймыз. Рейнольдс

критерий келесі формуламен анықталады:

$$Re = \frac{\omega_0 \cdot \gamma_0^2 \cdot d}{V_{\text{бос}} \cdot \eta_t}, \quad (11)$$

мұндағы  $\omega_0 = 0,57$  м/с – газдардың шартты жылдамдығы;

$\gamma_0^r = 1,44$  кг/нм<sup>3</sup> – газдардың келтірілген тығыздығы;

$d = 0,038$  м – шикіқұрам кесектерінің орташа диаметрі;

$\eta_t = 4,6 \cdot 10^{-5}$  кг/м·сек –750 °С температурадағы газдардың ішкі үйкеліс

коэффициенті [2].

$$Re = \frac{0,57 \cdot 1,42 \cdot 0,038}{0,3 \cdot 4,6 \cdot 10^{-5}} = 2230.$$

Re мәндерінің кестесі бойынша  $Re = 2230$  болғанда  $\alpha$  мәні:

– агломерат үшін:  $\alpha = 22$ ;

– кокс үшін:  $\alpha = 12,7$ .

$\alpha$  орташасы:  $\alpha = 22 \cdot 0,9 + 12,7 \cdot 0,1 = 21,07$ .

Сонда коэффициент мәні:  $K = \alpha : V^2 = 21,07 : 0,3^2 = 234,1$ .

Нәтижесінде табатынымыз:

$$h_{\text{кедергі}} = 147 \frac{4,8}{0,038} \cdot \frac{0,57^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 1,44 \left( 1 + \frac{775}{273} \right) = 1745 \text{ мм су.діңг.} = 17113 \text{ Па.}$$

Үрлеуіште және жүйеде жоғалған қысымды ескергенде ауаүрлегіштегі қысым:

$$P = 1,3 \cdot h_{\text{кедергі}} = 1,3 \cdot 1745 = 2268 \text{ мм су.діңг.}$$

$$P = 2268 \cdot 9,8067 = 22242 \text{ Па.}$$

Тәжірибеде ауа қысымы 1400–2400 мм су.діңг. (13734–23544) Па, ал есептелген мәліметтер оған сәйкес келеді.

Орнатуға типті Э–750–23–2 ауаүрлегішті қабылдаймыз. Оның өнімділігі – 600 м<sup>3</sup>/мин., қысымы – 2400 мм су.діңг.

Үрлеуіштердің орналасуын бір қатарлы қылып таңдаймыз. Үрлеуіштің диаметрі 100 мм болғанда әр бүйірлік кессондағы үрлеуіштер саны – 2, сонда барлық үрлеуіштер саны 44. Барлық үрлеуіштердің қимасының ауданы:

$$S_i = 44 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 44 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,01}{4} = 0,35 \text{ м}^2 \quad (12)$$

Барлық үрлеуіштердің қимасының пеш қимасына қатынасы:



$$\frac{S_i}{F_n} = \frac{0,35}{12,95} = 0,03 \text{ м}^2,$$

бұл пешке бірқалыпты ауа үрлеу шартын қанағаттандырады.

Шахталық балқытудың жылу балансы.

Кокстың жану жылуы.

Отын ретінде Кузнецк коксы қолданады (индекс С),  $W^p$  ескермегенде, өйткені ол абсолютті құрғақ массаның құрамына кірмейді.

11,0 кг кокстың жұмыс массасына қайта есептегенде құраушыларының мөлшері:

$$O^p = 100 - \sum - \text{қалған құраушылар} \quad (13)$$

Абсолютті құрғақ массаны жұмыстыққа есептеу коэффициенті:

$$k = \frac{100 - W^p}{100} = \frac{100 - 4}{100} = 0,96. \quad (14)$$

#### А.7 Кесте– Кокстың құрамы

Құрғақ масса бойынша құрамы	$C^c$	$H^c$	$N^c$	$O^c$	$S^c$	$A^c$	$W^c$	Барлығы
Масса бойынша пайыз есептеу, кг	87,0	0,4	0,9	1,2	0,5	10,0	4,0	100 пайыз
	9,57	0,04	0,11	0,13	0,05	1,1	–	11,0
Жұмыс массасы бойынша құрамы	$C^p$	$H^p$	$N^p$	$O^p$	$S^p$	$A^p$	$W^p$	
Жұмыс массасына пайыз	83,52	0,38	0,86	1,16	0,48	9,6	4,0	100 пайыз
Қайта есептеу, кг	9,19	0,04	0,1	0,12	0,05	1,06	0,44	$W^p$ 11,0

Демек, 96 пайыз – отынның жанғыш массасы, 4 пайыз – ылғал, осыдан:

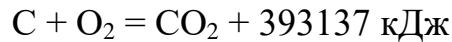
$$C^p = C^c \cdot 0,96 = 87 \cdot 0,96 = 83,52 \text{ пайыз.}$$

Жұмыс :

$$x = \text{пайыз} \cdot \frac{\text{құраушы} \cdot 11,0}{100} = \text{пайыз құраушы} \cdot 0,11. \quad (15)$$

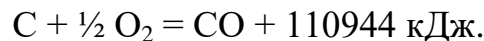
Есептеуді жұмыс массасы бойынша жүргіземіз.

Кокстың жану жылуы. Кокстың 60 пайыз  $\text{CO}_2$  дейін және 40 пайыз  $\text{CO}$  дейін жанады. Кокстың көміртегісінің жану жылуы:



$$393137 \cdot 0,6 \cdot 9,19 : 12 = 180646 \text{ кДж.}$$

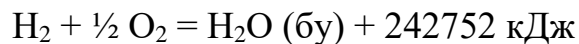
Кокстың мына реакция бойынша жану жылуы:



получаем:

$$110944 \cdot (0,4 \cdot 9,19) : 12 = 33986 \text{ кДж.}$$

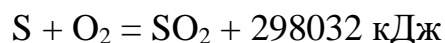
Кокстың сутегінің жану жылуы:



аламыз:

$$242752 \cdot 0,04 : 2 = 4855 \text{ кДж.}$$

Кокстың күкіртінің жану жылуы:



$$298032 \cdot 0,05 : 32 = 466 \text{ кДж.}$$

Барлық отынның жану жылуы:

$$Q_{\text{жану}} = 180646 + 33986 + 4855 + 466 = 219953 \text{ кДж.}$$

Агломераттың жану жылуы (шикіқұрамның)

$$Q_{\text{ш}} = C_{\text{ш}} \cdot m_{\text{ш}} \cdot t_{\text{ш}}. \quad (16)$$

Егер  $C_{\text{ш}} = 0,12$  ккал (кг $\cdot$ °C) және  $t_{\text{ш}} = 20$  °C.

$$Q_{\text{ш}} = 0,12 \cdot 4,187 \cdot 100 \cdot 20 = 1005 \text{ кДж.}$$

Отынның физикалық жылуы

$$Q_o = C_o \cdot m_o \cdot t_o. \quad (17)$$

Егер  $C_o = 0,20$  ккал (кг·°C) және  $t_o = 20$  °C:

$$Q_o = 0,20 \cdot 4,187 \cdot 11,0 \cdot 20 = 184 \text{ кДж.}$$

Ауаның физикалық жылуы

$$Q_{\text{ауа}} = C_{\text{ауа}} \cdot V_{\text{ауа}} \cdot t_{\text{ауа}}. \quad (18)$$

$$C_{\text{ауа}} = 0,31 \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{°C)}; V_{\text{ауа}} = 54,19 \text{ м}^3; t_{\text{ауа}} = 20 \text{ °C.}$$

Экзотермиялық реакциялардың жылуы

Мырыштың тотығу реакциясы (ZnS тотығады, оның ыдырауына қажетті жылу ескерілген) жылуы:



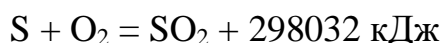
алынатыны:

$$349314 \cdot (8,96 - 8,39) : 81,4 = 2446 \text{ кДж}$$

мұнда 8,96 –ZnO қождағы мөлшері;

8,39 –агломераттағы ZnO мөлшері, кг.

0,53 кг күкірт тотығып газдармен кетеді:



алынатыны:

$$298032 \cdot 0,53 : 32 = 4936 \text{ кДж.}$$

Қара қорғасындағы күкірттің мөлшері 0,02 кг. Ол түгелдей қорғасынмен келесі реакциямен қосылған:



$$94668 \cdot 0,02 : 32 = 60 \text{ кДж.}$$

Қож түзу жылуы. Қорғасынды балқыту кезінде қож түзу реакциялары бойынша 1 кг қожға 567 кДж жылу түзіледі. Қож түзілу агломерация кезінде

көбінесе дамиды деп :

$$Q_{\text{кож}} = \frac{1}{4} \cdot 567 \cdot 40,81 = 5785 \text{ кДж.}$$

Барлық экзотермиялық реакциялар жылуы:

$$Q_{\text{экз}} = 2446 + 4936 + 60 + 5785 = 13227 \text{ кДж.}$$

Жылу кірісінің жиыны:

$$Q_{\text{гор}} + Q_{\text{ш}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{возд}} + Q_{\text{экз}} = 219953 + 1005 + 184 + 1407 + 13227 = 235776 \text{ кДж.}$$

Жылу шығыны

Қара қорғасын жылуы

$$Q_{\text{к}} = C_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} \quad (19)$$

Егер  $C_{\text{к}} = 0,033 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$  және  $t_{\text{к}} = 800^\circ\text{C}$ :

$$Q_{\text{к}} = 0,033 \cdot 4,187 \cdot 41,55 \cdot 800 = 4593 \text{ кДж.}$$

Қож жылуы

1250 °C температурада  $C_{\text{кож}} \cdot t_{\text{кож}} \approx 1344 \text{ кДж/кг}$  деп қабылдауға болады, сонда:

$$Q_{\text{кож}} = 1344 \cdot 42,88 = 57631 \text{ кДж.}$$

Шаң жылуы

$$Q_{\text{ш}} = C_{\text{ш}} \cdot m_{\text{ш}} \cdot t_{\text{ш}} \quad (20)$$

Егер  $C_{\text{ш}} = 0,12 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$  және  $t_{\text{ш}} = 250^\circ\text{C}$ :

$$Q_{\text{ш}} = 0,12 \cdot 4,187 \cdot 1,78 \cdot 250 = 224 \text{ кДж.}$$

Ұшып кететін газдар жылуы

$$Q_{\text{г}} = C_{\text{г}} \cdot m_{\text{г}} \cdot t_{\text{г}} \quad (21)$$

Егер  $C_{\text{г}} = 0,334 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $t_{\text{г}} = 250^\circ\text{C}$  және  $V_{\text{г}} = 58,83 \text{ нм}^3$ :

$$Q_{\text{г}} = 0,334 \cdot 4,187 \cdot 58,83 \cdot 250 = 20568 \text{ кДж.}$$

Штейн жылуы

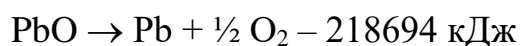
$$Q_{шт} = C_{шт} \cdot m_{шт} \cdot t_{шт}. \quad (22)$$

Егер  $C_{шт} = 0,20$  ккал/(кг·°C),  $t_{шт} = 1200^\circ\text{C}$ :

$$Q_{шт} = 0,20 \cdot 4,187 \cdot 8,32 \cdot 1200 = 8361 \text{ кДж}.$$

Эндотермиялық реакциялар жылуы

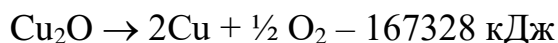
Қорғасынның тотығынан қорғасынға дейін тотықсыздану реакциясы:



шығыны:

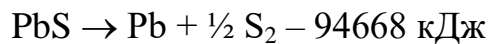
$$218694 \cdot 42,8 : 207,2 = 45174 \text{ кДж}.$$

Мыстың тотығынан мысқа дейін тотықсыздану реакциясы:



$$167328 \cdot 2,6 : 143,2 = 3038 \text{ кДж}.$$

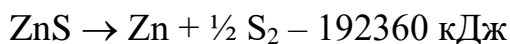
PbS ыдырауы:



Жылу шығыны:

$$94668 \cdot 6,02 : 239,2 = 2383 \text{ кДж}.$$

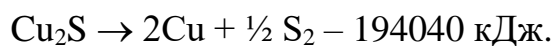
ZnS ыдырауы:



Жылу шығыны:

$$192360 \cdot 4,26 : 97,4 = 8413 \text{ кДж}.$$

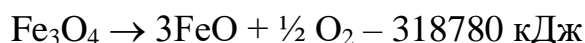
Cu<sub>2</sub>S ыдырауы:



Жылу шығыны:

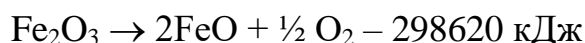
$$194040 \cdot 2,34 : 159,2 = 2852 \text{ кДж.}$$

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>–тің FeO–ға дейін тотықсыздануы:



$$318780 \cdot 8,56 : 231,4 = 11792 \text{ кДж.}$$

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–тің FeO–ға дейін тотықсыздануы:



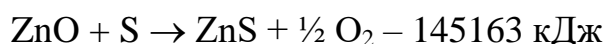
жылу шығыны:

$$298620 \cdot 8,86 : 159,6 = 16578 \text{ кДж.}$$

Отынның ылғалы булануына керекті жылу:

$$0,44 \cdot 2199 = 968 \text{ кДж.}$$

Қожға 0,42 кг S өтеді. Оның бәрі мырышпен қосылыста деп аламыз.



жылу шығыны:

$$145163 \cdot 0,42 : 32 = 1905 \text{ кДж.}$$

Барлық эндотермиялық реакциялар жүруге қажетті жылу:

$$Q_{\text{энд}} = 45174 + 3038 + 2383 + 8413 + 2852 + 11792 + 16578 + 968 + 1905 = 93103 \text{ кДж.}$$

Кессондарды суытатаын сумен кететін жылу

Буландыра суытуға 80°C су тиеледі, ол қайнап буланады, кессондарды 110–120°C суытады, демек  $\Delta t = 110 - 80 = 30^\circ\text{C}$ . Мұндай ауытқуда 100 кг шикіқұрамға 350 кг су (3,5 м<sup>3</sup> су 1 тонна шикіқұрамға шаққанда, судың температурасын 30–35°C өзгерткенде). Жылудың кессондар суымен әкетілетін мөлшері:

$$350 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 4,187 = 43963 \text{ кДж.}$$

Жылудың қоршаған ортаға жоғалымдары

200°C температурасында мойын арқылы сәулелену жоғалымдары:

$$Q' = \Phi \cdot 4,96 \cdot \left( \frac{T_{ш}}{100} \right)^4 \cdot F_{ш} \cdot \tau_{ш}. \quad (23)$$

Егер  $F_{ш} = 12,95 \text{ м}^2$ ;  $\Phi = 0,8$ ;  $\tau_{ш} = 0,0032 \text{ сағат}$ ;  $T_{ш} = 200 + 273 = 473 \text{ К}$

$$Q' = 0,8 \cdot 4,96 \cdot \left( \frac{473}{100} \right)^4 \cdot 12,95 \cdot 0,0032 = 4,187 = 345 \text{ кДж}.$$

Ішкі көріктің табаны арқылы жоғалымдар:

$$Q'' = g \cdot F_n \cdot \tau_{ш} = 20935 \cdot 12,95 \cdot 0,0032 = 868 \text{ кДж}, \quad (24)$$

мұндағы  $g = 20935 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$  (суық табандарға).

Қоршаған ортаға кететін барлық жоғалымдар:

$$345 + 868 = 1213 \text{ кДж}.$$

Жылудың жалпы шығыны:

$$Q_{\text{шығ.}} = 4593 + 57631 + 224 + 20568 + 8361 + 93103 + 43963 + 1213 = 229656 \text{ кДж}.$$

Баланстың айырымы оң:

$$235776 - 229656 = 6120 \text{ кДж}.$$

Жылу балансы бойынша нақты отын шығыны:

$$11,0 \frac{219953 - 6120}{219953} = 10,7\%.$$

Жылу балансының мәліметтері таңдаған кокс шығынының дұрыстығын растайды.

Есептеу мәліметтерін А.8 кестеге еңгіземіз.

Есептеулер нәтижесінде негізгі есептеулі – техникалық пештің көрсеткіштерін және шахталық балқытудың негізгі көрсеткіштерін А.9 кестеде:

А.8 Кесте – Шахталық балқытудың жылулық балансы

Жылу кірісі			Жылу шығыны		
Кіріс баптары	ҚДж	пайыз	Шығын баптары	қДж	пайыз
Отынның жануы	219953	93,3	Қара қорғасын	4593	1,95
Шикікұрам жылуы	1005	0,43	Қож	57631	24,44
Отынның физикалық жылуы	184	0,08	Штейн	8361	3,55
			Шаң	224	0,1
Ауаның физикалық жылуы	1407	0,6	Ұшып кететін газдар	20568	8,7
			Эндотермиялық реакциялар	93103	39,5
Экзотермиялық реакциялар жылуы	13227	5,6	Буландыра суыту жылуы	43963	18,6
			Қоршаған ортаға жоғалымдар	1213	0,5
			Ескермеген жоғалым	6120	2,6
Барлығы	235776	100	Барлығы	235776	100

А.9 Кесте Пештің және балқытудың негізгі көрсеткіштері

– агломерат бойынша өнімділік, т/тәул.	878
– пештің меншікті өнімділігі, т/(м <sup>2</sup> ·тәул.)	78,33
– үрлеуіш деңгейіндегі пеш қимасы, м <sup>2</sup>	12,95
– үрлеуіш аймағындағы пеш ені, м	1,4
– үрлеуіш аймағындағы пештің ұзындығы, м	9,25
– пештің жалпы биіктігі (пештабаннан мойынға дейін), м	7,24
– үйінді биіктігі, м	4,8
– кокс шығыны, пайыз	11,0
– ауаүрлегіш өнімділігі, м <sup>3</sup> /мин.	415
– ауаүрлегіштегі ауа қысымы, мм су дiңг.	2268
– газүрлеудің меншікті мөлшері, м <sup>3</sup> /( м <sup>2</sup> ·мин)	32,18
– үрлеуіш диаметрі, мм	100
– үрлеуіш саны, дана	44
– балқыту өнімдерінің шығымы, пайыз	
Қара қорғасын	41,55
Штейн	8,32
Қож	42,88
Шаң	1,78.