

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Саукен Талшын Женискызы

Сазбалшық өндірісінде ферроқорытпа шлактарының қолданылуын зерттеу

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

6M070900 – «Металлургия»

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

ӘОЖ 669.054.82

Қолжазба құқығында

Саукен Талшын Женискызы


МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін


Диссертация атауы: Сазбалшық өндірісінде ферроқорытпа шлактарының қолданылуын зерттеу

Дайындау бағыты 6М070900 – «Металлургия»


Ғылыми жетекші,
техн.ғыл.канд.

 Г.Ж.Молдабаева
«29» маусым 2020 ж.

Пікір беруші,
PhD Докторы.


 Б.Т. Алтайбаев
«26» маусым 2020 ж.

Норма бақылаушы,

 А.Н. Таймасова.
«28» маусым 2020 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МжПҚБ кафедрасының меңгерушісі
техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова
«29» маусым 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

6M070900 - «Металлургия»

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд.



М.Б. Барменшинова
«29» маусым 2020 ж.

Магистерлік диссертация орындауға

ТАПСЫРМА

Магистрант Саукен Талшын Женискызы

Тақырыбы: Сазбалшық өндірісінде ферроқорытпа шлактарынның қолданылуын зерттеу

Университет ректорының «29»10.2018 ж. №1202-М бұйрығымен бекітілген.
Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі «01» шілде 2020ж.

Магистерлік диссертацияның бастапқы деректері: *Ферроқорытпа шлактарының химиялық және фазалық құрамдары, ферроқорытпа өндірісіндегі шлақтың құрамы*

Дипломдық жобанда қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Құрамында сазбалшық бар екіншілік шикізатты талдау мәселесі.

б) Бастапқы материалдардың сипаттамасы

в) Ферроқорытпа шлактарының рентгенфазалық талдауы

г) Шлактарды пісіру процесін термодинамикалық зерттеу

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Жұмыс презентациясы слайдтарда 13 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Панфилов М. И., Школьник Я.Ш., Орининский Н.В., Коломиец В.А.и др.Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии/— М.:Металлургия, 1987 – 238 с

2 Балапанов М.К., Рахимов А.Р. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана: состояние, проблемы, решения. Алматы, 2008, 426 с.

3 Калиакпаров А.Г., Суслов А.В., Билялов К.С., Куландин М.П. Утилизация отходов ферросплавного производства // Экология и промышленность России. - 2015. - № 2. - С. 4–7.

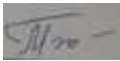

4 Арлюк Б.И., Лайнер Ю.А., Пивнев А.И. Комплексная переработка щелочного алюминийсодержащего сырья. М.: Металлургия, 1994. 384

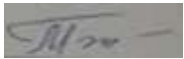
Магистерлік диссертация дайындау

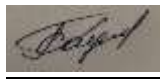
ГРАФИГІ

Бөлім атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Әдеби шолу	тех.ғыл.канд. Г.Ж.Молдабаева	
Бастапқы материалдардың сипаттамасы және зерттеу әдістемесі		
Ферроқорытпа шлактарының рентгенфазалық талдауы		
Ферроқорытпа шлактарын кешенді өңдеудің термодинамикалық талдаулары		
Шлак қальцинирленген сода қосу арқылы пісіру процесі бойынша тәжірбиелік зерттеу		
Қорытынды		

Аталған магистерлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілері мен норма бақылаушының қойған **қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	тех.ғыл.канд. Г.Ж.Молдабаева	05.02.2019	
Әдеби шолу		12.02.2019	
Зерттеудің әдістемесі		23.06.2019	
Тәжірбиелік бөлім		11.02.2020	
Қорытынды		30.05.2020	
Нормалық бақылаушы	тех.ғыл.магистры, А.Н. Таймасова	28.06.2020	

Ғылыми жетекші  Г.Ж.Молдабаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Т.Ж.Саукен

Күні «29» маусым 2020ж.

АНДАТПА

Бұл диссертациялық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, 4 тараудан, қортындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертациялық жұмыс 58 беттен мазмұндалынып, 11 сурет, 17 кестемен қамтылған.

Зерттеу жұмыстарының мақсаты – ферроқорытпа өндірісінің шлактары және боксит шикізаттарын бірлестіріп өңдеу бойынша технологиялық схеманы әзірлеу.

Диссертациялық жұмыста ферроқорытпа шлактарының химиялық және фазалық құрамы көрсетілген, Ферроқорытпа өндірісінің шлактарын өңдеудің негізгі әдістері сипатталған.

Боксит шикізаты мен кальцинирленген сода бар ферроқорытпа шлактарын бірге пісіру кезінде өтетін физико-химиялық процестердің заңдылықтары мен термодинамикалық зерттеулері жүргізілді.

Шихта құрамына және процестің физикалық-химиялық параметрлеріне байланысты зерттеулер жүргізілді, нәтижесінде сазбалшықты алудың оңтайлы шарттары анықталды және оларды өңдеудің жаңа технологиялық схемасы ұсынылды.

АННОТАЦИЯ

Настоящая диссертационная работа состоит из задания, введения, 4 глав, заключения, списка литературы. Диссертационная работа изложена на 58 страницах, содержит 11 рисунков, 17 таблиц.

Целью работы является разработка технологической схемы по совместной переработке бокситового сырья и шлаков ферросплавного производства.

В диссертационной работе приведены данные по химическому и фазовому составу ферросплавных шлаков, описаны основные способы переработки шлаков ферросплавного производства.

Проведены термодинамические исследования закономерностей и физико-химических процессов, протекающих при совместном спекании бокситового сырья и ферросплавных шлаков с кальцинированной содой.

Проведены исследования в зависимости от состава шихты и физико-химических параметров процесса, в результате которых определены оптимальные условия извлечения глинозема и предложена новая технологическая схема их переработки.

ABSTRACT

This dissertation work consists of a task, introduction, 4 chapters, conclusion, list of references. The dissertation work is presented on 58 pages, contains 11 figures, 17 tables.

The purpose of this work is to develop a technological scheme for the joint processing of bauxite raw materials and Ferroalloy production slags.

The dissertation work provides data on the chemical and phase composition of Ferroalloy slags, describes the main methods of processing slags of Ferroalloy production.

Thermodynamic studies of regularities and physical and chemical processes occurring during the joint sintering of bauxite raw materials and Ferroalloy slags with soda ash were conducted.

Conducted research depending on the charge composition and physico-chemical parameters of the process by which the optimal conditions for extraction of alumina and propose a new technological scheme of processing.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиетке талдамалық шолу	11
1.1 Шлактардың сипаттамасы және қасиеттері	11
1.2 Ферроқорытпалы шлактарды өңдеу әдістері	12
1.2.1 Феррохромды өндіріс шлактарын өңдеу әдістері	16
2 Бастапқы материалдар сипаттамасы және зерттеу әдістемесі	20
2.1 Бастапқы материалдар сипаттамасы	20
2.2 Заттық және фазалық құрамды зерттеу	20
2.2.1 Ферроқорытпа шлактарының рентгенфазалық талдауы	22
2.3 Зерттеу әдістемесі	27
3 Ферроқорытпа шлактарын қайта өңдеу процесінің физика-химиялық негіздемесі	30
3.1 Шлактарды пісіру процесін термодинамикалық зерттеу	30
4 Тәжірибелік бөлім	35
4.1 Кальцинирленген содамен шлактарды пісіру	35
4.2 Шихта құрамындағы шлактарды пісіріу. Тәжірибе 1	36
4.3 Сілтілі орталарда жоғары температуралы автоклавта шлактарды гидрохимиялық әдіспен сілтілеу	40
4.3.1 Шлактарды каустик ерітіндісінде сілтілеу	40
4.3.2 Айналмалы ерітіндіде шлактарды сілтілеу	41
4.3.3 Шлактарды пісіру әдісі бойынша қосымша тәжірибе жүргізу.	42
4.4 Сазбалшықты шлаққа ауыстыру кезіндегі пісіру әдісі бойынша бағдарлау жолы	43
Қорытынды	46
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	47
Қосымша	49

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта республикада 30 млрд т астам өнеркәсіптік қалдықтар жинақталған, олардың ішінде түсті металлургия кәсіпорындарының техногенді қалдықтары (баланстан тыс кендер, үйінділер, байыту қалдықтары) 15,1 млрд т құрайды, қара металлургияда - 14,7 млрд т. [1] Қоршаған ортаның ластануын төмендету, өндіріс тиімділігін арттыру түзілетін шлактрады кешенді пайдалануға мүмкіндік береді.

Үйінділік шлактарды өңдеу және олардан металлургиялық компоненттерді шығару, оларды кейін екіншілік шикізат ретінде пайдалану мәселесі металлургиядағы өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Бұл мәселе бірнеше аспектіге ие. Біріншіден, металл алынған металл бірқатар технологиялық қайта өңдеулер нәтижесінде кеннен алынған металдан айтарлықтай арзанырақ. Екіншіден, металдарды шлактардан алғаннан кейін соңғы өнімі пайдалы кәдеге жаратылуы мүмкін.

Шлак үйінділері металл және оксидті құраушылар қоспасының техногенді кен орындары болып табылады, олардың әрқайсысы бағалы шикізат болып табылады. Металлургиялық шлактар, атап айтсақ, ферроқорытпалы өндіріс шлактары технологиялық процестегі ілеспе өнім болып табылады.

Қалдықсыз технология негізін тиімді тазарту әдістері негізінде қалдықтардың, ағынсыз технологиялық сұлбалардың және суайналым циклдарының әр түрлі кез келген түрлерін жоққа шығаратын түбегейлі жаңа технологиялық процестерді әзірлеу және енгізу, сонымен қатар қалдықтарды екіншілік шикізат ретінде кеңінен пайдалану құрайды.

Қара металлургия сияқты, материалсыйымды өнеркәсіп саласы үшін шикізатты кешенді пайдалану ерекше мән-мағынаға ие, қара металлургияда шойынды, болатты және ферроқорытпаларды өндіру кезінде технологиялық қалдықтардың көп мөлшері түзіледі. Олардың 80 %-ы темір-кен материалдарындағы бос жыныстан, флюстерден, күлден, отыннан, сонымен қатар металл мен қоспаның тотығу өнімдерінен түзілетін шлактарға тиесілі.

Оларды өңдеу және пайдалану шикізаттық ресурстарды айтарлықтай кеңейтеді, осылайша ең маңызды экологиялық міндеттердің бірін - аумақтарды ірітоннаждық қалдықтардан, мысалы, металлургиялық өндіріс шлактарынан тазартуды шешу жолын көрсетеді.

Алайда бұл бағыт қалдықсыз өндірістік циклды қалыптастыру процесінде айтарлықтай экономикалық тиімді өндіріске айналуы мүмкін.

Өзектілігі: Металлургиялық өндірістің әр түрлі қалдықтарының мәжбүрлі шығуымен және жинақталуымен байланысты, оларды өңдеудің тиімді және экологиялық таза технологиясын әзірлеу металлургиядағы, әсіресе түсті және жеңіл металдардағы ең маңызды мәселе болып табылады. Ферроқорытпалы өндірісінің шлактары сияқты техногенді қалдықтардың құрамында айтарлықтай үлкен құндылыққа ие бірқатар компоненттер бар. Осындай шлактардағы Al_2O_3 мөлшері барынша бай бокситтердегіден төмен емес. Алайда, мына фактіні ескеру керек: зерттелетін шлактардың фазалық құрамы күрделі болып табылады, осы

жағдайда Al_2O_3 әр түрлі кальций алюминаттарының, магнезит пен корунд шпинелінің құрамына кіреді. Осылайша, ферроқорытпалы өндірістің үйінділік шлактары сазбалшық кәсіпорындарына арналған жаңа және айтарлықтай перспективалық қосымша шикізат болып табылады. ПАЗ-ның шихтасында осындай шлактарды пісіру, біріншіден, шаруашылық айналымға ферроқорытпалы шлактары сияқты техногенді түзілімдерді тартуға мүмкіндік береді, екіншіден, сазбалшықтың алынуы 97 %-ға дейін артады.

Жұмыстың мақсаты: Сазбалшық шикізаты мен ферроқорытпалы өндіріс шлактарының ортақ өндірісі бойынша технологиялық сұлбаны әзірлеу.

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін жұмыста мына міндеттер шешілген:

- Ақсу ферроқорытпалы зауыт шлактарының физикалық-химиялық сипаттамаларын зерттеу;

- сазбалшық өндірісінің шикізаты мен ферроқорыта шлактарын кальцинирленген сода қосу арқылы пісіру процесінің жүру кезіндегі термодинамикалық заңдылықтар мен физикалық-химиялық процестерді зерттеу;

- сілтілі орталарда жоғарытемпературалық автоклавта шлактардың гидрoхимиялық сілтісіздендірудің оңтайлы жағдайларын анықтау.

Зерттеу объектісі - Ақсу ферроқорытпалы зауытының шлактары және Павлодар алюминий зауытының бокситқұрамды шикізаты.

Ғылыми жаңалық. Термодинамикалық есептеулер арқылы теориялық тұрғыда ферроқорытпалы шлактары бокситқұрамды шикізатпен бірге пісіру кезінде реакциялардың өтуінің мүмкіндігі анықталды. Ортақ күйдіру шихтасының оңтайлы параметрлері мен құрамы, сонымен қатар сілтілі орталарда жоғары температуралы автоклавта шлактарды гидрoхимиялық сілтісіздендіру процесінің оңтайлы параметрлері мен көрсеткіштері анықталған. Жүргізілген теориялық және тәжірибелік зерттеулер негізінде пайдалану мен шикізаттың кешенділігін арттыруға және өңірдің экологиялық мәселелерін шешуге мүмкіндік беретін, ферроқорытпалы шлактар мен бокситқұрамды шикізатты бірге өңдеу бойынша технологиялық сұлба ұсынылған.

1 Әдебиетке талдамалық шолу

1.1 Шлактардың сипаттамасы және қасиеттері

Шлак - әртүрлі металлдардың және металоидтардың қышқылданған қортпасы, араларында химиялық қосылыстар пайда болдырады. Қатты және сұйық ерітінділер және екеуленген және көпкомпонентті эвтектикалық қоспа. Жүйенің құрамына, сонымен қатар металлургиялық процестің сипаты мен технологиялық ерекшеліктеріне байланысты олардағы әр түрлі металдар оксидтерінің құрамы қатты өзгеруі мүмкін. Сонымен қатар, олардың құрамында көбірек немесе азырақ мөлшерде сульфидтер, галогенидтер, карбидтер және басқа қосылыстар болуы мүмкін.

Шлактар қышқылды (SiO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , SnO_2 , B_2O_3), негіздік (CaO , MgO , BaO , FeO , MnO , NiO , ...) және амфотерлік (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3) болып сыныпталады. Шлақты жүйедегі қышқылды оксидтер (SiO_2 , TiO_2 , V_2O_5 , P_2O_5 , B_2O_3 , As_2O_3 , SnO_2) негіздермен тұз тәрізді байланыстар түзей отырып, барлық уақытта қышқылдар ролін атқарады. Қышқылдық қасиеті V_2O_5 және P_2O_5 –дан SiO_2 және B_2O_3 дейін төмендейді. Қышқылдық оксидтер шлактарды қалыптастыру кезінде тор түзеуші болып табылады.

Негізді оксидтер: CaO , MgO , BaO , FeO , MnO , Na_2O , K_2O , PbO , NiO , Cu_2O , SnO . Оксидтердің негіздігі келесі тәртіпте төмендейді BaO , Na_2O , CaO , MgO , MnO , CdO , FeO . Негізді оксидтер шлактарды қалыптасыру кезінде модификаторлар ролін атқарады, яғни тор бұзушы.

Амфотерлі оксидтер: Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , ZnO . Шлактағы негізді оксидтер мөлшері көп болған сайын амфотерлі оксидтер қышқыл ролін атқарады, шлактағы қышқыл оксидтердің мөлшері көп болған сайын амфотерлі оксидтер негіздің ролін атқарады. Күшті негіздермен олар алюминаттар, ферриттер, цинкаттар, хроматтар түзеді – $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{ZnO}$. Қышқыл шлактарда амфотерлі оксидтер негіздің кемшілігін толықтырып келесідей қосылыстар түзейді $\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$ – мырыш оксидінің силикаты.

Металлургиялық шлактар балқытылатын металл түрлері бойынша домналық, мартендік, конвертерлік, электрлік болат балқытушылық, ферроқорытпалы болып жіктеледі. Оларды екі топқа біріктіруге болады: біріншілік металлургиялық процестердің шлактары - домналық және ферроқорытпалы, екіншілік процестегі шлактар - болат балқытушылық және вагранкалы.

Ферроқорытпалы шлактары. Ферроқорытпалар өндірісі кен немесе концентрат құрамына кіретін оксидтерден элементтерді қалпына келтіру процестерінде негізделген, және шлактардың мәжбүрлі түзілуімен қатар жүреді. Қалпына келтіруші көміртек, кремний, алюминий болып табылады. Шлактардың мөлшері және қасиеттері процесс технологиясына, пайдаланылатын шикізат түрі мен сапасына, шығарылатын қорытпа маркасына, балқыту агрегатын қаптамалау құрамына тәуелді.

Шлактардың түзілуінің елеулі қайнаркөзі элементті жетектейтін қалпына келтірілмеген оксидтер болып табылады. Әдетте шлактағы олардың құрамы тепе-

тендік концентрациялар айтарлықтай артады, оларға қол жеткізу үшін балқымаларды ұзақ сақтау талап етіледі, бұл балқыту агрегаты өнімділігінің төмендеуімен және оның қалыптауының бұзылуымен шарттасқан. Осының алдын алу үшін жоғары өнімділігін және жетекші элементтің қалпына келтірудің максималды ықтимал дәрежесін қамтамасыз ететін технологиялық режимді таңдап алады. Алайда осы жағдайда қалпына келтірілмеген металл оксидінің елеулі бөлігі шлак құрамына өтеді. Сонымен қатар, шлакпен бірге металл қосылыстар шығарылады, олардың мөлшері шығару температураларындағы сұйық шлактардың физикалық-химиялық қасиеттеріне тәуелді.

Шлакқа шихталық материалдардың - кеннің, тотықсыздандырғыштар, ферроқорытпаларды өндіру кезінде пайдаланылатын флюстеуші, тазартқыш және басқа қосымшалардың қоспалары өтеді. Тотықсыздандырғыштарға жататын жетекші элементтер оксидтерімен қатар, кендер мен концентраттар құрамында ілеспе қосылыстар бар, олар процестің термодинамикалық жағдайлары бойынша қалпына келмейді және шлакқа өтеді.

Шлакқа әр түрлі оксидтер өтеді, олар кеннің, концентраттардың компоненттерімен өзара әрекеттесіп, тотықсызданады, сонымен қатар металл балқымамен күрделі тотықсыздандырғыш қосылыстар түзеді.

1.2 Ферроқорытпалы шлактарды өңдеу әдістері

Шлак үйінділері шаң түзу көздері болып табылады, ауыр металдармен ластап, елеулі жер аумақтарын алып, қоршаған ортаның жағдайына жағымсыз әсер етеді. Шлактарды металлургиялық өндіріс қалдықтары ретінде қарастыруға болмайды.

Осылайша, ферроқорытпалы өндірісінің қалдықтарының негізгі үлесі екінші ретті балқыту процесіне жіберу, немесе өзге металлургиялық өнімдерді өндіруге жұмсалады. Сондай – ақ қалдықтардың бір бөлігі құрылыс материалдарын-қиыршық тас, кірпіш, қаптау материалдарын өндіруге жұмсалуды мүмкін. Қарастырылған әдеби деректерден көретініміз: ферроқорытпалы өндіріс қалдықтары құрамында өндіріс өнімдерінің - феррохром, ферромарганец және ферросилиций қорытпаларының құраушылары ретінде темір, марганец және хром металдары бар.

Ферроқорытпалар өндірісі үйінді шлактар елеулі бөлігінің түзілуімен қатар жүреді. Шлактардың еселігі (шлак массасының металл массасына қатынасы) қорытпа түрінен тәуелді және төмендегі көрсетілген құрамды болады:

- ферросилицийді қорыту кезінде - 0,05-0,1 (қожсыз процесс);
- силикомарганец - 1,1-1,3;
- жоғары көміртекті ферромарганец (флюстік әдіс) - 1,2-1,6;
- металл марганец - 3-3,6;
- жоғары көміртекті және қайта өңделген феррохром - 0,9-1,1;
- тазартылған феррохром - 2,5-3,2;
- силикокальций - 0,2-0,4;

- ферромолибден - 1-1,1;

- ферровольфрам - 0,5-0,7

Ферроқорытпалы шлактардың құрамында дайын қорытпа королькалары және қорытпалардың жетекші элементтерінің қалпына келтірілмеген оксидтері бар. Сонымен қатар олар беріктікке, отқа төзімділікке ие. Ферроқорытпалы шлактардың жалпы шығымы 8 млн. астам тоннаны құрайды. Қазіргі уақытта осы шлактардың шамамен 45 % өңдейді [2].

Ферроқорытпалы шлактарды өңдеу әдістері айтарлықтай әр түрлі (металлургиялық қайта өңдеу, ауалық және магниттік екшеу, механикалық ұсақтау, сулы түйіршіктеу және т.б.), оларды таңдау шлак ерекшеліктерімен анықталады.

Ферросилицийді өндіру кезінде үйінділік шлактар құрамында королькалар түріндегі 30-50 % дейін дайын металл және 15 % дейін кремний карбиді бар. Осы шлактар болат балқыту өндірісінде қышқылсыздағыш және тазартқыш қоспалар құрамында пайдаланылады. Кремний бойынша бай ферросилиций маркаларының шлактары шихтада силикохромды және ферросилицийдің төмен маркаларын қорыту кезінде кварциттің орнына қолданылады.

Жоғары көміртекті феррохром қождары жоғары беріктікпен ерекшеленеді және іргетастарды салу кезінде шойнтас орнына пайдаланылады. Керісінше, тазартылған феррохром шлактары өздігінен ұсақталатын болып табылады және оның құрамында 5 % дейін қорытпа королькалары және 15 % дейін оксидті формадағы хром бар. Қорытпа королькалары осы шлактан ауалық немесе магниттік екшеу арқылы бөлінеді. Шлактағы хром оксидтерінің құрамын төмендету үшін оны металлургиялық қайта өңдеу кезінде толықтыра қайта өңдеу талап етіледі. Соңғы бөлімдегі шлак ауыл шаруашылығында әктасты тыңайтқыш ретінде, құю өндірісінде сұйық өзі қатаятын қоспаларды жасау үшін, құрылыста асфальтбетонға арналған минералды ұнтақ құрамында кеңінен қолданылады.

Марганец ферроқорытпаларын балқыту кезінде пайда болатын шлактарды кәдеге жарату мәселесі ерекше маңызды болып табылады. Соңғылардың үлесіне ферроқорытпа өндірісінің барлық көлемінің 70 % келеді. Силикомарганецтің қышқыл шлактарды түйіршіктеу арқылы өңделеді немесе кейін құрылыста пайдалану үшін бетон толтырғыш және жолдарға арналған шақпатаc ретінде пайдалану үшін ұсақталады. Силикомарганец шлактарын ұсақтау кезінде марганецтік ферроқорытпаларды қорыту кезінде түзілетін шлактарды кәдеге жарату мәселесі өзекті. Силикомарганец шлактарын ұсақтау кезінде “шлак құмы” деп аталатын және құрамында 20 % дейін дайын қорытпаның королькалары бар 0-5 мм. фракция түзіледі. Шлак құмы силикомарганецті қорыту үшін марганецтік агломератты жасау үшін пайдаланылады. Жоғары көміртекті ферромарганец шлактарын ұсақтағаннан кейін болатты марганецпен қоспалау үшін қолданады. Жоғарырақ шамада осы мақсат үшін металл марганец шлактары жарамды. Алайда осы жоғары негізгі шлактар ұнтаққа сақтау кезінде шашылады, бұл олардың тасымалдануын және пайдаланылуын қиындатады. Кесек түріндегі металл марганец шлактарын алу үшін қожға борат кенді қосады [3].

Авторлар [4] осы жұмыста силикомарганецтік шлактарды және домналық ферромарганецті өндіруден алынған шлактарды өңдеу әдісі ұсынылған, осы

жағдайда олардың құрамына кіретін пайдалы элементтерді тікелей теміркөміртекті қорытпаға доғалық қалпына келтіру ұсынылған.

Ресурстарды үнемдеу және экологиялық ахуалды жақсарту, сонымен қатар ферроқорытпалы қалдықтарды өңдеу және кәдеге жарату тиімділігін арттыру мақсатында қазіргі уақытта қалдықтарды байыту және олардан компоненттердің бағалы металлургиялық құраушыларын шығару үшін пайдаланылатын технологиялық сұлбалар талданды.

Ферроқорытпалы шлактарды кейін ферроқорытпаларды өндіру үшін шихтада пайдалану мақсатында оларды байыту үшін қолданылатын пневматикалық және магниттік екшеу әдістері пайдаланылатын жабдықтар мен технологияға байланысты айтарлықтай күрделі болып табылады. Сонымен қатар, силикомарганец және марганец силикаттары магниттік қасиеттерге ие емес, марганец силикаттарының тығыздығы шлактардың басқа құраушыларының тығыздығына жақын, сондықтан дәстүрлі технологияларды пайдалана отырып оларды шлактардан шығару қиындатылған. Бірінші кезеңде төмен температуралар силикомарганецтік шлактарды байыту үшін магниттік екшеуді пайдалану тиімділігіне тигізетін әсер зерттелді. Силикомарганецтен алынған шлактарды байыту алдында оны алдын ала ұсақтау мен іріктеуді жүргізді.

Ұсынылған әдіс марганец құрамы 30,5 - 66,47 % құрайтын силикомарганецтік шлактарды байытуды жүргізуге мүмкіндік береді. Байыту нәтижесінде қол жеткізілген шикізаттағы марганец құрамы ферроқорытпалы өндірісте пайдаланылуы мүмкін өнеркәсіптік марганецтік кендердегі оның құрамына жауап беруі тиіс. Алайда шикізатты дайындаудың осы әдісі тиімді және бәсекеге қабілетті технологияны әзірлеу үшін қосымша теориялық және тәжірибелік зерттеулерді талап етеді.

Силикомарганецтік шлактарды өңдеудің келесі зерттелген әдісі оны қоспаға қалпына келтіргішпен мысбалқытушы электрдоғалық пеште қайта балқытуды ұсынылған. Бастапқы шлактағы марганецтің орташа құрамы 13,6 % құрады. Қоспаны қайта балқытуды үздіксіз, шихталық материалдардың қосымша порцияларын толықтыра жүктеусіз жүргізді. Нәтижесінде 21 % Mg құрамы бар 17 кг қорытпа алынды. Марганецтің қалпына келу деңгейі 9% - ға жуық. Шлак қайта қорытудан кейін құрамында (%) Mg 12,8-13,0 және SiO₂ 47,5-48,4 бар біртекті болып шықты және көмір мен әктас қосылмаған.

Жүргізілген жұмыс нәтижесінде: ферроқорытпалы өндірістің марганецқұрамды қалдықтарын өңдеудің әр түрлі технологиялық сұлбаларының салыстырмалы талдамасы орындалды және олардың артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды; ферроқорытпа шлактары мен шламдардан тікелей металл балқымаға марганец пен кремнийді шығарудың қағидатты мүмкіндігі орнатылған; кендік-қалпына келтіргіш блоктардың әр түрлі құрылымдары мен құрамдары, сонымен қатар өңдеудің технологиялық режимдері сыналды [5].

Бұл жұмыста тазартылған ферромарганец болатты балқыту және түсті металл қорытпаларын өндіру кезінде, ұнтақ түрінде – дәнекерлеу электродтарының жабындарын дайындау үшін пайдаланылған [6]. Алайда тазартылған ферромарганецті өндіру кезінде марганецтің елеулі мөлшері үйінді шлактармен

бірге жоғалады. Сонымен қатар, тазартылған ферромарганецтің силикотермиясында шеткі үйінділік шлактардың өздігінен үгітілуге шалдықшықтығы мәселесі өткір тұр. Осылайша, ыдыраған қож ауқымды аумақтарды алып жатып, қоршаған ортаға елеулі зиян келтіреді. Осыған байланысты тазартылған ферромарганец өндірісінің технологиясын жетілдіру жұмыстары өзекті болып отыр.

[7] мақалада нефелинді кеннің ұсақталу процесі және ферротитанды өндірістің шлак мұнай-эктас-сода шихтасын жентектеу тәсілі бойынша оларды одан әрі бірлесіп өңдеу үшін зерттелген.

Зерттеулерді орындау кезінде технологиялық, математикалық, минералогиялық және басқа арнайы әдістер қолданылды. Суланған өнімдер электрлік пеште ауалық-құрғақ күйге дейін 100 °С аспайтын температурада кептірілді.

Зерттеулер алдында бастапқы шикізат сынаманы сынаудың және минималды массасын есептеудің барлық ережелерін сақтай отырып азайтылды. Ұсақтау кинетикасының зерттеуі зертханалық шарлы диірмендерде жүргізілді.

Ұсақталуды сипаттау үшін зерттелетін (шлак) және барабар (нефелинді) кенде алынған және уақыт білігінде ұсақталған жабдық көлемінің бірлігіне шаққандағы қайта түзілген ірілік сыныбы болып табылатын меншікті өнімділікті пайдаланады [8].

Есептеу нәтижелері диірменнің шлак бойынша меншікті өнімділігі нефелинді кенге қарағанда едәуір аз екенін көрсетті..

Ферротитандық өндіріс қождарының құрамына кіретін минералды агрегаттарды ашуды бағалау үшін олардың минералогиялық зерттеулері қосымша жүргізілді. Ферротитандық өндіріс шлактарының минералогиялық зерттеу үшін 0,074 мкм сыныбының ірілігі 80 және 95% болатын екі фракция (сәйкесінше 1 және 2 фракциялар) алынды. Екі фракциядағы сынықтар пішінінің бір типті екені және жиі изометриялық дәндермен, сирек - сынған шыны үшін тән, өткір бұрышты тегіс емес жиектері бар созылған тілімшелермен ұсынылғаны анықталған.

Шлактардың фазалық құрамы күрделі, шлак мономинералды сынықтардан және дәндердің өсірілген агрегаттарынан тұрады. Агрегативті жабысулар сазтопырақтың әр түрлі фазаларынан, темірдің, кальцийдің және титанның оксидтері мен гидроксидтерінен тұрады. Мономинералды сынықтар негізінен сәйкесінше 1, 2 фракциялар бойынша 59 және 68% құрайтын сазтопырақтың әр түрлі фазаларымен ұсынылған. Шлактардың 2 фракциясында тіркелген, темірдің, титанның, магнийдің және кальцийдің оксидтері мен гидроксидтерінің мономинералды сынықтары айтарлықтай сирегірек кездеседі.

Жүргізілген зерттеулер негізінде, қазіргі уақытта ферротитандық өндірісінің шлактары шикізаттық цехта нефелинді-эктасты-содалық шихтаға енгізу төрт ұсақтау сатысында нефелинді кенмен бірге ұнтақтаумен жүзеге асырылады, қожды ұсақтау сұлбасын өзгертуді және оны ұсақтауды жеке диірменде жүргізуді ұсыну тиімді болып саналады. Сонымен қатар, кейінгі термохимиялық зерттеулерде 1200–1300 °С температурасында пісіру кезіндегі ферротитандық өндіріс қождарының қосымшалары бар нефелинді-эктасты-содалық шихтадағы химиялық

айналуларды қарастыру керек, бұл алюминий оксидінің натрий және калий алюминаттарына аударылуын және кремний оксидінің екі кальцийлік силикатқа байланыстырылуын қамтамасыз ететін технологиялық процесс үшін маңызды [9-11].

1.2.1 Феррохромды өндіріс шлактарын өңдеу әдістері

Жұмыста [12] Ақтөбе ферроқорытпалар зауыты жағдайларында феррохромды өндіру қалдықтарының кәдеге жаратылуы қарастырылған. Ұсынымдар ретінде жеңдік шаңнан және жоғары көміртекті феррохром өндірісінің шлактарынан отқа төзімді бұйымдарды дайындау ұсынылады.

Ақтөбе ферроқорытпалар зауытында вакуумдық-термиялық бөлімшеде жоғары көміртекті феррохром қожынан отқа төзімді кірпішті өндіреді. Осы кірпішті өндіру үшін үгітілген шлактарды пайдаланады, оны байланыстырғыш ретінде пайдаланылатын сұйық шынымен араластырады. Бұдан әрі 16 сағат бойы 500°C температурасында пеште кептіруді жүргізеді. Осы отқа төзімді кірпіштер зауыттың меншікті мұқтаждықтары үшін пайдаланылады. Жоғары көміртекті феррохром шлагынан отқа төзімді кірпішті өндіру сатып алынатын шамот кірпіштің тұтынылуын қысқартуға мүмкіндік береді.

Шлак алдын ала шар диірменінде 0-1 мм фракцияға дейін ұнтақталған. Байланыстырғыш компонент ретінде сұйық шыны орнына техникалық суды пайдаланды.

Жұмыс қоспасы араластырғыш машинада дайындалған, кейіннен байланыстырғыш материалды (суды) қосу, престеу прессте жүзеге асырылды. Жұмыс барысында берілетін су мөлшері, араластыру уақыты, баспақ үстелі камерасының биіктігі және ұнтақталған шлак фракцияларының ірілігі сияқты кейбір параметрлер өзгертілді.

Кептіру және суыту процесі аяқталғаннан кейін қысу кезінде беріктігін сынау үшін кірпіштің үлгілері алынды. Біріншіден, қолданылатын араластырғыш машина қоспаның тығыздау және бір-бірімен қоспаның бөлшектерін алу процесіне әсер ететін қоспаның оңтайлы ылғалдылығына қол жеткізуге мүмкіндік бермейді; екіншіден, беріктікке сынаулар жасау технологиясын тиісті күйге келтіру кезінде беріктігі 690 кгс/см² дейінгі жоғары беріктігі бар кірпіштерді алу мүмкіндігі бар екендігі анықталды.

Сонымен қатар металл және шлак балқымасы бар тәжірибелі отқа төзімді кірпішті анықтау үшін және № 39 пеш ағынөзегін қалыптау кезінде пайдалану мүмкіндігін иелену үшін кезекті тәжірибе жүргізілді. № 39 пештің науаларын жоспарлы профилактикалық жөндеуден кейін екі қабатқа футерленді, төменгі қабаты шамотты кірпіштен, жоғарғы қабаты тәжірибелі кірпіштен салынған. Жоғарғы қабаттың футеровкасы үш ауысым бойы жұмыс күйінде қалды, бұл ретте металл мен шлактардың 8 шығарылымы өткізілді. Пеш ағынын футерлеудің әдеттегі схемасы кезінде футеровка екі қабат шамотты кірпішпен салынуын ескере отырып, 10 шығармаға дейін шыдайды. Бұл жағдайда импорттық қымбат шамотты

кірпішті жеңдік шаңнан жасалған эксперименталдық кірпішке және №1 ПЦ шлактарына ауыстыру бойынша принципті мүмкіндік бар, бұл, әрине, шығарылатын өнімнің өзіндік құнына әсер етеді. Екінші жағынан, бұл факт тағы да шөмішті футеровкалау кезінде газ тазалау шаңынан ФШБК маркалы кірпішті отқа төзімді отқа ауыстыру мүмкіндігін растайды.

Төмен көміртекті феррохром өндірісінен алынған, өздігінен ыдырайтын қождарды өндеудің экологиялық таза, энергия үнемдейтін технологиясы әзірлеу ерекше маңызды болып табылады. Әрекетті технология кезінде жұмыс орындарындағы шаң шығарындылары рұқсат етілетін нормалардан жүздеген есе асады. Сондықтан мынадай схема бойынша қайта өңдеу технологиясы өңделуі тиіс, шлактардың сұйық бөлігін түйіршіктеу және шаң-газ шығарындыларын толық оқшаулайтын барабанды агрегатта шөміш қалдықтарын өңдеу. Маңызды табиғат қорғау іс-шараларының тағы біреуі - тазартылған феррохром шлактарының қоймалануын төмендету. Енгізілген шлактарды тұрақтандыру технологиясы тазартылған феррохром өндірісінен алынған шлактарды қатты күйге аударуға мүмкіндік берді, бұл кейін осы қалдықтарды шақпатасқа өндеуге мүмкіндік берді. Жыл сайын 40 мың тоннасы өңделеді [13].

Сонымен қатар, авторлар [14] микрокремнеземнің (микросилика) түзілуінің көлемі бойынша деректерді, сонымен қатар құрғақ газ тазарту шаңын және жоғары көміртекті феррохром шлактарының агломерациялық процесс арқылы өндеуден алынатын қалдықтарды кәдеге жаратудың тиімді техникалық және технологиялық шешімдерін әзірлеуге бағытталған тәжірибелік зерттеулер нәтижелерін келтіреді. Осы жұмыста олар ферроқорытпалы өндіріс қалдықтарын кәдеге жаратудың ең қолайлы технологиясы ретінде және, атап айтсақ, Ақсу ферроқорытпалар зауытында пісіру процесін пайдалану пайдасына негізделген дәлелдерді келтіреді. Зертханалық және өнеркәсіптік сынақтар нәтижелері микросиликтерді пайдалану аглокоспананың алдын ала түйіршіктеу процестеріне оң әсер ететінін және стандартты технология кезінде алынған агломераттардың беріктігімен салыстырылатын агломераттың механикалық беріктігін қамтамасыз ететінін көрсетті, сондай-ақ тәжірибелі агломераттар химиялық құрамы бойынша талаптарға сәйкес келгенін көрсетті. Флюсты микросиликаға толықтай ауыстыру агломерациялық машина өнімділігінің орташа алғанда 10 %-ға арттырылуына алып келеді. Жалпы алғанда, аглошихта құрамына қосылатын микросилика қоспасы агломерациялық машина жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартады және бір уақытта техногенді қалдықтардың түзілуі және сақталуы үшін экологиялық төлемақыларды төмендетуге мүмкіндік береді.

Ақтөбе ферроқорытпалар зауыты (АФЗ) бұрын тау болып үйіліп жатқан шлак қалдықтарын және дала бойынша шашыраған, немесе Илекке түскен құрамында хром бар шаңды өңдейді. Кейін АФЗ осы үйінділерге шаңды басуды қамтамасыз ететін арнайы құралды шашыратуды қолдана бастады, бірақ үйінділердің жинақталуы мәселесін бұл шешкен жоқ.

Осы жұмыста хромдық концентратты (Cr_2O_3) және магний сульфатының ерітіндісін (MgSO_4) алу мақсатында күкіртқышқылды сілтісіздендіру арқылы феррохромдық өндіріс қалдықтарын гидрometаллургиялық өңдеу әдісі

ұсынылды. Осы әдіс қалдықтардан кейін өңдеу мақсатында бағалы металлургиялық құраушыларды шығаруға мүмкіндік береді.

Ферроқорытпалы зауыттардың хромдық шаңын гидрометаллургиялық өңдеу әдістері зерттелді және олардың арасынан екі ең перспективалы әдіс анықталды: күкіртқышқылды және гидросульфаттық гидрометаллургиялық өңдеу әдістері. Күкіртқышқылды және гидросульфаттық сілтісіздендіруді жүргізу үшін оңтайлы жағдайлар анықталды. Күкіртқышқылды әдіс үшін өнеркәсіпте қойылатын техникалық талаптарға сәйкес келетін өнім үлгілері алынды: хромдық кен және магний сульфаты 7-сулы, маркасы: техникалық. Гидро сульфитті тәсіл үшін өнеркәсіпте қойылатын техникалық талаптарға сәйкес келетін өнім үлгілері алынды: негізгі техникалық көмірқышқыл хром және магний концентраты [15].

Феррохромдық шлак құрамында Cr_2O_3 хром оксиді бар, ал домналық шлак құрамында – Fe_2O_3 темір оксиді және басқа қоспалар, нәтижесінде шынының жасыл және қоңыр түсін алуға арналған бояғыш енгізілмейді. Осылайша, арзан шлак шыныға қажетті оксидтерді енгізумен қатар, бояғыш ретінде пайдаланылады, бұл экономикалық тұрғыда тиімді [16].

Феррохром деңгейі шамамен 55 % құрайды. Осы жағдайда негізінен төмен көміртекті феррохромның өздігінен ыдырайтын қождары өңделеді (70 % дейін). Жоғары көміртекті феррохром шлактары 20 % кем шамаға өңделеді. Осы шлактарды өңдеу кезінде магниттік екшеуді жетілдіру де зерттеудің негізгі бағыттарының бірі болып қалады. Мұнда ең үлкен күрделілікті ыдырау өнімдерінің жоғары құрамы бар төмен көміртекті феррохром шлагының ұсақ сыныптарын және жоғары көміртекті феррохром шлактарының ірі сыныптарын екшеу тудырады. Жоғары көміртекті феррохром шлактарын пайдалану отқа төзімді кірпіштерді, абразивті материалдар мен отқа төзімді бетондарды өндіруде перспективалы.

Сонымен қатар авторлар [17] қосымша шикізатты үгіту және шығару арқылы қара металлургияда шлактарды өңдеу әдістерінің бірін сипаттайды.

Ақсу ферроқорытпалар зауытының шлак үйіндісін пайдалы қазбалардың техногенді кен орындары ретінде өңдеудің әзірленген тұжырымдамасы техногенді кен орнының қорларын бағалауды, металл құраушылардың мөлшерін, пішінін, өлшемдерін, құрамын және магниттік қасиеттерін анықтауды, ұнтақтауға және ұсақтауға арналған негізгі жабдықтарды таңдауды, ұнтақталған шлактарды бөлудің гравитациялық әдісін негіздеуді қамтиды.

Ақсу ферроқорытпа зауытында феррохром шлактарын қайта өңдеу бойынша тұндыру кешені іске қосылды. Тұндырғыш машина сулы ортада материалды ауыр (металлконцентрат) және жеңіл (шлак шақпатасы) фракцияларға гравитациялық бөлу қағидаты бойынша жұмыс жасайды. Кешен құрамындағы металл құрамы 3 бастап 10 % дейін болатын бұрын жинақталған шлактарды өңдейді. Кешен қуаты - жылына 600 мың тонна шлак шығарады. Тұндыру машинасы түсті металдарды, ұсақталған ферроқорытпа шлактарды байыту қажеттілігін қанағаттандырады. Ауа-пульсациялық режимді басқару жүйесі аддитивті (салынған) тербелістері бар жарықдиодты матрицалармен мәжбүрлі тербелістер блогымен жабдықталған, яғни байыту материалының төмен түсетін жүрісінде циклда қосымша түсірулер

жүргізіледі, бұл пайдалану процесінде тұндыру машинасын технологиялық баптау мүмкіндіктерін толық пайдалануға мүмкіндік береді.

Қалдықтарды өңдеу шлактардан металды толық алу есебінен өндірістік міндеттерді, сонымен қатар экономикалық міндеттерді шешуге мүмкіндік берді.

Бүгінгі күні Ақсу ферроқорытпалар зауытында жоғары көміртекті феррохром шлактарды өңделеді. Сонымен қатар Кеңес Одағы кезінен жинақталған, шамамен 5 млн. тоннаны құрайтын тазартылған феррохром шлак қорларын өңдеу жоспарлануда. Қазіргі уақытта металды шығару технологиясын әзірлеу және кейін осы шлактардан құрылыс материалын алу бойынша бірқатар зерттеулер жүргізілуде. Ақсу ферроқорытпа зауытындағы цех құрамына заманауи жабдықпен жабдықталған бірнеше ұсақтау-сұрыптау кешені, және тұндырғыш кешен кіреді, бұл ағымдағы шлактардың шамамен 70 % өңдеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, шлактарды өңдеу цехының әрекетті тұндырғыш кешендерін жаңғырту бағдарламасы қабылданған. Шлактарды өңдеу цехының қызметі Ақсу ферроқорытпалар зауытының табиғат қорғау кәсіпорындарының ауқымды бағдарламасында жетекші орындарының біреуін алып жатыр, мұнда өнеркәсіптік кәсіпорынның барлық дерлік қалдықтары өңделеді, бұл табиғи ресурстардың тиімді пайдаланылуына және өндіріс қоршаған ортаға тигізетін әсердің төмендеуіне жағдай жасайды. Бұрын шлактар арнайы үйінділерде қоймаларда болатын, қазір - барлығы өңдеуге бағытталады. Цехтың басты үлесі мынада: шлактарды өңдеу кезінде алынған өнім енді жинақталмайды. Жұмыс барысында жөнелтуге жарамды тауарлық феррохром алынады, сонымен қатар өндірісте қайта пайдаланылатын металлконцентрат және айналымдық құм алынады. Осындай мұқият өңдеуден кейін қалған шлактардан жол шақпатаасы өндіріледі”.

Осылайша, әдебиетті талдау нәтижесінде келесі тұжырым жасауға болады, қазіргі уақытта ферроқорытпалы өндіріс шлактары негізінен немесе тікелей ферроқорытпаларды өндіретін кәсіпорындардың өзінде пайдаланылады, көптеген жағдайларда жоғарыда көрсетілген шлактардың өңдеу тәсілдері оларды байыту, немесе отқа төзімді кірпіштерді немесе құрылыс материалдарын өндіруде пайдалану процестеріне қолдану көрсетілген. Алайда, Қазақстанның сапалы бокситтік шикізатының табиғи қорларының сарқылуына байланысты отандық ферроқорытпалы шлактрады сазбалшық өндірісінің қосымша көзі ретінде қарастыруға болады. Ферроқорытпалы өндіріс шлактарындағы сазбалшықтардыңтың физикалық-химиялық қасиеттерінің ерекшелігі және салыстырмалы жоғары концентрациясы осы қалдықтарды белгілі технологиялар бойынша сазбалшық өндірісінде пайдалануды қарастыратын технологиялық сұлбаларды әзірлеу үшін негіз болады. Шлактардың құрамында сазбалшық (Al_2O_3) біршама мөлшері бар, оларды сазбалшық және одан әрі – металл алюминий алу үшін қосымша көз ретінде пайдалану мәселесі қызығушылық тудырады.

2 Бастапқы материалдар сипаттамасы және зерттеу әдістемесі

2.1 Бастапқы материалдар сипаттамасы

Бастапқы шикізаттың заттай құрамының зерттеуін жүргізу кезінде химиялық, рентгенфлуорценттік, рентгенфазалық талдау әдістері пайдаланылды.

Пісіру әдісімен және шлактарды гидрохимиялық сілтісіздендірумен шлактарды өңдеу бойынша зертханалық зерттеулер үшін жоғары температуралық автоклавта сілтілік орталарда 4 түрлі шлак ұсынылған (1-кесте).

АФЗ-ның үйінділерінен алынған шлактар мен ағымдағы келіп түсетін шлактардың үлгілеріндегі айырмашылықтарға қарамастан, оларды ұсақтау және ұнтақтау процестері ұқсас өтеді, ал ұсақталған материал іс жүзінде бірдей гранулометриялық құрамы болады..

Шлактардағы Al_2O_3 құрамы ең бай бокситтердегі құрамнан төмен емес, алайда сазбалшық корунд түрінде болады, яғни тек сілтілік реагентермен пісіруден кейін ерітіндіге аударылуы мүмкін. SiO_2 және FeO құрамы үлкен емес, кальцийдің болуы осы қоспалардың, сондай-ақ титанды аз ерітін қосылыстарға аударуды қамтамасыз етеді. Оған қоса шлактрада шамамен 2,5 % магниттік фракция және металданған фазаның кейбір мөлшері анықталған.

1250-1300 °С температурада содасы бар қождарды жентектеу одан әрі сілтілеу кезінде 89-97 % Al_2O_3 ерітіндісіне алуға мүмкіндік береді. Шлактарды қолданыстағы сазбалшық кәсіпорындарында боксит және нефелин кендеріне шикізат қоспасы ретінде қайта өңдеу ұсынылады.

1 Кесте – Шлактардың маркалары және олардың химиялық құрамдары

Шлакт үлгілері	Шектері			Аспайды				
	Al_2O_3	CaO	Cr_2O_3	TiO_2	SiO_2	MgO	FeO	C
Үлгі 1	46-58	10-24	3-12	–	5	20,0	2,0	–
Үлгі 2	56-70	10-24	0-0,2	20	2,0	5,0	3,0	–
Үлгі 3	70-82	5-15	5-15	–	1,0	3,0	1,0	–
Үлгі 4	60 -70	20 - 25	–	11	1,0	5,0	1,5	0,2

2.2 Заттық және фазалық құрамды зерттеу

Шлактардың химиялық құрамының нәтижелері және онда сазбалшықтың (Al_2O_3) құрамы 2-кестеде ұсынылған.

2-кестеде көрсетілгендей, шлактар химиялық құрамы бойынша, анықтаудың барлық элементтері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Барлық шлактар үшін ортақ - бұл құрамында әр түрлі арақатынаста сазбалшықтар үшін тән емес элементтер бар, азкремнийлік және азтемірлік материалдар: магний, хром және титан.

2 Кесте – Шлактардың маркалары және олардың химиялық құрамдары

Шлак үлгілері	Шлактардың химиялық құрамы, %										
	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cl-	Cr ₂ O ₃	SO ₃
Үлгі 1	0,39	0,17	6,1	62,5	1,72	13,65	11,35	2,39	0,04	1,38	0,09
Үлгі 2	0,53	0,19	6,7	61,6	2,13	13,15	11,31	2,91	0,04	1,42	0,07
Үлгі 3	0,52	0,18	6,3	62,8	1,89	13,54	11,24	2,41	0,04	1,36	0,05
Ұсақ шлак	0,20	0,10	4,18	60,6	1,76	13,70	11,20	2,23	0,05	1,41	0,06

Мәскеудегі «МИСиС» ҒЗТУ зертханалық базасында түсті металдар және алтын кафедрасында шлактардың құрылымдық құрамының рентгенографиялық зерттеуі жүргізілді, шлактардың фазалық құрамы 3-кестеде ұсынылған.

Шлактардың фазалық құрамы күрделі болып табылады. Шлактардың құрамына мыналар кіреді: феррохром оксидті түрлері, ферротитан, хром және металды темір. Al₂O₃ кальцийдің, шпинельдің, магнезиттің және корундтың әр түрлі алюминаттарының құрамына кіреді. Алюминаттарды қоспағанда, кальций перовскит құрамына кіреді. Алюмохромды қосылыстардың сілтілі формаларының аз ғана саны бар-сілтілі борниттер.

3 Кесте – Шлактардың фазалық құрамдары

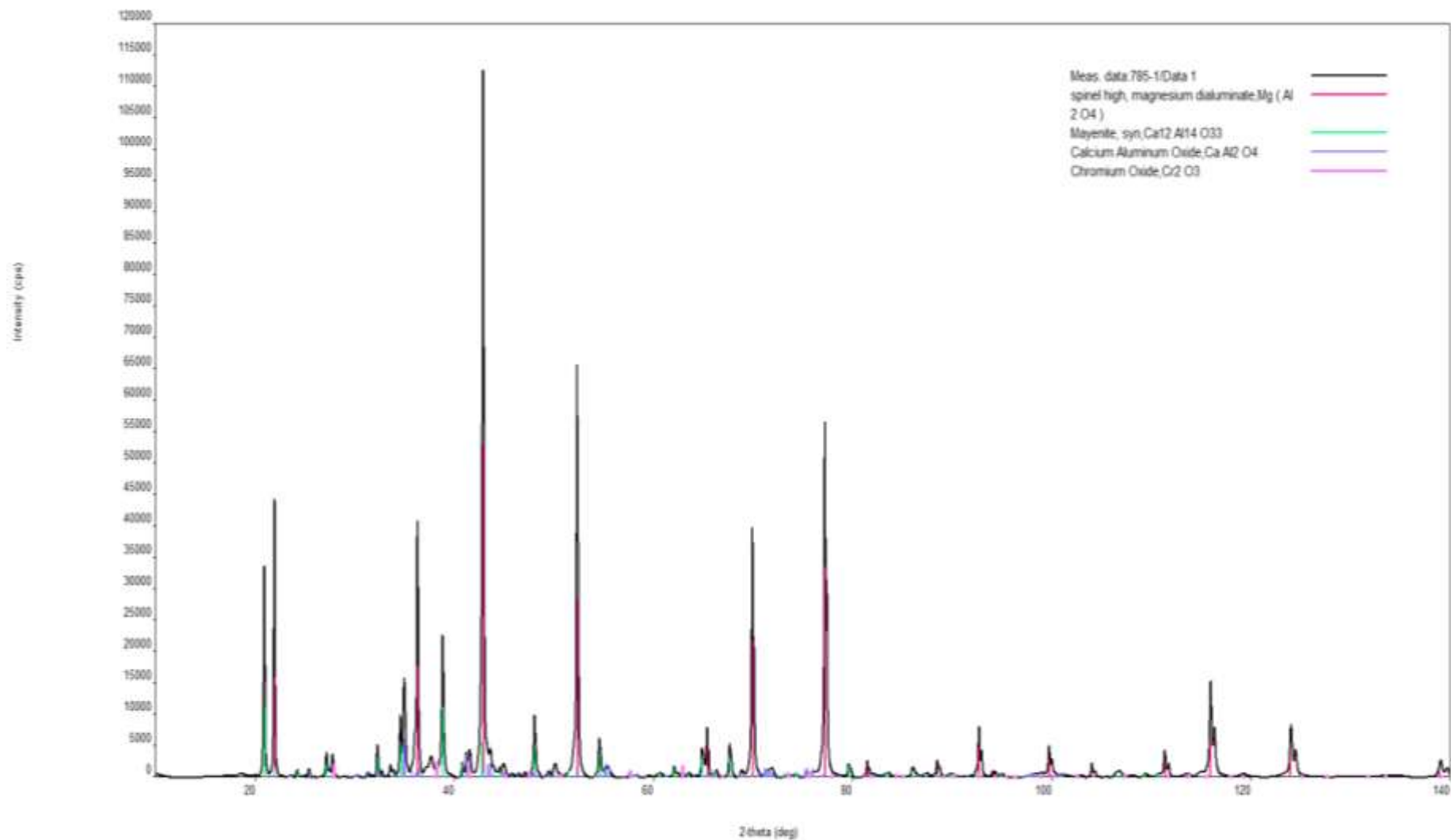
Шлак үлгілері	Шлактардың фазалық құрамы
Үлгі 1	Шпинель: Mg(Al ₂ O ₄) Майенит: Ca ₁₂ Al ₁₄ O ₃₃ Кальций алюминаты: CaAl ₂ O ₄ Хром оксиді: Cr ₂ O ₃
Үлгі 2	Гросит: CaAl ₄ O ₇ Перовскит: CaTiO ₃ Алюминий магний оксиді: (MgO ₇₉ Al _{0.19})(Al _{1.84} Mg _{0.16})O ₄ Темір: Fe Майенит: Ca ₁₂ Al ₁₄ O ₃₃
Үлгі 3	Темір хромиті: FeCr ₂ O ₄ Корунд: Al ₂ O ₃ Шпинель: Mg(Al ₂ O ₄) Алюминийдің натрий оксиді: Na _{2.58} Al _{21.81} O ₃₄ Кальций алюминаты: Ca ₃ Al ₁₀ O ₁₈
Ұсақ шлак	Ульвошпинель: Fe ₂ TiO ₄ Перовскит: CaTiO ₃ Кальций алюминаты: Ca ₃ Al ₁₀ O ₁₈ Кальций диалюминаты: CaAl ₂ O ₄ Шпинель: Mg(Al ₂ O ₄) Биккулит: Ca ₂ Al ₂ SiO ₆ (OH) ₂ Корунд: Al ₂ O ₃

2.2.1 Ферроқорытпа шлактарының рентгенфазалық талдауы

ARL OPTIM'X рентгенфлуоресценттік спектрометрінде (1-сурет) орындалған талдау нәтижелері бойынша бастапқы ферроқорытпалы шлактардың фазалық құрамдары анықталған. Бұл толқынды рентгенофлуоресцентті талдау қатты және сұйық материалдарды химиялық талдаудың ең тиімді тәсілдерінің бірі болып табылады. Әдіс әр түрлі сынамаларда жоғары дәлдікпен, сенімділікпен және жаңғыртушылықпен Ве бастап U дейінгі элементтер құрамын анықтауға мүмкіндік береді. Жабдық және талдамалық әдістемелер өздерін әр түрлі материалдарды сандық және сапалық анықтауда жақсы танытты. Заманауи технологиялық әзірлемелердің қарапайымдылығы, икемділігі, қолжетімділігі және сенімділігі арқасында олар толқындық рентгенфлуоресценттік аспаптарды талдамалық зертханаларға арналған ұсынылатын құралдарға (мысалы, ASTM және ISO стандарттары) қосуға мүмкіндік берді. Бір талдаудың құны, сондай-ақ осы жабдықтың сулы химияның көптеген дәстүрлі әдістерінің және басқа да спектральды әдістердің алдында артықшылықтарын көрсетеді [18].

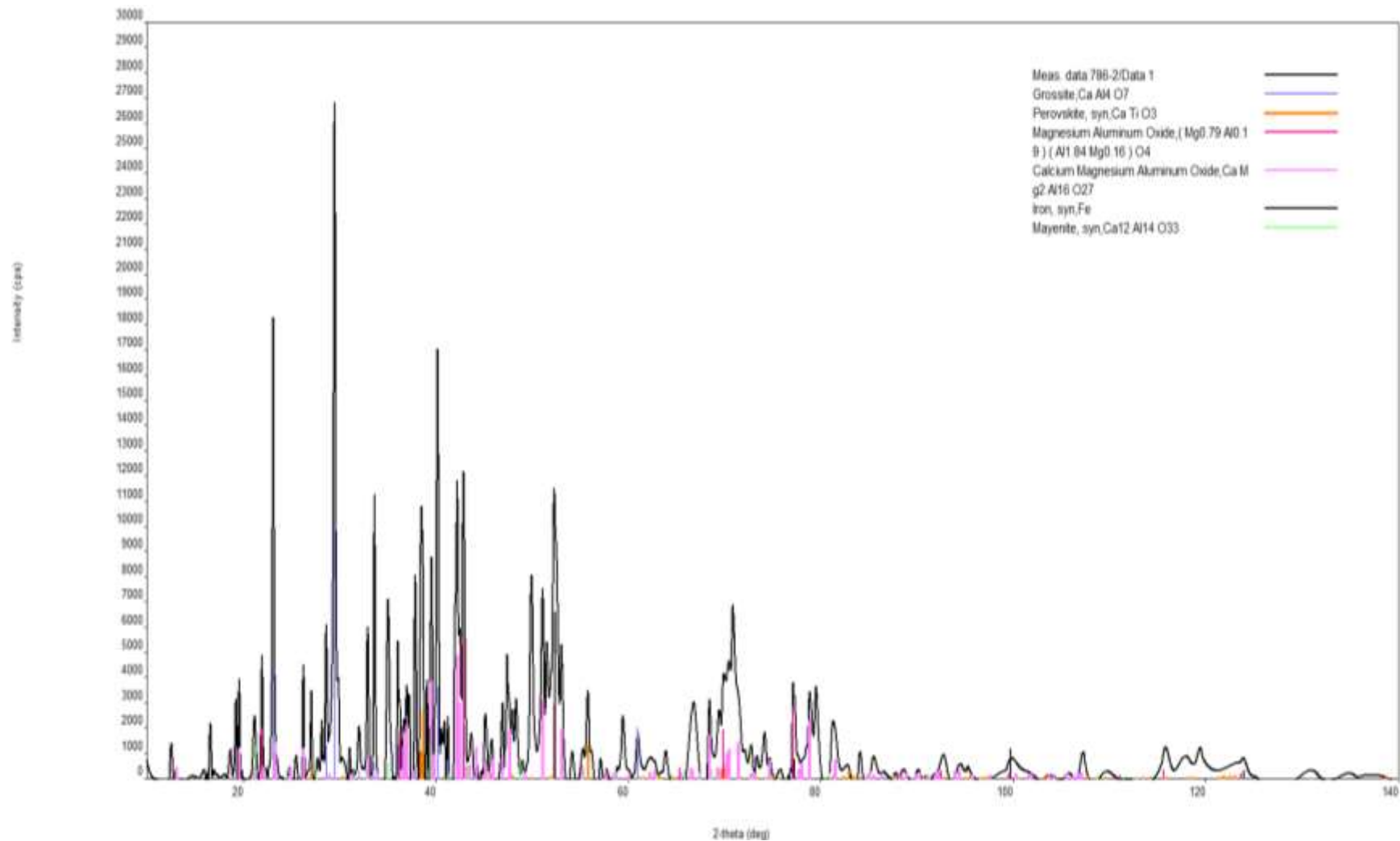


1 Сурет- ARL OPTIM'X рентгенфлуоресценттік спектрометрі



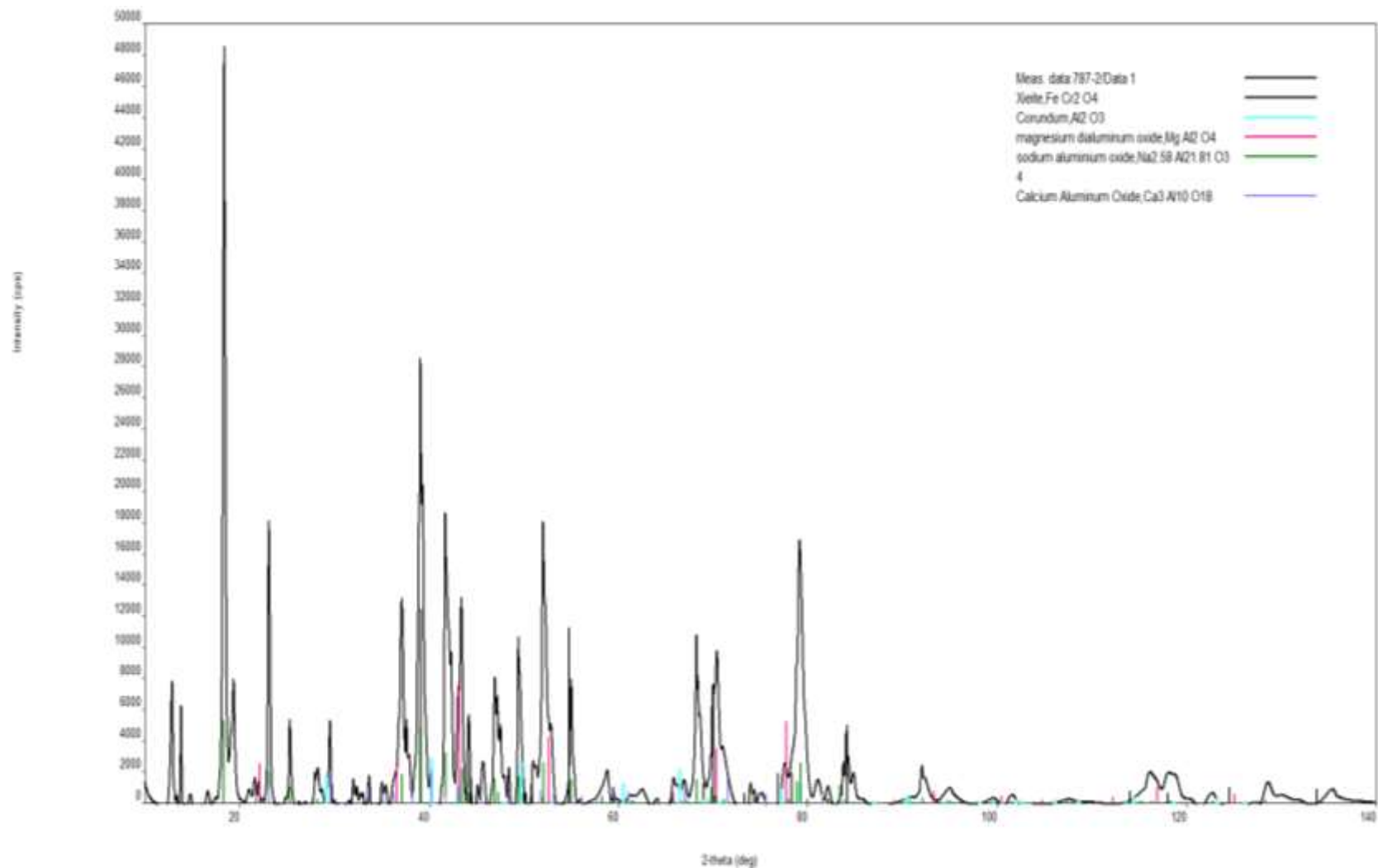
2 Сурет – 1 – ші үлгідегі шлактың сынамасы

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
0,39	6,1	62,5	1,72	0,17	13,65	11,35	1,38	2,39



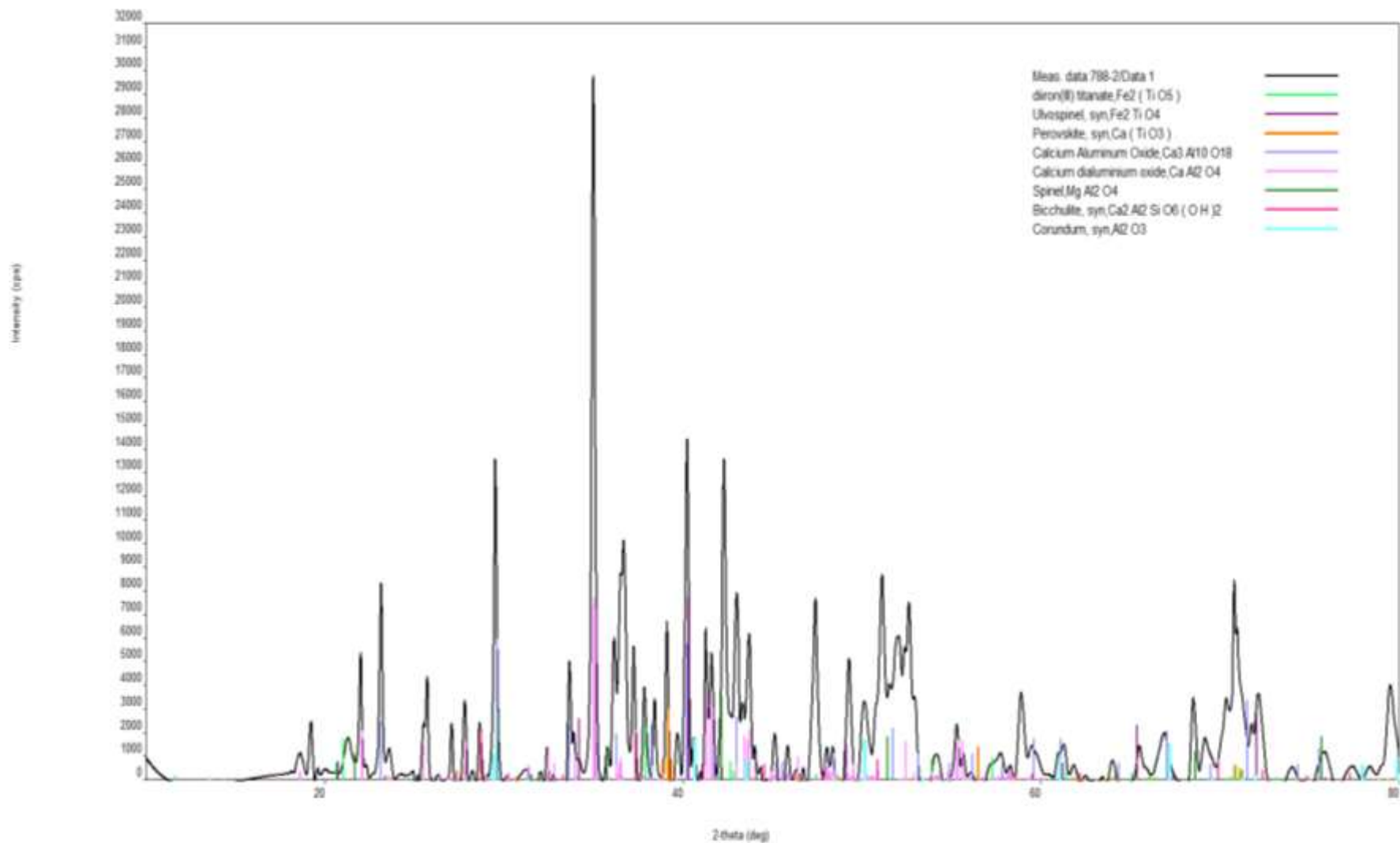
3 Сурет – 2-ші үлгідегі шлақтың сынамасы

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
0,53	6,7	61,6	2,13	0,19	13,15	10,2	1,42	2,91



4 Сурет – 3-ші үлгідегі шлақтың сынамасы

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
0,52	6,3	62,8	1,89	0,18	13,54	11,24	1,36	2,41



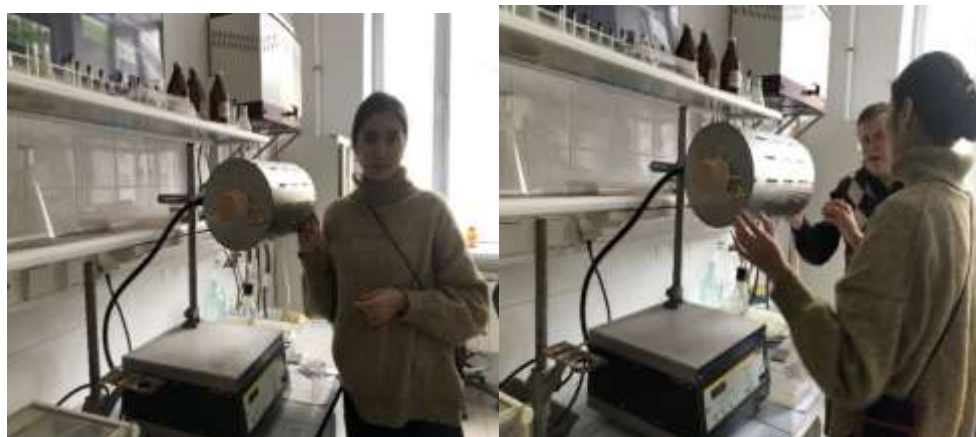
5 Сурет – 4-ші үлгідегі шлақтың сынамасы. Ұсақ шлак

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
0,20	4,18	62,8	1,89	0,10	13,70	11,20	1,41	2,23

2.3 Зерттеу әдістемесі

Кальцинирленген содамен ферроқорытпалы шлактарын пісіру RT50/250/13 маркалы көлденең муфельді құбырлы зертханалық пеште (6-сурет) жүргізілді. Шағын құбырлы пештерді пісіру кезінде пайдаланудың артықшылық көлденең немесе тік жағдайда, сондай-ақ белгілі бір бұрышта зертханалық тәжірибе жүргізу мүмкін болып табылады. Көлбеу бұрышының және жұмыс биіктігінің, сондай-ақ жинақы конструкцияның өзгеруі арқасында бұл пештер де бар өндірістік қондырғыларға интеграциялау үшін жарамды.

Бастапқы материалдарды өлшеу дәлдігі $\pm 0,0001$ г болатын MW-1200 маркалы электронды таразыда жүзеге асырылды. Екінші үлгідегі ферроқорытпалы шлактарындағы өлшенген массаларды кальцинирленген содамен зерттеудің қойылған міндеттеріне байланысты әр түрлі концентрацияларда араластырды. Бұдан басқа, мұқият араластырылған шихта алундті тигелге орналастырылып, муфельді құбырлы зертханалық пешке енгізіліп, пештегі температураны қажетті деңгейге дейін көтереді.



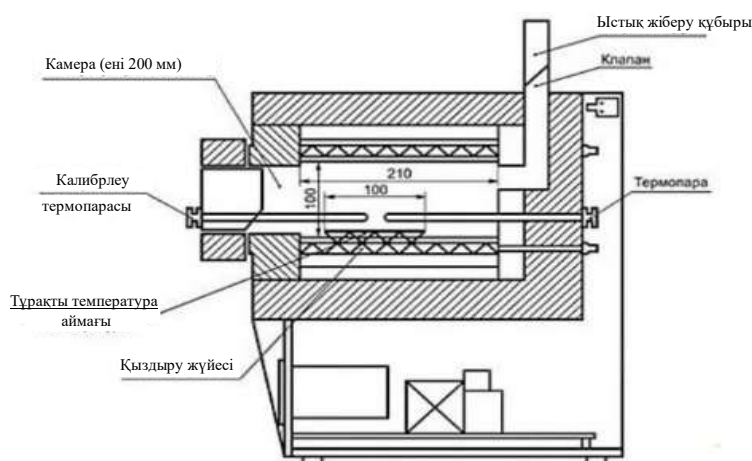
6 Сурет - RT50/250/13 маркалы құбырлы пештің жалпы көрінісі

Муфельді құбырлы зертханалық пеште реакциялық шахталық аймақта температураны бақылау және өлшеу вольфрам-рений термопарасымен

жүргізілді (7-сурет.). Муфельді пеште температураны өлшеу платина-платинародий термопарасымен жүргізілді. Реакциялық аймақта талап етілетін температураға дейін жеткізгеннен кейін бастапқы шихтаны белгіленген бағдарлама бойынша ұстауды жүзеге асырды. Жабық күйде муфельді пеш жан-жағынан қаптамамен қорғалған камера болып табылады. Электрлік пештердегі қыздырғыш элементтер нихромдық сымнан жасалған шиыршықтар болып табылады, олар сыртқы жағынан жылулық оқшауламаның бірнеше қалың қабатымен жабылады.

Оқшаулама қаншалықты сапалы орындалса, отын соншалықты тиімдірек жұмсалады, және соншалықты жоғарырақ температураға қол жеткізуге болады. Барлық құрылым металл корпуспен жабылады. Жылуды аккумуляциялау үшін шамот кірпішті пайдаланады. Асбест те кең тараған, бірақ ол қыздыру кезінде уытты заттардың бөлінуіне байланысты, оны жиі пайдаланылмайды. Муфель қыздырғыш элементтер мүмкіндігінен минимум 500 градусқа асатын температураға төзуге қабілетті материалдан жасалады. Осы материалдардың әрқайсысы 2000 °С дейін төзуге қабілетті, осы жағдайда жылу өткізгіштіктің жақсы көрсеткіштеріне ие. Осылайша, камераны қыздыру толықтай дерлік температура шығындарысыз және максималды біркелкі жүреді.

Тәжірибені аяқтағаннан кейін тигельді пештен шығарды, салқындаған өнімдерді өлшеп, химиялық және минералогиялық талдаудан өткізді.



7 Сурет – Көлденең муфельді құбырлы зертханалық пеш сұлбасы

Шлактарды гидрохимиялық сілтісіздендіру жоғары температуралық автоклавта сілтілік орталарда жүргізілді. Сілтісіздендіру Esclave автоклавында жүргізілді (8-сурет). Қауіпсіздік сипаттамалары қысым астында қауіпсіз реакцияларға кепілдік береді.

Шыны реакторлар процесті көзбен бақылауға мүмкіндік бере отырып, қышқылдарға жоғары төзімділікті қамтамасыз етеді. Бұл сондай-ақ жоғары қысымды болат ыдыстардың көмегімен жоғары қысымда болуы мүмкін. Төмен және жоғары айналу құрылғысы бар әртүрлі магниттік жетектер төмен

және жоғары тұтқыр технологиялық орталарды тиімді араластыру және араластыру, сондай-ақ тамаша жылу беру қамтамасыз етеді.

Еcoslave жүйесінің модульді қондырғысы оны кез келген уақытта жаңа міндеттерге сай жаңғыртуға мүмкіндік береді.



8 Сурет – Ecoslave автоклавының жалпы көрінісі

Осылайша, үлгілерді талдау және физикалық-химиялық процестерді зерттеу үшін заманауи жоғары дәлдікті аспаптар мен аппараттар пайдаланылды: «ARL OPTIM'X» рентгенфлуоресценттік спектрометрі, «RT50/250/13» маркалы көлденең муфельді түтікшелі пеш, «Ecoslave» автоклавы, MW-1200 маркалы электронды таразы, сонымен қатар зерттеу кешенділігін қамтамасыз ететін, арнайы жасалған зертханалық қондырғылар.

Толық химиялық және рентгенфазалық талдаулар негізінде заманауи металлургиялық кәсіпорындардың ферроқорытпалы шлактарының бағалы компоненттердің әр түрлі құрамымен ерекшеленетіні анықталды.

Бастапқы материалдар сипаттамасы бойынша ұсынылған деректер электртермиялық зертханалық, сонымен қатар іріленген-зертханалық қондырғыларда жүйелік, кең қойылған зерттеулерді талап етеді, олар ферроқорытпалы шлактарды, екіншілік шикізатты және басқа техногенді қалдықтарды кешенді өңдеудің жаңа жоғары құрама электрфизикалық технологияларын құруды қамтамасыз етеді. Осы мәселені шешу металлургиялық өнеркәсіптегі және жалпы экономикадағы дағдарыстық жағдаймен байланысты, сонымен қатар экологиялық мәселелердің жалғасатын нашарлауымен байланысты айтарлықтай маңызды.

3 Ферроқорытпа шлактарын қайта өңдеу процесінің физика-химиялық негіздемесі

3.1 Шлактарды пісіру процесін термодинамикалық зерттеу

"Ақсу ферроқорытпа зауыты" АҚ ферроқорытпа шлактарын кальцийнирленген содамен пісіру кезінде химиялық реакциялардың жүру мүмкіндігін анықтау үшін есептеу барысында изобарлық-изотермиялық потенциал (Гиббс энергиясы) арқылы термодинамикалық талдау жүргізілді.

Гиббс энергиясы (ΔG_T°) мынадай формула бойынша анықталады:

$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - \Delta S_T^\circ \cdot T, \quad (1)$$

мұндағы ΔH_T° - энтальпияның стандартты белгісі, Дж/моль;

ΔS_T° - энтропияның стандартты белгісі, Дж/К;

T – абсолютты температура, К [19].

Температураның өзгеруіне байланысты тепе-теңдік константа реакциясының (K_p) өзгеруі келесі формула бойынша анықталады:

$$\Delta G_T^\circ = -RT \ln K_p = -19,155T \lg K_p. \quad (2)$$

мұндағы R – универсал газ тұрақтысы ($R=8,31696 \cdot 10^{-3}$ кДж/град·моль).

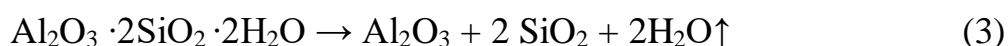
Металлургиялық зерттеулер химиялық реакцияларды термодинамикалық есептеуді қажет етеді, процесінің жүру бағытын анықтауға мүмкіндік береді және олардың орындалу ықтималдығын анықтайды [20].

Термодинамикалық есептер «Outokumpu Technology Engineering Research Stainless Metals» компаниясының HSC Chemistry 7.11 бағдарламасы арқылы шығарылды.

Пісіру шихтасының құрамына келесі компоненттер кіреді: ферроқорытпа шлактары, кальцийнирленген сода, кварц құмы. Соңғы компонентті қосу шлактағы SiO_2 -нің мөлшерін және CaO-ның жоғары мөлшерінің болуына байланысты әк қатынасын ұстап тұру қажеттілігімен байланысты. Пісіру температурасы 1000-1600 °C шамасында болады, бұл ПАЗ-ның пісіру пештеріндегі шламо-боксит шикіқұрамының температуралық интервалына сәйкес келеді.

Ферроқорытпа шлактарын кальцийнирленген сода қосып, пісіру процесінің жүруі кезінде келесі реакциялар орын алуы мүмкін:

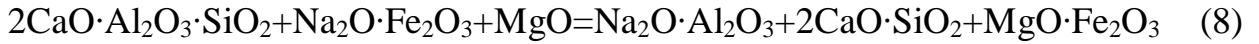
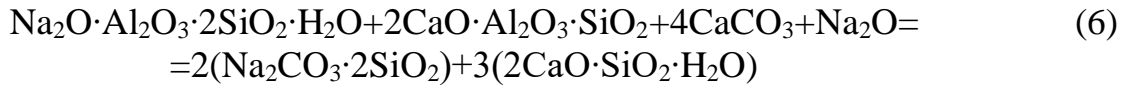
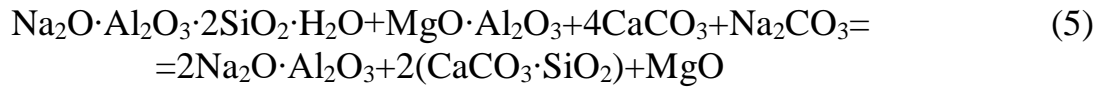
- гидроалюмосиликаттар мен шпинельдің ыдырауы:



- кальций ферриттің кальцийнирленген содамен өзара әрекеттесуі:



Сонымен қатар, пісіру кезінде төменде келтірілген реакциялардың бірқатары орын алуы мүмкін [21]:



Изобарлық-изотермиялық потенциалда толық химиялық реакциялардың жүру бағыты Гиббс потенциалымен анықталады. $\Delta G^0 < 0$ болған кезде процесс термодинамикалық жүруі мүмкін, ал егер $\Delta G^0 > 0$ кезінде процестің жүруі екіталай, ал $\Delta G^0 = 0$ кезінде жүйе термодинамикалық тепе-теңдікте болады. Ферроқорытпа шлактарының кальций ферриттің кальцинирленген содамен өзара әрекеттесуі термодинамикалық сипаттамаларды талдау үшін температураның өзгеруіне байланысты химиялық реакциялардың еркін Гиббс энергиясының өзгеруін және жылу (энергетикалық) әсерін есептеуді жүргізуге мүмкіндік беретін толық баланстық теңдеуі (8) қолданылды [22]. Есептеулер ЭЕМ-де теңдеу негізінде жасалған бағдарлама бойынша орындалды:

$$\Delta G_T^0 = \Delta_f H_{298}^0 + \int_{298}^{T_1} \Delta C_{p,1} dT + L_1 + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_{p,1} dT + \dots + L_i + \int_{T_i}^T \Delta C_{p,i} dT - T(dS_{298} + \int_{298}^{T_1} (\Delta C_{p,1} / T) dT + L_1 / T_1 + \int_{T_1}^{T_2} (\Delta C_{p,2} / T_2) dT + L_2 / T_2 + \dots + L_i / T_i + \int_{T_i}^T (\Delta C_{p,i} / T) dT), \quad (9)$$

мұндағы $\Delta_f H_{298}^0$ – реакцияның энтальпиясы, Дж/моль;

T_1, \dots, T_i – фазалық және модификациялық өткелдердің температуралары, К;

L_1, \dots, L_i – реакция компоненттерінің фазалық айналуының жылулығы, Дж/моль;

T – соңғы температура, К;

C_{p1}, \dots, C_{pi} – изобарлық жылу сыйымдылығын өзгерту; Дж/(моль·град).

Жоғарыда келтірілген формуламен реакция компоненттерінің фазалық және модификациялық өту температуралары кезіндегі негізгі термодинамикалық ΔH_T^0 және G_T^0 шамаларының өзгеруін есепке ала отырып есептер жүргізілген

Типті интервалды шешу $\int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT$, $\int_{T_1}^{T_2} (\Delta C_p / T) dT$ формулада (8) мынадай

түрде жүргізіледі:

$$\int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT = \Delta a(T_2 - T_1) + \left(\frac{\Delta b}{2}\right) \cdot 10^{-3} \cdot (T_2^2 - T_1^2) +$$

$$+ \frac{1}{3} \Delta C(T^3 - 298^3) \cdot 10^{-6} - \Delta d(373^{-1} - 298^{-1}) \cdot 10^5 \quad (10)$$

$$\int_{T_1}^{T_2} (\Delta C_p / T) dT = \Delta a(\ln T_2 - \ln T_1) + \Delta b \cdot 10^{-3} \cdot (T_2 - T_1) -$$

$$- \frac{1}{2} C \cdot 10^{-6} \cdot (T_2^2 - T_1^2) - \frac{1}{2} \Delta d \cdot (T_2^{-2} - T_1^{-2}). \quad (11)$$

Гиббс энергиясының (ΔG°) реакциялар үшін температураға тәуелділігі гилроалюмосиликаттар мен шпинельдердің ыдырауы, кальций ферритінің кальцинирленген содамен (2 - 7 реакциялар) өзара әрекеттесуі 4-кестеде және 8, 9 суреттерде көрсетілген.

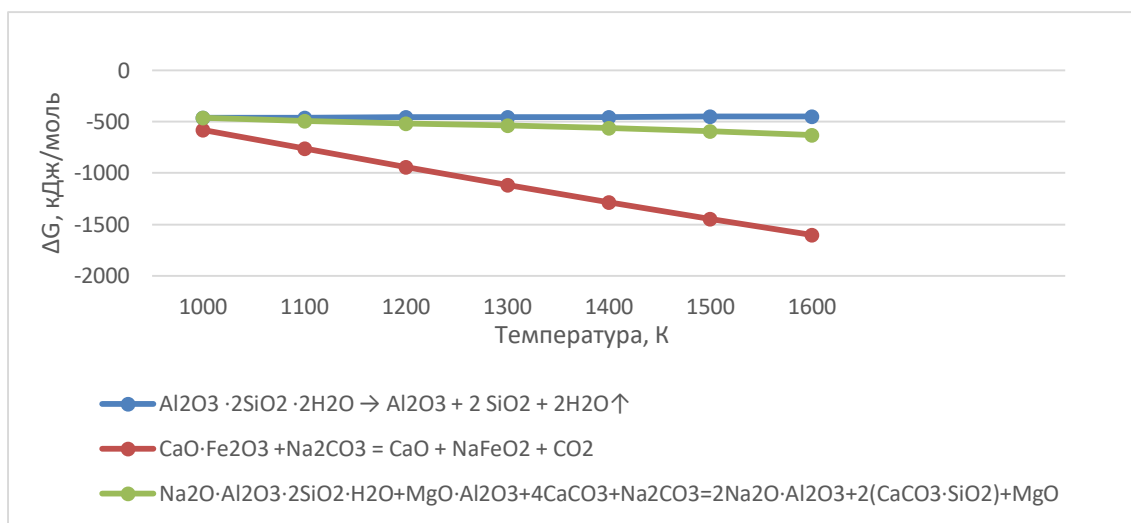
4 Кесте – Гиббс энергиясының мәні (ΔG°) және негізгі реакциялардың тепе-теңдік константасы (K_p).

	Температура, К						
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \uparrow$							
ΔG° , кДж/моль	-464,26	-460,82	-457,10	-454,81	-452,25	-449,92	-446,92
$\lg K_p$	24,23	21,87	19,88	18,26	16,86	15,66	14,58
$\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaO} + \text{NaFeO}_2 + \text{CO}_2$							
ΔG° , кДж/моль	-580,41	-763,078	-942,076	-1117,41	-1285,58	-1446,8	-1603,06
$\lg K_p$	30,30	36,22	40,98	44,87	47,93	50,35	52,31
$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 =$ $= 2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 2(\text{CaCO}_3 \cdot \text{SiO}_2) + \text{MgO}$							
ΔG° , кДж/моль	-464,0	-489,37	-514,75	-537,4	-560,0	-593,8	-627,6
$\lg K_p$	24,22	23,22	22,39	21,58	20,88	20,66	20,47
$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + 4\text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{O} =$ $= 2(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2) + 3(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$							
ΔG° , кДж/моль	-475,1	-499,85	-524,6	-560,35	-596,1	-616,4	-636,7
$\lg K_p$	24,80	23,72	22,82	22,50	22,22	21,45	20,77
$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$							
ΔG° , кДж/моль	-4,1	-5	-5,9	-6,2	-6,5	-6,4	-6,3
$\lg K_p$	2,10	2,37	2,56	2,48	2,42	2,22	2,05
$2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$							
ΔG° , кДж/моль	-15,2	-15,45	-15,7	-15,65	-15,6	-15,4	-15,2
$\lg K_p$	7,79	7,33	6,83	6,28	5,81	5,35	4,95

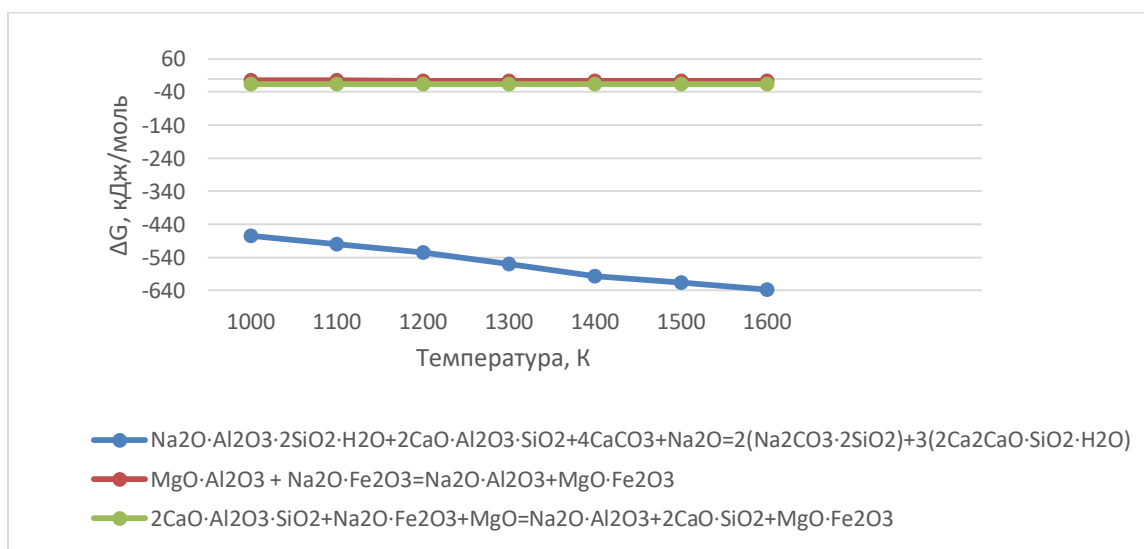
Термодинамикалық анализдердің көрсеткіші бойынша, ферроқорытпа шлактарын және боксит құрамды шикізатқа кальцинирленген сода қосу арқылы пісіру процесі кезінде реакциялардың термодинамикалық көрсеткіштерін талдау зерттелген реакциялардың өту ықтималдығын растады.

Гиббстың еркін энергиясы 1000 К температура кезінен бастап теріс

мәнге ие. Температураның жоғарылауымен барлық зерттелген реакциялардың термодинамикалық ықтималдығы артады.



9 Сурет – Гиббс энергиясының тәуелділігі (ΔG_T°) (2) - (4) реакциялар үшін



10 Сурет – Гиббс энергиясының тәуелділігі (ΔG_T°) (5) - (7) реакциялар үшін

Ферроқорытпа шлактарын пісіру кезінде орын алатын кешенді реакциялардың термодинамикалық талдауы көрсетілді. Жүргізілген зерттеулер бойынша реакциялардың термодинамикалық ерекшеліктерін анықтауға болатыны дәлелденді. Температураға байланысты тепе-теңдік константасы ($\lg K_p$) тәуелділігі барлық реакцияларда температура жоғарылаған сайын, тепе-теңдік константасының төмендейтінін көрсетті. Демек, Ле-Шателье қағидасына сәйкес процесс экзотермиялық түрде әрекет етеді [23].

Жүргізілген зерттеулер ферроқорытпа шлактарын өңдеудің негізгі

реакцияларының термодинамикалық қасиеттерін анықтауға, зерттелген реакциялардың бағыттарын анықтауға мүмкіндік берді. $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ сияқты әртүрлі ферриттердің түзілуі термодинамикалық тұрғыдан талдау барысында реакция ықтималдығын растады.

4 Тәжірибелік бөлім

4.1 Кальцинирленген содамен шлактарды пісіру

Шикізатты кешенді металлургиялық өңдеу оның ішінде феррокорытпа шлактарын сазбалшық өндірісінде өңдеу, тек қана шихта құрамының әсеріне байланысты емес, сонымен қатар күрделі физика-химиялық процестердің параметрлерін ескеру қажет. Бұл жағдайларда технологиялық процестердің заңдылықтарын анықтау құбылысы күрделі мультифакторлық сипатқа ие болады. Барлық факторларды ескере отырып, тәжірибелерді орнату тәжірибелердің шексіз көп мөлшерін талап етеді.

Термодинамикалық талдаудан кейін, барлық 4 түрлі шлаққа кальцинирленген содамен пісіру процесі жүргізілді, шлақтағы SiO_2 мөлшері және кальцинирленген содадан басқа, шихтадағы CaO мөлшерінің жоғарылауына байланысты әк қатынасын ұстау үшін кварц құмы қосылды. Пісіру температурасы 1200°C -ты құрайды, бұл температура ПАЗ-ның шлам-боксит шихтасын пісіру пештеріне сәйкес келеді.

Пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамының нәтижелері 5-кестеде көрсетілген.

5 Кесте–Кальцинирленген содамен шлактарды пісіру кезіндегі пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамы. Пісіру температурасы- 1150°C .

Атауы.	Шлак маркасы	Пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамы, %											Бір есепті мәні.			%	
		Na_2O	K_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	SO_3	Cr_2O_3	Cl^-	M_k	$M_{\text{ш}}$	$M_{\text{си}}$	Бөліп алу. Na_2O	Бөліп алу. Al_2O_3
1 пісір	Үлгі 1	29,40	0,31	7,88	34,70	5,87	12,20	0,16	0,98	0,26	5,30	0,05	1,39	1,39	2,227		
1 Шихта құрамы		4,20	0,03	20,80	11,30	14,60	32,60	0,52	2,60	0,00		0,00				94,6	87,7
2 пісір	Үлгі 2	32,77	0,38	2,81	42,76	4,58	6,99	6,02	1,47	0,35	0,1	0,06	1,26	1,26	1,635		
2 Шихта құрамы		4,2	0,2	9,1	6,20	13,5	25,9	22,3	5,9	0,18		0,03				96,3	95,8
3 пісір	Үлгі 3	34,92	0,38	0,81	43,15	2,13	4,16	0,08	0,95	0,26	5,40	0,07	1,33	1,33	2,093		
3 Шихта құрамы		3,03	0,78	2,67	50,30	6,10	19,30	0,40	4,60	0,04		0,01				97,7	69,8
4 пісір	Ұсақ - шлак	30,28	0,44	4,66	35,05	6,08	9,80	0,29	3,99	0,29	3,20	0,07	1,42	1,42	1,727		
4 Шихта құрамы		6,50	0,12	11,90	12,70	14,40	24,60	0,79	10,60	0,00		0,00				91,5	85,7

Нәтижелерге сәйкес 5 – ші кестеде көрсетілгендей, әрі қарай зерттеу үшін ең қолайлы шлак 2-ші үлгідегі шлак болып табылады. Себебі, Al_2O_3 – 95,8 % алу бойынша ең жақсы нәтиже алынғандықтан (шламдағы абсолюттік құрамы – 6,2 %). Шлак құрамында іс жүзінде хром жоқ – 0,002 % (2 – кестені қараңыз), магний мөлшері төмен – 4,25 %, бірақ титан мөлшері жоғары - 10,2 %.

Үшінші үлгідегі шлактан Al_2O_3 жоғары мөлшерде алу басқа шлактармен салыстырғанда, алюминий құрамды бар қосылыстар - корундтың ең күрделі қосылыстарының болмауына байланысты. Бұл шлакты $1150\text{ }^{\circ}C$ температурада күйдіру кезінде анықталатын қарапайым және күрделі кальций алюминаттарының құрамына кіреді. Сонымен қатар кальцийді ыдыратады және кремнеземді байланыстыру үшін пайдаланады. Кальцийдің кейбір бөлігі балласт болып табылады, өйткені перовскит құрамына кіреді.

Al_2O_3 кейбір бөлігі магнезиттің құрамына кіреді, сондықтан $1150\text{ }^{\circ}C$ температурада пісіру кезінде толық ыдырамайды.

Шлакта темірдің болуы теріс фактор (3-кестені қараңыз), бірақ Fe_2O_3 жалпы құрамы аз болса да. Металл темірдің болуы сынақтарға талдау жүргізу кезінде платина тигельдерінде сынаманың қорытылуы кезінде теріс әсер етеді, өйткені тигельдердің тотығуына және олардың жануына әкелуі мүмкін.

Шлактарда тек темір ғана емес, басқа металдардың тотықсыздандырылған қосылыстарының түзілуіне байланысты, зерттеулерді жүргізу кезінде химиялық талдаулар жасалмады. Сілтілі ортада термоөңдеуден өтпеген материалға, яғни шихтаға, химиялық талдау жүргізілмеді. Өйткені, шихтаға талдауды квантометриялық емес, химиялық тәсілмен жүргізу көп еңбекті және шығынды қажет етеді.

Екінші үлгідегі шлакта хромның болмауы пісіріндіні сілтілеу үшін оң фактор, өйткені хромның кейбір бөлігі алюминатты ерітіндіге өтеді және ол ашық-жасыл түске боялады. Бұл алюминий ерітіндісінің декомпозициялау кезінде сазбалшық сапасына әсер етуі мүмкін.

Шлактардың қалған маркалары бойынша Al_2O_3 -тің нәтижелері едәуір нашар және 3-ші үлгідегі шлактан Al_2O_3 – 69,8 % ыдырату ең төменгі нәтижені көрсетіп отыр. Сонымен қатар, осы маркалардағы шлактарда хромның жоғары мөлшері бар, бұл оларды сазбалшық өндіру үшін шикізат ретінде қарастыруға келмейді.

Зерттеу жүргізу үшін құрамында хром жоқ 2-ші үлгідегі шлак таңдалғандықтан, хром құрамына химиялық әдіспен талдау жүргізілмеді, ал квантометриялық әдіспен хром анықталмайды.

4.2 Шихта құрамындағы шлакты пісіріу. Тәжірибе 1

Шлактарды кальцинирленген содамен пісіру нәтижелері бойынша $1150\text{ }^{\circ}C$ температурада Al_2O_3 -ті ыдырату мөлшері бойынша ең жақсы және оның құрамында хром жоқ 2-ші үлгідегі шлак таңдалды. Бұл тәжірибеде аталған маркадағы шлакты, пісіру шихтасына 12 және 19 % қатынас арасында алынды. Шлактың жоғары мөлшері оның шихта қоспасында пісіру процесінің әсерін анықтау үшін қажет болды. Пісіру процесінің температурасы $1150\text{ }^{\circ}C$ болды. Тәжірибе жүргізу барысында шлакты шихталы қоспаларға дайындау үшін боксит пен әктасты алып тастау үшін ұсақ елеуіш арқылы електен өткізіп, содан кейін кептірілген шихтаға әктастың есептік мөлшері қосылды.

6-кестеде шихта құрамында 2-ші үлгідегі шлакты пісіру бойынша 1-тәжірибе нәтижелері көрсетілген.

6 Кесте – Шихта құрамында 2-ші үлгідегі шлакты пісіру бойынша нәтижелері (1-ші тәжірибе). Пісіру температурасы – 1150 °С

Атауы.	Материал	Пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамы, %										Бір есепті мәні			%	
		Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl	M _к	M _ш	M _{сн}	Бөліп алу. Na ₂ O	Бөліп алу.. Al ₂ O ₃
1 Пісір	Шихта (боксит+кальцинирленген сода+эктас)-100%	16,60	0,55	0,00	19,10	13,70	28,10	1,87	15,80	1,05	4,63	1,04	1,43	2,198		
1 Шихта құрамы		0,49	0,23	0,00	4,29	20,40	41,70	2,37	24,10	0,02	0,07				98,0	85,1
2 Пісір	Шлак (12 %) + Шихта (88 %)	21,58	0,4	1,09	25,73	10,71	21,66	2,88	12,56	0,57	2,45	1,23	1,38	2,167		
2 Шихта құрамы		1,33	0,25	0	6,62	18,4	38,1	3,69	22,6	0,04	0,09				96,5	85,5
3 Пісір	Шлак (19%) + Шихта (81%)	24,95	0,35	1,46	30,28	8,89	17,64	3,38	10,48	0,42	1,79	1,26	1,36	2,126		
3 Шихта құрамы		3,56	0,27	0,00	9,70	16,40	33,00	4,71	20,30	0,12	0,12				92,5	83,2

Жалпы 3 түрлі шихтаға пісіру процесі жүргізілді:

- шихта (боксит+кальцинирленген сода+эктас)- 100 %
- құрамы: шихта - 88 % + шлак– 12 %;
- құрамы: шихта – 81 % + шлак– 19 %.

6-кестеде көрсетілген нәтижелер бойынша Al₂O₃ мөлшері шламда шикіқұрамды қоспа кезінде, шихтада жоғары мөлшердегі шлак тиісінше нашарлайды, яғни: бақылаушыдан 4,29-дан 6,62-ге дейін және 9,7% - ға дейін Al₂O₃ мөлшері бойынша. Шихтаға ферроқорытпа шлактарының 12 % мөлшерде қосу кезінде ең жақсы нәтижелерге қол жеткізілді, бұл ретте сазбалшықты ыдырату 85,5 % құрады.

Екінші үлгідегі шлақтың жоғары мөлшері пісіру шихтасының құрамында пісіріндіден пайдалы компоненттерді алу бойынша төмен нәтижелерді көрсетеді, демек шихтадағы шлак мөлшері – 10 %- дан аспауы тиіс.

Пісіру сатысында сілтіні толтыру үшін бокситсіз шихтадағы шлақтың оңтайлы есептік мәні – 5 % құрауы тиіс.

Келесі тәжірибе осы құрамымен жүргізілді шлак бар шихталардың қоспалары 1200 °С жоғары пісіру температурасында болды.

Екінші тәжірибеде шихтадағы шлактардың жоғары мөлшері кезіндегі 12 және 19 % қатынас арасындағы пісіру температурасының әсерін анықтау қажет болды. Пісіру температурасы 1200 °С құрады. 7-ші кестеде 2-ші үлгідегі шлакты пісіру нәтижелері 2-ші тәжірибе бойынша көрсетілген, 1200 °С температурада.

7 Кесте –2-ші үлгідегі шлакты пісіру нәтижелері және шихта құрамы (2-ші тәжірибе). Пісіру температурасы - 1200⁰С.

Атауы .	Материал	Пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамы, %										Бір есепті мәні			%	
		Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl ⁻	M _к	M _ш	M _{си}	Бөліп алу. Na ₂ O	Бөліп алу. Al ₂ O ₃
2 пісіру	Шлак-12%	21,6	0,34	1,1	26,0	10,8	21,8	2,89	12,9	0,62	0,62	1,31	1,37	2,163		
2 Шихта құрамы	+ Шихта -88 %	1,13	0,1	1,74	3,61	18,7	39,9	5,86	25,8	0,14	0,03				97,3	92,7
3 пісіру	Шлак - 19%	24,9	0,33	1,45	30,6	9,00	17,9	3,37	10,7	2,04	0,3	1,24	1,34	2,131		
3 Шихта құрамы	+ Шихта - 81%	2,92	0,1	2,56	5,57	17,00	36,1	7,45	23,50	0,10	0,07				94,4	91,3

Барлығы 2 шихтаға пісіру процесі жүргізілді:

- құрамы: шихта - 88 % + шлак– 12 %;

- құрамы: шихта - 81 % + шлак– 19 %.

7-кестеде көрсетілген нәтижелер бойынша, 1200⁰С температура кезінде шихтаға жоғары мөлшерде шлакты қосу кезінде шламдағы Al₂O₃ мөлшері едәуір жоғарылайды, яғни, 3,61 %-дан 5,57 %-ға дейін, тиісінше шлактың 12 және 19 % арасындағы қатынасы болған кезде. Демек құрамында жоғары мөлшердегі шлактары бар шихталарды – 10 %-дан және 1200⁰С температурада немесе одан да жоғары режимдегі пештерде пісіру қажет.

Пісіру сатысында сілтіні толтыру үшін бокситсіз шихтадағы шлактың оңтайлы есептік мәні – 5 % құрауы тиіс, яғни келесі тәжірибеде шлактың осы мөлшері алынды.

Үшінші тәжірибеде шихтадағы шлактардың мөлшері 5 %- ды құрады, бұл шихтадағы шлактың оңтайлы есептік мәні, яғни ПАЗ-да пісіру сатысындағы сілтіні толтыру үшін бокситті толық ауыстырғанда, пісіру температурасы 1150⁰С құрады.

8-кестеде 1150⁰С температурада пісіру кезінде шихта құрамына 2-ші үлгідегі шлактың 5 % мөлшерін қосып пісіру бойынша нәтижелер көрсетілген.

8 Кесте–Үшінші тәжірибенің нәтижелері. Пісіру температурасы - 1150⁰С

Атауы .	Материал	Пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамы, %										Бір есепті мәні			%	
		Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl ⁻	M _к	M _ш	M _{си}	Бөліп алу. Na ₂ O	Бөліп алу. Al ₂ O ₃
1 пісіру	Шихта - 100%	16,1	0,38	0,53	18,7	13,7	28,5	2,13	16,0	4,35	1,02	1,04	1,42	2,229		
1 Шихта құрамы		0,59	0,24	0,0	4,59	20,5	41,9	2,36	23,7	0,07					97,5	83,4
4 пісіру	Шлак - 5% + Шихта -95%	18,3	0,36	0,77	21,8	12,6	25,8	2,47	14,6	3,2	0,72	1,15	1,38	2,194		
4 Шихта құрамы		1,0	0,24	0,0	4,69	19,9	40,5	2,86	23,3	0,06	0,03				96,5	86,4

Барлығы 2 шихта бойынша пісіру процесі жүргізілді:

- шихта – 100 %

- құрамы: шихта – 95 % + шлак – 5 %.

8 - кестеде көрсетілген нәтиже бойынша Al_2O_3 - 4,69 % мөлшері шламда шикі құрамды қоспалау шихтадағы шлак мөлшері 5 %-ға дейін төмендеген кезде, пісіру температурасы 1150 °С болғанда Al_2O_3 - 4,59 %-ға дейін іс жүзінде жақындады, шихтаны пісіру 100 % болған кезінде. Сондай-ақ, құрамына шлак қосылған пісіріндіден Al_2O_3 – сазбалшықты бөліп алу, шлак қосылмаған пісіріндімен салыстырғанда 3 % жоғары болады.

Төртінші тәжірибе 3-ші тәжірибені қайталау болып табылады, мұндада шихтадағы шлактардың мөлшері - 5 % мөлшерге тең және пісіру температурасы – 1150 °С. Осы тәжірибенің нәтижелері 9-кестеде көрсетілген.

9 Кесте – Шихта құрамына 5 % шлак қосып, пісірудің нәтижелері

Атауы .	Материал	Пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамы, %										Бір есепті мәні.			%	
		Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl ⁻	M _к	M _ш	M _{сш}	Бөліп алу. Na ₂ O	Бөліп алу.. Al ₂ O ₃
1 пісіру	Шихта - 100%	16,0	0,37	0,53	18,8	13,8	28,7	2,1	16,3	4,93	0,86	0,99	1,40	2,228		
1 Шихта құрамы		0,41	1,1	0,63	3,80	19,9	42,2	3,4	26,0	0,12	0,03				98,3	86,8
4 пісіру	Шлак- 5%	18,3	0,35	0,78	22,0	12,5	25,9	2,5	14,7	3,36	0,76	1,13	1,37	2,220		
4 Шихта құрамы	Шихта - 95% + Шлак	0,94	0,1	1,04	3,95	19,4	41,1	4,3	25,2	0,1	0,03				96,9	89,1

Жалпы 2 шихтаны пісіру процесі бойынша жүргізілді:

- шихта – 100 %;
- құрамы: шихта - 95 % + шлак– 5 %.

9 - кестеде көрсетілгендей, тәжірибені қайталау нәтижесі бойынша 1150 °С температурада шихта құрамына 5 % шлак қосып пісіру кезінде Al_2O_3 – сазбалшықтың шламдағы мөлшері 3,95 % құрады. Бұл мән шихтаға шлақты қоспай пісіру кезіндегі мәнге жақын болды, яғни 3,80 %-ға. Ал Al_2O_3 -ті шлаксыз пісіріндіден алғанға қарағанда, шлакпен пісіріндіден сазбалшықты алу 2,3 %-ға жоғары болды.

Осылайша, екінші үлгідегі шлақты пайдалану кезіндегі зертханалық жұмыстардың нәтижелері көрсеткендей, оның пісіру шихтасындағы мөлшері 5 % мөлшерінен аспауы тиіс, күйдіру температурасы – 1150 °С болған кезде. Құрамында шлактары көп шихталарды 1200 °С және одан да көп температуралық режимдегі пештерде пісіру қажет, ал бұл ПАЗ-ның пеш жағдайында пісіруге мүмкіндік бермейді.

Келесі сатыда гидрохимиялық әдіс сыналды - сілтілі орталарда жоғары температуралы автоклавта шлактарды сілтілеу.

4.3 Сілтілі орталарда жоғары температуралы автоклавта шлактарды гидрохимиялық әдіспен өңдеу

4.3.1 Шлактарды каустик ерітіндісінде сілтілеу

Автоклавта тәжірибие жүргізу үшін төмендегі шарттар орындалуы қажет:

- температура – 240 °С;
- процестің жүру ұзақтығы – 2 сағат ;
- бастапқы каустик ерітіндісінде Na_2O_k – 216,2 г/дм³ мөлшерде;
- компонентті дозалау: 1 г шлакқа – 5 мл каустик ерітіндісі.

10-кестеде автоклавта шлактарды сілтілегеннен кейін ерітінділердің химиялық құрамы берілген.

10 Кесте – Автоклавта каустик ерітіндісінде шаймалаудан кейінгі ерітінділердің химиялық құрамы

Шлак маркасы	Сұйық фазаның құрамы, г/л								Сілтісізден кейінгі ерітіндінің түсі
	Al_2O_3	$\text{Na}_2\text{O}_ж$	$\text{Na}_2\text{O}_кp$	$\text{Na}_2\text{O}_к$	M_k , бір.	% соды	SiO_2	$M_{кpем.}$, бір.	
Үлгі 1	38,3	220,1	1,8	218,3	9,38	0,82	следы		сабан-сары
Үлгі 2	89,5	248,6	1,6	247,0	4,54	0,64	0,235	381	ашық сары
Үлгі 3	63,7	217,8	3,2	214,6	5,54	1,47	0,19	335	жасыл
Ұсақ-шлак	88,2	228,5	2,6	225,9	4,21	1,14	0,35	252	ашық-сабан-сары

10 – кестеде көрсетілгендей, каустик ерітіндісінде үшінші үлгідегі шлактарды сілтілеу кезінде Al_2O_3 максималды 51,8 %-ға ерітіндіге өтеді, ал шлактардың қалған түрлері бойынша көрсеткіштер төмен болды. Хромның белгілі бір мөлшері ерітіндіге өтеді.

11-кестеде автоклавта шлактарды сілтілегеннен кейін қатты фазалардың химиялық құрамы көрсетілген.

11 Кесте – Каустик ерітіндісінде автоклавта шаймалаудан кейінгі қатты фазалардың химиялық құрамы

Шлак маркасы	Қатты фазаның құрамы, %									Al_2O_3 алу, %	Cr_2O_3 алу, %
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	MgO	TiO_2	K_2O	Cr_2O_3		
Үлгі 1	42,9	4,5	1,65	19,6	0,02	17	0,47	0,1	6,6	25,4	-31,6
Үлгі 2	46,4	4,2	2,9	21	0,44	6,2	14,96	0,1	0,0	43,9	-
Үлгі 3	53,1	5,01	4,45	19,1	1,96	5,52	0,32	0,32	16,1	51,8	13,4
Ұсақ-шлак	39,5	6,32	8,0	17,37	1,24	4,73	11,28	0,1	2,36	41,6	-410,4

Салыстыру үшін 2-ші кестедегі шлактардың бастапқы химиялық құрамы 12-ші кестеде қайталанды.

12 Кесте - Шлактардың маркалары және олардың бастапқы химиялық құрамы (2-кестені қайталау)

Шлак маркасы	Шлактардың химиялық құрамы, %										
	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cl-	Cr ₂ O ₃	SO ₃
Үлгі 1	0,39	0,17	6,1	62,5	1,72	13,65	11,35	2,39	0,04	1,38	0,09
Үлгі 2	0,53	0,19	6,7	61,6	2,13	13,15	11,31	2,91	0,04	1,42	0,07
Үлгі 3	0,52	0,18	6,3	62,8	1,89	13,54	11,24	2,41	0,04	1,36	0,05
Ұсақ шлак	0,20	0,10	4,18	60,6	1,76	13,70	11,20	2,23	0,05	1,41	0,06

4.3.2 Айналымы ерітіндіде шлактарды сілтілеу

Автоклапта тәжірибие жүргізу үшін төмендегі шарттар орындалуы қажет:

- температура – 240 °С;
- процестің жүру ұзақтығы – 2 сағат ;
- компонентті дозалау: 1 г шлакқа – 5 мл каустик ерітіндісі.

13-кестеде автоклаптағы шлактарды сілтілеуге арналған бастапқы айналым ерітіндісінің химиялық құрамы көрсетілген.

13 Кесте - Шлактарды сілтілеуге арналған айналым ерітіндісінің химиялық құрамы

Атауы	Сұйық фазаның құрамы, г/дм ³							
	Al ₂ O ₃	Na ₂ O _ж	Na ₂ O _{кр}	Na ₂ O _к	М _к , бір.	% сода	SiO ₂	М _{крем.} , бір.
Айналым ерітіндісі	114	234,2	23,4	210,8	3,04	9,99	0,585	195

14-кестеде автоклапта шлактарды сілтілегеннен кейін ерітінділердің химиялық құрамы берілген.

14 Кесте - Айналым ерітіндісінде автоклапта шлактарды сілтілегеннен кейінгі ерітінділердің химиялық құрамы

Шлак үлгілері	Сұйық фазаның құрамы, г/л							
	Al ₂ O ₃	Na ₂ O _ж	Na ₂ O _{кр}	Na ₂ O _к	М _к , бір.	% сода	SiO ₂	М _{крем.} , бір.
Үлгі 1	160,4	248,2	19,6	228,6	2,34	7,90	следы	
Үлгі 2	176,5	244,6	25	219,6	2,05	10,22	0,09	1961
Үлгі 3	164	244,4	26,4	218,0	2,19	10,80	0,39	421
Ұсақ – шлак	171,9	241,2	24,1	217,1	2,08	9,99	0,637	270

15-кестеде автоклавта шаймалаудан кейінгі қатты фазалардың химиялық құрамы көрсетілген.

15 Кесте – Айналым ерітіндісінде автоклавта шлактарды сілтілегеннен кейінгі қатты фазалардың химиялық құрамы

Шлак үлгілері	Қатты фазаның құрамы, %									Al ₂ O ₃ алу, %	Cr ₂ O ₃ алу, %
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Cr ₂ O ₃		
Үлгі 1	41,9	1,6	1,34	21,5	0,33	16	0,5	0,1	7,3	27,3	-42,0
Үлгі 2	55,2	0,85	2,84	17,8	0,54	5,75	13,4	0,1	0,29	36,6	
Үлгі 3	60	2,49	4,34	12,1	1,89	5,29	0,38	0,85	10,7	39,9	28,5
Ұсақ – шлак	43,8	3,5	9,8	16	1,28	4,35	11	0,33	2,81	36,5	-560,2

15-кестеде көрсетілгендей, шлактардың барлық түрлері бойынша Al₂O₃-ті алу, айналым ерітіндіде шаймалау кезінде каустикаға қарағанда нашар және тіпті 40 %-ға жетпейді. Яғни бұл дегеніміз шлактарды тек пісіру әдісімен өңдеуге болады.

4.3.3 Шлактарды пісіру әдісі бойынша қосымша тәжірибе жүргізу

Бұл тәжірибеде шихтадағы 2-ші үлгідегі шлақтың мөлшері 1150 °C температурада 2 %-ды құрады. Шихтадағы материалдың осындай ең аз мөлшердегі компоненттің пісіріндіні сілтілеу бойынша нәтижелерге әсерін анықтау қиын. Дегенмен, тәжірибе жүргізілді және нәтижелер ұсынылады.

16 Кесте – Шихта құрамына екінші үлгідегі шлақты 2 % мөлшерде қосып пісіру нәтижелері

Атауы.	Материал	Пісірінділер мен шламдардың химиялық құрамы, %										Бір есепті мәні.			%	
		Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl	M _к	M _ш	M _{си}	Бөліп алу. Na ₂ O	Бөліп алу. Al ₂ O ₃
1 Пісіру	Шихта -	16,30	0,35	0,53	18,50	13,74	28,60	2,10	16,00	4,65	1,06	1,04	1,45	2,230		
1 шлак құрамы	100%	0,42	0,10	0,64	3,68	19,60	42,70	3,43	25,80	0,07	0,03				98,3	87,2
4 Пісіру	Шлак-2% +	17,6	0,36	0,62	19,7	13	27,2	2,237	15,4	4,13	0,96	1,13	1,47	2,242		
4 шлак құрамы	Шихта -98%	0,63	0,1	0,78	3,70	19,5	42,00	3,79	25,6	0,07	0,02				97,8	88,3

16-кестеде 1150 °С температурада шихта құрамында екінші үлгідегі 2 % шлакты пісіру бойынша тәжірибенің нәтижелері көрсетілген.

Жалпы 2 шихтаны пісіру бойынша тәжірибе жүргізілді:

- шихта – 100 %;

- құрамы: шихта - 98 % + шлак– 2 %.

16 - кестеде көрсетілгендей, осы тәжірибенің нәтижесі бойынша, шихтаға 2 % шлак қосып, оны 1150 °С температурада пісіру кезінде шламдағы Al_2O_3 мөлшері 3,70 % құрайды. Ал шихтаға мүлдем шлак қоспай пісіру кезінде бұл мән, яғни шламдағы Al_2O_3 мөлшері 3,68 % болды.

Осылайша, екінші үлгідегі шлакты пайдалану кезіндегі зертханалық жұмыстардың нәтижелері көрсеткендей, оның пісіру шихтасындағы мөлшерін 2 % мәнінде Al_2O_3 -ті пісіру шихтасынан жоғарғы мөлшерде алуға мүмкіндік береді.

4.4 Сазбалшықты шлакқа ауыстыру кезіндегі пісіру әдісі бойынша бағдарлау жолы

17-кестеде сазбалшық пен шлакты пайдалану кезінде пісіру өнімдерінің есептік құрамы мен шығыны келтірілген.

17 Кесте – Сазбалшық пен шлакты пайдалану бойынша пісіру өнімдерінің есептік құрамдары мен шығыны

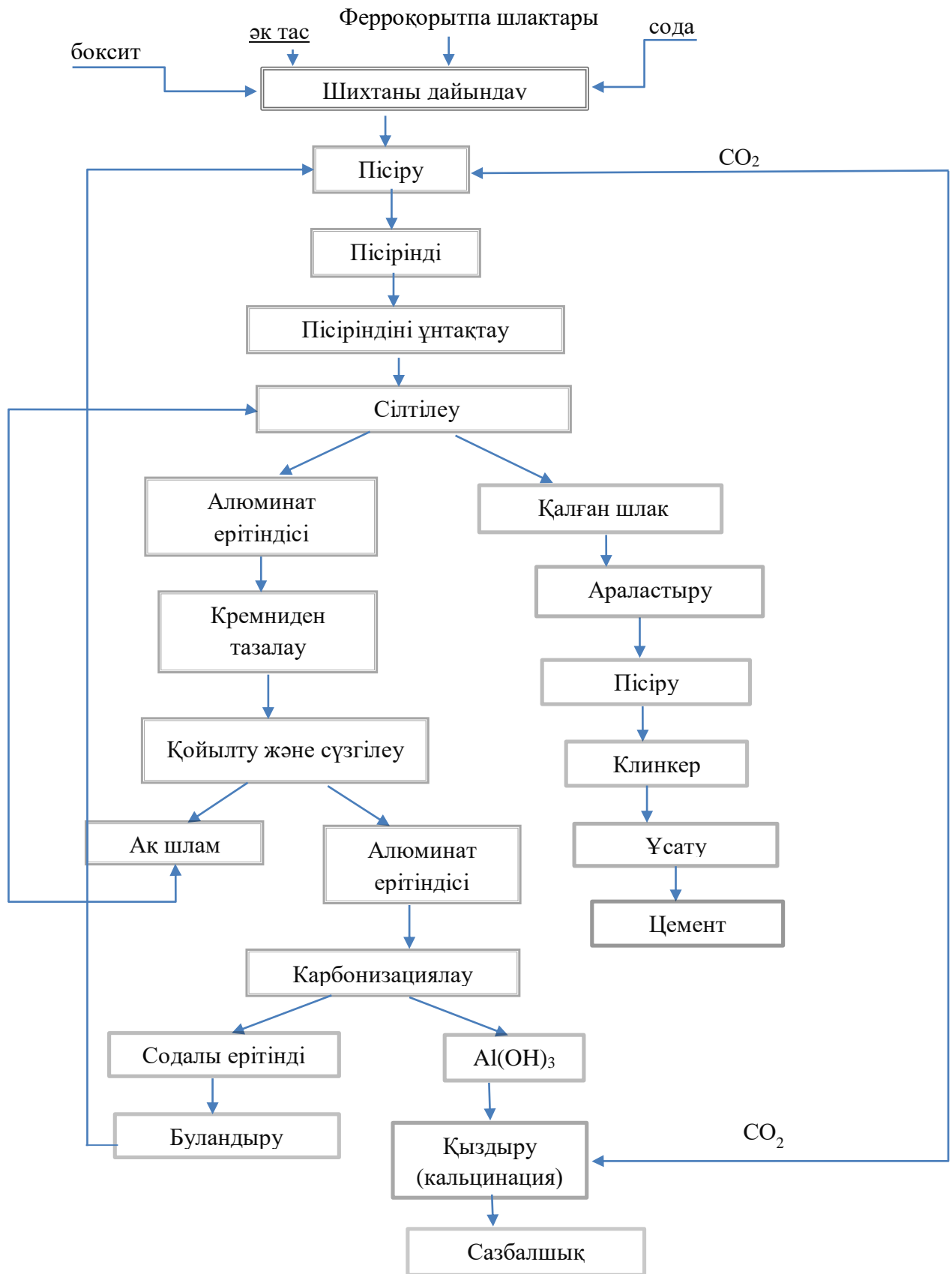
Пісіру шихтасындағы сазбалшық өнімдерінің құрамы	Уд. Q	Мөлшері, т/сағ	Құрамы, %					Модуль, бірлік				
	т/т гл.		Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	М бөл.	Мод. сілт.			
Шихта												
Боксит		562	12,52	14,47	10,8	12,4	20,9	2,073	1,42			
Шлак		517	13,5	15,57	10,4	12,5	20,3	2,073	1,42			
Пісірнді												
Боксит		422	16,2	19,40	14,7	16,6	28,2	2,050	1,375			
Шлак		389	17,5	20,87	14,3	16,4	27,4	2,050	1,376			
Уголь												
Боксит	0,0384	78,6	Барлығы т/жыл						Жылдық үнем			
			688 500									
Шлак	0,0353	72,3	633 469						55 031			
Тотықсыздану												
Барлығы т/жы												
Боксит	0,0064	13,1	114 846						Жылдық үнем			
Шлак	0,0059	12,1	105 855									
Үйінді шлам												
Пісіру шихтасындағы сазбалшық өнімдерінің құрамы	Мөлшері, т/сағ	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	q, бір.	Ыдыр. Na ₂ O	Ыдыр. Al ₂ O ₃	Барлығы т/жыл	Жылдық үнем	
Боксит	286	0,96	4,14	20,6	24,8	41,3	0,693	96,00	85,21	2 502 971	322 800	
Шлак	249	1,36	4,50	20,1	24,8	40,2	0,640	95,00	83,21	2 180 171		

17-кестеде көрсетілгендей, 1 тонна сазбалшыққа кальцинирленген соданың шығыны 0,1028 кг құрайды, және бұл кезде шлақтың есептік шығыны жылына 228650 тоннаға немесе сазбалшықтың есептік шығынына қатысты 1,6 есе төмендейді. Шихтаны шлакпен пісірген кезде әктастың есептік шығыны жылына 253938 т-ға төмендейді.

Сондай-ақ шлакпен шихтаны пісірген кезде көмір мен тотықсыздандырғыштың есептік шығыны тиісінше 55031 және 8991 т/жылына төмендейді. Бұл бокситтің орнына шлақты пайдалану кезінде шихта бойынша есептік материалдық ағынның ~8 %-ға төмендеуімен байланысты, сонда тек бокситтен тұратын шихта болса, материалдық ағын 562 т/сағ құрайды, ал құрамында шлак бар шихтаның материалдық ағыны – 517 т/сағ тең.

Үйінді шламдағы біршама жоғары абсолюттік мөлшеріне қарамастан, Al_2O_3 сазбалшықты бөліп алу дәрежесі ~2 %-ға артады. Сонда пісіріндідегі Al_2O_3 мөлшері шамамен $1 \div 1,5$ %-ға көп болады.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша ферроқорытпа шлактарынан сазбалшықты алуға технологиялық сызба ұсынылады (11сурет). Сазбалшықпен қатар қалдық шлактан цемент алуға да болады.



11 Сурет – Ферроқорытпа шлактарынан сазбалшықты алуға ұсынылатын технологиялық сызба

ҚОРЫТЫНДЫ

Ақсу ферроқорытпа зауытының шлактары химиялық құрамы бойынша, анықтаудың барлық элементтері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Барлық шлактар үшін ортақ бұл - бокситтер үшін тән емес элементтер: магний, хром және титан.

Шлактардың фазалық құрамы күрделі. Al_2O_3 кальций, шпинельдер, магнезит және корундтың әртүрлі алюминаттарының құрамына кіреді. Кальций, алюминаттардан басқа, перовскит құрамына кіреді.

Шихтада қолдану үшін ең қолайлы шлак екінші үлгідегі шлак болып табылады. $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада кальцинирленген содамен осы құрамдағы шлақты пісіру кезінде (пісіру пештерінің жұмыс температурасы) Al_2O_3 сазбалшықты бөліп алу бойынша ең жақсы нәтиже алынды – 95,8 % (шламдағы абсолюттік құрамы – 6,2 %). Шлактардың құрамында хромның мөлшері өте төмен - 0,002 %, магний мөлшері төмен – 4,25 %, бірақ титан мөлшері жоғары – 10,2 %.

Сонымен қатар, екінші үлгідегі шлакта темірдің болуы, яғни Fe_2O_3 жалпы құрамы аз болса да, теріс фактор бола алады. Металды темірдің болуы шихта сынағасын платиналы тигельдерде балқытып талдау жүргізген кезде теріс әсер етеді, өйткені тигельдердің коррозиясына және олардың жануына әкелуі мүмкін.

Ары қарай зерттеулерде бұл үлгідегі шлак 12 және 19 % мөлшерінде пісіру шихтасына қосылды. Шлақтың жоғары мөлшері, шихта қоспасының пісіру процесіне әсерін анықтау үшін қажет болды.

Шихтаға ферроқорытпа шлактарының 12 % қосу кезінде ең жақсы нәтижелерге қол жеткізілді, бұл ретте сазбалшықты шығару 85,5 % құрады.

Әдетте ферроқорытпа шлактарынсыз бокситті пісіргенде шихта құрамына кіреді: боксит (100 %) + әктас (120 %)+ кальцинирленген сода (0,11 %) қосылады.

Ал, ферроқорытпа шлактары қосылған бокситті пісіру кезінде шихта құрамы мынадай болады: боксит (100 %) + әктас (100 %)+ кальцинирленген сода (0,11 %)+ ферроқорытпа шлактары (12 %) құрайды.

Яғни, жылына 254 мың тонна әктас үнемделуде, сонымен қатар, сазбалшық өндірісінің көрсеткіштері жоғарылап, ферроқорытпа өндірісінің қалдықтары кәдеге жаратылады.

Сонымен қатар, ферроқорытпа шлактарын пайдаланудың тағы бір артықшылығы, пісіру пештерінде гарниссаж түзілуінің төмендеуінде, өйткені шлақты қосу кезінде түзілген пісіріндінің шөгуі төмен және балқып кетуі байқалмайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана. 10 января 2018 г. «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной ревалюции»

2 <https://ic24.kz/news/obem-nakoplennykh-v-rk-promyshlennykhokhodov-sostavlyayet-okolo-30-mlrd-tonn-u14678>.

3<https://studwood.ru-1644870-tovarovedenie-tovarovedenie-proektirovanie-ferrosplavnyh-tsehov>

4 Панфилов М. И., Школьник Я.Ш., Орининский Н.В., Коломиец В.А. и др. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии / – М.:Металлургия, 1987 – 238 с.

5 Проценко М. Ю., Куберский С. В., Семирягин С. В., Штепан Е. В. Донбасский государственный технический университет, Алчевск Использование отходов ферросплавного производства для легирования металла методом дугового глубинного восстановления. 2010, с. 55-56.

6 Гельманова З.С., Жаксыбаев Д.М. Особенности образования и использования вторичных ресурсов в металлургическом производстве // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - № 7 (часть 5). - С. 749–753.

7 Шепелев И.И., Алгебраистова Н.К.,СахачевА.Ю., Жижаяев А.М., Прокопьев И.В. Исследование измельчаемости нефелиновой руды и шлака ферротитанового производства для их переработки по спекательной технологии // Вестник ИрГТУ. - 2017. - Том 21.- № 11. – С. 167-178.

8 Остапенко П.Е. Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследования: справочник. М: Недра, 1990. 264 с.

9 Арлюк Б.И., Лайнер Ю.А., Пивнев А.И. Комплексная переработка щелочного алюминийсодержащего сырья. М.: Металлургия,1994. 384 с.

10Wang Xing Li. Alumina production theory and technology. Changsha: Central South University, 2010. 411 p.

11Cherkasova M.V., Brichkin V.N., Kremcheeva D.A. Recovery of valuable components during co-processing of nepheline concentrates and urtite rocks from Khibini region of Russia // Scientific reports on resource issues 2015, Innovations in Mineral Resource Value Chains. Freiberg (Germany): Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, 2015. P. 178–182.

12 Избембетов Д.Д., Амангельдиев Н.М., Зупаров Н.С. Разработка технологии производства огнеупорных изделий из рукавной пыли и шлаков высокоуглеродистого феррохрома.- 2015-№12(17)- С.56-59.

13 Каблуковский А.Ф. Производство стали и ферросплавов вэлектродпечях: Учебник для техникумов. - М.: Металлургия, 1991. - 335 с.

14 Калиакпаров А.Г., Суслов А.В., Билялов К.С., Куландин М.П. Утилизация отходов ферросплавного производства // Экология и промышленность России. - 2015. - № 2. - С. 4–7.

15 Козловских Е.Ю., Доронин А.В., Богомолова А.Л., Земляной К.Г. Гидрометаллургическая переработка отходов с мокрой газоочистки ферросплавных заводов «Уральский федеральный университет имени России Б.Н. Ельцина» 2000 «Промышленная инновация» - 2015. - С.1-3.

16 Проценко М.Ю., Куберский С.В., Эссельбах С.Б. Исследование возможности обогащения шлака производства силикомарганца методом магнитной сепарации // Сб. научн. тр. ДонГТУ. - 2009. - № 28. - С. 254–259.

17 Куатов.Д.Б., Переработка шлаков в черной металлургии путем дробления и извлечения дополнительного сырья.// Наука и техника Казахстана – 2016. - № 3-4.

18http://www.rusnanonet.ru-download-documents-ARL_OPTIM_X-2009.pdf

19 Краткий справочник физико-химических величин. Под ред. Равделя А.А. и Пономаревой А.М. Л.: Химия, 1983, 232 с.

20 Рузинов Л.П., Гуляницкий Б.С. Равновесные превращения металлургических реакций. М.: Металлургия, 1975, 416 с.

21 Балапанов М.К., Рахимов А.Р. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана: состояние, проблемы, решения. Алматы, 2008, 426 с.

22 Еремин Е.Н. Основы химической кинетики. М.: Высшая школа, 1976, 374с.

23 Худяков И.Ф. Металлургия вторичных тяжелых цветных металлов. – М.: Металлургия, 1987. - 528 с.

Қосымша А
Диссертацияның тақырыбы бойынша жарияланған мақалардың тізімі

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ ВЕСТНИК КазННТУ

VESTNIK KazNRTU _____

№ 2 (138)

АЛМАТЫ

2020

АПРЕЛЬ

Чтобы дать обзор и пути подхода, будет внедрена система управления. Пользователь даст желаемую $[x, y, z, \phi]$ и походку, которая является входом для генератора траектории. $[X, y, z, \phi]$ - нормализованные направления, в которых робот должен двигаться. Траектория отправляет координаты участка в обратную кинематическую модель для каждого участка, где PNd - это координаты тазобедренного сустава, а PFd - соответствующие координаты. Так что кончик ноги получает координаты следования траектории. Обратная кинематическая модель пересчитывает эти заданные координаты в свои угловые координаты для всех соединений. Результатом обратной кинематической модели являются углы соединения, которые затем войдут в контур управления. Выбор для совместного управления - это контроллер SISO, чтобы максимально упростить систему для достижения быстрого и хорошего результата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Брискин Е.С., Чернышев В.В. О повороте шагающих машин с двигателями на основе цикловых механизмов шагания [Текст] / Брискин Е.С., Чернышев В.В. // Мобильные роботы и мехатронные системы: Мат. науч. шк.-конф. / М.: МГУ, 2011. С. 165
- [2] Брискин Е.С., Чернышев В.В., Малолетов А.В., Тельдеков А.В. Мобильный робототехнический комплекс на базе многоопорной шагающей машины. [Текст] / Брискин Е.С., Чернышев В.В., Малолетов А.В., Тельдеков А.В. // Мехатроника: Механика. Автоматика. Электроника. Информатика. 2011. №3. С. 253
- [3] Чернышев В.В., Брискин Е.С., Буданов В.М., Девянин Е.А. Особенности управления и стабилизации положения корпуса многоногих статически устойчивых шагающих машин. [Текст] // Чернышев В.В., Брискин Е.С., Буданов В.М., Девянин Е.А. / Мобильные роботы и мехатронные системы: Мат. науч. шк.-конф. / М.: МГУ, 2010. С.273.
- [4] Яцун, А.С. Диагностический комплекс на основе параллельного манипулятора [Текст] / А.С. Яцун, С.М. Яцун // Естественные и технические науки №1. 2012. С. 256

Сабанова Б.К., Иванова И.В.

Алтыаяқты өрмекші-робот үшін қозғалыс алгоритмінің бөліктерін есептеу

Түйіндемe: Мақалада талқыланады - қозғалатын роботтар және олардың қосалқы түрлері - жүретін роботтар, жүретін роботтың аяқтарын жылжыту алгоритмі, x , y және z осьтері бойымен аяқтың жүру жолы, толқындық жүруді жүзеге асыру.

Түйін сөздер: жүретін роботтар, алгоритм және жаяу жүру.

УДК 66.669

G. Zh. Moldabayeva, T. Zh. Sauken

(Satbayev University, Almaty, Kazakhstan. sauken_talshyn@mail.ru)

ON THE ISSUE OF PROCESSING SLAGS OF FERROALLOY PRODUCTION

Abstract: Waste generation in Ferroalloy production occurs mainly in the form of slags, dusts and gas treatment slurries, as well as Ferroalloy gas. The volume of these products depends on the charge materials used and the company's production technology. The main waste in the production of ferroalloys is slag, the amount and composition of which depends on the production technology used. The problem of waste generation in the production of ferroalloys should be considered as a result of the technology used for their production. For a rational approach to its disposal, it is necessary to observe the principles of maximum collection and capture of waste, as well as the analysis of application alternatives based on an accurate assessment of their physical and chemical characteristics (chemical, fractional, mineralogical compositions, and a number of other characteristics).

Key words: Ferroalloy slags, recycling, aluminum oxide, sintering, charge

Г.Ж.Молдабаева, Т.Ж.Саукен

(Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы. sauken_talshyn@mail.ru)

ФЕРРОКОРЫТПА ӨНДІРІСІНІҢ ШЛАКТАРЫН ӨНДЕУ МӘСЕЛЕСІ

Аңдатпа. Феррокорытпа өндірісінде қалдықтар негізінен шлактар, газ тазалау пайдлары мен пламдары, сонымен қатар феррокорытпа газдары түрінде түзіледі. Бұл өнімдердің көлемі қолданылатын шихта материалдарына және өнеркәсіптің өндіріс технологиясына тәуелді болады. Феррокорытпалар өндірісінің

ҚазҰТЗУ хабаршысы №2 2020

543

А қосымшасының жалғасы

• Технические науки

негізгі қалдықтарышлактарболып табылады, олардың мөлшері мен құрамы қолданылатын өндіріс технологиясына тәуелді. Ферроқорытпалар өндірісінде қалдықтар түзілу мәселесі оларды өндіру үшін қолданылатын технологияның нәтижесі ретінде қарастырылуы қажет. Оны кәдеге жаратудың тиімді тәсілдемесі үшін қалдықтарды максималды жинау және ұстау, сонымен қатар физика-химиялық қасиеттерін (химиялық, фракциялық, минералогиялық құрамы мен бірқатар өзге сипаттамаларын) нақты бағалау негізінде қайсыбір технологияның қолданылу баламаларын талдау қағидаларын ұстану қажет.

Кілтті сөздер: ферроқорытпа шлактары, кәдеге жарату, сазбалшық, пісіру, пихта

Металлургия өндірісінің әртүрлі қалдықтарының сөзсіз шығуы мен жиналуына байланысты, оларды өңдеу бойынша тиімді және экологиялық қаза технологиялардың жасалуы түсті және қара металлургияның маңызды мәселесі болып табылады. Жыл сайын елімізде шамамен 5 млрд. тонна әртүрлі қалдықтар қалыптасады, олардың үлкен үлесін техногенді, яғни өнеркәсіптік өндірісте түзілетін қалдықтарға жатқызуға болады. Оларды өңдеу мәселесі – экологиялық және экономикалық басым мәселе, себебі қажетсіз өңделген материалдардың туындауы табиғи ресурстардың қисынсыз пайдаланылуын дәлелдейді.

Республиканың маңызды салаларының бірі қара металлургия болып табылады, ол темір кені өнеркәсібін, болат өнімдерінің, ферроқорытпалар өндірісін, хром, марганец пен никель салаларын қамтиды. Ферроқорытпа өндірісі кен мен концентраттар құрамына кіретін тотықты қосылыстардың тотықсыздану процестеріне негізделген, және әдетте, шлактардың шарасыз түзілуімен жүреді. Бұл шлактар негізінен бағалы шикізат болып келеді, олар химиялық құрамына тәуелді әртүрлі салаларда қолданылады [1].

Ферроқорытпа шлактарының құрамында дайын қорытпа тамшылары мен қорытпаның негізгі элементтерінің тотықсызданбаған тотықтары кездеседі. Оған қоса, олар берік, абразивті, отқа төзімді болып келеді. Ферроқорытпа шлактарының жалпы шығуы жылына 1,5 млн. тоннадан астам шлақ құрайды. Қазіргі уақытта осы шлактардың шамамен 45 % өңдейді. Бұл кезде ферроқорытпа шлактарын өңдеу тәсілдері әртүрлілігімен ерекшеленеді (металлургиялық өңделім, ауа немесе магнитті сепарация, механикалық ұнтақтау, сумен түйіршіктеу және т.б.), ал қайсыбір тәсілдің таңдалуы шлақтың ерекшелігімен анықталады [2].

[3] авторлары қазіргі уақытта өзге қорытпаларды алу үшін өзіндік шлактардың пайдаланылуымен ферроқорытпалар өндірісінің жаңа технологиялық процестерін жасауда және енгізуде; оған қоса, бұл шлактар аралас металлургиялық өндірістер үшін шикізат ретінде қолданылады. Көптеген ферроқорытпа кәсіпорындарының бір бөлігі өзінің өндірістік шлактарын пайдаланады.

Өңдеу жоспарында ерекше қызығушылықты, өнеркәсіптің әртүрлі салаларында пайдаланылатын, бағалы компоненттердің – хром, никель, марганец, кремний мен т.б. мөлшері ауқымды болатын ферроқорытпа өндірісінің шлактары мен шламдары тудырады. Мәселен, хром концентраты (Cr_2O_3) мен магний сульфаты ($MgSO_4$) ерітіндісін алу мақсатында феррохром өндірісінің қалдықтарын күкірт қышқылымен шаймалау арқылы гидрометаллургиялық өңдеу әдісі мәлім [4]. Бұл әдіс қалдықтардан бағалы металлургиялық компоненттерді оларды ары қарай өңдеу мақсатында бөліп алуға мүмкіндік береді.

Ресурсты үнемдеу және экологиялық ахуалды жақсарту, сонымен қатар ферроқорытпа қалдықтарын өңдеу және кәдеге жарату тиімділігін арттыру мақсатында қазіргі уақытта қалдықтарды байыту және олардан бағалы металлургиялық құрамдастарды бөліп алу үшін пайдаланылатын технологиялық сұлбалар талданды. Оның негізінде домналы ферромарганец өндірісінің силикомарганец шлактары мен шламдарын, құрамына кіретін пайдалы элементтерді тікелей көміртекті темір балқымасына доғалы тотықсыздандырудың қолданылуымен өңдеу ұсынылады [5].

Ферроқорытпа, мәселен феррохром өндірісінің қалдықтарын кәдеге жарату үшін, Ақтөбе ферроқорытпалар зауытының вакуумдық-термиялық бөлімінде жоғары көміртекті феррохром шлактарынан откатөзімді кірпіш өндірісі жөнге салынған [6]. Берілген кірпіш өндірісі үшін, ұнтақталған шлақты пайдаланады, оны байланыстырғыш ретінде пайдаланылатын сұйық шынымен араластырады және CM 1085A пресінде пресстейді. Ары қарай оны пеште 500°C температурада 16 сағ бойы кептіреді. Бұл отқа төзімді кірпіштер зауыттың өзіндік қажеттіліктері үшін балқыту цехында шөміштер мен пеш табақшаларын қаптау үшін пайдаланады. Жоғары көміртекті феррохром шлактарынан отқа төзімді кірпіш өндірісі сатып алынатын шамот кірпішінің тұтынылуын қысқартуға мүмкіндік береді.

Алюмотермиялық ферроқорытпалар өндірісінің жоғары сазбалшықты шлактарын өңдеу тәсілі мәлім, ол кернеулілігі жоғары электростатикалық және электромагниттік өрістердің бірге

А қосымшасының жалғасы

• Техникалық ғылымдар

пайдаланылуы есебінен берілген шлактардан металды фазаны (Fe-Ti, Fe-Nb, Fe-Cr және т.с.с.) жоғары бөліп алудан тұрады [7]. Бұл кезде күшті магнитті фракцияның – темір жоққасы, металды феррокорытпалар фазасының ірі және майда фракцияларының (Fe-Ti, Fe-Nb, Fe-Cr және т.с.с.) және магниттік емес өткізбейтін фракцияның – жоғары сазбалшықты концентраттың (жоғары сапалы клинкер өндірісінің шикізаты) алынуымен шлактарды өңдеу үшін қажетті энергия шығынының төмендеуі байқалады.

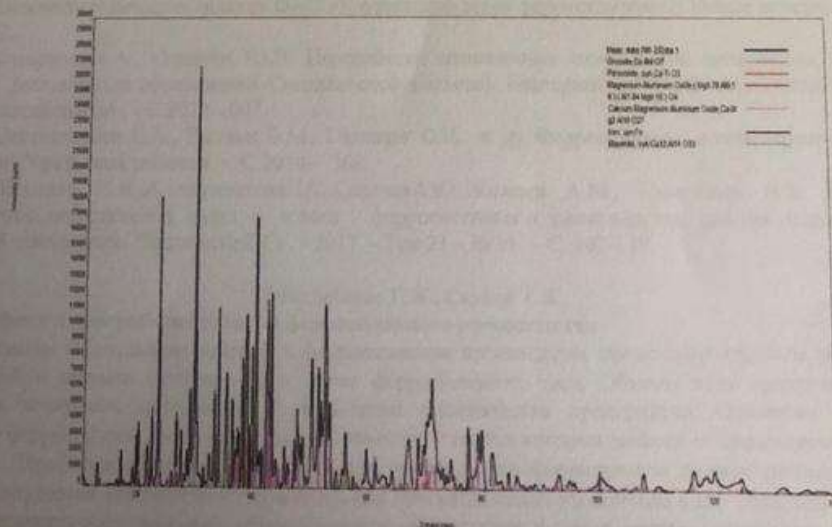
Феррокорытпа өндірісінің аномотермиялық шлактардың айрықша минералогиялық құрамы мен балқытылған микроқұрылымы олардың бірегейі физика-механикалық және термиялық қасиеттерін анықтайды. Осыған байланысты берілген шлактар отқа төзімді материалдар, жоғары сазбалшықты цемент, жоғары температуралық аралықта эксплуатацияланатын ыстыққа төзімді және жылу оқшаулағыш материалдар өндірісінде аса кеңінен қолданысқа ие болады [8-12].

[13] авторларымен жүргізілген жұмыстарда, ферротитан өндірісінің сазбалшықты шлактарында басты минералдар корунд ((Al, Ti)₂O₃) пен титанның еркін тотықтары (Ti₂O₃, TiO, TiO₂) болып табылатындығын айтады, мұнда бірінші қосылыстар басым болады. Оған қоса, CaO мөлшері 9% масс. жоғары болса, берілген шлактарда титанқурамды бонитпен қатар аса негіздік кальций аломинаттары: CaO·2Al₂O₃ және CaO·Al₂O₃ кездеседі [14]. Шлактар жоғары температуралық процестің қалдықтары болып табылатындықтан, бұл мұнда сазбалшықтың, ең бастысы α-Al₂O₃ түрінде, яғни аса берік корундты полиморфтық модификацияда кездесуімен шартталады. Сондықтан олардың терең ашылуын, пирометаллургиялық пісіру әдістерінің бастапқы сатыларында сәттілігі реagentтердің қолданылуымен жүргізу орынды [15].

1 кестеде және 1 суретте белгілі бір отандық зауыттың феррокорытпа шлактарының химиялық және фазалық құрамдары келтірілген. Кестеде және суретте келтірілген деректерден көрініп тұрғандай, берілген шлак химия-минералогиялық құрамның, микроқұрылым мен физика-химиялық қасиеттердің кең спектрімен сипатталады. Шлактарда Al₂O₃ мөлшері, аса бай бокситтермен салыстырғанда, төмен емес, алайда сазбалшық корунд түрінде кездеседі. SiO₂ және FeO мөлшері төмен, кальций кездесуі осы кеспалардың, сонымен қатар титанның аз еритін қосындыларға өтуін қамтамасыз етеді. Осыған қоса, шлактарда шамамен 2,5% магниттік фракция мен металданған фазаның біршама мөлшері анықталды.

1-кесте. Феррокорытпа шлактарының орташа химиялық құрамы, %

Химиялық құрамы, %										
Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cl ⁻	Cr ₂ O ₃	SO ₃
0,32	0,10	10,90	59,50	1,10	15,80	0,30	0,92	0,04	7,1	0,06



1-сурет. Феррокорытпа шлактары үлгісінің рентгенограммасы

• Технические науки

Әдеби деректер талдауынан көрініп тұрғандай, қазіргі уақытта феррокорытпа өндірісінің үйінді шлактары әртүрлі технологиялық сұлбалар бойынша өңделеді. Көптеген жағдайда жоғарыда аталған шлактарды өңдеу тәсілдері байыту процестеріне, немесе оларды отқа төзімділер немесе құрылыс материалдар өндірісінде пайдаланылуына әкеледі. Алайда, Қазақстанның сапалы боксит шикізатының табиғи қорының тозуына байланысты отандық феррокорытпа шлактарын, сазбалшық өндірісінің қосымша көзі ретінде қарастыруға болады. Физика-химиялық қасиеттерінің ерекшелігі және феррокорытпа өндірісінің шлактарында сазбалшықтың салыстырмалы жоғары концентрациясы, танымал технологиялар бойынша сазбалшық өндірісінде осы қалдықтардың пайдаланылуын қарастыратын технологиялық сұлбалардың әзірленуіне негіз бола алады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Перепелицын В. А., Рытвин В.М., Григорьев В.Г. Материаловедение ферросплавных алюминотермических шлаков //Иновацион в материаловедении и металлургии: материалы I междунар. интерактив. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012. – Ч. 1. – С. 168-179.
- [2] Кожамуратов Р.У., Сафаров Р.З., Шоманова Ж.К., Носенко Ю.Г. Утилизация отходов ферросплавного производства //Материалы Международной научной конференции «GlobalScienceandInnovations 2017»– Bursa: EurasianCenterofInnovativeDevelopment «DARA», 2017. –С. 207-213.
- [3] Байрамов Б.И., Зайко В.П., Лапкина Ю.В., Панфилов М.И. Переработка шлаков ферросплавного производства. Южно-Уральское книжное издательство -1970.- С.8.
- [4] Козловских Е.Ю., Дорониц А.В., Богомолова А.Л., Земляной К.Г. Гидрометаллургическая переработка отходов с мокрой газоочистки ферросплавных заводов «Уральский федеральный университет имени России Б.Н. Ельцина» 2000 «Промышленная инновация» - 2015. - С.1-3 .
- [5] Проценко М. Ю., Куберский С. В., Семрягин С. В., Штепан Е. В. Использование отходов ферросплавного производства для легирования металла методом дугового глубинного восстановления // Металл и литье Украины. -2010.- С.54.
- [6] Избембетов Д.Д., Амангельдиев Н.М., Зупаров Н.С. Разработка технологии производства огнеупорных изделий из рукавной пыли и шлаков высокоуглеродистого феррохрома. - 2015-№12(17)- С.56 .
- [7] Урванцев А.И., Урванцев И.А., Хохлов А.М., Диянов А.О. Способ переработки высокоглиноземистых шлаков алюминотермического производства ферросплавов // Патент РФ № 2511556. Опубликовано: 10.04.2014 Бюл. № 10.
- [8] Кравченко И.В. Глиноземистый цемент. М.: Госстройиздат, 1961. С.176.
- [9] Robson T.D. High alumina cements and Concretes. London: Contractor Record Limited - 1962 - P. 421.
- [10] Кузнецова Т.В., Талабер Й. Глиноземистый цемент. М.: Стройиздат, 1988. -С.268.
- [11] Некрасов К.Д., Абызов А.Н. Жаростойкие бетоны на основе шлаков ферросплавов // Физико-химические и технологические основы жаростойких цементов и бетонов. М.: Наука, 1986.-С.109-122.
- [12] Абызов А.Н., Перепелицын В.А., Рытвин В.М., Игнатенко В.Г., Клинов О.А. Жаростойкие бетоны на основе алюминотермических шлаков ОАО «Ключевский завод ферросплавов» // Новые огнеупоры. 2007- № 12. -15-18.С.
- [13] Смирнов Л.А., Сорокин Ю.В. Переработка техногенных отходов (по материалам программ по переработке техногенных образований Свердловской области). Екатеринбург//ООО «Уральский издательско-полиграфический центр». - С.2012 - 607.
- [14] Перепелицын В.А., Рытвин В.М., Гильварг С.И. и др. Ферросплавные алюминотермические шлаки. Екатеринбург//Уральский рабочий. - С.2014.- 368.
- [15] Шепелев И.И., Алгебраистова Н.К., Сахачев А.Ю., Жижасев А.М., Прокопьев И.В. Исследование измельчаемости нефелиновой руды и шлака ферротитанового производства для их переработки по спекательной технологии //Вестник ИРГТУ. - 2017. - Том 21.- № 11. – С. 167-178.

Молдабаева Г.Ж., Сауен Т.Ж.

К вопросу о переработке шлаков ферросплавного производства

Аннотация. Образование отходов в ферросплавном производстве происходит главным образом в виде шлаков, пыли и шламов газоочистки, а также ферросплавного газа. Объемы этих продуктов зависят от применяемых шихтовых материалов и технологии производства предприятия. Основным отходом при производстве ферросплавов являются шлаки, количество и состав которых зависит от применяемой технологии производства. Проблема образования отходов при производстве ферросплавов должна рассматриваться как результат применяемой технологии их производства. Для рационального подхода к его утилизации необходимо соблюдать принципы максимального сбора и улавливания отходов, а также анализа альтернатив применения на

А қосымшасының жалғасы

• Техникалық ғылымдар

основе точной оценки их физико-химических характеристик (химический, фракционный, минералогический составы и ряд других характеристик).

Ключевые слова: ферросплавные шлаки, утилизация, глинозем, спекание, шихта

УДК 656.21

Zh. Amanzhulova, A. Izbalrova

(Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyspaev,
Almaty, Kazakhstan. E-mail: Zh_askar_88@list.ru)

MATHEMATICAL BASES OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF SHUNTING WORK AT THE CARGO STATION

Abstract. The article is devoted to the creation of algorithms for optimal sequence of combined service of cargo points without taking into account and taking into account cargo operations, which allow to minimize operating costs for maneuvering. The solution is obtained by ordering the minimum duration of the SPT (Shortest processing time sequencing) of the schedule theory.

The mathematical models presented in the article are the basic elements on the basis of which it is possible to develop a mathematical model of shunting operation of any cargo station, taking into account specific technological limitations, which allows to optimally manage shunting work by the criterion of minimizing operating costs.

Key words: shunting operations; freight handling areas; supply of freight cars; common service of freight handling points; supply and removal related freight car-hours consumption; shunting operations related operating expenditures.

Ж.А. Аманжулова, А.С. Избалрова

(М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы,
Қазақстан. Электронды пошта: Zh_askar_88@list.ru).

ЖҮК БЕКЕТІНДЕГІ МАНЕВРЛІК ЖҰМЫСТАРДЫ ТИІМДІ БАСҚАРУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Аннотация. Мақала маневрлік жұмысқа пайдалану шығындарын азайтуға мүмкіндік беретін жүк операцияларын жүргізуді есепке алмай және есепке ала отырып, жүк пункттеріне біріктірілген қызмет көрсетудің оңтайлы кезектілігінің алгоритмдерін құруға арналған. Шешім кесте теориясының SPT (Shortest processing time sequencing) жұмыс ұзақтығын минимум бойынша реттеу әдісімен алынды.

Мақалада ұсынылған математикалық модельдер негізгі элементтер болып табылады, олардың негізінде пайдалану шығыстарын барынша азайту критерийі бойынша маневрлік жұмысты оңтайлы басқаруға мүмкіндік беретін нақты технологиялық шектеулерді ескере отырып, кез келген жүк станциясының маневрлік жұмысының математикалық моделін әзірлеуге болады.

Түйінді сөздер: маневрлік жұмыс; жүк фронттары; вагондарды беру; вагондарды жинау; жүк пункттеріне бірлесіп қызмет көрсету; вагондарды беруге және алуға вагон-сағаттардың шығындары; маневрлік жұмысқа пайдалану шығыстары.

Кіріспе. Нарықтық қатынастардың даму шарттарында теміржол көлігінің бәсекеге қабілеттілігін жоғарылату үшін Қазақстан темір жолдары жұмысының экономикалық тиімділігін үнемі жоғарылатып тұру қажет. Бұл үшін эксплуатациялық жұмыстың экономикалық критерийлер бойынша неғұлым көлемдік технологиялық операцияларын оңтайлы басқару қажет, соның ішінде жүктерді тасымалдау үшін эксплуатациялық шығындарды минимизациялау керек.

Осыған байланысты жүк фронттарына жүк операцияларына вагондарды берудің және жүк операциялары аяқталғаннан кейін оларды бекеттік жолдарға шығарудың оңтайлы кезектілігін анықтау міндетін қарастырамыз. Бұл міндет темір жол көлігіндегі ең ірі міндеттердің бірі болып табылады, өйткені ол күн сайын жүк операциялары үшін ашық барлық бекеттерде шешіледі. Жүк бекеттеріндегі диспетчерлік қызметкерлермен оперативті режимде қабылданған бұл мәселенің шешілуі экономикалық тұрғыдан қаншалықты негізделген болуына, темір жолдардың маневрлік жұмыстарының және толығымен желінің экономикалық тиімділігі байланысты. Қарастырылып отырған мәселенің екінші маңызды сипаттамасы болып жедел шешудің күрделілігі табылады.

А қосымшасының жалғасы

"САТПАЕВ ОҚУЛАРЫ - 2020"

СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ

ЕҢБЕКТЕРІ

I Том

ТРУДЫ

САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ

"САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020"

Том I

PROCEEDINGS

SATPAYEV'S READINGS

"SATPAYEV READINGS - 2020"

I volume

Алматы 2020 Almaty



SATBAYEV
UNIVERSITY

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА



СЕРТИФИКАТ

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020»

Секция: «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии»

Авторы: Т.Ж. САУКЕН, Г.Ж. МОЛДАБАЕВ

Проректор по науке



А.Х. Сыздыков

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА



ДИПЛОМ

за лучший доклад

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020»

Секция: «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии»

Авторы: Т.Ж. САУКЕН, Г.Ж. МОЛДАБАЕВ

Проректор по науке



А.Х. Сызды

РЕЦЕНЗИЯ

Магистирлік диссертация
(жұмыс түрлерінің атауы)

Саукен Талшын Женискыз
(оқушының аты жөні)

6M070900 – "Металлургия"
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: «Сазбалшық өндірісінде феррокорытпа шлактарының қолданылуын зерттеу»

Орындалды:

а) графикалық бөлім _____ парак

б) түсініктеме 57 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Саукен Т.Ж. диссертациялық жұмысында Ақсу феррокорытпалы зауытының шлактары және Павлодар алюминий зауытының бокситқурамды шикізатына зерттеу жүргізілген. Жұмыста феррокорытпа шлактарының химиялық және фазалық құрамы көрсетілген. Феррокорытпа өндірісінің шлактарын өңдеудің негізгі әдістері сипатталған.

Боксит шикізаты мен кальцинирленген сода бар феррокорытпа шлактарын бірге пісіру кезінде өтетін физико-химиялық процестердің заңдылықтары мен термодинамикалық зерттеулері жүргізілген. Зерттеу нәтижелері бойынша жылына 254 мың тонна әктас үнемделуде сонымен қатар, сазбалшық өндірісінің көрсеткіштері жоғарылап, феррокорытпа өндірісінің қалдықтары кәдеге жаратылуда.

Жұмыста жүргізілген теориялық және тәжірибелік зерттеулер негізінде пайдалану мен шикізаттың кешенділігін арттыруға және өңірдің экологиялық мәселелерін шешуге мүмкіндік беретін, феррокорытпалы шлактар мен бокситқурамды шикізатты бірге өңдеу бойынша технологиялық сұлба ұсынылған.

Ескертулер бойынша диссертациялық жұмыста түзетулер енгізілді (жұмыста кейбір сөздер дұрыс аударылмаған)

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Орындау деңгейін бағалай отырып, магистирлік диссертацияны «өте жақсы» (98 %) деп бағалаймын, ал оны орындаушы Саукен Талшын Женискызы, 6M070900 – "Металлургия" мамандығы бойынша «Магистр» академиялық дәрежесін беруге лайықты деп санаймын.

РЕЦЕНЗЕНТ

PhD Докторы.

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)

 Б.Т. Алтайбаев.

(қолы)

«26» 06 2020 ж.

ДАТА ОТЧЕТА: 2020-06-23 06:06:27

НАЗВАНИЕ:

Сазбалшық өндірісінде ферроқорытпа шлактарының қолданылуын зерттеу

АВТОР:

Саукен Талшын Женискызы

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

Гульнар Молдабаева

ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ:

ИМИПИ

ДАТА ЗАГРУЗКИ ДОКУМЕНТА:

2020-06-23 06:04:53

КОЛИЧЕСТВО ПОВТОРНЫХ ПРОВЕРОК ДОКУМЕНТА:

1

ПРОПУЩЕННЫЕ ВЕБ-СТРАНИЦЫ:

Объем найденных подобиий

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки. Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок).

Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв Использование символов из другого алфавита - может указывать на способ обойти систему, поэтому следует установить их использование.	0	показать в тексте
Интервалы Количество увеличенного расстояния между буквами (просим определить является ли расстояние ингазацией пробела, так как искорно слова могут быть написаны слитно).	0	показать в тексте
Микропробелы Количество пробелов с нулевым размером - необходимо проверить влияют ли они на неправильное разделение слов в тексте.	0	показать в тексте
Белые знаки Количество символов, выделенно белым цветом, пожалуйста, проверьте не используются ли белые символы вместо пробела, соединяя слова (в отчете подобия система изменяет автоматически цвет букв в черный, чтобы их сделать видимыми).	0	показать в тексте