

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

Балқан Дастан Бақдәулетұлы

«Ұсақ хромкенді шикізаттардан феррохром алу технологиясы»

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070900 – Metallургия мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

М.Б. Барменшинова

« 04 » маусым 2021 ж.

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Ұсақ хромкенді шикізаттардан феррохром алу технологиясы»

Мамандығы 5B070900 – Metallургия

Орындаған

Балқан Д.Б.

Ғылыми жетекші

PhD доктор, тьютор

Е.Б. Тажиев

« 04 » маусым 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН

МЖПҚБ кафедра мең

герушісі, техн. ғыл. канд.,

М.Б.Барменшинова

«01» ақпан 2021 ж.

Дипломдық жұмысты орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Балқан Дастан Бақдәулетұлы

Тақырыбы: «Ұсақ хромкенті шикізаттардан феррохром алу технологиясы»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2021 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: феррохром өндірісінің мәліметтері, көмір-кенті шикізатының құрамы, металданған өнім мен балқытылған металдың құрамдары.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а)кіріспе;

б)тәжірибелік зерттеулер;

в)технология;

г) экономика;

д) қорытынды.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс): Феррохром өндіруге арналған жасақталған технологиялық сұлбасы

Ұсынылатын негізгі әдебиет 32 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	03.02.2021 ж.	
Әдеби шолу	19.03.2021 ж.	
Тәжірибелік зерттеу бөлімі	09.04.2021 ж.	
Технологиялық бөлім	20.04.2021 ж.	
Экономикалық бөлім	30.04.2021 ж.	
Қорытынды	10.05.2021 ж.	

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

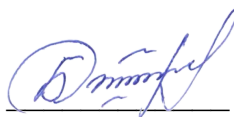
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Е.Б. Тажиев PhD доктор, тьютор	04.06.2021 ж.	
Норма бақылау	С.К. Джуманкулова PhD доктор	04.06.2021 ж.	К. Джуманкулова

Ғылыми жетекші



Е.Б. Тажиев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Д.Б. Балқан

Күні

« 01 » ақпан 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс әдеби шолудан, тәжірибелік зерттеулер, технологиялық және экономикалық бөлімдерінен тұрады. Әдебиеттер тізімі 32 атаудан құрылған.

Зерттеу нысаны: ұсақ хром кендері және хром қорытпасы.

Жұмыстың мақсаты – ұсақ хром кенді және темір-көміртегі құрамды өнеркәсіптік қалдықтарды тиімді өңдеу технологиясын жасақтау, олардан тауарлы феррохром алу.

Дипломдық жұмыста ұсақ хром кендерін өңдеу технологиясы зерттелінген және феррохром алу технологиясы жасақталынған.

Жасақталған технологияның тиімділігін анықтау үшін экономикалық есептеу жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из литературного обзора, экспериментального исследования, технологической и экономической части. Список литературы содержит 32 наименований.

Объекты исследования: мелкие хромовые руды и хромовый сплав.

Цель работы – разработка технологии переработки мелких хромитовых руд и железо-углеродсодержащих промышленных отходов, получение из них товарной продукции феррохрома.

В дипломной работе исследована переработка мелких хромитовых руд и разработана технология получения феррохрома.

Для определения эффективности разработанной технологии выполнены экономические расчеты.

ANNOTATION

The diploma thesis consists of a literature review, experimental research, technological and economic parts. The list of references contains 32 titles.

Research objects: fine chrome ores and chrome alloy.

The purpose of the work is to develop a technology for processing small chromite ores and iron-carbon-containing industrial wastes, to obtain marketable ferrochrome products from them.

In his diploma thesis, the processing of small chromite ores was investigated and a technology for producing ferrochrome was developed.

To determine the effectiveness of the developed technology, economic calculations were performed.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдеби шолу	10
1.1 Әлемдегі, Қазақстан Республикасындағы және Ресейдегі кен базасының және феррохром өндірісінің жағдайы мен болашағы	10
1.2 Хром кендерінің ұсақ бөлшектерін кесектеу мәселелері	13
2 Тәжірибелік зерттеу бөлімі	18
2.1 Темір-хромды қорытпаны тотықсыздандыра балқыту бойынша зертханалық қондырғыларда тәжірибелік зерттеулер жүргізу	18
3 Технологиялық бөлім	29
4 Экономикалық бөлім	31
4.1 Ұсақ хром кендерінен феррохром алу технологиясының болжамдық техника-экономикалық есебі	31
Қорытынды	33
Пайдаланылғын әдебиеттер тізімі	34

КІРІСПЕ

Қазақстан аумағында хромит кендерінің ірі кен орындары орналасқан. Бұл шикізат ресурстарының басым бөлігі экспортқа бағытталған. Тиісті шикізат ресурстарын өндіру бойынша Қазақстан әлемде көшбасшы орынға ие. Хромит кені кен орнында Ақтөбе облысындағы Дөң КБК жұмыс істейді. Тиісті кен шикізаты байытылып, ферроқорытпа зауыттарын шикізатпен қамтамасыз ету үшін ел ішінде пайдаланылады және едәуір бөлігі шетелге экспортталады.

Аталған хромит кендерінің негізінде Қазақстанның ірі ферроқорытпа зауыттары құрылып, жұмыс істеуде. Оларды ферроқорытпа зауыттарында пайдалану үшін, сондай-ақ экспорт үшін бұл кендер байытылып, сұрыпталады. Осындай өңдеу нәтижесінде хромит кендерін байытудан қалдықтар мөлшері (5-10) мм-ден төмен ұсақ фракциялар түрінде пайда болады. Олар үйінділерде жиналады және тауарлық шикізат болып табылмайды.

Хромит кендерін байытудан ұсақ кендердің көбеюі оларды қайта өңдеу проблемасын тудырады.

Олардан феррохром қорытпаларын тікелей алу технологиясын жасау өте өзекті және экспортқа арналған құнды өнеркәсіптік өнімдерді өндірудің болашағы бар.

1 Әдеби шолу

1.1 Әлемдегі, Қазақстан Республикасындағы және Ресейдегі кен базасының және феррохром өндірісінің жағдайы мен болашағы

Хром - жылтырлығы бар күміс ақ түсті металл; оның тығыздығы $7,16 \text{ г/см}^3$, балқу температурасы 1903°C , ал қайнау температурасы 2567°C . Хром ыстыққа төзімді болаттарды өндірудің негізі болып табылады. Хромды көміртекті болаттардың құрамына енгізу кезінде олардың қаттылығы мен тозуға төзімділігі артады, коррозияға қарсы және қышқылға төзімді қасиеттері жақсарады [2], сондықтан бұл материал әлемдік нарықта үлкен сұранысқа ие. Хромды болатқа енгізу хром рудасынан алуан түрлі жолдармен алынған ферроқорытпа түрінде жүзеге асырылады [3]. Болат балқыту өндірісімен қатар хром кендері халық шаруашылығының бірқатар салаларында қолданылатын отқа төзімді өнімдер мен химиялық қосылыстар өндірісінде кең сұранысқа ие [4].

Хром кенінің қоры әлемнің 47 елінде анықталған, ал ең ірі кен орындары Оңтүстік Африканың Солтүстік провинциясында шоғырланған - 76% (әлемде 1 орын). Қазақстан Республикасында қорлар 350 миллион тоннадан асады - 9% (әлемде 2 орын). Қорлары бойынша әлемде Зимбабве (6% -бен) және Ресейде, олардың кен орындары Оралда шоғырланған [5]: Сарановское, Рай-Из, Верблюжегорское - (әртүрлі бағалаулар бойынша 0,5-тен 2% -ға дейін). АҚШ, Гренландия, Финляндия, Үндістан, Филиппиндер мен Түркияның да едәуір қоры бар - барлығы 6% [6].

Оңтүстік Африкада қуатты шикізат базасы бар, ол тауарлы хром кендері мен феррохром өндірісі бойынша басқа елдерден озады. Оңтүстік Африка хромит кен орындары жалпы ауданы 67 мың км^2 болатын Бушвельд қабатты лополит шегінде орналасқан. Бушвельд кешеніндегі Cr_2O_3 орташа алынған мөлшері 37,1% құрайды. Платинаны ілеспе хром кендерін кейіннен алу үшін кеннің едәуір бөлігі терең ұнтақтауға ұшырайды, ал хром кенінің ұсақ концентраты агломерацияға (түйіршіктеуге) ұшырайды. $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ қатынасы платина өндірісінің қалдықтарынан концентраттағы 1,38-тен төменгі қабаттың хромиттерінен алынған кесек рудада 1,5 - 1,6-ға дейін жетеді [6].

Қазақстан бай хромиттің ең үлкен қорына ие - дүниежүзілік қордың 30% -дан астамы, негізінен оның батыс бөлігінде (Ақтөбе облысы) орналасқан, мұнда ең ірі кен орнын (Кемпірсай) игеруді Дөң КБК жүзеге асырады. Кендердегі Cr_2O_3 орташа мөлшері 50,2% құрайды, бұл бірқатар басқа елдермен салыстырғанда сәл жоғары; зиянды қоспалардың, атап айтқанда фосфордың құрамы жағынан бұл кендердің сапасы да жоғары халықаралық стандарттарға сәйкес келеді.

Дөң КБК хром кендерінің негізгі тұтынушылары Ақсу және Ақтөбе ферроқорытпа зауыттары болып табылады, оның аз бөлігі Қытайға, сонымен қатар Ресейге Серов ферроқорытпа зауытына және Челябинск

электрометаллургиялық зауытына жіберіледі. Хром кенін өндіру және өңдеу кезінде Cr_2O_3 құрамына бай майда фракцияның едәуір мөлшері түзіледі [7] (шаңды кетіру мен ысыраптың жоғарылауына байланысты кенді тотықсыздандыру зарядында қолдану мүмкін емес электр пештері, сондықтан ол агломерацияны қажет етеді. Қазақстандық рудалар Cr/Fe коэффициентінің жоғары болуымен (3-тен көп) сипатталады, ал магний оксидінің жоғарылауы, $\text{MgO/Al}_2\text{O}_3$ коэффициенті соңғы жылдары 2,5-тен 3,1-ге дейін және одан жоғары болды [6].

Ресей Федерациясында хромит кенін өндіру 530 - 550 мың тонна деңгейінде / жылына концентраттағы Cr_2O_3 мөлшері 37 - 39% құрайды. Жаңа кен орындары іске қосылмайды, ал баланстық қоры 51,2 млн тоннаны құрайды, болжам бойынша - 540 млн тоннадан асады [8]. Рудалар Сарановское кен орындарында (Орал, Пермь облысы), Орталықта (Полярлық Урал, Рай-Из хромитті массив, Ямало-Ненец автономиялық округі) өндіріледі. Ең перспективалы - Батыс Рай-Из кен орны (Ямало-Ненец автономиялық округі) [9]. Қордағы хром оксидінің орташа мөлшері 38,4% құрайды, Оңтүстік-Сарановскі үшін - 37,7%, өндірісі 120 - 160 мың тонна шикі кенді құрайды [2].

Ресейдегі хром кендерінің баланстық қорларының мөлшері әлемнің шамамен 0,5% құрайды (51,2 млн. Тонна), ал олардың тек үштен бір бөлігі (17,9 млн. Тонна) А + В + С1 категорияларының барланған қорлары болып табылады. Алайда, хром кендерінің минералды-шикізат базасын кеңейтудің болашағы өте зор - олардың Р1 + Р2 + Р3 санаттарындағы болжамды ресурстары 541,2 миллион тоннаға бағаланады, бұл Ресейді ресурстарды ұстаушы бес елдің қатарына қосады.

Ресей Федерациясының хром рудалары, әдетте, кедей және құрамында 18 - 35% Cr_2O_3 бар [10]. Сондықтан қазіргі уақытта Сарановское, Рай-Из және басқа да кен орындарындағы өзінің хром кендерін ішінара қолданумен қатар ферроқорытпалар өндірісінде Ресей Федерациясы сапалы хромды минералды шикізатты дәстүрлі жеткізушілермен сауда-экономикалық байланыстарды сақтауға бағытталған, олардың арасында Қазақстан Республикасы басым.

Зимбабведе хром кенін өндірумен және феррохром өндірумен екі компания айналысады: «Zimbabwe Mining and Smelting Co. (Pvt.) Ltd «(» Zimasco «) және» Zimbabwe Alloys Ltd. « («Зимоллой»). Zimasco құрамында Cr_2O_3 мөлшері 42 - 46% металлургиялық сапалы хром концентратын шығарады. Елде тауарлы хром кенін өндіру жылына 0,7 млн.тонна деңгейінде тұрақты (оның 70% -ы «Зимаско» компаниясының шахталарына тиесілі) [6].

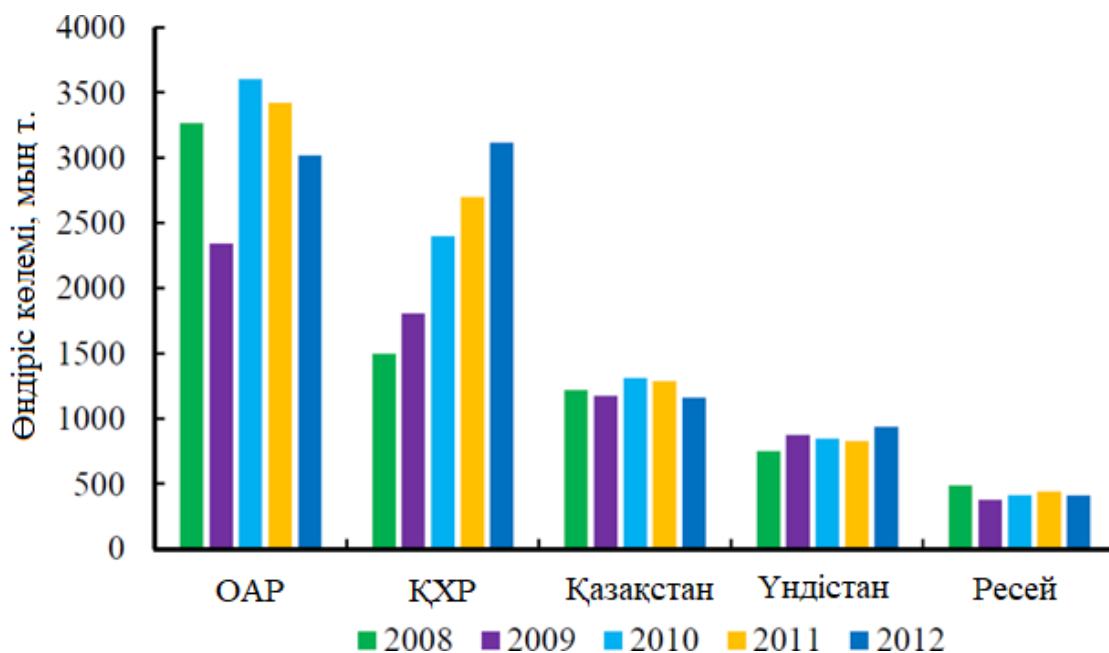
Үндістанда қорлардың 98% -ы Орисса штатындағы кен орындарында орналасқан. Жалпы қорлар 182,5 миллион тоннаға бағаланады, оның ішінде 78,4 миллион тонна шартты деп саналады, алынатын қорлар 88,4 миллион тоннаға бағаланады, Индиядағы Tata Steel Limited, IMFA Group, Ferro Alloys Corporation Ltd., Misrillal Mines Ltd., бірінші кәсіпорын металлургиялық сапалы хром кенін (36 - 45% Cr_2O_3), сонымен қатар ұсақ ұнтақталған кенді (40 - 58 $\text{Cr}_2\text{O}_3\%$) және отқа төзімді концентратты (48 - 52% Cr_2O_3) шығарады. Екінші

компанияның жалпы өндірістік қуаты шамамен 420 мың тонна металлургиялық сапалы кенді құрайды, ал Сукинда және Махагири карьерлерінің өндірістік қуаты Cr_2O_3 мөлшері 33 - 52% құрайтын жылына 320 мың тонна ұсақ ұнтақталған кен. Үшінші компания металлургиялық сапалы хром кенін (40 - 46% Cr_2O_3), сондай-ақ ұсақ ұнтақталған кенді (50 - 52 $\text{Cr}_2\text{O}_3\%$) және отқа төзімді концентратты (52 - 54% Cr_2O_3) өндіреді. Төртінші компанияның қоры шамамен 4 миллион тоннаны құрайды, өндірістік қуаты 100 мың тонна металлургиялық, химиялық және отқа төзімді кенді құрайды (52 - 54% Cr_2O_3).

Финляндияда Outokumpu Chrome Oy компаниясы Кеми кенішін жерасты астында игеруде. Мұнда жақсартылған сападағы кесек руда (35,5% Cr_2O_3), сонымен қатар ұсақ түйіршікті кен және металлургиялық концентрат (44,3% Cr_2O_3) өндіріледі.

Хромиттердің әлемдік өндірісінің шамамен 94%-ы феррохром [11] - темір мен хром қорытпасын алуға арналған. Жоғары көміртекті феррохром (4,0-10,0% C) қуатты жабық және ашық электр пештерінде хром кендерін көміртегімен тотықсыздандыру арқылы алынады. Процесс метал мен қождың мерзімді бөлінуімен үздіксіз жүреді. Феррохром тот баспайтын болат өндірісінде қолданылады, 2012 жылы баспайтын болатқа сұраныстың артуына байланысты феррохромды әлемдік тұтыну рекордтық 10,4 млн тоннаға жетті.

Негізгі тұтынушы - Қытай 4,3 миллион тонна, АҚШ - 0,4 миллион тонна, басқа елдер - 5,65 миллион тонна қор (2012). Феррохромның негізгі өндірушілері - Оңтүстік Африка, Қазақстан, Үндістан және Қытай. Ресейде 2014 жылы феррохром өндірісінің көлемі шамамен 440 мың тоннаны құрады, ал айқын тұтыну шамамен болды 119 мың тонна [7]. Соңғы жылдары оның өндірісінің жалпы көлемінің ~ 93% -ын өндіретін ірі феррохром өндіруші елдердің тобы пайда болды (1.1 сурет) [12, 13]. Хроммен ферроқорытпа өндірісінің жетекшілері Қытай мен Оңтүстік Африка болып табылады, олардың әрқайсысы бүкіл әлемдік өндірістің ~ 30% құрайды. Ресей әлемдік өндіріс көлемінің ~ 5,5 % -ын өндіреді, бұл жылына 8,9 млн. тонна.



1.1 Сурет – 2008-2012 жылдардағы феррохром өндірісінің көлемі алғашқы бес өндіруші ел үшін [13].

Қазақстан Республикасы мен Ресей өндірісі негізінен Кемпірсай кен орнының кенінен жүзеге асырылатын хром ферроқорытпаларының ең ірі өндірушілерінің бестігіне кіреді.

Қазақстан Республикасын дамытудың 2020 жылға дейінгі стратегиялық жоспарында «металл кендерінің едәуір қорына ие, Қазақстанда дайын металлургия өнімін өндіруді дамытуға барлық мүмкіндіктер бар, металлургия өнімдерін өндіру мен экспорттау екі есеге артады» деп көрсетілген [1]. Өндіріс көлемінің ұлғаюы өндірістік қуатты ұлғайтуды талап етеді және нәтижесінде тау-кен және қайта өңдеу қалдықтарының мөлшері ұлғаяды және жағымсыз экологиялық зардаптар. Оларды кенді қалпына келтіретін электр пештеріндегі жоғары көміртекті феррохромның өндірістік циклына тарту үшін оларды агломерация арқылы пайдалану қажеттілігі мәселесі өзекті болып отыр.

1.2 Хром кендерінің ұсақ бөлшектерін кесектеу мәселелері

Хромит кендерін өндіру және байыту процесінде пайда болған ұсақ фракциялар ферроқорытпа өндірісінде, әсіресе силикотермиялық әдіспен ферроқорытпалар өндірісінде шектеулі қолданылады [3, 14]. Айнымалы тоқта жұмыс жасайтын редукциялы пештерде жоғары көміртекті феррохром өндірісінде фракциясы -10 мм хромит кенін қолдану үшін оның агломерациясы қажет [10, 15]. 1.1 кестеде ТУ 1500 ҚР 30679259 АО-13-2005 талаптарына сәйкес хром кен концентраттарының құрамы көрсетілген [6].

1.1 Кесте – Концентрат құрамына сұраныс

Көрсеткіштердің атауы	Маркалардың нормасы						
	ДХ-1-1	ДХ-1-2	ДХ-1-3	ДХ-1-4	ДХ-1-5	ДХ-1-6	ДХ-1-7
Cr ₂ O ₃ , % кем емес	50,5	50,0	49,0	47,0	46,0	45,0	42,0
SiO ₂ , % көп емес	6,8	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	12,0
Cr ₂ O ₃ /FeO, кем емес	3,9	3,9	3,9	3,4	3,3	3,2	3,0
P, % көп емес	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006
S, % көп емес	0,08	0,08	0,08	0,07	0,05	0,07	0,08
Білгалдылық, % көп емес							
жаз кезінде	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0
қыс кезінде	2,0	4,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Өлшемі, мм	0 – 3	0 – 10	3 – 10	0 – 10	10 – 160	0 – 10	5–10
						5 – 10	0–10
	0 – 5			10 – 160		10 – 160	100 – 300
						0 – 300	

Берілген мәліметтерден бай концентраттар -10 фракциясының айыппұлдары түрінде болады. Олардың өндіріс көлеміндегі үлесінің 30 %-ды құрайтындығы ерекше қызығушылық тудырады [16].

Хром кендері олардың минералогиясында Cr (шпинельдер (немесе хромиттер)) құрамымен ұсынылған (Fe, Mg)O (Cr, Al)₂O₃. Шикізаттың өнеркәсіптік мәні Cr₂O₃/50% -дан жоғары Cr₂O₃/FeO (2,5-тен кем емес) коэффициентімен, SiO₂ мөлшері 10% -дан көп емес және P (емес) құрамымен анықталады. 0,015 %-дан жоғары).

Хром кенінің химиялық құрамы (жетекші элементтің мазмұны, зиянды қоспалар және хромның темірге қатынасы) ГОСТ 4757-91 сәйкес хром құрамы 65% -дан жоғары феррохром алу мүмкіндігін немесе мүмкін еместігін анықтайды. Хром рудасының шикізатының химиялық құрамымен қатар, ауыспалы токта жұмыс істейтін редукциялық электр пештерінде (РВП) жоғары көміртекті феррохромды балқытуда хром кенін қолдану үшін, өлшеміне (10 - 100 мм) талаптар қойылады.), онда бөлшек –10 мм-ді түтін газдарымен жұмыс кеңістігінен шығарып алуына байланысты зарядтың бөлігі ретінде пешке жіберуге болмайды.

Қазіргі уақытта әлемде процестің қолайлы техникалық-экономикалық көрсеткіштері сақталған жағдайда хром рудасының айыппұлдарын жоғары көміртекті феррохром өндірісіне пайдаланудың екі негізгі әдісі бар [17]:

– тұрақты шикізатты агломерациялау және тотықсыздандырғыш ретінде коксты қолдану талап етілмейтін тұрақты кенді тотықсыздандыратын пештерде көміртекті феррохромды балқыту;

– дәстүрлі әдістердің бірі бойынша ұсақ руданы агломерациялау: брикеттеу, түйіршіктеу, агломерация - кейіннен РВП-да балқыту. Осы әдістердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Тұрақты тоқты төмендететін электр пештерін (RVP PT) пайдалану, ең алдымен, оларды салуға күрделі шығындарды талап етеді, өйткені жабдықтың бұл түрі ферроқорытпа өндірісі үшін КСРО-да және сәйкесінше посткеңестік кеңістікте кең таралмаған. РВП ПТ-да жоғары көміртекті феррохромды әр түрлі кен орындарындағы хром рудасының ұсақ бөлшектерінен балқыту технологиясын әзірлеу жеке мәселе болып табылады. Сонымен қатар, өндірістің екі әдісінің салыстырмалы бәсекеге қабілеттілігі: агломерленген шикізаттан РВП-да және кесек емес ПТ РВ-да ТМД елдеріндегі кәсіпорындар жағдайында әлі зерттелген жоқ.

Берілген химиялық және минералогиялық құрамдағы хром рудасының шикізатына арналған тұрақты және ауыспалы ток пештерінде агломерация, балқыту шығындарының арақатынасын пилоттық өнеркәсіптік науқан өткізбестен сенімді бағалау өте қиын. Сондықтан агломерация үшін жұмыс істейтін жабдықтың болуы агломерленген шикізаттан РВП-да балқыту технологиясының қазіргі жағдайындағы басымдылықтың алғышарты ретінде қарастырылуы мүмкін.

Ең жоғары өнімді әдіс - агломерацияның артықшылығы $-10 + 0$ мм фракциялы хромит кенін қайта ұнтақтау қажеттілігінің жоқтығын қамтиды, ал басты проблема $1700 - 1800^{\circ}$ жететін хром рудасының шикізатының жоғары балқу температурасы болып табылады. Агломерациялық жабдықтың беріктігіне теріс әсер ететін С. Агломерациялық температураны төмендету үшін әр түрлі флюсті материалдар қолданылады: химиялық, минералогиялық, фракциялық құрамы мен бағасымен ерекшеленетін кварцит, құм, микросиликат және басқалары.

Тоямада (Жапония) хром рудасының айыппұлдарының агломерациясы шектеулі масштабта жүргізілді [16], сонымен қатар хром кендерін темір рудасы материалдарын агломерациялауға арналған стандартты конвейерлік агломерация машиналарында флюстіруші қоспасыз агломерациялауға бірқатар әрекеттер жасалды, ол теріс нәтижелер [18, 19]. Кейіннен хромит кенінің балқу температурасын қолайлы деңгейге дейін төмендетуге бағытталған жұмыстар жүргізілді [19-23] агломерациялық машинаның стандартты жабдықтарының жұмысы. Осы мақсаттар үшін флюорлы кремнеземді материалдарды [19, 20], шунгит тасын [21], темірді [22, 23] және борат кендерін [20] және т.с.с. қосу үшін хромит агломератын өндіру ақысына қосуға кеңес берілді.

Брикеттеу өткен ғасырдың аяғында кең тарады, өйткені байланыстырғыш заттар, су шыны, кварц құмын қосатын сульфитті-спиртті қопсытқыш, газ тазартқыштардың шаңы, алюминий шлак концентраты қолданылады. 2001

жылы «Кірпіш-2» ғылыми-зерттеу компаниясы (Екатеринбург) Донской байыту фабрикасында (DOF-1) брикеттерді үздіксіз өндірудің жаңа технологиясын ұсынды, бұл құрылғының схемасын кептірудің қолданыстағы схемасына байлап тастады. концентраты 0-3 мм. Сұйық шыны концентраттың жалпы массасының 6% мөлшерінде байланыстырушы зат ретінде қолданылды. Алынған брикеттер ылғалға және ыстыққа төзімді, бірақ механикалық тозуға төзімділігі жеткіліксіз болғандықтан тасымалдаудың төмендігімен сипатталады. Брикеттеу Оңтүстік Африка, АҚШ, Германияның бірқатар шет елдерінде қолданылады [20, 24]; Хром рудасының айыппұлдарынан алынған брикеттерді қолдану тәжірибесі «Серов феррокоритпа зауыты» ПАҚ-да да бар [25].

2011 жылдан бастап, J.C. Steele & Sons, Inc. компаниясының вакуумдық-экструзиялық қатты брикеті. (АҚШ), бұл экструзиялық брикеттерге (брек) металлургиялық қасиет бере отырып, әртүрлі техногендік және табиғи материалдар мен отындарды тиімді агломерациялауға мүмкіндік береді, дәнекер ретінде портландцемент қолданылады [26-28].

Брикеттеу процесі келесі кемшіліктермен қатар жүреді: кен ұсақтарын келесі кезеңдерде еркін қозғалатын етіп кептіру; бөлшектердің өлшемі 4 мм-ден аспайтын қосымша ұнтақтау; қымбат тұратын байланыстырғыш заттарды қолдану (су шыны, сірне, кальций лигносульфонаты, әк); брикеттерді айыппұлдардың пайда болуымен, тасымалдау кезінде және одан кейін, жұмыс кеңістігінде жару феррокоритпа пеші (қыздырылған кезде); брикеттеу пресс-орамдарының шиналарының тозуы, хром кенінің абразивтілігіне байланысты.

Әлемдік тәжірибеде Outokumpu Oy (Outokumpu, қазіргі кезде Outotec Oy) технологиясын қолданып түйіршіктерді түйіршіктеу және күйдіру процесі де кең таралды. Бұл технология Қазақстанда да, басқа да шет елдерде: Оңтүстік Африка, Бразилия, Греция, Үндістан, Түркия және т.б. 1989 жылдан бастап сәтті қолданылып келеді [29]. Технология тотыққан және кен-көмір түйіршіктерін алу мүмкіндігін қарастырады, білік жылытқышымен жабдықталған кенді тотықсыздандыратын пеште қолданған кезде, оларды жұмыс кеңістігіне жіберместен алдын ала қыздыруды және азайтуды ұйымдастыруға болады [30]. Хром рудасы түйіршіктерінің құны қымбат тұратын байланыстырғыштарды (су шыны, лигносульфонат, бентонит) қолданған кезде жоғарылайды.

Дөң КБК-да 2009 жылы Outotec технологиясын қолданып болат жолақта түйіршіктер шығаратын екі желі іске қосылды [31]. Бұл технологияда өңдеу зауытынан алынған 0-3 мм фракциялы хром концентраты және 0–10 мм фракциялы шикі хром кендері қолданылады. Кокс пен руда ұсақтары қосымша ұнтақтауға ұшырайды, ал байланыстырғыш ретінде бентонит қолданылады. Бұл технологияның күрделі мәселелерінің бірі - түйіршіктер атылатын конвейер машинасының болат таспасының беріктігі. Материалдың адгезиясы салдарынан таспаның істен шығуын, сондай-ақ жабдықтың мерзімді тоқтап қалуына байланысты жылудың өзгеруіне байланысты таспаның тотығуын болдырмау

үшін жүктеу режимін, таспаның күйін қатаң қадағалап, үзілістерге жол бермеу керек технологиялық және жылу шарттары.

Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институтында (Қарағанды, Қазақстан Республикасы) құрамында бор бар хром кенінің түйіршіктерін өндіру технологиясын әзірледі [24], мұнда борат кендері балқу температурасын төмендететін компонент ретінде қолданылады

Индерский өрісі. Осы технология бойынша алынған түйіршіктер жоғары беріктігімен ерекшеленеді, бірақ олар қосымша шығындарға әкелетін хром кенін алдын ала ұнтақтауды қажет етеді. Түйіршіктеу технологиясының сәтті сынағына қарамастан, бұл технологияның бірқатар кемшіліктері бар: хром рудасының Индерский өрісі. Осы технология бойынша алынған түйіршіктер жоғары беріктігімен ерекшеленеді, бірақ олар қосымша шығындарға әкелетін хром кенін алдын ала ұнтақтауды қажет етеді. Түйіршіктеу технологиясының сәтті сынағына қарамастан, бұл технологияның бірқатар кемшіліктері бар: хром рудасының ұсақ бөлшектерін қосымша ұнтақтау қажеттілігі; қымбат, зиянды байланыстырғыш заттарды қолдану (сұйық шыны, лигносульфонат); технологиялық процестің жоғары температурасына байланысты болат жолақтың жоғары тозуы; диаметрі 8 - 15 мм түйіршіктердің кішкене мөлшері.

Хром кендерін агломерациялау проблемасы - бұл руда материалы дәндерінің де, негізгі жыныстың да балқу температурасының жоғары болуы, ал сұйық фазаның (балқыманың) жеткілікті мөлшерін қалыптастыру күшті агломерат алу үшін қажет.

Хромит кендерінің ұсақ бөлшектерін агломерациялау технологиясын жетілдіру темір кенінің материалдарын агломерациялау технологиясының және агломерация процесінің негізгі принциптерін білуге негізделген. Темір рудасының агломератын өндіру жағдайында сұйық фазаның түзілу процесі, агломерация параметрлері мен өнімнің беріктігіне темір мен кальций силикаттарының арақатынасы айтарлықтай әсер етеді [32]. Хромды агломерат өндірісінде магний мен алюминий силикаттарының арақатынасы маңызды рөл атқарады, олар флюорирленген материалдардың компоненттері хромиттердің негізгі жыныстарымен әрекеттескенде сұйық фаза құрайды [29]. Сондықтан әлемдік тәжірибеде хром агломератын алу технологиясын жетілдіру жолдарын іздеу негізінен флюстейтін материалдарды таңдау және рационалды құрамның агломерациялық зарядын қалыптастыру бағытында жүзеге асырылады [33].

2 Тәжірибелік зерттеу бөлімі

2.1 Темір-хромды қорытпаны тотықсыздандыра балқыту бойынша зертханалық қондырғыларда тәжірибелік зерттеулер жүргізу

Бұл кезеңдегі тәжірибелік зерттеулер негізінен, ұсақ темір-марганец және құрамында темір-хром бар қалдықтарды қолдануға негізделген. Темір-марганец және темір-хром қорытпаларын балқыту арқылы олардан тиісті металдарды алу үшін үш компоненттен тұратын шихта дайындалды. Құрамында темір бар компонент ретінде темір оксиді (Fe_2O_3) және прокат окалинасы қолданылды. Олардың екеуі де бірдей химиялық құрамға ие, олар Fe_2O_3 және FeO темір оксидтерінен тұрады, 92,0-97,0% құрайды және болат илемдеу өндірісінің қалдықтары болып табылады. Шихтаның қалған компоненті сәйкесінше хромит кендерін байытудың ұсақ қалдықтары болып табылады. Олар хромит кендерінің Дөң КБК-де (Хромтау, Ақтөбе обл.) түзіледі және іс жүзінде технологиялық процестерде пайдаланылмайды, сол үшін олар жинақталады.

Шихтаның бірінші компоненті-темір оксидтерінің жоғары концентрациясына және шлак түзетін концентрациялардың өте төмен болуына байланысты (3-5 %) прокат шкаласы агломерациялық және болат балқытатын шихтада шағын қоспалар ретінде дәстүрлі технологияда да қолданылады. Бірақ бұл қалдықтарды пайдаланудың бұл әдісі мәжбүрлі және тиімді емес. Агломерат шойын өндіруге арналған шихтаның кен бөлігі болып табылады, ал конвертерлік шихтаға қоспа шикі болат өндіруге арналған, әрі олар жүйелі сипатқа ие емес. Сонымен қатар, темірдің жоғары концентрациясы және прокат шкаласы мен темір оксидінде зиянды қоспалар мен шлак түзетін оксидтердің болмауы оларды жоғары құнды және қымбат металл өнімдерін өндірудің жоғары технологиялық процестерінде қолдануға лайық. Дәл осындай мақсат қойылған тәжірибелік зерттеулерде темір-марганец және темір-хром қорытпаларын жүйелі түрде өндіру үшін зарядтың негізгі компоненттерінің бірі ретінде қолданылған кезде жүргізілді.

Шихтаның маңызды компоненті хромит кендерін байытудың ұсақ қалдықтары болып табылады. Тиісті концентраттар деп аталатын байытылған хромит кендерінің өзіндік құны өте жоғары және әдетте феррохром қорытпаларын өндірудің дәстүрлі технологиясында қолданылады. Қазақстанда хромит кендерінің Дөң КБК шикізат ресурстары базасында тиісті ферроқорытпа зауыттары жұмыс істейді. Бірақ олар сұрыпталған хромит кендерінің негізінде тиісті ферроқорытпалар шығарады.

Өзірленіп жатқан технологияда бастапқы күйінде нөлдік өзіндік құны бар тиісті кен орындарында осы кендерді байытудан алынған ұсақ қалдықтарды пайдалану көзделеді.

Әрбір технологияның шикізат ресурстарын өңдеу үшін белгілі бір техникалық шарттары (ТШ) бар. Феррохромды өндірудің дәстүрлі технологиясы ТШ-ға сәйкес тек сұрыпталған кендер мен металлургиялық кокс

қолданылады және тиісті кендерді байытудан ұсақ қалдықтарды қолдана алмайды, дегенмен ұсақ қалдықтарда хромның жеткілікті концентрациясы бар, олар қажетті стратегиялық металл болып табылады.

Сондықтан, біздің "технология үшін шикізат емес, шикізатты өңдеу технологиясы" қағидатымызды басшылыққа ала отырып, сапасы бойынша стандартты ферроқорытпалардан кем түспейтін, тиісінше темір-хромды қорытпаларды өндіру үшін құрамында темір-хром бар қалдықтарды өңдеудің мүлдем жаңа технологиясын әзірлеуге бағыт алды.

Мұндай технологияны әзірлеу және енгізу миллиондаған тонна қалдықтарды, сайып келгенде, ішкі нарықта сұранысқа ие және экспортталатын тауар өнімдеріне айналдыру перспективасын ашады.

Жоғарыда аталған барлық компоненттерде-прокат окалинасы, хромит кендерін байытудан алынған ұсақ қалдықтар-олардан алынған металдар темір, хром Fe_2O_3 , FeO , Cr_2O_3 оксиді түрінде болады. Сондықтан тиісті металдарды алу тотықсыздандыру процестерін ұйымдастыру қажеттілігімен байланысты. Темір мен болатты өндірудің дәстүрлі технологиясында темірді тотықсыздандыру үшін негізінен CO мен H -дан тұратын ыстық тотықсыздандырғыш газдар (ГВГ) қолданылады. 2. Ия, бұл жағдайда 0,99 дейін темірді қалпына келтірудің толықтығына қол жеткізіледі. Ферроқорытпаларды өндірудің дәстүрлі технологиясында Темірден басқа негізгі алынатын металдар марганец, хром, кремний болып табылады, оларды ГВГ көмегімен металл күйіне келтіру мүмкін емес. Дәл сол жерде металлургиялық кокс негізгі қалпына келтіретін реагент ретінде қолданылады. Кокс көміртегі барлық металдарды жақсы қалпына келтіреді, бірақ жоғары температурада руда шикізатының балқытылған күйінде болады. Көріп отырғаныңыздай, көміртегі, ол қандай болса да – кокста немесе көмірде болса да, әмбебап төмендететін реагент болып табылады. Сондықтан технологияның дамыған нұсқасында зарядтың кен бөлігіне қалпына келтіретін реагент ретінде көмірдің өлшенген мөлшері қосылды. Металл оксидтері мен көміртегі бар реагент арасындағы байланысты қамтамасыз ету маңызды. Жоғарыда айтылғандай, ферроқорытпаларды өндірудің дәстүрлі технологиясында кен оксидтері мен кесек Кокс арасындағы байланыс тек зарядтың кен бөлігін ерітіп, Кокс бөліктерінің бетін жоғары температурада металл оксидтерінің сұйық балқымасымен жуу арқылы қамтамасыз етіледі (шамамен 1600-1700 °C).

Әзірленген технологияда ұсақ қалдықтар мен көмірді пайдалану жағдайында қалпына келтіру процесін ұйымдастырудың жаңа тактикасы қабылданды, оған сәйкес металл оксидтері мен көміртегі арасындағы байланыс шихтаны ерітуде емес, керісінше, шихта қоспасын одан да көп ұсақтауда қамтамасыз етіледі. Жүйені дисперсті және ультра дисперсті күйге келтіру қатты күйдегі реактивтердің реакциялық бетінің көп мың есе ұлғаюына әкеледі, энергияның беттік әсерін тудырады. Осы әсердің арқасында металдарды қатты көміртекпен қалпына келтірудің басталу температурасы едәуір төмендейді және қалпына келтіру процестерінің жылдамдығы бірнеше есе артады. Осы

әдіске сүйене отырып, үлкейтілген зертханалық кешендерде тәжірибелік зерттеулер ұйымдастырылды.

Құрамында металл бар ұсақ қалдықтардың пайда болуы мен жинақталуы металдар мен қорытпаларды өндірудің дәстүрлі технологиясын ұйымдастырудан туындайды. Темір мен болаттың кең ауқымды дәстүрлі технологиясының техникалық шарттары шаймаланған кен шикізатын және сұрыпталған металлургиялық коксты пайдаланудан тұрады. Мысалы, темір кені шикізатына (бұл негізінен агломерат және шекемтастар) ТШ 8,0-60,0 мм шегінде фракциялық құрамды, қирауға және абразияға жоғары механикалық беріктікті, 1200 °С деңгейінде жұмсарту температурасын қамтиды. Коксқа сондай-ақ 25,0-40,0 мм және 40-60 мм шегіндегі фракциялық құрамы, сонымен қатар, қалпына келтіретін реагент ретінде беріктігі мен реактивтілігі ұсынылады. Сондықтан, бастапқы өңделген шикізатты сұрыптау кезінде ұсақ қалдықтар пайда болады, оларды дәстүрлі технологиялық процестерде тікелей пайдалану арқылы қайта өңдеуге қайтару мүмкін емес. Ұсақ қалдықтарды тегістеуге дайындық және оларды технологияға қайтару, біріншіден, дайындықтың белгілі бір шығындарын қамтиды, екіншіден, бұл олардың физика-химиялық қасиеттері мен құрамы бойынша әрқашан мүмкін. Сондықтан, ұсақ қалдықтарды дәстүрлі технологиялық циклге қайтару мүмкін, өйткені олар дайындықтың ең төменгі шығындарымен кесуге мүмкіндік береді. қ кешендерде тәжірибелік зерттеулер ұйымдастырылды.

Қарастырылып отырған хромит кендерін байытудан пайда болған және жинақталған ұсақ хромит қалдықтарын қайта өңдеу тақырыбында проблема қалдықтардың физика-химиялық қасиеттерінде де күрделене түседі және олардың табиғаты мен химиялық құрамы отқа төзімді болып табылады. Әдетте концентраттар мен ұсақ кен материалдарын агломерация арқылы тегістеу 1450 °С температурада жүзеге асырылады. Бұл температурада хромит қалдықтарының ұсақ бөлшектері жұмсарту күйіне де жақын келмейді. Оларды жұмсарту температурасы 1600-1700 °С-қа жетеді. Шекемтастарды өндіруді ұйымдастыру арқылы оларды қопсытуды дайындаудың екінші тәсілі де айтарлықтай шығындарды талап етеді: ұсақ қалдықтарды дисперсті күйге дейін, 1,0 мм-ден аз мөлшерде ұсақтап, байланыстырушы материалдың қажетті мөлшерін қосып, барабанды ұсақтағышты пайдалану керек. Сондықтан Дөң КБК аумағында ұсақ хромит қалдықтарының жиналуы байқалады. Сонымен қатар, олардың құрамында Cr_2O_3 хром оксидінің жеткілікті жоғары концентрациясы бар, оның шығарылуы металл күйінде назар аударуға тұрарлық және практикалық қызығушылық тудырады.

Зертханалық қондырғыларда металдарды қатты көміртегімен тікелей қалпына келтіру әдісімен ұсақ қалдықтардан хром алу бойынша ғылыми зерттеулер жүргізудің алдыңғы кезеңінде процесті іске асыру мүмкіндіктері белгіленді. Алынған нәтижелер үлкейтілген зертханалық қондырғыларда тәжірибелік зерттеулерді әрі қарай ұйымдастыруға мүмкіндік берді.

Тәжірибелік зерттеулер құрамында темір және құнды легирлеуші металдар бар өнеркәсіптік қалдықтарды тиімді өңдеу мүмкіндігін анықтауға арналған. Темір және болат металлургиясы технологияның басым бағыттарына жатады. Қазақстанда қалдықтарды қайта өңдеуді күшейту туралы жаңа ережелерді қабылдау технологиялық процестердің экологиялық қауіпсіздігі бағытында да басымдық береді.

Алдыңғы кезеңде зарядты металдандыру және марганец пен құрамында темір бар қалдықтарға негізделген темір-марганец қорытпаларын қалпына келтіретін балқыту бойынша тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері қарастырылды. Бұл кезеңде құрамында хром бар және құрамында темір бар қалдықтардан тұратын құрамында темір бар шихтаны металдандыру және қалпына келтіру балқыту бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізілді. Құрамында металл бар Шихтаның негізгі компоненттері ретінде Дөң КБК хромит кенін байыту қалдықтары және қызыл оксид, Арселор-Миттал (Теміртау) комбинатының табақ прокатының бетін өңдеу қалдықтары ретінде пайдаланылды. Тотықсыздандыру реагент ретінде өз өндірісінің көмірі пайдаланылды. Шихта компоненттерінің химиялық құрамы 2.1 кестеде келтірілген.

2.1 Кесте – Шихта компоненттерінің химиялық құрамы

Материалдардың атауы	Химиялық құрамы, %											
	Fe _{общ.}	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	C
Қызыл темір оксиді	68,6	—	98,0	—	—	—	—	—	—	0,03	0,02	—
Ұсақ хром кендері	10,30	13,24	—	0,52	52,36	5,72	7,86	0,64	18,35	0,002	0,013	—
Ағаш көмір*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,37	98,0

Ескерту: * - қалған күл A^c = 1,63.

2.1 кестесіндегі мәліметтерден көрініп тұрғандай, қызыл темір оксиді толығымен Fe₂O₃ оксидінен тұрады және құрамында шлак түзетін оксидтер жоқ. Химиялық құрамы бойынша хромит қалдықтары хромит концентратынан аз ерекшеленеді. Ол тек 5,0 мм-ден аз фракциялық құрамы бойынша қалдықтар түрінде жиналады, ол электротермиялық пештерде феррохром өндірудің дәстүрлі технологиясының техникалық талаптарына сәйкес келмейді.

Сонымен қатар, хромит қалдықтарының құрамында темір оксиді толығымен FeO түрінде болады, сонымен қатар шлак түзетін оксидтердің негізгі бөлігі негізгі MgO оксидтері түрінде ұсынылған. SiO₂ және Al₂O₃ түріндегі қышқыл оксидтердің концентрациясы төмен. Көріп отырғаныңыздай, хромит қалдықтарындағы шлак түзетін оксидтердің қатынасы марганец қалдықтарындағы оксидтерге сәйкес келетін қарама-қарсы бағытқа ие, бұл металданған өнімдерді балқыту кезінде шлак режимін қосымша реттеуді қажет

етеді. Хромит қалдықтарының тағы бір жағымды сапасы оның құрамында зиянды қоспалардың – Күкірт пен фосфордың өте төмен концентрациясы бар, олар жоғары сапалы металды тікелей алу талаптарына сәйкес келеді және күкіртсіздендіру мен дефосфор проблемасын болдырмайды.

Шихтаның пайдаланылатын компоненттерінің химиялық құрамы екі позициядан бағаланады: 1) қалпына келтіру процестерін ұйымдастыру және құрамында темір-хром бар өнімдерді алу мүмкіндігі; 2) металданған өнімдерді балқыту және темір-хромды қорытпалар мен сұйық жылжымалы қождың құрамын қалыптастыру. Осы ретпен міндеттерді қою заряд компоненттерінің массалық арақатынасын қалыптастыруға бағытталған.

Көріп отырғаныңыздай, зарядтың құрамындағы барлық компоненттер мен металл және металл емес элементтер тек оксид түрінде болады. Олардың ішінде металл оксидтері – FeO және Cr_2O_3 және ішінара SiO_2 1000-1100 °C температурада шахта пешінде практикалық түрде жүзеге асырылатын қалпына келтіру реакцияларына ұшырауы мүмкін. Қалған оксидтер қабылданған температура деңгейінде іс жүзінде қалпына келмейді және шлак түзетін оксидтер болып табылады – бұл MgO , CaO , Al_2O_3 және SiO_2 негізгі бөлігі. Қож түзілу процестерінде олардың қатынасын қождың негізділік принципі бойынша реттеу қажет, ол әдетте негізгі оксидтердің концентрациясының қышқыл оксидтерге қатынасы бойынша бағаланады. Al_2O_3 (бұл қышқыл оксид) және MgO (бұл негізгі оксид) оксидтерінің төмен концентрациясы $(\text{CaO})/(\text{SiO}_2)$ – негізгі оксид (CaO) - қышқыл оксидке (SiO_2) қатысты негізділікті бағалауға мүмкіндік береді. Хромит қалдықтарын пайдалану жағдайында, көріп отырғанымыздай, біз негізгі MgO оксидінің жоғары құрамына және қышқыл оксидтердің аз концентрациясына тап боламыз, ал соңғы $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ қосындысы сомадан бір жарым есе аз ($\text{MgO} + \text{CaO}$). Металдарды тікелей азайту процесінде, әсіресе жоғары температурада, SiO_2 қышқыл оксидінің бір бөлігі қалпына келтірілуі мүмкін. Содан кейін оның қалдық концентрациясы одан әрі төмендейді. Мұндай жағдайларда қождың негізділігінің одан да артуын күтуге болады, бұл да қождың қолайсыз режиміне әсер етуі мүмкін.

Дегенмен, шихтаны металдандыру процесіне дайындау кезеңінде негізгі және қышқыл оксидтердің массалық арақатынасын реттеуден бас тартқан жөн деген шешім қабылданды. Ағынды қоспаларға байланысты шлак түзетін немесе балласт оксидтері массасының жоғарылауы алынған металдардың тотықсыздану кинетикасына теріс әсер етуі мүмкін. Әрекет етуші массалардың жалпыға белгілі Заңына сәйкес балласт материалдарын құрамында металл оксиді-көміртегі бар шихтаның құрамына қосу қалпына келтіру реакцияларының жылдамдығының және металды алу дәрежесінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Сондықтан металдарды қатты фазалық азайту процесін ұйымдастыру кезінде шлак түзетін оксидтердің арақатынасын ескермеу және металл оксидтері мен тотықсыздану реагентінің – қатты көміртектің мүмкін болатын концентрациясын сақтау ұсынылады. Осы позицияға сүйене отырып,

заряд компоненттерінің массалық қатынасы хромит қалдықтары мен темір оксидінің қатынасы арқылы реттелді. Шихта қоспасындағы нақты құрамындағы негізгі және қышқыл шлак түзуші оксидтердің сәйкес келмеуі металдарды қатты көміртеппен тікелей қалпына келтіру ағымына әсер етпейді. Зарядты дайындағаннан кейінгі тағы бір мәселе-оны металдандыру. Металлдан жасалған өнімдерден металды балқытудың соңғы процесіне көшу кезінде кождың пайда болу мәселелері туындайды.

Темір - бұл ерекше металл, ол зарядты металдандыру және балқыту кезінде басқа металдардың басым көпшілігін ерітеді және еріген металдың үлесі өзгерген сайын оның құрылымдық қасиетін өзгертеді. Сондықтан темір болаттар мен қорытпалардың барлық түрлерінің негізін құрайды. Бұл жағдайда хромит қалдықтары мен темір оксидінің массалық арақатынасын реттеу олардың массалық қатынасына байланысты әр түрлі құрамы мен сапасындағы темір-хром қорытпасын алуға әкеледі.

Көріп отырғанымыздай, технологиялық процесті ұйымдастыру, дәстүрлі технологияға қарағанда, тегістеуге емес, керісінше, құрамында хром бар және құрамында темір бар ұсақ қалдықтарды тікелей пайдалануға негізделген. Сонымен қатар, зарядты дайындау шығындары азаяды және металдар мен қорытпаларды алудың жоғары әсеріне қол жеткізіледі. Темір-хром қоспасының әр түрлі құрамын алу үшін, ең алдымен, келесі массалық қатынастардан зарядтың оксид бөлігін құрады: хромит қалдықтары– 0,95; 0,90; 0,80; 0,70; 0,60; темір оксиді– 0,05; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40. Қоспалардың орташа өлшенген құрамы 2.2 кестеде келтірілген.

2.2 Кесте – Ұсақ хром кендері мен темір оксиді қоспаларының орташа өлшемді химиялық құрамы

Материалдардың атауы	Химиялық құрамы, %									
	Fe	FeO	MnO	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S
Қоспа 0,95-0,05	13,21	12,5	0,49	49,74	5,43	7,46	0,61	17,43	0,003	0,002
Қоспа 0,90-0,10	16,13	11,9	0,47	47,12	5,15	7,07	0,57	16,50	0,005	0,003
Қоспа 0,80-0,20	21,96	10,6	0,42	42,89	4,57	6,29	0,51	14,68	0,008	0,014
Қоспа 0,70-0,30	27,79	9,27	0,36	36,65	4,00	5,50	0,45	12,84	0,010	0,015
Қоспа 0,60-0,40	33,62	7,94	0,31	31,42	3,43	4,71	0,38	11,01	0,012	0,016

Шикіқұрамның кен бөлігін білдіретін алынған қоспаларға қатты тотықсыздандырғыш – алынатын металдарды – Fe және Cr қалпына келтіру үшін стехиометриялық қатынаста көмір қосылды.

Құрамында көміртегі бар темір-хромды шихта араластырылып, 0,1 мм-ден аз фракцияға дейін электровибрациялық ұсақтағышқа ұсақталды. Алынған және сұрыпталған фракциялы түйіршіктер $\geq 8,0$ мм 400-450 °C температурада

келтірілді. Осылайша, құрамында көміртегі бар түйіршікті заряд кеңейтілген зертханалық кешенде тәжірибелік қалпына келтіру және балқыту процестеріне толығымен дайындалды.

Көріп отырғаныңыздай, зарядты дайындау және қалпына келтіру процесін ұйымдастыру дәстүрлі әдістерден түбегейлі ерекшеленеді. Қалпына келтіру процестерін ұйымдастыру және металл өнімдерін өндіру металлургия процесінің бүкіл бағытын білдіреді. Металл өнімдерін өндіру үшін, әдетте, қапталған темір рудасы материалы дайындалады-бұл түйіршіктер немесе агломерат. Қалпына келтіргіш шахта пешіне CO, H₂-ден тұратын ыстық тотықсыздандырушы газ (БТГ) түрінде бөлек енгізіледі. ГВГ жылу тасымалдағыш және қалпына келтіретін реагент болып табылады. Шекемтастарды қалпына келтіретін күйдірудің өнімі-бұл металданған өнім немесе оны "жіңішке темір" деп атайды. Марганец-және құрамында хром бар қатталған материалдарды шахта пештерінде ГВГ ағынымен металдандыруға болмайды. БТГ-ның төмендету потенциалы олардың оксидтерінен марганецті де, хромды да толық металдандыру үшін жеткіліксіз. Темір оксидтерінің химиялық беріктігі марганец пен хром оксидтеріне қарағанда едәуір төмен. Сондықтан темір оксиді Fe₂O₃ деңгейінен металл жай-күйіне дейін азаяды газдармен CO, H₂ температурада шахта пешінің деңгейінде 1000 °C тәртібінде $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe_{мет}$.

Өнеркәсіптік шахталық пештерде температурасы 1000-1100 °C болатын ГВГ үрлеу арқылы Темірдің 0,98 (яғни 98%) деңгейіне дейін қалпына келу дәрежесіне қол жеткізіледі. Темір рудасының материалы тек темір оксидтерінен тұратындықтан, металдандыру өнімі "жіңішке темір" болып табылады. Бұл принцип бойынша "Мидрекс-процесс", "Армко-процесс", "Пуерофер-процесс" сияқты процестер ұйымдастырылған.

Біздің жағдайда темір-хром бар түйіршікті материалдан металданған өнімді алуға әрекет жасалды. Шахта пешінде зарядты металдандыру үшін ГВГ қолдану қажетті нәтиже бермейді. Сондықтан қалпына келтіру реагенті ретінде қатты көміртек таңдалады, ол зарядтың құрамына оны қалпына келтіруге дайындау кезінде енгізіледі. Темір - марганец - көміртекті және темір - хром-көміртекті түйіршікті материалдар дайындалған, сондықтан әр түйіршікте темір, марганец және хромды толық қалпына келтіруге арналған қатты көміртектің стехиометриялық мөлшері болады. Қатты көміртек, күшті тотықсыздандырғыш ретінде, темір оксидтерінің ғана емес, реакцияларға байланысты MnO және Cr₂O₃ оксидтерінің де химиялық беріктігін жеңеді



Бұл реакциялар эндотермия арқылы жүреді, яғни. жылу энергиясын сіңіру арқылы. Сондықтан жылу энергиясын жеткізуді қамтамасыз ету қажет.

Шахта пеші жағдайында ыстық газды – салқындатқышты үрлеу арқылы жылу энергиясын жеткізуді қамтамасыз етуге болады және ұсынылады. Бірақ тотықсыздандырғыш реагент түйіршікті бөлшектердің ішіне салынғандықтан, үрленетін газ ағыны ГВГ емес, Жоғары температуралы ыстық газ болуы керек. Тек оны металл оксиді-көміртегі бар қоспаға қатысты бейтараптандыру керек. Бұл ыстық газдың құрамы түзілетін газдың құрамына сәйкес келуі керек-зарядты қатты көміртекпен азайту өнімі. Жоғары оксидтердің CO_2 газының едәуір дәрежесін, ал төменгі оксидтердің CO газ түзуі арқылы қалпына келуін ескере отырып, реакция өнімдерінің орташа газ құрамы $\text{CO}_2=25-35\%$; $\text{CO}=65-75\%$ құрамына сәйкес келеді. Мұндай құрамы ыстық газ алынуы мүмкін өртеу көмір немесе қыздырып отходящего бірі шахталық пештің колошникового газ. Шахта пешіндегі заряд бағанасын нақты өндірістік жағдайда қыздырудың бұл әдісі ең тиімді және үнемді, бірақ кеңейтілген зертханалық шахта пештерінде шектеулі зертханалық бөлмедегі экологияға байланысты ыстық газдарды шығару үшін жұмыс істеу мүмкін емес. Сондықтан заряд қабатын жылыту карапайым электр жылытуымен ұйымдастырылды.

Тотықсыздандыру процесі 2.1 суретте 1000-1100 °C температурада ұсынылған шихтаны металдандыруға арналған үлкейтілген зертханалық шахта пешінде жүзеге асырылды. Пештің жұмыс кеңістігі 12 °C/мин жылдамдықпен қыздырылды. 1100 °C температураға жеткенде, олар 40 минут ішінде процестің ағымына төтеп берді. металл өнімдері төменгі розетка арқылы герметикалық камераға жіберіліп, 100 °C дейін салқындатылды. Салқындатылған металл өнімдері талданды, олардың құрамы 2.3 кестеде келтірілген.

2.3 Кесте – Құрамында темір-хром-көміртегі бар металданған өнімдердің химиялық құрамы

Материалдардың атауы	Химиялық құрамы, %										
	Fe _{общ}	Fe _{мет}	Mn _{общ}	Mn _{мет}	Cr _{общ}	Cr _{мет}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Ca	MgO	C
Қоспа 0,95-0,05	15,54	15,24	0,38	0,25	40,04	26,0	6,39	8,77	0,71	20,5	4,25
Қоспа 0,90-0,10	19,27	18,82	0,435	0,21	38,52	24,2	6,15	8,44	0,66	19,71	4,60
Қоспа 0,80-0,20	27,60	27,03	0,40	0,18	36,87	15,2	5,74	7,90	0,64	18,44	4,12
Қоспа 0,70-0,30	35,74	35,02	0,39	0,24	32,30	19,3	5,14	7,07	0,57	16,5	4,8
Қоспа 0,60-0,40	47,02	46,08	0,34	0,16	30,10	12,8	4,80	6,58	0,53	15,4	5,14

Осы тендеулер бойынша металдарды қалпына келтіру кезінде шихта оттегін газдандыру есебінен орташа өлшенген шихта массасының жоғалуы анықталды.



2.1 Сурет – Шихтаны металдандыруға арналған шахталық пеш

Тотықсыздандырғыш күйдіру процесінде CO және CO₂ газдары түрінде қатты көміртектердің тікелей азаюына байланысты металл оксидтерінің оттегін газдандыру жүргізілді.

Металдардың тотықсыздануы темір, хром, марганец оксидтерінен ретті фазалық қайта құрулар арқылы жүргендіктен:



CO₂ газдарының пайда болуы жоғары оксидтердің азаюы кезінде пайда болды. Әрі қарай, металдардың оксидтенуінің төмендеуіне байланысты CO₂ концентрациясы төмендеді және соңғы кезеңде минимумға немесе нөлге жақындады. Темір хром мен марганецті темір темірге, хромға және марганецке азайту кезінде газдандырылған оттегінің мөлшері сәйкесінше теңдеулер бойынша анықталды

$$O_{\text{Fe}} = 10^{-2} \left[0,1457 \left(\text{Fe} - \frac{7}{9} \text{FeO} \right) + 0,2858 \cdot R_{\text{Fe}} \cdot \text{Fe} \right], \text{ кг/кг шихта} \quad (2.6)$$

$$O_{Cr} = 10^{-2} \cdot Cr \cdot (0,1537 + 0,3078 \cdot R_{Cr}), \text{ кг/кг шихта} \quad (2.7)$$

$$O_{Mn} = 10^{-2} \cdot 0,2253 \cdot R_{Mn} \cdot Mn, \text{ кг/кг шихта} \quad (2.8)$$

Металданған материалдардың химиялық құрамы балқытылған металдың құрамын және қождың күтілетін құрамын болжауға мүмкіндік береді. Балқытылған металл негізінен темір мен хромнан тұрады. Металл өнімдегі марганецтің мөлшері соншалықты аз (0,38 - 0,40 %), ол қорытпаның құрамына іс жүзінде әсер етпейді. Шлак түзетін оксидтерге келетін болсақ, олар негізінен MgO-дан тұрады және қосындылардың қатынасы (MgO+CaO)/(SiO₂ + Al₂O₃) 1,4 құрайды. Бұл шлак түзетін оксидтерге 7,0 - 9,0% мөлшерінде қалпына келтірілмеген хром-Cr₂O₃ оксиді қосылады, ол жоғары балқу температурасына ие және шлактың қаттылығын арттырады. Осыған байланысты металдандырылған өнімнің құрамына кварцит немесе плавик шпаты түрінде Сұйылтатын қожды ағынды енгізу қажет. Осы қоспаларды ескере отырып, 2.4 және 2.5 кестелерде ұсынылған офлюстелген металл материалының бірлігінен шлак пен металдың шығуы анықталды.

2.4 Кесте – Шлактың шығуы мен құрамы

Шихтаның массалық қатынасы	Шлактың шығуы, кг/кг мет. өнім	Химиялық құрамы, %							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CaF	FeO	Cr ₂ O ₃	MnO
0,95-0,05	0,5254	12,64	17,35	1,40	40,56	9,89	0,79	17,33	0,23
0,90-0,10	0,4901	12,55	17,22	1,34	40,22	10,20	1,02	17,22	0,22
0,80-0,20	0,4652	12,33	16,98	1,37	39,69	10,04	1,31	17,30	0,22
0,70-0,30	0,4237	12,13	16,66	1,34	39,10	10,20	2,17	16,69	0,23
0,60-0,40	0,4019	11,94	16,37	1,32	38,32	11,10	2,90	16,39	0,21

2.5 Кесте – Металдың шығуы мен құрамы

Шихтаның массалық қатынасы	Металдың шығуы, кг/кг мет. өнім	Химиялық құрамы, %					
		[C]	[Cr]	[Mn]	[Fe]	S	P
0,95-0,05	0,4930	0,62	68,5	0,608	30,0	0,003	0,003
0,90-0,10	0,5084	0,65	63,6	0,65	34,8	0,004	0,003
0,80-0,20	0,5320	0,59	55,40	0,65	43,0	0,004	0,003
0,70-0,30	0,5740	0,56	47,20	0,50	51,2	0,003	0,003
0,60-0,40	0,5938	0,60	38,90	0,45	58,3	0,003	0,002

Дисперсті қоспалардан түйіршіктелген темір-хром-көміртегі бар материалдарды қалпына келтіру кезінде дайындау Темір мен хромды шлак түзетін оксидтердің құрамына қарамастан қатты көміртекпен тиімді қалпына

келтіруді көрсетті. Металдандырылған өнімге сұйылтқыш қоспа – балқытқыш шпатты қосу силитті пеште металл балқымалары мен шлакты бөліп балқытуды ұйымдастыруға мүмкіндік берді. Бұл ретте, көріп отырғанымыздай, шихтадағы темір оксидінің салмақтық үлесі 0,05-тен 0,4 кг/кг-ға дейін ұлғайған сайын шлактың шығымы 0,5054 кг/кг-дан 0,4019 кг/кг-ға дейін біртіндеп төмендеді және сонымен бір мезгілде темір-хром қорытпасының шығымы 0,4930 кг/кг-дан 0,5938 кг/кг-ға дейін офлюстелген металдандырылған өнімге біртіндеп ұлғайды.

Балқытылған қорытпаның құрамы шихтадағы темір оксидінің массалық қатынасына байланысты да өзгереді. Темір үлесінің артуы, әрине, хром үлесінің төмендеуіне әкеледі. Осылайша, қорытпадағы хром концентрациясы кері әсер етеді: темір оксидінің хром қалдықтарына минималды массалық үлесі 0,05 болса, балқыту кезінде хром концентрациясы 68%-ға дейін темір-хром қорытпасы алынады. Бұл керемет нәтиже. Алайда, хромит қалдықтары мен темір оксиді қатынасының 0,60-0,40-қа жоғарылауымен қорытпадағы хром концентрациясы 38% - ға дейін төмендейді. Мұндай қорытпа стандартты феррохром қорытпаларына қолданылмайды. Бірақ бұл үлгі легирлеу үшін феррохромды пайдаланбай хроммен жоғары легірленген болаттарды алу мүмкіндігін көрсетеді. Содан кейін зарядтың негізгі массасы темір оксиді немесе масштабты илектеу, ал қосымша массасы хромит қалдықтары болады. Жоғары хромды болаттарда хром концентрациясы 7,0% - дан 20% - ға дейін өзгереді. Стандартқа сәйкес, жоғары беріктігі, тозуға төзімділігі және ыстыққа төзімділігін қажет ететін әртүрлі машиналардың бөлшектерін жасау үшін қолданылатын хроммен легірленген болаттардың 20-дан астам маркалары бар.

3 Технологиялық бөлім

Дипломдық жұмыс бойынша төмендегідей технологиялық сұлба жасақталды (3.1 сурет). Технология негізінен мынандай сатылардан тұрады:

- 1) Шихта компоненттерін дайындау – кенді бөлік, көмір және флюс.
- 2) Берілген массалық қатынаста шихта компоненттерін араластыру.
- 3) Көмір-кенді қоспаны ұсақтау дисперсті жүйедегі қатты бөлшектердің мөлшері кіші болған сайын металдарды көміртекпен тікелей редукциялануының қатты фазада жүретін реакцияларының жылдамдығы соғұрлым жоғары болуына негізделген.

Осыған байланысты металдарды редукциялау жылдамдығы бірнеше есе артады. Егер электртермиялық пеш жағдайында кесекті кен (кг, т) массаларының бірлігі кокс қабатында 6 сағат бойы тотықсызданса, онда ұсақталған көмір-кенді қоспасы немесе көмір-кенді жентектің массалық бірліктегі уақытты, энергияны үнемдей және өнімділікті арттыра отырып, 60 мин ішінде тотықсызданады.

- 4) Көмір-кенді жентектерді түйіршіктеу және алу жылу тасымалдағыш ыстық газды сүзу үшін шихта қабатынан газдың өтілуін және металдардың тікелей редукциялануынан пайда болатын газ тәріздес өнімдерді шихта қабаты арқылы өткізуді қамтамасыз етуге негізделген.

- 5) Жылу тасымалдағыш ыстық газды көмір-кенді жентектердің қалың қабатына үрлеу металдардың көміртегімен тікелей редукциялану процестерін жылумен қамтамасыз етуге негізделген.

Металдарды көміртекпен тікелей редукциялаудың барлық процестері олардың кез келген фазада тотыққа айналуы эндотермиялық болып есептеледі, яғни жылу энергиясының шығынымен қоса жүреді. Сондықтан шихта қабатын берілген температураға дейін қыздыру керек. Ең арзан және тиімді қыздыруға шихта мен жылу тасымалдағыш ыстық газдың (ЖТЫГ) қарама-қарсы ағуы арқылы қол жеткізуге болады.

- 6) ЖТЫГ температурасы шихта қабатының шығар жерінде 1100-1150 °C деңгейінде шектеледі. Температураның 1100 °C төмендеуі металдардың редукциялану жылдамдығын төмендетеді, 1150 °C жоғары температурада металданған бөлшектердің бір-біріне жабысуы мүмкін, ірі конгломераттар пайда болады және металданған өнімді алуды қиындатады. Шихтаны 1000-1150 °C температурада қыздыру темірді металды жағдайға дейін толық редукциялайды және хром мен марганецтің төменгі тотықтарына дейін CrO және MnO аздап редукцияланады, аса жоғары 1250-1350 °C температурада қатты көміртегімен металдық күйге дейін редукцияланады, яғни қалған қатты көміртегімен металданған өнім балқыту агрегатына жүктеледі.

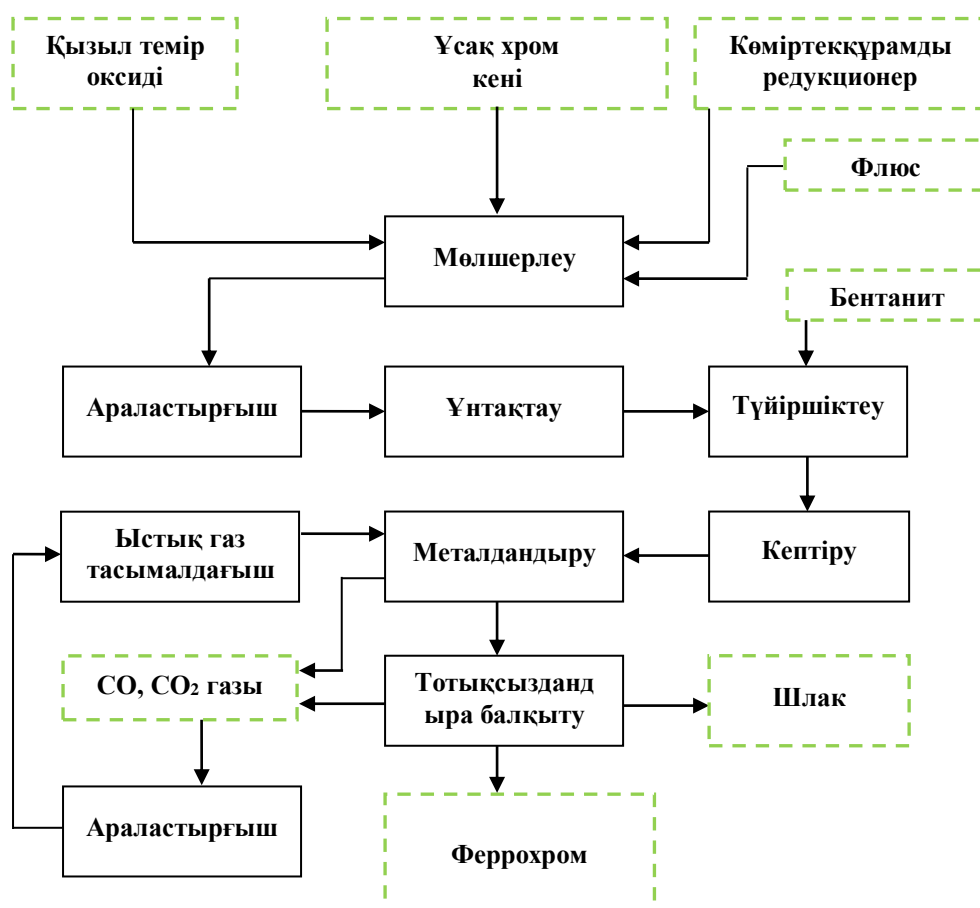
- 7) ЖТЫГ құрамын реттеу металдарды тотықсыздандыру реакцияларының толықтығын қатты көміртектің стехиометриялық шығынымен қамтамасыз етуге негізделген, онда түзілетін газ тәрізді өнім 25-30% CO₂ және 75-70% CO тең құрамнан тұрады. Сондықтан ЖТЫГ үрленетін ағынының құрамы

металдардың тікелей тотықсыздану реакциясының газ тәрізді өнімдерінің тепе-теңдік құрамына сәйкес келуі керек, яғни.

$$\frac{CO_2}{CO+CO_2} = 0,25 \div 0,30 \quad (3.1)$$

Бұл арақатынастың 0,25 – тен төмендеуі ЖТЫГ тотықсыздану реакцияларына қатысуымен, артық қатты көміртектің пайда болуымен және металл балқымасының көміртектенуімен шектеледі. Бұл қатынасты 0,30-дан жоғары көтеру металдардың тотығуымен және металдарды тотықсыздандыру үшін қатты көміртегі тапшылығының пайда болуымен шектеледі.

8) Металдандырылған өнімді ыстық күйінде 800-900 °С температурамен шлюз камералары арқылы балқыту агрегатына кезең-кезеңімен шығару және тиеу шихтаны балқытуға жұмсалатын энергия шығынын іс жүзінде бірнеше есе үнемдеуді және тиісті феррохром алуды қамтамасыз етеді.



3.1 Сурет – Феррохром өндіруге арналған жасақталған технологиялық сұлба

4 Экономикалық бөлім

4.1 Ұсақ хром кендерінен феррохром алу технологиясының болжамдық техника-экономикалық есебі

Жасақталған технология бойынша феррохром өндірісінің техника-экономикалық шығындары 4.1 кестеде көрсетілген.

4.1 Кесте – Ұсақ хром кендерінің негізінде феррохром өндіруге кететін шығындар

Шығын түрлері	Өлшем бірлігі	Бағасы, \$	Шығын	Сомасы, \$
Ұсақ хром кені	т	200,0	2,0	400,0
Қызыл темір оксиді	т	700,0	0,2	140,0
Ағаш көмірі	т	200,0	0,36	72,0
Табиғи газ, 1000 м ³	м ³	180	0,25	45,0
Сығылған ауа, 1000 м ³	м ³	5,0	1,2	6,0
Су	т	2,0	5,0	10,0
Бу	т	3,2	4,0	12,8
Электрэнергия	кВт·ч	0,075	200,0	15,0
<i>Барлық материалдық және энергетикалық шығындар</i>				700,8
Еңбек ақысы				50,0
Амортизациялық аударымдар				25,0
Көлік шығындары				35,0
<i>Барлығы</i>				110,0
<i>Зауыттың өзіндік құны</i>				810,8

Жоспарланған өндіріс кезінде 15 000 тонна/жылына

1) Феррохромды өндіруге кеткен шығындар, АҚШ доллары/жыл

$$E_{\text{ш}} = 15\,000 \cdot 810,8 = 12\,162\,000 \text{ АҚШ доллары/жыл};$$

2) Феррохромды сатудан түскен табыс бағасы 4000 АҚШ доллары/тоннасына болған кезде

$$E_{\text{т}} = 15\,000 \cdot 4\,000 = 60\,000\,000 \text{ АҚШ доллары/жыл};$$

3) ҚҚС салығы

$$\Delta E_{\text{ккc}} = 60\,000\,000 \cdot 0,12 = 7\,200\,000 \text{ АҚШ доллары/жыл};$$

4) Кіріс бойынша пайда

$$E_{\text{п}} = 60\,000\,000 - 12\,162\,000 - 7\,200\,000 = 40\,638\,000 \text{ АҚШ доллары/жыл};$$

5) Пайдаға салынатын салық 30 %.

$$\Delta E_{\text{псс}} = 40\,638\,000 \cdot 0,30 = 12\,191\,400 \text{ АҚШ доллары/жыл};$$

6) Таза пайда

$$\Delta E_{\text{тп}} = 40\,638\,000 - 12\,191\,400 = 28\,446\,600 \text{ АҚШ доллары/жыл}$$

Жоғарыда жүргізілген есептеулер бойынша таза пайда 28 446 600 АҚШ долларын құрайды. Бұл түскен пайда өндірістік кешен салуға және қажетті жабдықтар сатып алуға, күрделі шығындарды жабуға жеткілікті. Осылайша, өнеркәсіптік өндірісті құруға жұмсалған барлық шығындардың өтелімділігі 1,5 жылдан аспайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс бойынша Қазақстанның хромитті (Дөң КБК) кендерін байытудан ұсақ және жинақталатын кендерді қайта өңдеу мәселесі бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізілді.

Нәтижелер бойынша қысқаша қорытындылар:

1) Құрамында темір бар қалдықты – қызыл темір оксидін қоса отырып, хромит кендерін байытудан алынған ұсақ кендер негізінде берілген массалық арақатынаста құрамында темір-хром-көміртегі бар жүйелер дайындалды, одан әрі түйіршіктелген материалдардың тиісті үлгілері алынды.

2) Кешенді жүйелердің түйіршіктелген үлгілерін тотықсыздандырып күйдіру темір-хромды металдандырылған өнімдердің үлгілерін алуға мүмкіндік берді.

3) Металдандырылған өнімдерді балқыту процесінде феррохром үлгілері алынды.

4) Алынған феррохромды талдау нәтижесі олардың жоғары сапасын және стандартты қорытпаларға сәйкестігін көрсетті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Указ Президента Республики Казахстан от 1 февраля 2010 года № 922 «О Стратегическом плане развития Республики Казахстан до 2020 года» (с изменениями по состоянию на 11.11.2013 г.) [Текст]. - Астана, 2010. – 52 с.
2. Гриненко, В.И. Хром Казахстана [Текст] / В.И. Гриненко, О.И. Поляков, М.И. Гасик, П.С. Петлюх, В.Н. Шашкин, В.М. Выходцев, Г.А. Елпышев, К.А. Амиралин. - М.: Металлургия, 2001. - 416 с.
3. Гасик, М.И. Теория и технология производства ферросплавов [Текст] / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев, Б.И. Емлин. - М.: Металлургия, 1988. - 784 с.
4. Кашеев, И.Д. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение [Текст] / И.Д. Кашеев, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский // Каталог - справочник, в двух книгах. Книга 2. под ред. И.Д. Кашеева. - М.: Теплоэнергетик, 2003. - 320с.
5. Чернобровин, В.П. Теоретические основы процессов производства углеродистого феррохрома из уральских руд: монография [Текст] / В.П. Чернобровин, И.Ю. Пашкеев, Г.Г. Михайлов, А.А. Лыкасов, А.В. Сенин, О.А. Толканов. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. - 346 с.
6. Абдулабеков, Е.Э. Теория и технология производства хромистых сплавов [Текст] / Е.Э. Абдулабеков, К.К. Каскин, А.Х. Нурумғалиев. - Алматы: Республиканский издательский кабинет по учебной и методической литературе, 2010. - 279 с.
7. Гасик, М.И. Теория и технология электрометаллургия ферросплавов [Текст] / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев. - М.: Интернет Инжиниринг, 1999. - 764 с.
8. Сырьевой комплекс Россия. Хромовые руды. Информационно-аналитический центр «Минерал». [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.mineral.ru/Facts/Russia/161/549/3_06_cr.pdf. Время обращения 24.04.2015.
9. Леонтьев, Л.И. Производство и потребление ферросплавов в РФ [Текст] / Л.И. Леонтьев, В.И. Жучков, А.В. Жданов, В.Я. Дашевский, С.А. Гурова // Сб. трудов международной научно-практической конференции «Химия и металлургия комплексной переработки минерального сырья». - Караганда: 2015. - С. 39 - 47.
10. Жучков В.И. Окускование хромсодержащего сырья [Текст] / В.И. Жучков, Л.Л. Гальперин, В.В. Кашин, Я.И. Островский, О.В. Заякин, Н.Ф. Кириченко // Электрометаллургия, 2003. - №9. - С. 35 - 42.
11. Мировой рынок хрома. [Электронный ресурс] / Статистика мировых товарных рынков Режим доступа: <http://www.cmmarket.ru/markets/chworld.htm>.
12. Андреев, Н.А. Изучение физико-химических характеристик и создание рациональных составов хромсодержащих ферросплавов [Текст]:

дисс. канд. техн. наук. 05.16.02. Андреев Никита Андреевич. - Екатеринбург, 2015. - 108 с.

13. USGS Mineral Resources Program [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/myb-1-2012-chrom.pdf>. - 2015.

14. Рысс, М.А. Производство ферросплавов [Текст] / М.А. Рысс. - М.: Металлургия, 1985. - 347 с.

15. Карноухов, В.Н. Технология низкоуглеродистого феррохрома [Текст] / В.Н. Карноухов, Ю.И. Воронов, В.П. Зайко, В.И. Жучков - Екатеринбург: УрО РАН, 2001. - 470 с.

16. Кадарметов, Х.Н. Производство углеродистого феррохрома [Текст] / Экспресс-информация. сер. Ферросплавное производство // Х.Н. Кадарметов, Ин-т «Черметинформация». - 1983. - №1. - С. 1 - 8.

17. Privalov, O. Adjustment of high-carbon ferrochrome composition in dc furnaces [Текст] / O. Privalov, Ye. Abdulabekov, Zh. Nurmukhanbetov, M. Kospanov, Zh. Mussabekov // Infacon XIII Almaty, Kazakhstan, 9-12 June 2013.

18. Хохлов, Д.Г. Разработка технологии окускования хромитовых руд и концентратов [Текст] / Д.Г. Хохлов, Ю.А. Гырдымов, Ю.А. Саблин // Науч. труды Уралмеханобр. - Свердловск: Уралмеханобр, 1965. - №12. - С. 43 - 45.

19. Кашин, В.В. Технологические особенности получения агломерата из хроморудной мелочи и его плавка в электропечах [Текст] / В.В. Кашин, Л.И. Леонтьев, В.В. Верушкин, Д.И. Ракитин // Сталь, 2004. - №4. - С. 36 - 40.

20. Сухарников, Ю.И. О перспективах создания эффективной технологии окускования мелочи хроморудного сырья Казахстана [Текст] / Ю.И. Сухарников, В.А. Мирко, С.И. Кузьмин, Б.Л. Левинтов, С.А. Кривоптуцкий, А.Н. Климускин, Ю.А. Кабанов, А.А. Акбердин // Комплексное использование минерального сырья Казахстана, 1998. - №2. - С. 76 - 80.

21. Максимов, Ю.С. Способ окускования мелкой хромовой руды [Текст] / Ю.С. Максимов, Н.В. Федоренко, Р.Ф. Першина // Производство ферросплавов: Межвуз. сб. науч. тр. Кузбасский политех. ин-т. - Новокузнецк, 1986. - С. 56 - 62.

22. А.с. 1186680. СССР. Способ агломерации хромовых руд [Текст] / Н.А. Гладков, В.С. Якушев, А.А. Гринвальд, В.Н. Зубов, И.Х. Балмагамбетов; опубл. 1985, Бюл. № 39.

23. А.с. 10000468. СССР. Шихта для производства железохромового агломерата [Текст] / М.Д. Жембус, Н.А. Гладков, А.Г. Ульянов В.С. Якушев, А.А. Гринвальд; опубл. 1983, Бюл. №8.

24. Акбердин, А.А. Разработка теории и технологии подготовки и металлургической переработки железорудного и ферросплавного сырья с использованием химически активных компонентов [Текст]: дисс. докт. техн. наук.: 05.16.02. - Караганда: ХМИ, 1994. - 334 с.

25. Пат. 2241057 Российская Федерация, МПК С22С 33/04. Шихта для получения высокоуглеродистого феррохрома [Текст] / Л.Л. Гальперин, О.В. Заякин, Я.И. Островский, В.И. Жучков, Н.Ф. Кириченко, С.А. Засыпкин; заявитель и патентообладатель ОАО «Серовский завод ферросплавов», ГУ ИМЕТ УрО РАН. - Оpubл. 27.11.2004.
26. Далмиа, Й. К. Производство и применение в доменной плавке брикетов нового поколения [Текст] / Й. К. Далмиа, И. Ф. Курунов, Р. Б. Стил, А.М. Бижанов // *Металлург.* - 2012. - №3. - С. 39 - 41.
27. Бижанов, А.М. Брикеты экструзии (брэкссы) для производства ферросплавов [Текст] / А.М. Бижанов, Р.Б. Стил, Г.С. Подгородецкий, И. Ф. Курунов, В.Я. Дашевский, В.В. Коровушкин // *Металлург.* - 2012. - №12. - С. 52 - 57.
28. Бижанов, А.М. Механическая прочность брэкса. Часть 1 [Текст] / А.М. Бижанов, И.Ф. Курунов, Н.М. Дуров, Д.В. Нуштаев, С.В. Рыжов // *Металлург.* - 2012. - № 7. - С. 32 - 35.
29. Akberdin, A.A. Agglomeration of refractory chromite ore [Текст] / A.A. Akberdin, A.S. Kim, R.A. Akberdin // *Proceedings of INFACON XIII - The Thirteenth International Ferro Alloy Congress. Efficient technologies in ferroalloy industry.* (June 9-12, 2013 - Almaty, Kazakhstan). Volume I. - P. 1 - 4.
- Jonker, A.P. Implementation of Tenova pre-heating technology at JSC Kazchrome [Текст] / A.P. Jonker, M. Broadbent // *Proceedings of INFACON XIV - The Fourteenth International Ferro Alloy Congress. Energy efficiency and environmental friendliness are the future of the global Ferro-alloy industry* (May 31 - June 4, 2015 - Kiev, Ukraine). Volume I, pp. 48 - 51.
30. Запущена фабрика по производству обожженных окатышей Донского ГОКа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.inform.kz/ru/zapuschena-fabrika-po-proizvodstvu-obozhzhennyh-okatyshey-donskogo-gok_a2183851/- -2009.
31. Пузанов, В.П. Теоретические и технологические аспекты окомкования многокомпонентной шихты [Текст] / В.П. Пузанов, А.В. Малыгин, Л.И. Каплун // *Изв.АН СССР. Металлы.* - 1991. - №3. - С. 20 - 26.
32. Фролов Ю.А. Агломерация. Технология. Теплотехника. Управление. Экология. М.: Metallurgizdat, 2016. - 672 с.

Протокол анализа Отчета подобию Научным руководителем

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

Автор: Балқан Дастан Бақдәулетұлы

Название: Ұсақ хромкенді шикізаттардан феррохром алу технологиясы

Координатор: Елеусиз Тажиев

Коэффициент подобию 1: 1.1

Коэффициент подобию 2: 0.7

Замена букв: 14

Интервалы: 0

Микропробелы: 4

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобию констатирую следующее:

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

Обоснование:

.....

03.06.2021 ж.

Дата



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

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

Автор: Балқан Дастан Бақдәулетұлы

Название: Ұсақ хромкенді шикізаттардан феррохром алу технологиясы

Координатор: Елеусиз Тажиев

Коэффициент подобия 1:1.1

Коэффициент подобия 2:0.7

Замена букв:14

Интервалы:0

Микропробелы:4

Белые знаки:0

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

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

Обоснование:

Дипломная работа Балқан Дастан является самостоятельной и допускается к защите. Заимствования в работе являются добросовестными и не обладают признаками плагиата.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Допуск к защите

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

Дата 04.06.2021

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Мисюк