

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Мылтықбай Сүндет Мұратұлы

Тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу
процестерін зерттеу

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Мамандығы: 5В070900 – Metallургия

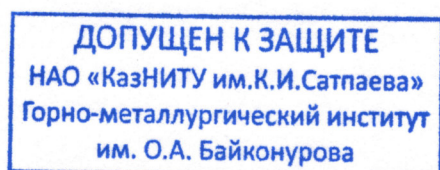
Алматы, 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова
«31» 05 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу процестерін зерттеу»

Мамандығы: 5B070900 – Metallургия

Орындаған

Мылтықбай С.М

Рецензент
ҒӨА «Технопарк-Темиртау»,
ғылыми қызметкері, PhD докторы



М.Б. Құрмансейтов
«30» 2022 ж.

Ғылыми жетекші
PhD докторы, ассистент-профессор

 Г.М. Қойшина
«30» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Мамандығы: 5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова

« 11 » 01 2022 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Мылтықбай Сүндет Мұратұлы

Тақырыбы: «Тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу процесстерін зерттеу»

Университет ректорының 2021 жылғы "24" желтоқсан №489-П/Ө-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы "23" мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Абайыл кендерінің бастапқы мәліметтері

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) Әдеби шолу;
- б) теориялық зерттеулер;
- в) эксперименттік зерттеулер;
- г) қорытынды.

Сызба материалдар тізімі:

Ұсынылатын негізгі әдебиет 26 атаудан тұрады.

Дипломдық жұмыс дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	02.03.2022ж.	<i>Г.Койшина</i>
Жалпы түсініктемелік жазба	17.03.2022ж.	<i>Г.Койшина</i>
Зерттеу әдістемесі	01.04.2022ж.	<i>Г.Койшина</i>
Эксперименттік зерттеулер	30.04.2022ж.	<i>Г.Койшина</i>
Қорытынды	17.05.2022ж.	<i>Г.Койшина</i>

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Койшина Г.М., PhD докторы, ассистент- профессор	<i>30.05.2022</i>	<i>Г.Койшина</i>
Норма бақылаушы	С.К. Джуманкулова PhD докторы		

Ғылыми жетекші

Г.Койшина

Койшина Г.М.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Мылтықбай С.М.

Күні

"03" 02 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу процестерін зерттеу арқылы арнайы пештерде алу жолдары қарастырылады. Дипломдық жұмыс 39 беттен, 3 бөлімнен, 6 суреттен, 17 кестеден тұрады. Жұмыс барысы кіріспе бөлімі, тапсырмалар мен құрамында кеуекті темір бар материалдардың шикізат базасы, жүргізілетін зерттеулер әдістемесі, эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – кеуекті темір құрамды шикізатты пайдалана отырып легірленген болаттарды тікелей легірлеу жағдайларын зерттеу.

Жұмыста металлургиялық есептеулер және негізгі қондырғыларды таңдау көрсетілген. Сонымен қатар тікелей кеуек темір алу жолын әртүрлі пеште қарастырылып, технологиялық схемасы келтірілді.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассматриваются пути получения в специальных печах путем изучения процессов извлечения пористого железа из руд методом прямого редуцирования. Дипломная работа состоит из 39 страниц, 3 разделов, 6 рисунков, 17 таблиц. Ход работы представлен вводной частью, заданиями и сырьевой базой пористых железосодержащих материалов, методикой проводимых исследований, методикой проведения экспериментальных исследований, заключением и списком использованной литературы.

Цель дипломной работы-изучение условий прямого легирования легированных сталей с использованием пористого железосодержащего сырья.

В работе показаны металлургические расчеты и выбор основных установок. Кроме того, была рассмотрена и приведена технологическая схема получения прямого пористого железа в различных печах.

ANNOTATION

In the thesis, methods of extraction in special furnaces are considered by studying the processes of extraction of pore iron from ore by direct reduction. The thesis consists of 39 pages, 3 Sections, 6 figures, 17 tables. The course of work includes the introductory part, tasks and raw material base of porous iron-containing materials, the methodology of the conducted research, the methodology of experimental research, the conclusion and the list of references.

The purpose of the thesis is to study the conditions of direct alloying of alloy steels using porous iron – containing raw materials.

The paper shows metallurgical calculations and the selection of the main units. At the same time, the method of obtaining directly porous iron in different furnaces was considered and the technological scheme was given.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Кеуекті темір алу өндірісінің қазіргі жағдайы	10
1.1 Газ тәріздес қалпына келтіргіштермен кеуекті темір өндіру	12
1.2 Газ тәрізді кеуекті темір өндіру жұқа қабаттағы тотықсыздандырғыштар	13
2 Қатты көміртекті тотықсыздандыру арқылы кеуекті темір алу	15
2.1 Кенді түйіршіктерді шихтаға ұсақталған қатты отын бере отырып металдандыру	15
2.2 Араласпайтын қабаттарда қатты көміртегімен тотықсыздандыру арқылы кеуекті темір алу.	16
2.3 Металдандырылған өнімдерді алу мақсатында металлургиялық процесс үшін Қазақстандық темір кені шикізатын дайындау	16
2.4 Темір кені концентратын алу	23
2.4.1 Күйдірілген темір кендерін фракциялар бойынша ұнтақтау	24
2.4.2 Дайындалған кен материалдарын магниттік сепарациялау	25
2.5 $Fe_{мет}=92-98\%$ мөлшерімен кеуекті темір өндірісі бойынша сынақты жұмыстар	26
2.5.1 Құрамында $Fe_{мет}=80-90\%$; $Mn=5-10\%$; $Cr=5-10\%$ бар кешенді кеуекті темір өндіру бойынша тәжірибелік жұмыстар	29
3 Кеуекті темір негізінде тауарлы өнімді қалыптастыру технологиясын пысықтау	31
3.1 Кеуекті темірдің кешенді өнеркәсіптік алу үлгілері	33
Қорытынды	37
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	38

КІРІСПЕ

Кеуекті темір өндірісінің қолданыстағы технологиясы $S \leq 0,02\%$ және $P \leq 0,03\%$ деңгейінде шлак түзуші жыныстар мен зиянды қоспалардың жоғары мөлшерімен теміркені концентраттары мен жентектерін пайдалануға негізделген және темірді тотықсыздандыруға бағытталған. Ары қарай металданған өнім сапалы болат өндірісінде пайдаланылады, мұнда болат сапасы кеуекті темірдің балқуынан кейін легірлеуші қорытпалардың қосылуы есебінен жоғарылайды. Легірлеуші қорытпалардың алынуы жеке маманданлырылған өндіріс болып келеді. Өндіріс технологиясы легірлеуші металдарды тотықсыздандырып балқытуға негізделген.

Осыған байланысты жасалып отырған технологияда темір мен легірлеуші металдарды— Mn, Cr, V, W, Mo және т.б. бірге тотықсыздандыру бойынша зерттеу жұмыстары жоспарланған. Мәселені шешудің мұндай тәсілдемесі шихтаны дайындау мен оны металлургиялық өңдеу облысының жаңа бағытын қарастыруда, мәселен қымбат тұратын ферроқортыпалардың пайдаланылуын айтарлықтай жояды.

Қазақстанның шынайы шикізат қоры темір, марганец, хромит және ванадийкұрамды кендерден тұрады. Сондықтан тәжірибелік зерттеу жұмыстарын жоспарлау кезінде Fe_2O_3 - MnO_2 - Cr_2O_3 - V_2O_5 -C жүйесінде металдар тотықсыздануының механизмі мен кинетикасы бойынша зерттеу жұмыстарын ұйымдастыру ескерілген.

Күрделі кеуекті темір өндірісінің мақсаты - металды қалпына келтіру процесінің бастапқы кезеңінде оның құрамдарын қалыптастыру. Осы мақсатқа жету үшін келесі кезеңдерден тұратын эксперименттік жұмыс жүргізілді:

- 1) марганец пен хромит өнеркәсіптік қалдықтары қосылған темір кені концентратынан тұратын бастапқы шихтаның құрамын есептеу;
- 2) дисперсті шихта қоспасын дайындау;
- 3) 1000-1250 °C температурада қатты көміртегімен күрделі шихтаны металдандыру.

Шахталық пештерде металданған жентектерді өндіру процесі қарсы ағынмен жүзеге асырылады: темір кені материалдары жоғарыдан жүктеледі, ал қыздырылған редуция газдары төменнен беріледі. Газдың едәуір мөлшерін беру және қарсы ағымда жұмыс істеу газды жақсы пайдаланған кезде пештердің жоғары өнімділігін алуға мүмкіндік береді. Ең жоғары өнімділік шихтаны түсіру тұрақтылығының (яғни берілетін газдың барынша мүмкін болатын мөлшерімен) және пештің қимасы бойынша газдың біркелкі таралуының, жылу берудің және редуция кинетикасының шарттарымен анықталады.

1 Кеукті темір алу өндірісінің қазіргі жағдайы

Қазіргі таңда металдандырылған өнімдерді алу бойынша зерттеу және технологиялық әзірлемелер қарқынды даму үстінде.

Өнеркәсіптік дамыған елдерде кеукті темір өндірісіне ерекше көңіл бөлінеді. Жоғары сапалы кеукті темір жоғары сапалы болаттар өндірісінде кеңінен қолданылады .

Сапаны бағалау кезінде, ең алдымен, металл сынықтары кеукті темірден айырмашылығы әрдайым композицияның тұрақтылығы және қажетсіз қоспалардың болмауы сияқты талаптарға жауап бермейтініне назар аудару қажет.

Сондықтан кәдімгі скраб құрамында циркуляцияланатын элементтер қоспаларынан қасиеттері нашарлайтын болат пен оның қорытпаларын бірінші текті шихтамен – аталған қоспалардан таза кеукті темірмен балқыту орынды.

Үлкен металлургия бөлігі ретінде мүмкін болатын кеукті темір өндірісінің тиімді экономикалық келешегі, тотықсыздандырғыш реагент ретінде қымбат тұратын кокс емес, төмен сұрыпты көмір мен тотықсыздандыру газдарының пайдаланылуына байланысты, мысалы Мексикада оның бай газ қорымен және кокстелетін көмір жоқтығынан, мұндай өндіріс өте тиімді болып келеді.

Жоғары экономикалық тиімділігін көрсеткен кеукті темірдің тағы бір маңызды қолданылуы ұнтақ металлургиясы болып табылады. Кеукті темір, жеңіл ұсақталған масса немесе темірдің жеке бөлшектері түрінде алынады.

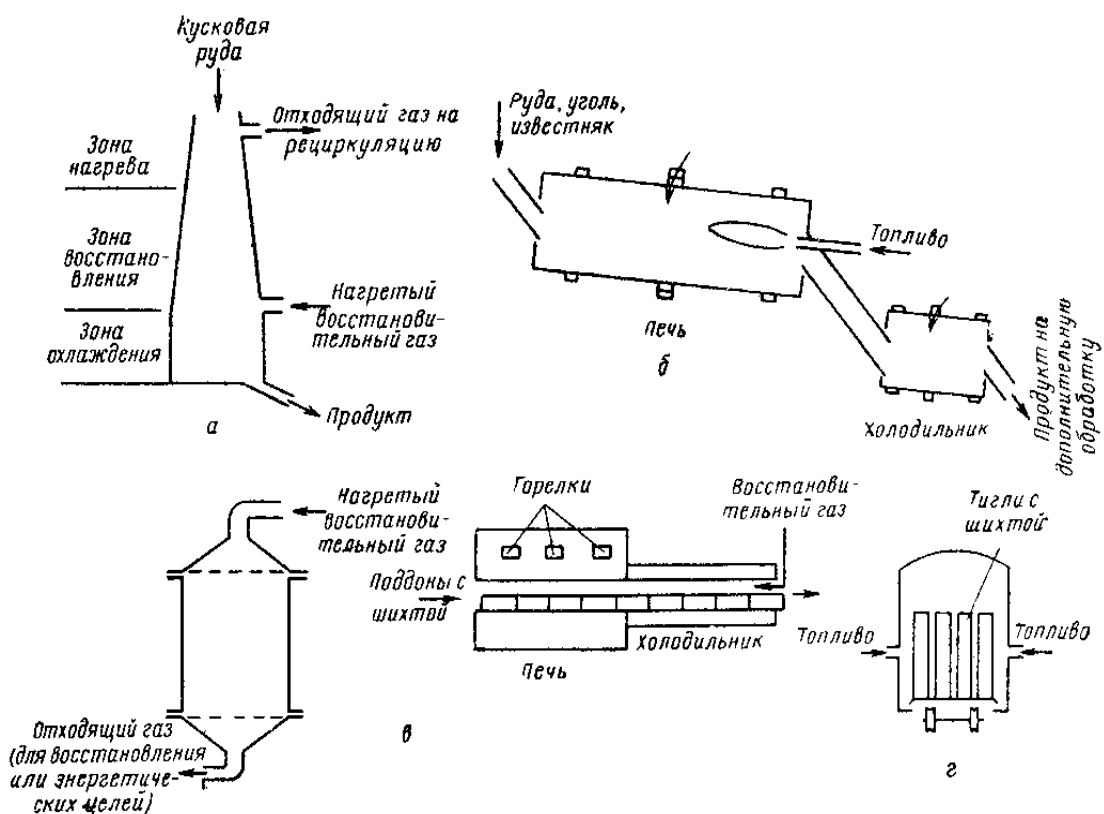
Кеукті темірді ұнтақтау немесе тікелей қалпына келтіру арқылы алынған темір ұнтағы техникада көбінесе ұнтақты металлургияда және дәнекерлеу электродтарын жабу арқылы машина бөлшектерін жасау үшін кеңінен қолданылады. Өнеркәсіп өндірісі қалпына келтірілген темір ұнтағы Швецияда, АҚШ-та, Ресейде, Германияда жақсы ұйымдастырылған.

Кеукті темірі әр түрлі тотықсыздандырғыштарды қолдана отырып және әртүрлі типтегі агрегаттарда бай кенді немесе темір рудасын азайту арқылы алынады. Оксидтердің оттегін кетірудің қажетті деңгейіне дейін төмендету 1000-1100°C дейінгі температурада жүзеге асырылады, кейбір жағдайларда кеукті бөліктер немесе спек түрінде алынған өнімдегі көміртегі мөлшерін реттейді.

Кеукті темір өндірісі әлдеқайда дамыған өндірістер:

- А) газ тәріздес шахталық пештерде
тотықсыздандырғыш-Виберг, Пурифер , Мидрекс процестері;
- б) негізінен әртүрлі көмір түрлерін қолданатын айналмалы құбырлы пештерде-SL-RN процесі (Канада-Германия-АҚШ);
- в) Газ және қатты отын тотықсыздандырғыш болып табылатын ретортты және муфельді пештерде (Мексика, Украина);
- г) тиглиге тиелген кен мен көмірдің бөлек қабаттары қалпына келтірілетін туннель пештерінде (Швеция, Украина).

Әр түрлі типтегі жабдықтардың схемалық бейнесі 1-суретте көрсетілген.



а - шахталық; б - құбырлы айналмалы; в - реторттық және муфельді; д - туннельді

1 Сурет - кеуекті темір алу үшін әртүрлі пештердің схемасы

Сулинск металлургия зауытында тигельдерді азайту арқылы тауарлық таза шойын, болаттар мен қорытпаларды балқыту үшін пайдалануға болатын бай Кривой Рог рудасынан тауарлық жоғары сапалы кеуекті шойынның коммерциялық өндірісі ұйымдастырылған.

Кеуекті темір биіктігі 50–70 мм және диаметрі 220–240 мм болатын цилиндр пішіндес кеуекті пісірінділер болып келеді, көлемдік массасы 1,9-2,1 г/см³, кеуектілігі 70-75 % және химиялық құрамы келесідей.

1 Кесте– Кеуекті темірдің құрамы, %

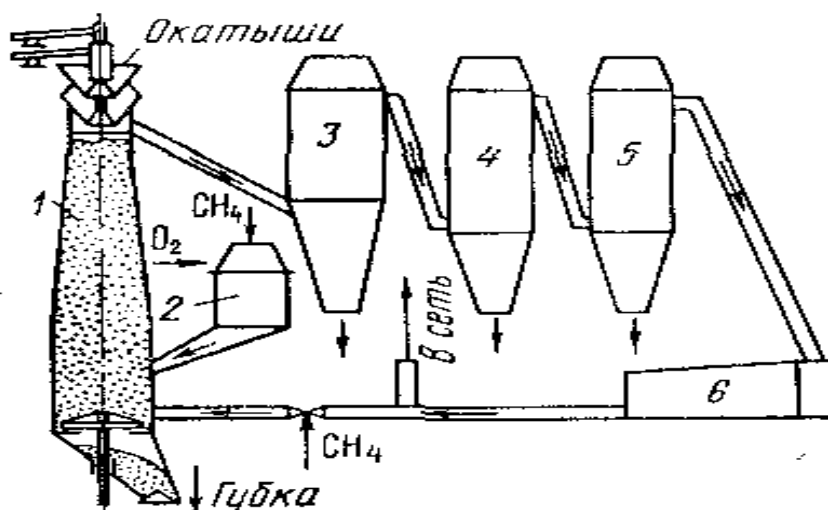
Fe _{мет}	C	MnO	SiO ₂	S	P
95-97	0,05-0,2	0,1-0,2	2,5-3,0	0,02-0,05	0,02-0,03

Мұндай құрамдағы кеуек тәрізді темір құрылымдық болаттардың тиімді өндірісін қамтамасыз етеді, мыс, фосфор, күкірт сияқты қажетсіз қоспалардың болаттарға ену мүмкіндігін болдырмайды.

Металдандырылған өнімдердің қазіргі заманғы өндірісі шахталық аппараттарды қолдана отырып, жентектерді металдандыруға негізделген.

1.1 Газ тәріздес редуциялаумен кеуекті темір өндіру

Шахталық пештерде металданған жентектерді өндіру процесі қарсы ағынмен жүзеге асырылады: темір кені материалдары жоғарыдан жүктеледі, ал қыздырылған қалпына келтіру газдары төменнен беріледі. Газдың едәуір мөлшерін беру және қарсы ағымда жұмыс істеу газды жақсы пайдаланған кезде пештердің жоғары өнімділігін алуға мүмкіндік береді. Ең жоғары өнімділік шихтаны түсіру тұрақтылығының (яғни берілетін газдың барынша мүмкін болатын мөлшерімен) және пештің қимасы бойынша газдың біркелкі таралуының, жылу берудің және қалпына келтіру кинетикасының шарттарымен анықталады. Қазіргі уақытта шахталық пештердің тәуліктік өнімділігі 5-9 т/м³, яғни домна пештерін балқытуға қарағанда 2-4 есе жоғары. Қазіргі уақытта пештердің көлемі 200 м³ аспайды, биіктігі 10-14 м және диаметрі шамамен 3,5 м, бұл 1000-1500 т/тәул өнімділікті қамтамасыз етеді.



1 - шахталық пеш; 2-реактор; 3 – шаң жинағыш; 4 - тазартқыш; 5-су бөлгіш; 6-компрессор

2 Сурет – шахталық пеште темірді тікелей өндіру процесінің схемасы

Температурасы шамамен 1200 °C болатын тотықсыздандырғыш газды оттегі реакторында алады 2. Оның құрамында шамамен 29% CO, шамамен 55% H₂ және шамамен 13% тотықтырғыштар (H₂O және CO₂). Ыстық газ 10-12 фурма арқылы беріледі. Құлап жатқан түйіршіктерге қарай көтеріліп, газ оларды қыздырады және қалпына келтіреді. Бұл процесс фурмалардың үстінде орналасқан және жалпы көлемнің шамамен 0,6 бөлігін алып жатқан қыздыру және азайту аймағында жүзеге асырылады. Ланстардың астында салқындату аймағы бар, онда түйіршіктер алдын ала шаңнан тазартылған және CO₂-ден тазартылған қайта өңделген газдармен салқындатылады. Салқындату үшін газдарға аз мөлшерде табиғи газды қосуға болады, бұл

металданған түйіршіктердің ішінара карбюризациясын қамтамасыз етеді (мөлшері $\sim 1\%$ С дейін). Конверсияланған (түрлендірілген) газқысым шамамен 400 кН/м^2 (4 ат). Редукция (қалпына келтіру) аймағында температура $850\text{--}900^\circ\text{C}$, газдар пештен $300\text{--}400^\circ\text{C}$ температурада шығады. Бұл ретте электр пешіне түйіршіктердің үздіксіз берілуі қамтамасыз етіледі. Сутек шығынын қалпына келтіру процесіне және көміртегі тотығы шамамен $550 \text{ м}^3 / \text{т}$ металданған өнімді құрайды, ал пеш арқылы өтетін газдың жалпы мөлшері, оның ішінде түйіршіктерді салқындату үшін 1 тоннаға шамамен 2000 м^3 өнімді құрайды. Шихтаның металдану дәрежесі 95% жетеді.

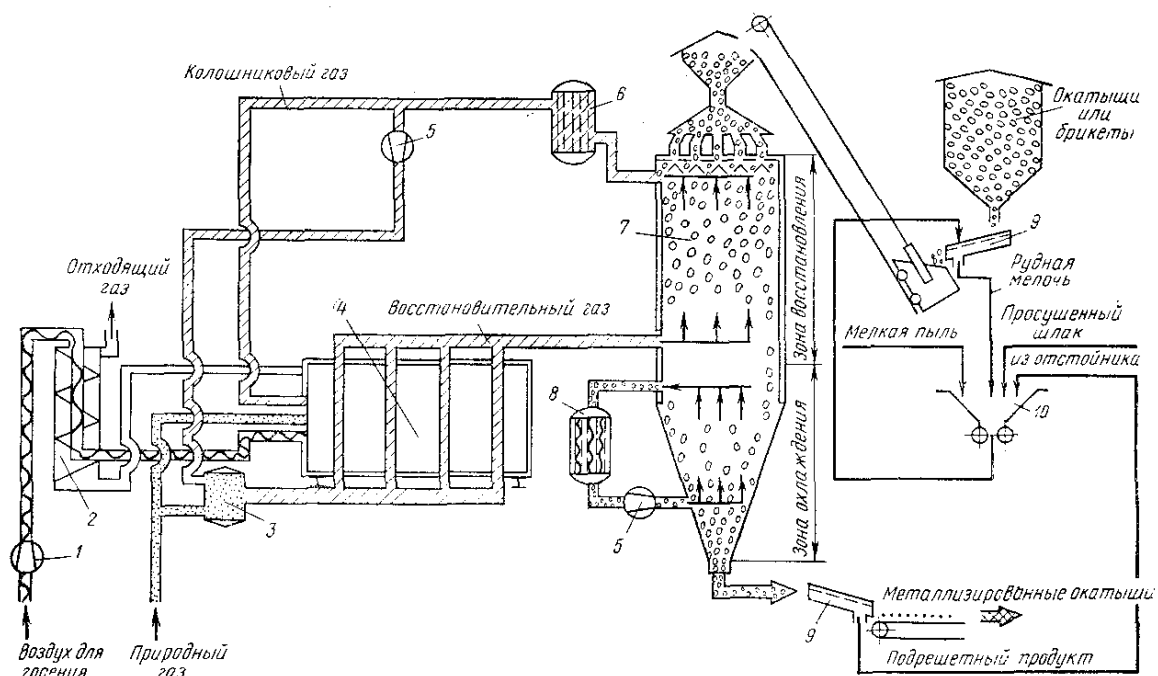
Мидлен Росс (АҚШ) принципті түрде жаңа схеманы әзірледі, ол 3-суретте көрсетілген. Бұл әдістің жоғарыда сипатталған әдістен негізгі айырмашылығы - табиғи газды түрлендіру әдісі. Бұл процесте табиғи газды конверсиялау пештен шыққан газдың көмірқышқыл газымен жүзеге асырылады. Процесс никель катализаторымен сіндірілген отқа төзімді кесек алюминий тотығымен толтырылған, ыстыққа төзімді болаттан жасалған реакциялық түтіктер орнатылған, ішінен қапталған тікбұрышты рекуператор болып табылатын арнайы конвертерде өтеді. Конверторда табиғи газ метаны ыдырайды және CO_2 көмегімен колошник газы температурасы $800\text{--}950^\circ\text{C}$ болатын және шамамен 30% CO және шамамен 70% H_2 болатын тотықсыздандырғыш газ түзеді. Газ шахталы пешке беріледі. Білік пеші биіктігі бойынша екі тәуелсіз айналымдық газ циклі бар екі аймаққа бөлінген. Жоғарғы цикл темірді қалпына келтіруге арналған, ал төменгі цикл үшін металдандырылған өнімді салқындату. Төменгі циклде суықты төмендететін және оқшаулағыш газ қоспасы қолданылады. Оқшаулағыш газ алынған жану өнімдерінің бөлігі болып табылады салқындағаннан кейін түрлендіргіш. Редукция аймағында түйіршіктердің температурасы 760°C , пештен шыққанда 40°C ; редукция аймағында тұру уақыты 4–6 сағат. Пеште түйіршіктердің жалпы тұру уақыты 8–12 сағат. Кеуектегі көміртегі мөлшері ағын жылдамдығын және редукциялық және оқшаулағыштың қатынасын өзгерту арқылы бақыланады. салқындату газындағы газдар.

Өнім қайталама тотығу үрдісіне ие, сондықтан ол $200\text{--}300^\circ\text{C}$ температурада бақыланатын атмосферада (оттегінің мөлшері 0-ден 20% -ға дейін) пассивацияға ұшырайды. Металлдандырылған салқындатылған түйіршіктер сыйымдылығы 5 мың тоннаға жуық бункерге үздіксіз түсіріліп, доғалық пештерге тиеу алдында инертті атмосферада сақталады. Процесске табиғи газдың шығыны шамамен $400 \text{ м}^3/\text{т}$ кеуекті темірді құрайды.

1.2 Газ тәрізді кеуекті темір өндіру жұқа қабаттағы тотықсыздандырғыштар

Мұндай процесс, әдетте, агломерациялық машинаны еске түсіретін жылжымалы торда жүзеге асырылады. Бұл ретте түрлендірілген газ жоғарыдан төменге қарай $200\text{--}300 \text{ мм}$ биіктіктегі шихта қабаты арқылы өтеді.

Бұл процестің басты артықшылығы-отқа төзімді түйіршіктерді қолдану мүмкіндігі. Конвейер таспасында жылыту, қалпына келтіру және салқындату аймақтары ерекшеленеді. Процесті тездету үшін кейде түйіршіктерге аз мөлшерде түйіршікті қатты отын (көмір, мұнай коксы) қосылады. Бұл процесте газды қайта өңдеуді жүзеге асыру қиын, онсыз табиғи газды тұтыну күрт артады. Процесс өнеркәсіптік енгізуді алған жоқ.



1-ауа үрлегіш; 2-жылу алмастырғыш; 3-газ араластырғыш; 4-конвертер; 5-компрессор; 6-колошникті газға арналған скруббер; 7-шахталық пеш; 8-скруббер(тазартқыш); 9-дірілді Елек; 10-брикеттеуші пресс

3 Сурет - Мидрекс процесінің технологиялық схемасы

2 Қатты көміртекті тотықсыздандыру арқылы кеуекті темір алу

Қатты тотықсыздандырғыш ретінде негізінен көмір мен кокс қолданылады. Тотықсыздандырғыштарды енгізу әдісіне байланысты темір рудасының шихтасын металдандыру процесінің үш схемасын ажыратуға болады. Кенді-көмірлі жентектерді металдандыру. Бұл жағдайда ұсақ кеннен немесе концентраттан жентектерді өндіру кезінде шихтаға қатты тотықсыздандырғыштың 15-20% енгізіледі, содан кейін кенді-көмір жентектерді 20-30 мин бойы күйдіріледі. Температурасы 1200-1250 °C. көміртек темір тотықтарын қалпына келтіреді және металдандыру дәрежесі 50-80% болатын металдандырылған жентектерді алады. Жентектерді күйдіру әртүрлі агрегаттарда, мысалы, конвейерлік машинада, құбырлы пеште, ретортта, шахта пешінде жүзеге асырылады.

Қыздырылған металдандырылған түйіршіктер шойын немесе жартылай өнім деп аталатын балқыту үшін кенді термиялық электр пешіне түседі. Бұл процестің кемшілігі кеуекті темірдің бос жыныстармен, күкіртпен және қатты отынның фосфорымен ластануы болып табылады, бұл соңғысының сапасына ерекше талаптар қояды.

2.1 Кенді түйіршіктерді шихтаға ұсақталған қатты отын бере отырып металдандыру

Шихта қуырылған түйіршіктердің қоспасынан тұрады, доломит немесе 0,8-3 мм фракциясы бар әктас және 0,8-3 мм фракциясы бар қатты отын. Күкіртсіздендіру үшін Доломит пен әктас беріледі. Қалпына келтіру қондырғысы ретінде құбырлы пештер қолданылады немесе жүйелі түрде орналастырылған қондырғылармен жақсырақ орнатылады: пеш торлы - құбырлы пеш - айналмалы құбырлы салқындатқыш. Бұл жағдайда торда күйдіру құбырлы пештен шығатын газдармен жүзеге асырылады. Табиғи газ құбырлы пешке де беріледі. Қатты отын шығыны 1 тонна металлдандырылған түйіршіктерге 350–600 кг және табиғи газ 75–100 м³ құрайды.

Кеуекті темір биіктігі 50–70 мм және диаметрі 220–240 мм болатын цилиндр пішіндес кеуекті пісірінділер болып келеді, көлемдік массасы 1,9-2,1 г/см³, кеуектілігі 70-75 % және химиялық құрамы келесідей. Металлизацияның төменгі шегінде оның жобалық өнімділігі тәулігіне 2000 тоннаға жуық, ал жоғарғы жағы екі есе төмен. Бұл процесте құбырлы пештен шыққан газдар конвейер машинасында түйіршіктерді кептіру және жылыту үшін қолданылады. Болашақта құбырлы айналмалы пешке тек қатты отынды ғана емес, сонымен қатар табиғи газды да беру мүмкіндігі бар.

2.2 Араласпайтын қабаттарда қатты көміртегімен тотықсыздандыру арқылы кеуекті темір алу

Бұл әдіспен қатты отын мен қақты немесе өте бай концентратты тигельдерге (капсулаларға) қабаттап тиейді, содан кейін темір оксидтерін қалпына келтіру процесін жүргізу үшін бұл тигельдерді пештерде ұзақ уақыт ұстайды. Ресейде сыртқы диаметрі 530 мм, қабырғасының қалыңдығы 40 мм және биіктігі 1500 мм Карбид-кремний капсулалары қолданылады. Күкіртті сіңіру үшін тотықсыздандырғышқа 10-15% ұсақталған әктас қосылады, бұл күкірт отынын пайдалануға мүмкіндік береді. Шихтаны капсулаға салу арнайы механизмдердің көмегімен концентрлік тік қабаттармен жүзеге асырылады. Капсулалар отқа төзімді кірпішпен қапталған вагоншаларға 16 данадан орнатылады. Тиелген вагонеткалар ұзындығы шамамен 140 м болатын тоннель пештерден өтеді, мұнда қыздыру, 1180 °C температурада ұстап тұру және капсулаларды суыту жүзеге асырылады. Вагонеткалардың пеште болуының жалпы ұзақтығы 100 сағ жоғары жетеді. Кеуекті темір ұзындығы 1200–1400 мм және сыртқы диаметрі 340–360 мм болатын қалың қабырғалы (қабырға қалыңдығы 75 мм) құбыр түрінде алынады. Құбырлар тазалау агрегаттарына, одан кейін ұсақтауға, ұнтақтауға және елеуішке түседі. Босатылған капсулалары бар вагонеткалар тиеу бөліміне қақтарылады және цикл қайталанады. Кеуекті темір құрамында 97–99 % Fe; 0,1–0,2 % C; 0,1–0,5 % SiO₂; 0,01—0,015 % S және шамамен 0,015 % P болады. Көміртегі мөлшері аса төмен ұнтақтар алу үшін ұнтақты күйдіруді сутегімен жүргізеді.

2.3 Металлдандырылған өнімдерді алу мақсатында металлургиялық процесс үшін Қазақстандық темір кені шикізатын дайындау

Дайындалған зертханалық кешен мен жабдықтарды теміркені шикізатын дайындау және технологиялық процесті сынау үшін пайдаланылды. Бастапқы шикізат ретінде Оңтүстік Қазақстан кенорындарының бірінен гидрогетит темір кені қабылданды. Шикізаттың дайындалуы ретімен жүзеге асырылды – ұнтақтау, сұрыптау, магниттік сепарация, концентрат алу, сапасын анықтау.

Дайындалған зертханалық кешен мен жабдықтарды теміркені шикізатын дайындау және технологиялық процесті сынау үшін пайдаланылды. Бастапқы шикізат ретінде Оңтүстік Қазақстан кенорындарының бірінен гидрогетит темір кені қабылданды. Шикізаттың дайындалуы ретімен жүзеге асырылды – ұнтақтау, сұрыптау, магниттік сепарация, концентрат алу, сапасын анықтау.

Кенді магниттік күйдіруді шахталы пештерде 900-1000 °C температурада жүзеге асырады. Мұнда отын ретінде табиғи газды немесе кокс пайдаланады. Отынды жағу тәсілі маңызды мәнге ие. Магниттік күйдіру

үшін шихтаға жылу келтірумен қатар, белгілі бір атмосфера, яғни газ құрамы қажет. Жылу гидраттар мен карбонаттардың ыдырауына, ыдырау өнімдерун газ фазасына өткізуге шығындалады. Оған қоса күйдіру кезінде түзілетін газ құрамы әлсіз тотықсыздандыру атмосферасына сәйкес келу қажет. Газ атмосферасы CO_2 -CO және H_2O - H_2 компоненттерінің қатынасымен анықталады. Кез келген отынды (көмір, табиғи газ бен мазут) толық жаққан кезде газ тәрізді өнім тек CO_2 Және H_2O газдарынан тұрады, ауқымды көлемде жылу энергиясы бөлінеді. Егер толық жануын ауа шығынынсыз жүзеге асыратын болсақ, онда бөлінетін жылу мөлшері газды – жағу өнімін қыздыруға жұмсалады және оның температурасы 2000^0 C жоғары жетеді. Алайда күйдіру үшін мұндай қыздыру қажет емес. Тек қана жоғары температурасы магниттік емес тотықтардың магниттікке өтуін қамтамасыз етпейді. Ол үшін CO және H_2 тотықсыздандырғыш газдарының біршама мөлшері қажет. Тек осы газдар гематитпен әрекеттесе алады. Гематиттің үш молекуласынан бір оттегі атомын ала отырып, олар гематитті магнетитке өткізеді. Осы реакцияларды жүзеге асыру үшін $(\text{CO}+\text{H}_2)/(\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O})$ қосындыларының қатынасы кемінде 30% Немесе 0,3 болуы қажет. Бұл кезде шихта қабатында температураны $900-950^0\text{C}$ деңгейінде реттеу қажет. Процестің мұндай режимін орнату белгілі бір ұйымдастыру және дайындау жұмыстарын талап етеді.

Күйдіру үшін фракциясы пайдаланылды. 20 кг көлемінде жиналған 0-5 мм фракциялы ұсақталған кен мөлшерін ең алдымен орташалайды. Талдау үшін материал сынамаларын алады. 0-5 мм фр бастапқы кен үлгісі 1 суретте көрсетілген және сары түсті дисперсті сеппелі материал болып келеді. Материалдың екі сынамасының химиялық талдауы 2 кестеде келтірілген.



4 Сурет - 0–5 мм фракцияға дейін ұсақтау және ұнтақтаудан кейінгі бастапқы темір кені

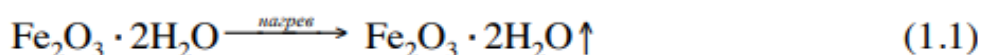
2 Кесте - Екі материал сынамасын химиялық талдауы

Материал	Химиялық құрамы, %							
	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅
Гематит кені 1	71,5	1,25	8,82	1,85	1,62	1,32	0,08	0,50
Гематит кені 2	70,8	2,05	9,31	2,25	1,58	1,36	0,07	0,48

Сонымен қатар осы үйінді материалдардан жасалған сынамалар минералогиялық құрамға зерттелген. ДРОН-3 аппаратындағы рентгендік фазалық талдау руда негізінен гематит негізіндегі темір гидроксидтерінен тұратынын көрсетті, яғни минерал Fe₂O₃·2H₂O тұрады, гидрогетит болып табылады. Кен минералдарының құрамында сонымен қатар Fe₃(CO₃)₂ – 3FeO·2CO₃ сидерит минералының аз мөлшері табылды.

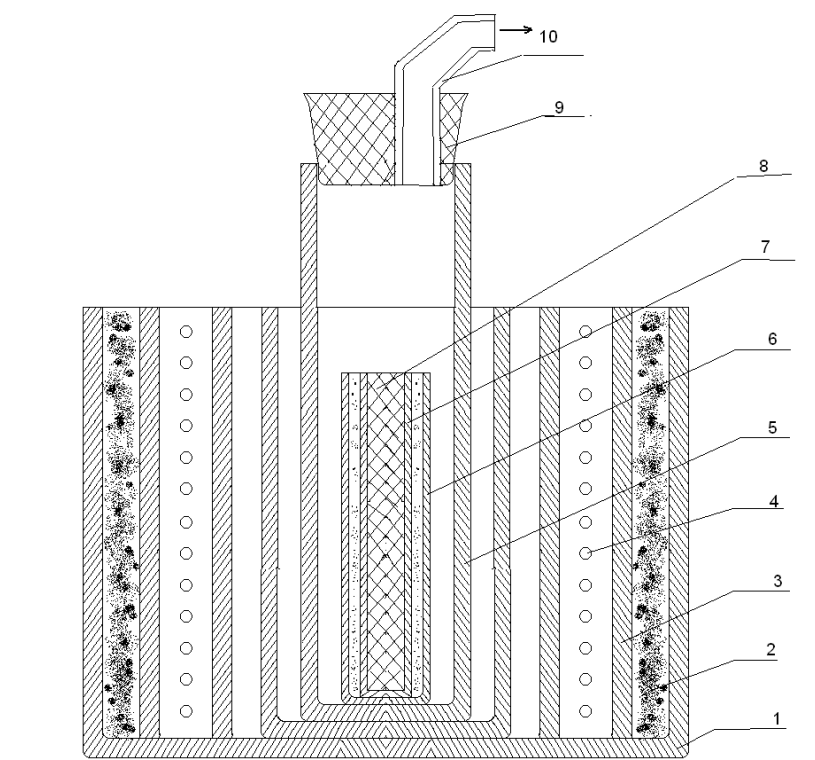
Гетит кені магниттік қасиетке ие емес, сондықтан оны магниттік бөлу арқылы байыту мүмкін емес.

Алдын ала есептеулер гидраттар мен карбонаттардың ыдырауына және гематиттің магниттік күйге өзгеруіне жылу шығындарын анықтады. Күйдіру кезінде процесс дәйекті түрде жүреді.



Процестерді жүзеге асыру үшін зертханалық қондырғы дайындалды-тік құбырлы электр пеші, газ кірістері мен шығыстары бар зертханалық герметикалық ұяшық. Герметикалық ұяшық және сыйымдылығы 2,0 кг рудалық кварц түтігі жасалды. Бастапқы рудалық фракциядан салмағы 2 кг 0-5 мм көміртегі бар компоненттерді қосып, күйдіруге арналған шихта дайындалды. Дайындалған заряд зертханалық ұяшыққа жүктелді, содан кейін ол тік құбырлы пешке енгізілді. Тиісті герметизациядан кейін ұяшық өлшеу жабдықтарына және шығару шлангтарына қосылды. Зертханалық қондырғы 6-суретте көрсетілген.

Ұяшық тік құбырлы пешке орнатылғаннан кейін жүйе 15-20 с/мин жылдамдықпен қыздырылды. 450 °С температураға жеткенде газдың бөлінуі байқалды, содан кейін температураның жоғарылауымен газдың бөліну қарқындылығы артады. Пеш 45-55 минутта қажетті күйдіру температурасына жетті. Күйдіру температурасы 850-900 °С деңгейінде орнатылған. Алдын ала белгіленген температура деңгейіне жеткеннен кейін жүйе газдың бөлінуі тоқтағанға дейін біраз уақыт бойы ұсталды, бұл минералды өзгерту процесінің аяқталғанын көрсетеді. Жүйенің тұрақты температурада әсер ету ұзақтығы ұяшыққа жүктелген зарядтың салмағына байланысты 20-30 минут ішінде сақталды. Ұяшықтағы материалдар ауа температурасына дейін салқындатылып, содан кейін олар ұяшықтан шығарылды.



1-қыздыру пешінің корпусы; 2-жылу оқшаулау; 3-жылытқыш экраны; 4 - қыздыру элементі; 5 – герметикалық ұяшық; 6-отқа төзімді шыны; 7-заряд; 8-графитті стрежень; 9-герметикалық тығын; 10- желдеткіш түтік

5 Сурет – Экспериментальді модуль

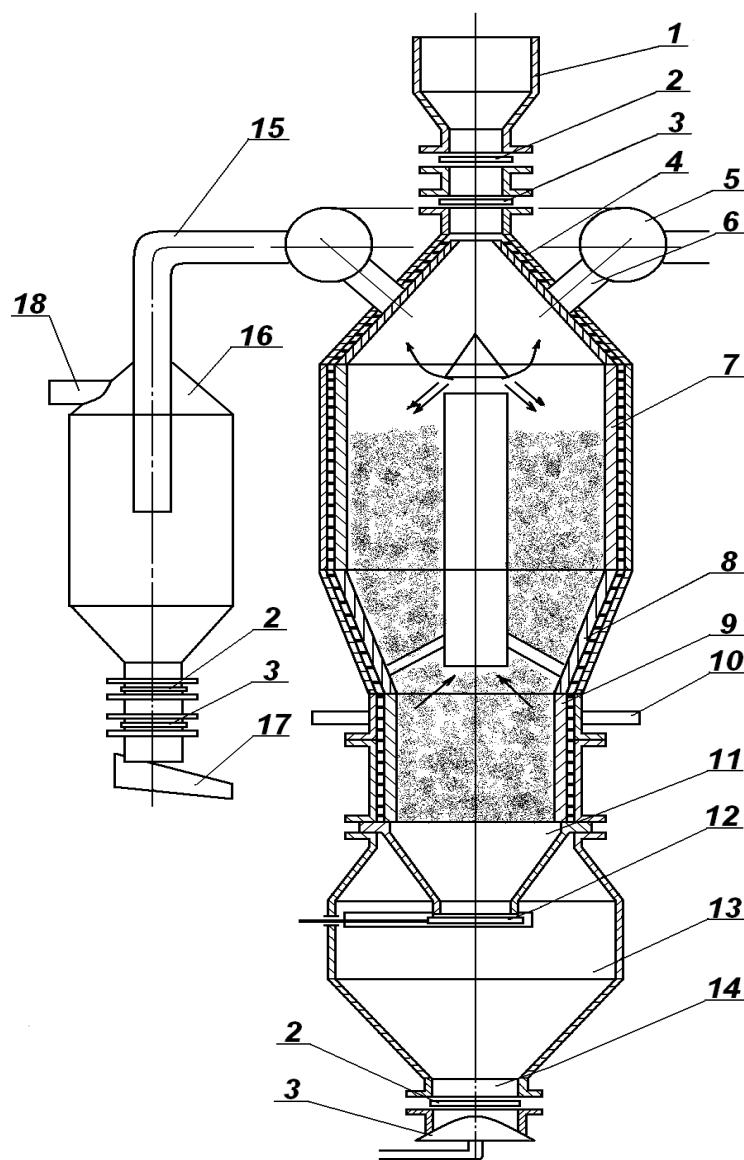
Ұяшықтан алынған кен материалы қара түсті болды және бірден өлшенді. Жүктелген кен массасының жоғалуы бастапқы кеннің 15,5-16,5% аралығында болды. Сары түстен қараға өту гематиттің магнетитке ауысу реакциясы арқылы ыдырау процестерінің аяқталуын білдіреді.

0-5 мм фракцияның күйдірілген және салқындатылған кен материалы әрі қарай химиялық және минералдық құрамы мен физика-химиялық сипаттамаларын зерттеуге жіберілді.

Мұндай фракцияның рудасын күйдіруді айналмалы пеште немесе арнайы жасалған шахтаны жағу пешінде жүргізуге болады, оның тиімділігі айтарлықтай айналмалы пештен асып түседі.

Жасалған жаңа шахталы пештің конструкциясы 6 суретте келтірілген.

Шахталы пеш газ келтіру түтікшесінен, циркуляциялау зонасынан 3, Тік құбырдан 4, тығыз концентрат қабатынан 5, тік құбырдың қорғаушы конусынан 6, газ бұрғыштан 7, концентратты тиеу келтеқұбырынан 8, өңделген концентратты шығару келте құбырынан 9 тұрады. Шахталы пешке 1 газ ағыны келтіру шүмегі 2 бойынша енгізіледі



1-шахта пеші, 2-газ шығаратын құбыр, 3-айналым аймағы, 4-Көтергіш, 5-концентраттың тығыз қабаты, 6-көтергіштің қорғаныш конусы, 7-Газ шығарушы түтік, 8-концентратты жүктеуге арналған құбыр, 9 -өңделген концентратты шығаруға арналған келте құбыр.

6 Сурет - Шихтаны күйдіруге арналған шахталық пеш

Алынған айналым аймағынан 3 концентрат пен газ қоспасы көтергішке 4 түседі және пневматикалық жолмен жоғары қарай тасымалданады, жоғарғы ұшы арқылы шығып, қорғаныс конусының 6 бетіне соғылып, алдымен төмен түседі. Шахталы пеш газ келтіру түтікшесінен, циркуляциялау зонасынан 3, Тік құбырдан 4, тығыз концентрат қабатынан 5, тік құбырдың қорғаушы конусынан 6, газ бұрғыштан 7, концентратты тиеу келтеқұбырынан 8, өңделген концентратты шығару келте құбырынан 9 тұрады. Шахталы пешке 1 газ ағыны келтіру шүмегі 2 бойынша енгізіледі. Қажетті өңдеу дәрежесіне жеткеннен кейін, материал өзінің бос күйін сақтайды және тиісті клапанды ашу арқылы 9 шығатын түтік арқылы шығарылады.

Өңдеу уақыты жылдамдыққа байланысты концентрат пен газ арасындағы өзара әрекеттесу ωv , ол материалдың табиғатына және температураға байланысты алдын ала тәжірибе жүзінде анықталады. Өңдеудің (қалпына келтірудің) максималды қол жеткізілген дәрежесі өлшемсіз мәнге ие, мысалы, $R=0,9-0,95$. Процестің жылдамдығы уақыт бірлігінде өңдеу (қалпына келтіру) дәрежесінің өзгеруін сипаттайды. Уақыт мин немесе сек болуы мүмкін. Содан кейін процестің жылдамдығы мин-1 немесе сек-1 бірлігімен көрсетіледі. Осыны және тасымалдаушы көтергіштің өлшемдерін ескере отырып, қондырғының өнімділігі жоғарыда көрсетілген формуламен көрсетілуі мүмкін.

Көтергіштегі газ ағыны мен концентрат қоспасының қозғалу жылдамдығы 3-5 м/с шектелген. 3 м/с-тан төмен жылдамдық концентраттың қажетті мөлшерде тасымалданбауымен шектеледі, яғни ол қайнау қабаты режиміне өтеді. 5 м/с жоғары жылдамдық концентраттың газ ағынымен тұру уақытын азайту және бір циклде өңдеу дәрежесін азайту арқылы шектеледі.

3-5 м/с шегіндегі жылдамдық қалыпты пневмокөлікті және концентратты газ ағынымен өңдеу дәрежесін қамтамасыз етеді.

Төкпе деңгейінің үстінде пештің бос кеңістігіне концентрат пен газ қоспасының ағынын шығару, қимасының күрт ұлғаюы нәтижесінде ағын жылдамдығының қатты бөлшектердің ұшу жылдамдығынан төмен күрт түсуіне негізделген. Сондықтан қатты бөлшектер төмен қарай төкпе бетіне түседі, ал газ ағыны газ бұрғышқа жоғары қарай көтеріледі.

Шөгетін концентрат көлемімен төкпе деңгейін қалпына келтіру нәтижесінде шихта бағанының тығыз қабатының биіктігі айтарлықтай тұрақты болып қалады. Алайда ол, айналым жасай отырып, рециркуляцияның тұрақты қозғалысында болады: шихтаның тығыз бағанынан тік құбырдың төменгі аузына концентраттың берілуі – тік шұбырда пневмотасымалдау – тік құбырдың жоғарғы аузынан шығару – тығыз қабат төкпесінің деңгейін қалыпқа келтіру.

Күйдірілген және ұсақталған кеннен химиялық және минералогиялық құрамдарды жүргізу үшін материалдардың сынамалары алынды. Алынған талдау нәтижелері 3 кестеде келтірілген.

3 Кесте - Күйдірілген кеннің химиялық құрамы

	Материалдың атауы	Химиялық құрамы, %						
		Fe _{общ}	FeO	MnO	SiO ₂	CaO	S	P
1	Күйдірілген кен	58,33	11,21	2,31	9,75	2,12	0,052	0,08
2	Күйдірілген кен	58,63	10,82	2,23	9,68	2,18	0,050	0,075

Кесте деректерінен көріп отырғанымыздай, Fe жалпы және FeO 2 кестеде келтірілген кеннің бастапқы құрамымен салыстырғанда айтарлықтай өсті. Бұл негізінен H₂O және CO₂ түрінде ұшқыштарды алып тастау арқылы болды. 2 кестеде белгіленген FeO концентрациясының жоғарылауы

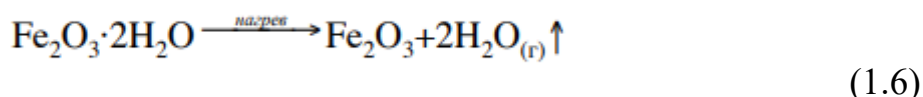
гематиттің диссоциациясы есебінен болды. Сондықтан FeO және Fe₂O₃ қоспасы магнетит болып табылады



магниттік қасиеттері бар.

Көріп отырғанымыздай, Fe₃O₄ түзілуі біріктіру есебінен жүреді массалық үлестер 0,69 Fe₂O₃; 0,3 FeO. 1% FeO 2,3% Fe₂O₃ немесе 3,23% Fe₃O₄ құрайды. Жалпы күйдірілген кендегі магнетит мөлшері 22-25% аралығында болды. Оның кен массасында біркелкі таралу жағдайында жеткілікті жақсы магниттік өткізгіштік жасалады.

ДРОН-3 құрылғысындағы рентгендік фазалық талдау гидраттар мен сидериттің жоқтығын көрсетті. Олардың орнына фонда магнетит пайда болды. Ұнтақтарды тұрақты магнитке сынау ұнтақтың жақсы жабысатындығын көрсетті. Осылайша, магнетизациялық атыс нәтижесінде магниттік кен материалы алынды. Реакцияға сәйкес гидратталған ылғалдың булануымен гидрогетиттің ыдырауы



Δi=4600 кДж/кг H₂O деңгейінде жылуды сіңірумен бірге жүреді. Осы жылу эффектісін ескере отырып, 1 кг кенді магнитті күйдіруге жұмсалатын жылу шығыны. Осы жылу эффектісінің ескерілуімен 1 кг кенді магниттік күйдіруге қажетті жылу шығыны құрайды.

$$Q_p = c_p \cdot t_p + \Delta i; \text{ кДж/кг кен} \quad (1.7)$$

мұндағы c_p -кеннің жылу сыйымдылығы = 1,25 кДж/кг·град;
 t_p – күйдіру температурасы= 900 °C.

Тиісті шамалардың мәндерін теңдеуге алмастыра отырып, аламыз.

$$Q_p = 1,25 \cdot 900 + 4600 = 1125 + 4600 = 5725 \text{ кДж/кг}$$

Бұл жылу шығынын қамтамасыз ету үшін салқындатқыш газ шығыны қажет

$$V_z = \frac{Q_p}{\eta_{тг} \cdot c_z \cdot t_z}, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (1.8)$$

мұндағы $\eta_{тг}$ – газ жылуын пайдалану коэффициенті = 0,7;
 c_z , t_z – жылу сыйымдылығы (кДж/м³·град) және газ температурасы (°C).

Шамалардың жуық мәндерін ауыстыру $\eta_{\text{тг}} = 0,7$; $c_{\text{г}} = 1,6$ и $t_{\text{г}} = 1050^{\circ}\text{C}$

біз аламыз

$$V_z = \frac{5725}{0,7 \cdot 1,6 \cdot 1050} = \frac{5725}{1176} = 4,87 \quad (1.9)$$

1 тонна кенді есептегенде газ шығыны 4870 м³/т кенді құрайды.

Жүргізілген тәжірибелік зерттеулер реті, күйдіру режимі материалдың ұқсас көрсеткіштерінің алынуымен, өнеркәсіптік қондырғылар мен агрегаттарға ауыстырылуы мүмкін.

Металлургияның қарқынды дамуының қазіргі жағдайында темір рудасының бай кен орындары іс жүзінде таусылған. Егер осыдан 20 жыл бұрын экономикалық негізділік үшін құрамында темірі кемінде 40% болатын кен орындарындағы кен темір рудасы болып есептелсе, қазіргі кезде кен орындарындағы темір рудасын темірдің мөлшері 28-30% деп есептеуге болады. Демек, барлық дерлік темір рудалары міндетті түрде байытылады. Темір рудаларын байыту басқа кендерге қарағанда әдетте магниттік сепарация арқылы жүзеге асырылады. Темір рудаларының көпшілігі магнетит кендері ретінде өндіріледі, сондықтан олардың магниттік өткізгіштігі жақсы. Темір рудасының ірі кен орындары: Курск магниттік аномалиясы, Ресейдегі Тагило-Кушвинское, Качканарское кен орындары, Қазақстандағы Соколовское-Сарбай кен орындары магнетит кен орындары. Бастапқы рудадан 28-30% Fe магниттік сепарациясының көмегімен қазіргі уақытта құрамында 65-68% темір бар темір рудасы концентраты өндіріледі. Қазіргі уақытта зауыт одан әрі металлургиялық дайындау және өңдеу үшін шикізат болып табылатын темір рудасының концентратын алуда.

2.4 Темір кені концентратын алу

Қазақстанда магнетит кен орындарымен қатар қоңыр темір рудасының оолиттік, гидрогөзтиттік кендері сияқты темір рудаларының магнетиттік емес кен орындары бар. Сондай-ақ оларды байытуды айналып өтіп, металлургиялық өңдеуге тікелей бағыттауға болмайды. Бірақ бұл кендерді магнитті күйдіруден кейін ғана байытуға болады, соның нәтижесінде кен магниттік қасиетке ие болады.

Күйдірілген темір кені пештен 900 °C температурада шығарылады. Оны әрі қарай тасымалдау және өңдеу үшін оны атмосфералық температураға дейін салқындату керек. Оның қайталама тотығуына және магниттік қасиеттерінің жоғалуына жол бермеу үшін салқындатуды бейтарап атмосферада жүргізген жөн. Кенді салқындату белгілі бір шығынмен

байланысты салқындату жүйесінің конструкциясы мен технологиялық режим туралы күрделі мәселені шешуді талап етеді. Күйдірілген кеннің жылу мөлшерін тиімді пайдалану үшін кенді салқындату процесі және салқындату ортасының ағыны келесі технологиялық процеске байланысты болуы керек.

2.4.1 Күйдірілген темір кендерін фракциялар бойынша ұнтақтау

Ірі үгінділердің күйдірілген кені 0-5 мм фракциясынан тұрады. Құрамында темірі бар минералдарды бос жыныстардан бөлу үшін алдымен күйдірілген кенді ұнтақтау жүргізілді. Массасы 2 кг күйдірілген кеннің бөліктері иекті ұсақтағыштың бункеріне жүктелді. Ұнтақтау фр. 2,5 мм. Әрі қарай материал фр. елеуіштер арқылы сүзілді. 1,0 мм; 0,5 мм және 0,25 мм. Өлшемді, үлкен емес және кіші өлшемді материалдардың массалары таңдалып, өлшенді. Материалдың бөлшек құрамы 4-кестеде берілген.

4 Кесте – Күйдірілген кеннің гранулометриялық құрамы

	Материалдың атауы	Гранулометриялық құрамы, фракциялар бойынша%, мм				
		+2,5	2,5-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0
1	Тәжірибе 1	3,25	5,18	28,6	32,5	30,47
2	Тәжірибе 2	2,30	6,22	29,8	33,2	28,48
3	Тәжірибе 3	2,55	5,82	28,3	32,8	30,53

Әрі қарай жұмыс істеу үшін 0-2,5 мм фракциялар пайдаланылды. Ең алдымен кеннің көлемдік массасы стандартты әдіс бойынша анықталды. Өңделген үлгілер массасы бойынша бір-бірінен аз ғана ерекшеленді және келесі ретпен бөлінді.

Үлгілер	Сусымалы масса, кг/м ³
Үлгі 1	2,89
Үлгі 2	2,87
Үлгі 3	2,79

Барлығы 20 келіге жуық күйген кен өңделді. Кейін фр. 0-2,5 мм кен материалы ұсақтау және фракциялау магниттік бөлуге дайындалды. Күйген кеннің үйілген массасы бастапқы кеннің үйілген массасымен салыстырғанда артты. Жаппай массаның жоғарылауы ұшпа заттарды алып тастау және фазалық құрамды қайта құру нәтижесінде пайда болды. Магниттің нақты массасы гематитке қарағанда жоғары.

Өнеркәсіптік жағдайда күйдірілген кенді ұнтақтау процесі арнайы ұнтақтау қондырғыларында жүзеге асырылуы керек. Мұндай қондырғы ретінде тиісті қуаттылықтағы шар диірменін пайдалануға болады. Шарлы диірмен >1,0 мм-ге дейінгі фракциялары бар ұсақталған кенді алуға мүмкіндік береді. Құрылғы салқындату жүйесі мен магниттік сепаратор

арасында орнатылуы керек.

2.4.2 Дайындалған кен материалдарын магниттік сепарациялау

Магниттік бөлу процесі зертханалық магниттік сепараторда жүргізілді. Бөлу процесінде жеткізу тогы 3,5-5 А аралығында реттелді. Барлығы әрқайсысы 2 кг болатын 4 тәжірибе жүргізілді. Кенді бөлу нәтижелері тәжірибе бойынша айтарлықтай ерекшеленбеді және магниттік материалдың 78-82% және магниттік емес материалдың 18-22% шегінде болды. Тұтастай алғанда концентраттың шығымы кірістегі жанған кеннің салмағына байланысты 80% құрады. Алынған магниттік концентрат 1-суретте көрсетілген. Концентрат пен қалдықтардың көлемдік массалары анықталды. Өлшеу нәтижелері 5-кестеде берілген.

5 Кесте – Концентрат сынамаларының және үйінді қалдықтарының көлемдік салмағы

Материал үлгілері	Сусымалы масса, кг/м ³
Концентрат 1	3,12
Концентрат 2	3,10
Қалдық1	2,62
Қалдық 2	2,65

Көріп отырғаныңыздай, магнит концентратының массасы күйдірілген кеннен жоғары, бұл шлак түзетін бос жыныстың көп бөлігін қамтитын магниттік емес материалдың шығарылуымен байланысты. Темір кені концентраты мен қалдықтарының іріктелген сынамалары химиялық талдаудан өтті. Талдау нәтижелері 6 кестеде келтірілген.

6 Кесте – Қалдық концентратының химиялық құрамы

Материалдардың атауы	Химиялық құрамы, %						
	Fe _{общ}	FeO	MnO	SiO ₂	CaO	S	P
Концентрат 1	68,4	7,31	2,83	6,22	0,61	0,05	0,07
Концентрат 2	68,56	8,52	2,63	5,82	0,72	0,02	0,05
Қалдық1	57,59	5,38	2,15	8,95	1,95	0,06	0,15
Қалдық 2	58,20	6,01	2,42	9,36	2,02	0,05	0,18

Химиялық талдаумен қатар 18 элементке жалпы спектрлік талдау жүргізілді. Спектрлік талдау нәтижелері төменде келтірілген.

7 Кесте - №1 сынаманың элементарлық құрамы (атомдық эмиссиялық п/к спектрлік талдау нәтижелері бойынша)

Элемент	Концентрация, %
Fe	Основа
Mn	~ 1,0
Ca	≈ 0,5
Zn	0,003
Au	< 0,0001
Mg	0,03
Pb	0,015
Si	~ 1,0
Bi	0,0015
Ti	0,0005
Cu	0,05
Al	0,00035
Ag	0,0001
Cr	< 0,001
Pd	< 0,0001
Mo	0,0002
Sn	0,0001
Na	0,025

Нәтижелерді талдаудан металлургиялық өндірістің талаптарын қанағаттандыратын темір кені концентраты алынғанын көруге болады. Жаппай өндірісті ұйымдастырған кезде мұндай концентрат жоғары сапалы металл шикізаты ретінде сатылуы мүмкін.

Шихтаны 100% концентратта дайындау процестерінің кешенін жүзеге асыру шихтаға флюстер мен кокс желін немесе көмірді қосу арқылы флюстелген жентектер мен агломераттарды алуға мүмкіндік береді. Ағын ретінде құрамында $\text{CaO} \approx 52-54\%$ бар әктас қолдануға болады. 100 кг концентратқа есептегенде флюс пен Кокс ұнтағының шығыны тиісінше 100 кг концентратқа 13,0 және 6,0 кг деңгейінде болады.

100% темір кені концентратынан және темір кенінің, марганец пен хромит концентраттарының қоспаларынан кеуекті темір алу технологиясын әзірлеу.

2.5 $\text{Fe}_{\text{мет}}=92-98\%$ мөлшерімен кеуекті темір өндірісі бойынша сынақты жұмыстар

Қазақстан шарттарында кеуекті темір өндірісі, илем отқабыршағы және темір тотығы сияқты темірқұрамды өнеркәсіптік қалдықтармен

ұйымдастырылуы мүмкін, олардың химиялық құрамы 9 кестеде келтірілген.

9 Кесте – Құрамында темірі бар өндірістік қалдықтардың химиялық құрамы.

Материалдар- дың атауы	Химиялық құрамы, %						
	Fe	FeO	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	P
Прокаттық окалина	68,8	28,3	0,17	2,5	0,633	0,03	0,025
Темір оксиді	69,15	0	0,11	0,25	0,12	0,03	0,02

9 Кестеде келтірілген заряд компоненттерінің химиялық құрамы бойынша, ең алдымен, зарядтың газдалған оттегінің мөлшері анықталды. Металдардың тікелей қалпына келуімен оттегінің газдандырылуы темір оксидтерінен және ішінара марганецтен болады. Шихтаның газдандырылатын оттегінің жиынтық мөлшерін анықтау үшін есептік формула шығарылды.

$$O_{\Sigma}=10^{-2}[0,1427Fe(1+2R)-0,111FeO+0,225R_{Mn} \cdot MnO], \text{ кг/кг} \quad (1.10)$$

мұндағы R, RMn - сәйкесінше темір мен марганецтің, бірлік үлесінің қалпына келу дәрежесі

Жұмыстың бірінші бөлімінде белгіленген тізбекті фазалық конверсия арқылы металдардың тотықсыздану заңдылығына сәйкес оксидтердің фазалары бойынша оттегінің бұл мөлшері келесі есептеу теңдеулеріне сәйкес бөлінеді.

Темір оксидінің бірінші фазасында $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$

$$\Delta O_1=10^{-2} \cdot 0,0476(Fe-0,777FeO), \text{ кг/кг} \quad (1.11)$$

Екінші фазада $Fe_3O_4 \rightarrow FeO$

$$\Delta O_2=10^{-2} \cdot 0,0951(Fe-0,777FeO), \text{ кг/кг} \quad (1.12)$$

Үшінші фазада $FeO \rightarrow Fe_{мет}$

$$\Delta O_3=10^{-2} \cdot 0,2858 \cdot R \cdot Fe, \text{ кг/кг} \quad (1.13)$$

Марганец оксидінен

$$\Delta O_{Mn}=10^{-2} \cdot 0,225R \cdot MnO, \text{ кг/кг} \quad (1.14)$$

Фазалар бойынша металл тотықтарының газдалатын оттегісінің таралуын ескере отырып, көміртегі-реагенттің стехиометриялық шығынын анықтаймыз – g_c , кг/кг. Көміртегі құрамды реагентте (көмір, кокс, ағаш көмір) көміртегі кездескен жағдайда, реагенттің шығыны келесі формуламен анықталады

$$g_c = 0,75 \sum_i^n \Delta O_i (1 - 0,5 \gamma_{0,i}), \quad \text{кг/кг шихты} \quad (1.15)$$

көмірге қайта есептегенде

$$g_{c/y} = 10^{-2} \cdot g_c / C, \quad \text{кг/кг шихты} \quad (1.16)$$

Зарядтың бастапқы мөлшері үшін 100 грамм шкала немесе темір оксиді алынды. 100 г көміртегі бар реагент материалының есептелген шығыны бастапқы оксид материалымен араластырылды.

Полученные смеси углеродсодержащих окислы и оксида железа по отдельности измельчали до фракции менее 0,1 мм. Дисперсные шихтовые материалы на основе прокатной окислы и оксида по отдельности и вводили в герметические лабораторные ячейки, изготовленные из кварцевой трубки. Ячейку с содержимым вводили в трубчатую электропечь СУОЛ-044 12-М2. Систему нагревали со скоростью 100 °С/мин. По ходу опытов фиксировали время, температуру, количество и состав выделяющегося газа.

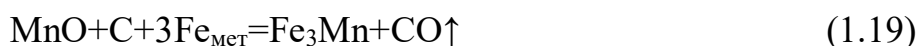
Бастапқы әрекеттесу ретінде оксидтердің бірінші фазасындағы тотықсыздану реакциялары алынды.



Темір оксидтерінің тотықсыздануының бірінші кезеңіндегі реакция бастапқы материалға байланысты температураның әртүрлі деңгейлерінде басталды:

- 1) темір оксидтерінен темірді қалпына келтіру температурасы 550 °С;
- 2) прокат шкаласынан темірді қалпына келтіру 650 °С кезінде басталды.

Температура 1050°С-қа жеткенде, жүйе қалпына келтіру реакциялары аяқталғанша осы температура деңгейінде ұсталды. Алдын ала есептеулер бойынша 1050 °С температура деңгейі темірді оның соңғы фазасынан Мео=Фемет оксидтерінен толық қалпына келтіру үшін жеткілікті екені анықталды. Металл темірдің жоғары концентрациясы және 1050 °С температурада 0,5-1,0% диапазонында MnO төмен концентрациясы қатты көміртегімен жақсы төмендейді. Тотықсызданған марганецтің металдық темірде ерігіштігі реакцияның тепе-теңдігін оңға, яғни металдануға қарай ығыстырады.



Әрі қарай, жүйе оның тығыздығын қатаң сақтай отырып салқындатылды. Кеукті Темірдің қайталама тотығуын болдырмау үшін салқындатылған үлгілер аргон қысымымен ыдыстарда сақталды. Әрбір тәжірибеден кейін металданған үлгілердің массасы электронды таразыларда анықталды, бұл металдың қалпына келу дәрежесін алдын-ала бағалауға мүмкіндік берді. Шихта үлгісі мен металданған өнімнің бастапқы және соңғы массасы арасындағы айырмашылық газдалған оттегі мен шихта көміртегінің балансын құрайды, яғни.

$$\Delta m = m_{\text{ш}} - m_{\text{г.ж.}} = O_{\Sigma} + 10^{-2} \cdot g_{\text{с/у}} \cdot C \quad (1.20)$$

және металдың тотықсыздану дәрежесі теңдеу арқылы анықталды

$$R = \frac{\Delta m - 10^{-2} \cdot C \cdot g_{\text{с/у}}}{10^{-2} (0,4285\text{Fe} - 0,111\text{FeO})} \quad (1.21)$$

Кеук темірінің үлгілері қосымша химиялық талдаудан өтті, оның нәтижелері 10 кестеде келтірілген.

10 Кесте - Кеукті темір үлгілерінің химиялық құрамы

Шихта атауы	Кеукті Темірдің химиялық құрамы, %							
	Fe _{мет}	FeO	Mn _{мет}	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	P
Құрамында көміртегі бар темір оксиді	98	0,05	0,12	0,02	0,36	0,16	0,032	0,03
Көміртекті прокатты окалина	95	0,12	0,06	0,055	0,36	0,16	0,033	0,031

Кеукті темір үлгілерін талдау нәтижелері көрсеткендей бірінші үлгіде темірдің тотықсыздану дәрежесі 0,99-ға дейін, ал екінші үлгіде - 0,98-ге дейін жетті. Шлак түзуші компоненттердің үлесі 0,61-0,70% құрайды. Жалпы алғанда, алынған кеукті темір үлгілері жоғары сапалы металдандырылған өнім ретінде сипатталады.

2.5.1 Құрамында Fe_{мет}=80-90%; Mn=5-10%; Cr=5-10% бар кешенді кеукті темір өндіру бойынша тәжірибелік жұмыстар

Қарапайым кеукті темірді өндіру құрамында [S]=0,025-тен аспайтын зиянды қоспалары бар жоғары сапалы темір рудасының концентратын пайдалануға негізделген; [P]=0,03% және жұмсақ шойын мен қарапайым

болат өндіруге арналған. Олардың ішінде жоғары сапалы болаттарды бастапқы балқымаға құрамында сәйкес легирленген металдар - Mn және Cr бар болат ферроқорытпаларын қосымша енгізу арқылы алуға болады. Дегенмен, балқыма арқылы енгізілген ферроқорытпалар өте қымбат құрамдас болып табылады.

Ферроқорытпа өндірісінің бастапқы шикізаты сонымен қатар арнайы электротермиялық пештерде тотықсыздану балқымасынан өтетін оксидті материалдар болып табылады, бұл олардың қымбаттығын анықтайды.

Күрделі кеуекті темір өндірісінің мақсаты - металды қалпына келтіру процесінің бастапқы кезеңінде оның құрамдарын қалыптастыру. Осы мақсатқа жету үшін келесі кезеңдерден тұратын эксперименттік жұмыс жүргізілді:

1) марганец пен хромит өнеркәсіптік қалдықтары қосылған темір кені концентратынан тұратын бастапқы шихтаның құрамын есептеу;

2) дисперсті шихта қоспасын дайындау;

3) 1000-1250 °C температурада қатты көміртегімен күрделі шихтаны металдандыру.

Темір рудасының концентраты ретінде темір оксиді және прокат шкаласы сияқты өнеркәсіптік қалдықтар пайдаланылды. Зарядтың құрамына марганец және хромит кендерін байыту қалдықтары енгізілді. Шихта компоненттерінің құрамы 11 кестеде келтірілген.

11 Кесте – Шихта компоненттерінің химиялық құрамы

Шихта компоненттерінің атауы	Құрамы, %							
	Fe	Mn	Cr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	S	P
Темір оксиді	69,6	-	-	1,2	0,2	-	0,02	0,025
Прокатты окалина	68,0	0,18	-	2,85	1,15	0,2	0,025	0,03
Марганец кендерінің ұсақ қалдықтары	11,5	32,0	-	39,27	12,28	0,55	0,9	0,21
Хромит кендерінің қалдықтары	13,24	-	35,5	5,72	7,86	18,35	0,013	0,002

Шихта компоненттерін есептеу алынған теңдеулер бойынша темір кені концентратының бірлігіне орындалды.

Марганец және хромит кендері қалдықтарының шығындары арнайы әзірленген есептеу формуласы бойынша анықталды.

$$m_{Mn} = \frac{\eta_{Fe} \cdot Fe}{[Fe]} \cdot \frac{[Mn]}{\eta_{Mn} \cdot Mn} \quad (1.22)$$

Құрамында көміртегі бар реагент ретінде құрамында С=95% көмір қолданылады. Көмір – тотықсыздандырғыштың шығыны әзірленген әдіс бойынша анықталды (С.М. Тілеуғабулов. Металдарды, қорытпаларды және перспективалық материалдарды алудың теориялық негіздері. Алма-ата.: РИК, 2001. – 332б.)

Шихта құрамының төрт нұсқасы алынды, олар алдыңғы бөлімде келтірілген әдістеме бойынша 1000-1250 °С температура аралығында кварц құбырынан дайындалған арнайы герметикалық ұяшықта металдандырылды. Жүргізілген тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде күрделі кеуекті темір үлгілері алынды. Олардың құрамы 12 кестеде көрсетілген.

12 Кесте - Күрделі кеуекті темірдің химиялық құрамы

Кеуекті темір үлгілері	Құрамдары, %					
	Fe _{мет}	Mn _{мет}	Cr _{мет}	C	S	P
Үлгі 1	92,35	4,85	-	0,48	0,025	0,03
Үлгі 2	86,82	9,35	-	0,52	0,025	0,03
Үлгі 3	91,42	-	4,95	0,51	0,02	0,025
Үлгі 4	85,34	-	10,02	0,45	0,02	0,028

Қолдану арқылы орындалған эксперименттік жұмыстардың нәтижелері

12-кестеде келтірілген құрамында темірі бар, марганецті және хромды қоспалар мен жоғары температурада қалпына келтіретін күйдіру кезінде көмір, қарапайым кеуекті темірден сапалық жағынан ерекшеленетін марганец пен хромның жоғары концентрациясы бар күрделі кеуекті темір үлгілері алынғанын көрсетеді.

Күрделі жөке темірді одан әрі қолдану болат балқыту процесінде легирленген болат маркаларын қымбат ферроқорытпаларды қолданбай-ақ балқытуға болады.

2.5.2 Кеуекті темір негізінде тауарлы өнімді қалыптастыру технологиясын пысықтау

Кеуекті темір алу үшін дисперсті тотыққан материалдар – илем отқабыршақтары, жайма илем бетін химиялық өңдеудің темір тотықтары, сонымен қатар темір мөлшері жоғары 68-70% суперконцентраттар қолданылды.

Ыстық редуциялау газымен теміркенді жентектерден тотықтарды тотықсыздандырудың дәстүрлі технологиясымен салыстырғанда, жасақталған технологияда тотықсыздандыру процестері Дисперсті кабатта және көміртегіқұрамды түйіршіктер қабатында қатты көміртегімен жүзеге асырылады.

Кеуек темірін алудың жаңа тәсілін жүзеге асыру үшін, ең алдымен, дисперсті компоненттерден тұратын зарядты дайындау технологиясы жасалды. Технологияның шығу параметрлерімен мыналар қабылданды: 1) оксид компоненттерінің массалық арақатынасын белгілеу; 2) әрбір оксид компонентіне құрамында көміртегі бар реагенттің массалық үлесін жеке белгілеу; 3) қабат массасында шихтаның барлық компоненттерінің біркелкі таралуын қамтамасыз ету; 4) шихтаның дисперсті массасынан құрамында көміртегі бар түйіршіктерді алу; 5) металл оксидтерінің жүйелі фазалық түрлену принципі бойынша көміртектің стехиометриялық мөлшерін реттеу.

Шихтаны дайындаудың белгіленген технологиялық процестерін қамтамасыз ету 2-бөлімде көрсетілген аппараттық кешенде жүзеге асырылды.

Құрамында көміртегі бар шихтаны металдандыру бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді: дисперсті шихта қабатында 5 тәжірибе; құрамында көміртегі бар түйіршіктер қабатында 5 тәжірибе.

Алынған кеукті темірдің физика-химиялық сипаттамалары дисперсті зарядтан да, құрамында көміртегі бар түйіршіктерден де анықталды.

Кеукті темірдегі металдық темірдің мөлшері 86-92% аралығында болды.

Кеукті темірдің пирофорлық қасиеті жоғары болды. Оның ауа атмосферасымен жанасуы, әсіресе ыстық кезде, бірден қайталама тотығуға (металдардың жануы) әкелді. Жаңа агломерацияланған кеук шойынның осы ерекше қасиеттерін ескере отырып, келесі режимдерден тұратын тауарлық өнімдерді қалыптастыру технологиясы әзірленді: 1) шихтаны металдандыру үшін реакциялық камераны тығыздау; 2) белсенді металдану аймағын (900-1100 °C) және салқындату аймағын (400-500 °C) белгілеу; 3) бейтарап газдан қорғау жағдайында жөке темір қабатын роликті пресс қондырғысына беру; 4) нығыздалған кеукті темір брикеттерін алу; 5) брикеттерді бейтарап атмосферада 100 °C температураға дейін қосымша салқындату; 6) кеуктен жасалған тауарлық өнімдерді шығару.

Тауар өнімін қалыптастырудың аталған режимдері қолданыстағы зертханалық қондырғылар мен ұяшықтарға бейтарап газды (аргонды) енгізумен, сондай-ақ брикеттеудің бірыңғай стандартты қондырғыларын пайдаланумен қамтамасыз етілді.

13 Кесте – Кеукті темірдің техникалық сипаттамалары

Металдандыру дәрежесі	Металдардың құрамы	Қоспалардың құрамы		Шлактүзуші кг/кг
		S	P	
0,96-0,98	86-92	0,021	0,025	0,05-0,07

Кеукті темірдің техникалық көрсеткіштері оның кеуктілігі брикеттеуге дейін және кейін анықталады. Металдандыру процесінде түйіршіктер бірлігінің көлемі іс жүзінде өзгерген жоқ. Сондықтан кеукті

Темірдің кеуектілігі формула бойынша металданғанға дейін және одан кейін түйіршіктердің көлемдік массасының өзгеруімен анықталды

$$\eta_p = 1 - \frac{\gamma_{\text{іс},\bar{a}}}{\gamma_{\text{іс},\bar{n}}}, \quad (1.23)$$

мұндағы $\gamma_{\text{об},\text{г}}$, $\gamma_{\text{об},\text{с}}$ – кеуекті және шикі түйіршіктердің көлемдік массасы, тиісінше, гр / см³.

Түйіршіктердің көлемдік массалары гравиметриялық әдіспен эксперименталды түрде анықталды. Өлшеу нәтижелері 14-кестеде келтірілген.

14 Кесте - Металдандырылған және шикі түйіршіктердің көлемдік массаларының өзгеруі, гр/см³

Көрсеткіштердің атауы	Тәжірибе нөмірлері				
	1	2	3	4	5
Металданған түйіршіктердің көлемді массалары	2,9	3005	3,0	2,95	3,08
Шикі түйіршіктер	4,01	4,06	4,2	4,0	4,25
Металданған түйіршіктердің кеуектілігі	0,29	0,25	0,28	0,26	0,27
Престелген түйіршіктер	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04

Бес тәжірибе бойынша кеуектіліктің орташа мәні престелгенге дейін 0,27 және престелгеннен кейін 0,038 болды.

Сығылған кеуекті темірдің тығыздығының мұндай жоғарылауы ашық атмосферада ұзақ (3 айға дейін) сақтау кезінде оның қайталама тотығуын болдырмады және өнімнің сенімді сатылымын қамтамасыз етті.

Еуропа елдерінде ұқсас сипаттамадағы тауар өнімдері 450-500 \$/т бағамен сатылады.

2.6 Кеуекті темірдің кешенді өнеркәсіптік алу үлгілері

Кеуекті темірдің кешенді химиялық және фазалық құрамын талдау. Күрделі кеуекті темірді алу процесі бір-біріне ұқсамайтын металдарды тотықсыздандыру кезінде жүреді.

Темірдің тотықсыздануымен қатар темір оксидінен күшті оксидтерден марганец және хром сияқты металдар алынады. Сондықтан, Темірдің толық қалпына келу температурасында марганец пен хромның толық емес қалпына келуі мүмкін.

Бұл жөке темірде MnO және Cr_2O_3 (CrO) оксидтерінің айтарлықтай қалдық мазмұнына әкеледі. Осыған байланысты күрделі кеуекті темірдің химиялық құрамы ғана емес, сонымен қатар фазалық құрамы да қалыптасады.

Кешенді кеуекті темір құрамын аналитикалық зерттеу мақсатында темір тотығы, илем отқабыршақтары түрінде дисперсті теміркені концентраттарын қатты көміртегімен тотықсыздандыру бойынша тәжірибелік зерттеулер сериясы орындалды. Тотықсыздандырғыш ретінде құрамында көміртегі 95-98% көмір пайдаланылды.

Бастапқы компоненттердің химиялық құрамы анықталды.

15 Кесте – Шихта компоненттерінің химиялық құрамы

№	Компоненттер атауы	Химиялық құрамы, %							
		C	Fe _{общ}	FeO	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	P
1	Темір оксиді	-	68,85	0,46	0,19	0,38	0,12	0,026	0,03
2	Окалина	-	68,10	28,0	0,12	0,56	0,22	0,028	0,029
3	Ағаш көмір	97,5	-	-	-	1,22	0,25	0,012	0,02

Темірді қатты көміртегімен тікелей тотықсыздандыру арқылы әр оксидті құрамдас бөліктен кеуекті темірді өндіру жеке жүргізілді. Тотықсыздандырғыш ретінде 15-кестеде көрсетілген көмір қолданылады. Темір оксиді мен қак, кестеден көрініп тұрғандай, әртүрлі тотығу дәрежесіне ие. Темір оксиді толығымен дерлік Fe_2O_3 (FeO - 0,46%), диірмен шкаласы 66,17% Fe_2O_3 және 28% FeO 94,17% мөлшерінде тұрады. Қалғандары қоспа оксидтеріне тиесілі. Демек, темір оксидіндегі газданған оттегінің мөлшері 0,296 кг/кг, ал масштабта 0,289 кг/кг. сәйкес, тотықсыздандырғыш ретінде көмірдің стехиометриялық шығыны әртүрлі болды.

Химиялық талдаулар 16 кестеде келтірілген.

16 Кесте - Кеуекті темірдің химиялық анализі

№	Компоненттер атауы	Химиялық құрамы, %								
		C	Fe _{общ}	Fe _{мет}	Mn	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	P
1	Үлгі 1 к.т.	0,35	97,79	96,82	0,08	0,13	0,50	0,13	0,03	0,03
2	Үлгі 2 к.т.	0,51	98,0	96,90	0,07	0,14	0,48	0,12	0,029	0,03
3	Үлгі 3 к.т.	0,47	95,78	93,86	0,05	0,15	0,49	0,12	0,02	0,03
4	Үлгі 4 к.т.	0,35	96,15	93,17	0,04	0,16	0,46	0,11	0,025	0,028

Темір оксиді + көмір және қак + көмір қосындысынан тұратын қоспа құбырлы пештерге енгізілген герметикалық ұяшықтарда бөлек металдандырылды. Температуралық режим: 1100 °C дейін қыздыру және 60-

80 мин ұстау. шихтаның толықтай дерлік металдануын және жөке темірін өндіруді қамтамасыз етті.

Әр зарядтан кеуек темірінің үш үлгісі алынды. Кеуекті Темірдің химиялық және фазалық анализдері ұйымдастырылды.

Фазалық талдау Spectrolab Jr CCD спектролаб аппаратында жасалды және кеуекті Темірдің үлгілері негізінен ферриттерден тұратыны анықталды. Оксидті заттар тәуелсіз фазалар түзген жоқ. 0,35-0,5% диапазонындағы көміртегінің аз мөлшері қоспа оксидтерін - MnO және SiO₂-ні неғұрлым толық қалпына келтіру үшін потенциалды реагент болып табылады. Мысалы, жоғары температурада реакция арқылы 0,14% MnO азайту үшін



көміртегінің келесі мөлшері беріледі.

$$\Delta g_{c,1} = \frac{12}{71} \cdot 0,14 = 0,024\% \text{C}$$

Сондықтан марганец толық тотықсызданғаннан кейін кремнийдің 0,40% деңгейінде тотықсыздануы үшін көміртегінің біраз мөлшері қалады.



$$\Delta g_{c,2} = \frac{24}{60} \cdot 0,48 = 0,192\% \text{C}$$

Көрініп тұрғандай, MnO және SiO₂ толық тотықсыздануына қалдық көміртегінің жалпы мөлшерінен барлығы 0,216% жұмсалады.

Дайын кеуекті темірде Көміртегі мөлшері 0,134-0,292% деңгейіне дейін төмендейді, бұл болатта көміртегінің оңтайлы концентрациясына сәйкес келеді.

17 кестеде келтірілген кеуеті темір үлгілерінен металл шығымы 0,95-0,98 кг/кг аралығында. Марганецтің 0,6-1,5% деңгейінде және хромның 1,5-2,5% деңгейінде концентрациясын анықтауға бастапқы темір кені концентратының құрамына қосымша енгізу арқылы қол жеткізуге болады:

- 1) марганец компоненті 0,02-0,05 кг/кг шегінде;
- 2) 0,05-0,09 кг/кг шегінде хромит концентраты.

1100°C деңгейінде жөке темірін алудың температуралық режимін сақтай отырып, құрамдары төменде 17 кестеде келтірілген күрделі кеуеті темір алынды.

17 Кесте - Күрделі кеуекті темірдің химиялық талдаулары.

Үлгілердің атауы	Химиялық құрамдар, %										
	C	Fe	Fe	Mn	MnO	Cr	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	P
Үлгі 1 кг/ж	0,36	91,39	90,48	0,35	0,43	0,37	1,5	0,46	0,12	0,03	0,03
Үлгі 2 кг/ж	0,43	89,90	88,90	0,42	0,82	0,45	1,53	0,44	0,11	0,02	0,03
Үлгі 3 кг/ж	0,49	86,30	84,56	0,36	1,12	0,49	1,8	0,44	0,108	0,022	0,03
Үлгі 4 кг/ж	0,64	84,34	81,73	0,45	1,40	0,63	2,36	0,40	0,096	0,025	0,029

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмысымды қорытындылай келе, жоғары экономикалық тиімділігі жағынан маңызды болып табылатын әдісі кеуекті темірдің жиі қолданылатыны ұнтақ металлургиясы. Кеуекті темір, жеңіл ұсақталған масса ретінде немесе темірдің жеке бөлшектері түрінде алынады.

Кеуекті темірді ұнтақтау немесе тікелей қалпына келтіру арқылы алынған темір ұнтағы техникада көбінесе ұнтақты металлургияда және дәнекерлеу электродтарын жабу арқылы машина бөлшектерін жасау үшін кеңінен қолданылады. Өнеркәсіп өндірісі қалпына келтірілген темір ұнтағы Швецияда, АҚШ-та, Ресейде, Германияда жақсы ұйымдастырылған.

Кеуекті темірі әртүрлі тотықсыздандырғыштарды қолдана отырып және әртүрлі типтегі агрегаттарда бай кенді немесе темір рудасын азайту арқылы алынады. Оксидтердің оттегін кетірудің қажетті деңгейіне дейін төмендету 1000-1100°C дейінгі температурада жүзеге асырылады, кейбір жағдайларда кеуекті бөліктер немесе спек түрінде алынған өнімдегі көміртегі мөлшерін реттейді. Кеуекті темірдегі металдық темірдің мөлшері 86-92% аралығында болды.

ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 <http://bibliotekar.ru/enc-Tehnika-2/96.htm>
- 2 <http://bibliotekar.ru/enc-Tehnika-2/96.htm> Энциклопедический словарь юного техника.
- 3 <http://bibliotekar.ru/enc-Tehnika-2/96.htm> Энциклопедический словарь юного техника.
- 4 <http://bibliotekar.ru/enc-Tehnika-2/96.htm> Энциклопедический словарь юного техника.
- 5 Ольга Фомина Безкоксовая металлургия Русмет 12 марта 2010
- 6 <http://bibliotekar.ru>
- 7 Металлургия: В. И. Коротич, С. С. Набойченко, А. И. Сотников, С. В. Грачев, Е — Москва, УГТУ (Уральский государственный технический университет), 2001 г.- 398 с.
- 8 Технология металлов и материаловедение / Б.В. Кнорозов, Л.В. Усова, А.В. Третьяков и др.— М.: Металлургия, 1987.— 800 с.
- 9 Bogdandy L. Riecke G/ Uber die Gesch-windigkeit der Reduction Von Eisenowyd and Wasserstoff // Archiv fur das Eisenhüttenwesen/ 1958. N 29. S.603-606.
- 10 EXC Energy components Технология нового времени <http://www.oaoex.ru>.
- 11 Курунови Ф., Савчук Н.А. Состояние и перспективы бездоменной металлургии железа. М.: Черметинформация, 2002,198с. (112-155с.)
- 12 Развитие бескоксовой металлургии / Тулин Н.А., Кудрявцев В.С., Пчелкин С.А. и др. / Под ред. Тулина Н.А., Майера К. — М.: Металлургия, 1987. — 328 с. 2. Свинолобов Н.П., Бровк
- 13 Direct from Midrex. 2nd quarter. 1997.
- 14 Юсфин Ю.С., Даньшин В.В., Базилевич Т.Н. и др. Влияние содержания железа в связке на свойства окатышей. Сталь, 1981, № 3, с. 9 — 11.
- 15 Гиммельфарб А.А., Пашков Н.Ф. Новые процессы получения металла, М., Металлургия, 1994, 319 с.
- 16 Коршиков Г.В. Энциклопедический словарь-справочник по металлургии. -Липецк: Липецкое издательство Госкомпечати РФ, 1998. 784 с.
- 17 Байдов В.В., Крашенинников М.Г., Филиппов С.И. Закономерности восстановления железа из рудных расплавов водородом // Известия ВУЗов. Черная металлургия. 1964. №1. - с. 13-19.
- 18 Переработка комплексного железорудного сырья процессом жидкофазного восстановления / Усачев А.Б., Баласанов А.В., Чургель В.О. и др. // Бюллетень «Черные металлы». 1994 - №5-6. - 1994 - с.37-40.
- 19 Управление процессом жидкофазного восстановления РОМЕЛТ / Усачев А.Б., Роменец В.А., Баласанов А.В. и др. // Черные металлы. 2000. - №8. - С. 10-14.

20 Усачев А.Б., Лехерзак В.Е., Баласанов А.В. Восстановление железа в процессе РОМЕЛТ // Черные металлы. 2000. -№12. - С. 14-21.

21 Начальные стадии восстановления железа из шлака в процессе РОМЕЛТ / Зайцев А.К., Криволапов Н.В., Валавин В.С. и др. // Сталь. 2000. - №6. - С.75-8

22 Курунов И.Ф., Савчук Н.А. Состояние и перспектива бездоменной металлургии железа. М.,Черметинформация , 2002, 198 с.

23 Способ металлизации дисперсного сырья и установка для его осуществления: Пат. 2026375 Россия МКИ6 С 22 В 1/20 / Тлеугабулов С.М., Носов К.Г., Урюпин С.Д., Литвиненко Ю.А.; 3-д - втуз при Караг. метал. комб. - № 4940144/02 ; Заявл. 30.5.91 ; Оpubл. 10.1.95, Бюл. №1

24 УДК 669.181.4(088.8) 4В202 П. Способ и устройство для металлизации оксидов железа. Method and apparatus for reducing iron oxide to metallic iron :Пат. 4880459 США , МКИ4 С 21 в 13/02/91

25 1В124. Фирмы Midrex и Kobe разрабатывают новый процесс прямого получения железа. Midrex and Kobe develop new direct reduction process \ Iron and Steelmaker. -1996

26 1В125. Исследование влияния марочного состава углей на угольное прямое восстановление бедных железных руд. The effect of coal-kind on coal-based direct reduction of low grade ironore // Zhongang = J.Cent.S.Univ.Techol. - 1997.-28, №2/-С/ 126 -129. Кит.;рез. Англ.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мылтықбай Сүндет Мұратұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу процестерін зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 12

Знаки из других алфавитов: 17

Интервалы: 0

Белые Знаки: 323

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата

01-06-2022

Заведующий кафедрой

М.О.П.И.
Бермешинский М.И.
Бермешинский

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мылтықбай Сүндет Мұратұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу процестерін зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 12

Знаки из здругих алфавитов: 17

Интервалы: 0

Белые Знаки: 323

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

27.05.2022 г.

Қойшина

проверяющий эксперт

Қойшина Г.М.

РЕЦЕНЗИЯ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСЫНА
(жұмыс түрлерінің атауы)

Мылтықбай Сүндет Мұратұлы
(оқушының аты жөні)

«5B070900 – Металлургия»
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу процестерін зерттеу

Рецензияға ұсынылған дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден құрастырылған: қазақ, орыс, шет тілдерінде аңдатпа, кіріспе, негізгі бөлім, эксперименттік зерттеу бөлімі, қорытынды.

Дипломдық жұмыста, әлемде кеуікті темір алу процесінің заманауи тәсілдеріне әдеби шолу жүргізілген. Кеуікті темір алу теориясы мен практикасы қарастырылған. Кеуікті темір алу бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілген. Шахталық процесі арқылы кеуікті темір алу технологиясы зерттелген. Шахталық процесі арқылы кеуікті темір алу процесінің оңтайлы технологиялық параметрлері орнатылған.

Жұмыс бойынша ескерту: Шахталық процесі арқылы кеуікті темір алу технологиясың кемшіліктері қандай?

Жалпы дипломдық жұмыс жұмыстың мазмұны талапқа сай және «өте жақсы, 95%» деп бағалана алады. Ал Мылтықбай Сүндет Мұратұлы «5B070900 – Металлургия» мамандығы бойынша бакалавр дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Рецензент

ҒӨА «Технопарк-Темиртау»,
ғылыми қызметкері, PhD докторы
(қызметі, ғыл. дәрежесі атағы)



Құрмансейтов М.Б.

« 2022 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

(жұмыс түрлерінің атауы)

Мылтықбай Сүндет Мұратұлы

(студенттің аты жөні)

5B070900 – «Металлургия»

Тақырыбы: «Тікелей редукциялау әдісімен рудадан кеуек темір алу процестерін зерттеу»

Мылтықбай Сүндет Мұратұлы дипломдық жұмыстың бөлімдерін дәйекті түрде аяқтады: 1) мәселенің жай-күйіне шолу; 2) зерттеу әдістері; 3) жетекшінің тікелей келісімі бойынша эксперименттік зерттеулер.

Диссертацияның бұл бөлімдері жоспарлы кесте бойынша жүйелі түрде жүргізілді. Дипломдық жұмысты орындау кезіндегі барлық уақыт ішінде ішкі жұмыс тәртібін бұзу фактілері болған жоқ.

Дипломдық жұмыс мемлекеттік-комиссия алдында қорғауға ұсынылады. Жетекшінің дипломдық жұмысқа қоятын бағасы 95% (өте жақсы). Ал Мылтықбай Сүндет Мұратұлы «5B070900 – Metallургия» мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

Ғылыми жетекші

PhD докторы, Ассистент-профессор

Г.М. Койшина

Г.М. Койшина

«30» 05. 2022 ж.