

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

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

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Тәжмұханова Ө.Б.

Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

ӘОЖ 669.29.295 (043)

Қолжазба құқығында

Тәжмұханова Ә.Б.

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы

Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу

Дайындау бағыты

7М07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

Ғылыми жетекші,

Ph.D. докторы, қауым. проф.

Г.М. Койшина Койшина Г.М.

« 12 » 06 2023 ж.

Пікір беруші,

АО "ФИК "Алел"

Гидрометаллургия цехы және

ВНОХ Инженер-технологы

М.Б. Құрмансейтов Құрмансейтов М.Б.

« 12 » 06 2023 ж.

Норма бақылаушы,

Ph.D. докторы, аға оқытушы

С.К. Джуманкулова Джуманкулова С.К.

« 12 » 06 2023 ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байқоңырова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

МжПҚБ кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд., қауым. проф.

М.Б. Барменшинова Барменшинова М.Б.
« 12 » 06 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

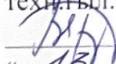
Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

7М07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд., кауым. проф.

 Барменшинова М.Б.
« 13 » 01 2023 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант Тәжмұханова Әсел Бердібекқызы

Тақырыбы: Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу

Университеттің Басқарма Төрағасы – Ректордың «02» қараша 2021 жылғы № 1779-М
бұйырығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 13 маусым 2023 жылы

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: диссертациялық жұмыстың
стехиометриялық есептеулерін жүргізуге арналған әдістеме; зерттеу жұмысты
жүргізуге арналған методикалық әдістеме; зерттеу объектісінің химиялық құрамы.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Жоғары пайыздық ферротитан өндірісі тақырыбындағы алдыңғы зерттеулер мен
жарияланымдарға шолу;

ә) Қолданылатын әдістер мен реакциялардың сипаттамасын қоса алғанда, жоғары
пайыздық ферротитан алудың әртүрлі тәсілдерін қарастыру;

б) Жоғары пайыздық ферротитан алу процесін зерттеу аясында орындалған практикалық
жұмыстардың сипаттамасы.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

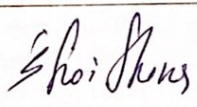
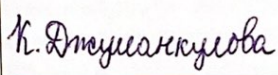
Жұмыс презентациясы 12 слайдтарда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 18 атау.

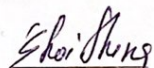
Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Әдебиетке шолу	20.12.2021 ж.	
Технологиялық схеманы тандау және негіздеу	16.05.2022 ж.	
Металлургиялық есептер	19.05.2022 ж.	
Слайдтарды дайындау	11.05.2023 ж.	

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушының қойған қолдары

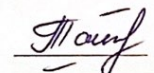
Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Технологиялық бөлім	Ph.D докторы, қауымдастырылған профессор Койшина Г.М.	05.06.2023 ж.	
Норма бақылаушы	Ph.D докторы, аға оқытушы Джуманкулова С.К.	12.06.2023 ж.	

Ғылыми жетекші



Койшина Г.М.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды



Тәжмұханова Ә.Б.

Күні

« 13 » 01 2023 ж.

АНДАТПА

Магистрлік диссертацияда жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясы анықталып, зерттеу жұмыстары жасалынды. Сонымен қатар, белгілі зерттеу әдістері қарастырылып талданды. Әдістердің әрқайсысы егжей-тегжейлі зерттелді және салыстырылды. Жұмыста қажетті тәжірбиелер мен есептеулер жүргізілді.

Зерттеудің мақсаты жоғары титан мен темір қорытпасын өндіру. Жоғары пайыздық ферротитанның құрамында титанның едәуір мөлшері бар, бұл оны осы металдың жоғары құрамын қажет ететін процестерде қолдануға мүмкіндік береді. Ол енгізілген материалдардың механикалық қасиеттерін жақсартуға, сондай-ақ олардың құрылымы мен қасиеттерін реттеуге қабілетті. Жоғары пайыздық ферротитан алу әртүрлі салаларда кең ауқымды қолданбаларға ие, мұнда жоғары өнімділігі мен қасиеттері бар арнайы қорытпалар қажет.

АННОТАЦИЯ

В магистерской диссертации выявлена технология получения ферротитана высокого процента, выполнены исследовательские работы. Кроме того, были рассмотрены и проанализированы известные методы исследования. Каждый из методов был подробно изучен и сопоставлен. В работе проведен необходимый опыт и расчеты.

Целью исследования является производство сплавов титана и железа с высоким содержанием. Ферротитан с высоким процентом содержит значительное количество титана, что позволяет использовать его в процессах, требующих высокого содержания этого металла. Он способен улучшать механические свойства вводимых материалов, а также регулировать их структуру и свойства. Получение ферротитана с высоким процентом имеет широкий спектр применений в различных областях, где требуются специальные сплавы с высокими характеристиками и свойствами.

ABSTRACT

In the master's thesis, the technology of obtaining high-percentage ferrotitane was identified, research work was carried out. In addition, well-known research methods were reviewed and analyzed. Each of the methods was studied in detail and compared. The necessary experience and calculations were carried out in the work.

The purpose of the study is the production of titanium and iron alloys with a high content. Ferrotitane with a high percentage contains a significant amount of titanium, which allows it to be used in processes requiring a high content of this metal. It is able to improve the mechanical properties of the injected materials, as well as regulate their structure and properties. The production of ferrotitane with a high percentage has a wide range of applications in various fields where special alloys with high characteristics and properties are required.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Ғылыми және ғылыми-әдістемелік әдебиеттерге шолу	8
1.1 Жоғары пайыздық ферротитан өндіру технологиясы	8
1.2 Жоғары пайыздық ферротитан алу жолдары	11
1.3 Белгілі өнертабыстарға сипаттама	12
2 Теориялық бөлім	16
2.1 Титан қожынан ферротитан алудың жаңа процесі	17
2.2 Эксперименттік бөлім	17
2.3 Құрылғылар мен әдістер	18
3 Тәжірибелік жұмыстар	21
3.1 Тәжірибе барысы	22
3.2 Есептеу барысы	26
3.3 Металлдандыру және балқыту процесстері	30
Қорытынды	41
Қабылданған қысқартулар терминдері тізім	42
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	45
Қосымша А	

КІРІСПЕ

Зерттеудің өзектілігі: Ферротитан болат өндірісінде легірлеу, газсыздандыру және тотықсыздандыру үшін қолданылады. Құрамында ферротитан бар болаттардың механикалық қасиеттері жоғарылайды. Ыстыққа төзімді және тот баспайтын болаттар өндірісінде ферротитан көміртекті титан карбидіне байланыстырады, бұл дәнекерлеуді және коррозияға төзімділікті жақсартады.

Ферротитанның құрамында 20-75 % Ti бар. Ферротитанның құрамына кіретін темір балку температурасын төмендетеді, бұл отқа төзімді титанның сіңуін жеңілдетеді. Бұл сонымен қатар тот баспайтын болатты өндіру үшін қолданылатын аралық қорытпа. Ферротитан қосылған болат коррозияға төзімділігі бойынша ерекше қасиеттерге ие болады.

Зерттеудің мақсаты: Жоғары пайыздық ферротитанды алу технологиясын зерттеу, белгілі технологияларды зерттеу, осы әдістер мен әдістемелердің кемшіліктері мен артықшылықтарын көрсету.

Зерттеу міндеттері:

- 1) жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу;
- 2) тақырып бойынша белгілі зерттеулермен танысу;
- 3) жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын әзірлеу.

1 Ғылыми және ғылыми-әдістемелік әдебиеттерге шолу

Ферротитан-бұл аралық қорытпа (алюминий, хром, марганец, кремний және т.б.), ол одан әрі тот баспайтын болаттарды өндіруде қолданылады, оның құрамында 35 % немесе 60 %-дан астам титан бар. Ферротитанның үлесін болатқа енгізген кезде ол коррозияға қарсы қасиеттерге ие болады. Сондай-ақ, ферротитан қорытпадағы көміртекті титан карбидіне байланыстырады, соның арқасында соңғы қосылыстың ыстыққа төзімді қасиеттері пайда болады, дәнекерлеу қабілеті жақсарады. Ферротитан балқыту немесе қалпына келтіру арқылы алынады.

Ферротитанның негізгі артықшылықтарының бірі:

- салыстырмалы түрде төмен құны;
- балқу температурасының төмендеуі;
- отқа төзімді титанның сіңуін жеңілдету;
- құрамында қорытпалардың механикалық қасиеттерін арттыру;
- болаттар мен қорытпалардың дәнекерленуін жақсарту;
- коррозияға төзімділікті арттыру.

1.1 Жоғары пайыздық ферротитан өндіру технологиясы

Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясы екі айтарлықтай ерекшеленетін кезеңге бөлінеді:

Бірінші кезең доғалы кенді-термиялық пеште титан қожын алуды қамтиды;

Екінші кезең-негізгі шихта материалы ретінде титан қожын қолдана отырып, ферротитан алу.

Шихта материалдары. Шихтаның негізгі компоненті-ильменит концентраты. Бірінші қайта бөлуде титан қожын алу үшін тотықсыздандырғыш ретінде коксик (көміртегі термиялық процесі), екіншісінде алюминий түйіршіктері (алюминий термиялық процесі) қолданылады.

Тотықсыздандыру үшін жоғары пайыздық ферротитан алу үшін ферросилиций қолданылады, қождың негізділігін арттыру үшін-эк және темір рудасы металл патшаларының тұндырғышы ретінде қолданылады.

Ильменит концентраты. 70-тен астам минералдар белгілі, олардың негізгі компоненті титан. Ең көп таралған минералдар: рутил, ильменит, титаномагнетит, сфен, аризонит.

Ильменит-темір метатитанаты, FeO , TiO_2 , Fe_2O_3 гематитіне негізделген күрделі қатты ерітінді.

Таза түрінде ильменит сирек кездеседі; әдетте оның құрамында ильменитпен изоморфты байланысқан күйде болатын әртүрлі металл оксидтерінің қоспалары бар.

ТУ 48-4-236-72 сәйкес ферротитан өндіру үшін пайдаланылатын 1-ші сортты концентратта 50-54 % TiO_2 болуы керек; 0,08 % дейін P_2O_5 ; 0,05 % CH_2O_3 ; 1,5 % дейін H_2O .

Коксик. Шихтаны дайындаудың кез-келген тәсілімен темір – титан концентраттарын балқыту процесін сәтті жүргізудің маңызды шарты-тотықсыздандырғышты тандау және оның дұрыс дозасы. Тотықсыздандырғыштар құрамында көміртегі бар әртүрлі материалдар болуы мүмкін: мұнай коксы, антрацит, көмір, көмір. Тотықсыздандырғыштардың реактивтілігі жоғары, электр өткізгіштігі төмен, күлі аз, құны төмен болуы керек.

Тотықсыздандырғыштың жоғары реактивтілігі темір оксидтерінің ең жоғары тотықсыздану жылдамдығын қамтамасыз етеді.

Төмен электр өткізгіштік шихтада терең орналасқан электродтарда балқыту процесін жүргізу үшін қажет, бұл процестің тыныш өтуін қамтамасыз етеді.

Тотықсыздандырғыштағы ұшпа, ылғал және күл мөлшері шлактағы титан диоксидінің құрамына айтарлықтай әсер етеді: олардың мөлшері неғұрлым жоғары болса, титан диоксидінің мөлшері соғұрлым төмен болады.

Алайда, көміртегі мөлшері жоғары және күлі аз болғандықтан, мұнай мен пек коксы оның негізіндегі шихталардың жоғары құны мен салыстырмалы түрде аз электр кедергісіне байланысты қолданбаларды таппады.

Жоғары реактивтілікпен сипатталатын және шихтаның электр кедергісін қамтамасыз ететін көмір де жоғары шығындарға байланысты кеңінен қолданылмайды.

Титан токсиндерін өндірудегі негізгі тотықсыздандырғыштар-коксик және антрацит. Салыстырмалы түрде төмен бағамен олар қалпына келтіру қабілеті бойынша көмірден едәуір төмен, ал электр кедергісі бойынша олар онымен бірдей деңгейде.

Құрғақ Қытай коксы жақсы тотықсыздандырғыш болып табылады және бұл сапада "ферроқорытпа зауытында" кеңінен қолданылады. Құрғақ кокстың химиялық құрамын 1 кестеден көрсек болады.

1 Кесте – Құрғақ кокстың химиялық құрамы

C	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	CaO	P	P ₂ O ₅	Басқалар	S
85	0,18	2,86	2,12	5,46	0,76	0,02	0,05	3,24	0,33

Әдетте, шихтаға енгізілетін көміртектің мөлшері 8-10 % FeO бар бастапқы шлак шихтасы ерігеннен кейін алынғаннан кейін есептеледі. Ерекшелік - құрамында 5 %-дан аспайтын FeO бар шлактарды алу есебінен шихтаға көміртегі енгізілетін титан шлактарын жабық режимде балқыту.

Коксты кокстеу деп аталатын көмірдің кейбір сорттарының ауасына қол жеткізбестен 1000-1200 °C құрғақ айдау арқылы алады.

Арнайы кокс пештеріндегі ұшпа заттарды алып тастағанда, агломерация жүреді, оның ұзақтығы 15-20 сағ. кокстеу алдында көмір 2-3 мм дәннің көлеміне дейін щек ұсатқыштарда ұнтақтаудан, байытудан және араластырудан тұратын дайындықтан өтеді. Газдар бөлінген кезде кокстың күйдірілген кеуекті массасы жарылып, бөліктерге бөлінеді.

Темір кені. Руда құрамында темір бар минералдардың қоспасынан тұрады, оның құрамына әр түрлі қосылыстар, ең алдымен SiO_2 кремний диоксиді, Al_2O_3 глинозemi, CaO кальций оксиді және MgO магний оксиді кіреді. Темір рудасында 8 %-дан аз SiO_2 болуы керек, өйткені ол қождың негізділігін төмендетеді, 0,05 %-дан аз S және 0,2 %-дан аз P; 40-100 мм кесектердің өлшемі бар кенді қолданған жөн, өйткені мұндай кесектер қож қабаты арқылы оңай өтеді және металмен тікелей әрекеттеседі.

Темір рудасы ферротитан өндірісінде темірдің мөлшері кемінде 60 %, фосфор мен кремний диоксиді тиісінше 0,15 және 2,5 % аспайтын болса, мөлшері 3 мм-ге дейінгі бөлшектерге дейін ұнтақталған құрғақ қолданылады. Темір термитті Тұндырғышта мөлшері ≤ 5 мм бай темір аз фосфорлы ($\leq 0,017$ % P) кен қолданылады.хэ

Ферротитан алу кезінде тотықсыздандырғыштар. Алюминий ұштары Сығылған ауа немесе бейтарап газ ортасында сұйық қайталама алюминий саптамасы арқылы бүрку арқылы алынады, бұл алюминий шаңының қажетті жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Тотықсыздандырғыш ретінде қайталама алюминий ұнтағы ($0,1-1,0 \text{ мм} \geq 55$ %, $1,0-3,0 \text{ мм} \leq 25$ %, $0-0,1 \text{ мм} \leq 30$ % фракциялары) және ұнтақ ферросилиций FS75 қолданылады. Алюминий ұштары сұйық алюминийді саптама арқылы сығылған ауамен немесе жақсырақ инертті газбен бүрку арқылы алынады. Бүріккіштің максималды өнімділігі металдың $710-750^\circ\text{C}$ температурасында қамтамасыз етіледі. Г.Ф. Игнатенко концентратты, темір шкаласын және әкті сұйық алюминиймен арнайы араластырғышта араластыру арқылы алынған кенді қалпына келтіру қоспасын алу технологиясын жасады, бұл өндірістің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін арттыруды қамтамасыз етеді.

Шихтадағы алюминийдің максималды мөлшерін суық концентратта (температура $< 50^\circ\text{C}$) және алюминийде $660-680^\circ\text{C}$ дейін қыздырылған жағдайда орнатуға болады. Балқытуда қолданылатын моношихтаның температурасы $100-200^\circ\text{C}$.

Күшті титан силицидінің түзілуіне байланысты Ti_5Si_3 , қорытпадағы кремнийдің 5-5,5 %-ға дейін артуы титанды алудың айтарлықтай жоғарылауына және қорытпадағы алюминийдің қалдық құрамының төмендеуіне әкеледі. Қорытпадағы $\text{Ti}:(\text{Si}+\text{Al})$ қатынасы қорытпаның құрамындағы елеулі өзгерістермен іс жүзінде тұрақты болып қалады, сондықтан шихтадағы кремний құрамын арттырған жөн. Бұған 45-75 % ферросилиций ұнтағын (3 мм-ге дейін) енгізу арқылы қол жеткізіледі.

Әк. Қож түзгіштер мен Тотықтырғыштарға стандартты талаптар қойылады : әк құрамында 90 %-дан кем емес CaO , 3-4 %-дан көп SiO_2 , 0,1 %-

дан жоғары S болмауы керек және металға сутегін қоспау үшін жаңа піскен болуы керек. Ұнтақталған әкті қолданған кезде кесектердің мөлшері 3-4 мм-ден аспауы керек. "ферроқорытпа зауытында" қолданылатын әк осы талаптарды толығымен қанағаттандырады. Ылғалды кетіру үшін оны Цойға (әк күйдіру цехы) жағады және күйдіргеннен кейін оның құрамы бар: 92 % CaO, 3 % SiO₂, 2 % MnO және 0,02 % S.

1.2 Жоғары пайыздық ферротитан алу жолдары

Жоғары пайыздық ферротитан индукциялық және электрошлакты балқыту арқылы өндіріледі. Индукциялық ферротитан каналды индукциялық пештерде салмағы 500-550 кг жалпақ конустық құйма түрінде алынады. Металл сұйық ваннасынан балқыманы қалыпқа құю алдында сынама алынады. Титан белсенді элемент болып табылады және атмосферамен әрекеттескенде азот пен оттегін сіңіреді. Сондықтан балқыманы газдың қанығуынан қорғау үшін шаралар қабылдау қажет.

Сапалы ферротитан алудың бір жолы-электрошлакты балқыту (ЭШП). Электрошлакты балқыту әдісімен жоғары пайыздық ферротитан мыс су салқындатқыш кристаллизаторы бар электр пештерінде алынады. ЭШП пештері айнымалы жиіліктегі тұрақты айнымалы тоқта жұмыс істейді. Мұндай пештер төмен индуктивтілікке, жоғары тиімділікке, біркелкі жылу ағынына ие. Шихта материалдары ретінде легирленбеген болаттардың жоңқалары мен титан қорытпаларының жоңқалары қолданылады.

Ферротитан өндірісінің учаскелері ұсақтау-ұнтақтау және сұрыптау жабдықтарымен жабдықталған және өндіруге мүмкіндік береді ферротитан фракциялар 10 - 50 мм.

Тағы бір әдіс-*электр пешіндегі темір мен титан қалдықтарын балқыту әдісі*, нәтижесінде жоғары пайыздық ферротитан пайда болады. Ферротитан өндірісі үшін титан қалдықтары жиі қолданылатындығына байланысты, ал соңғы қорытпаның тазалығына қойылатын талаптар оның номенклатурасы бойынша салыстырмалы түрде кең қоспалардың болуына мүмкіндік береді, оны өндіру құны төмен.

Құрамында 65-75 % Ti (FeTi 70) бар жоғары пайыздық ферротитан сорттарын алудың белгілі әдісі *индукциялық электр пешінде титан мен темірдің металл сынықтарын біріктіруге* негізделген. Сонымен қатар, металл қалдықтарын металлургиялық қайта бөлу үшін пайдаланған жағдайда, бұрын алынған тауар өніміне енгізілген, балқытылған ферротитанның өзіндік құны өте төмен. Алайда, металл қалдықтарын балқыту арқылы алынған ферротитанды Болаттың жауапты маркаларына, соның ішінде хромоникельді тот баспайтын заттарға қолданған кезде, ол өзімен бірге болатқа бағдарламаланбайтын қасиеттерге әкелетін көптеген қажетсіз қоспаларды (Sn, Zr, Mo, Cr, Mn, V, Zn және т.б.) алып жүретінін ескеру қажет, кейде олар некеге айналды.

Осыған байланысты қазіргі уақытта ферротитанды бастапқы шикізаттан (ильменит, рутил немесе титаномагнетит концентраттары) алу қажеттілігі туындады, ол белгілі технологиялар бойынша ферротитаннан өзіндік құнының төмендеуімен және қажетсіз қоспалардың мүмкіндігінше аз мөлшерімен ерекшеленетін еді.

Гиредметте зерттеулер жүргізіліп, екі сатылы процесте ильменит концентрат ферротитанын балқыту технологиясы жасалды. Технологиялық процестің бірінші сатысында құрамында 75-76 % TiO_2 және 16-17 % FeO бар титан жартылай өнімі көміртекті түрде балқытылады, ол екінші сатыда сұйық күйінде алюминиймен алдын ала тотықсызданады. Өзірленген технология құрамында 45-55 % Ti бар ферротитан алуға мүмкіндік береді; 2,4-2,6 % Si ; 7-8 % Al ; 0,006 % P ; 0,003 % S және Fe – қалғаны.

1.3 Белгілі өнертабыстарға сипаттама

Бұл өнертабыс металлургия саласына, атап айтқанда алюминий-термиялық процесс арқылы ферротитан өндірісіне жатады.

Ең жақын белгілі әдіс-металлургиялық реакторға металл титан қалдықтарын тиеу, металлотермиялық қоспаны қосу және оны балқыту, Шихтаның негізгі бөлігін тиеу және балқыту, титан қалдықтарымен (титан бар шикізатпен) бірге чушка алюминийін тиеуге, содан кейін шахтаның металлотермиялық бөлігін балқытуға және балқытуға мүмкіндік беретін металл мен қожды шығару, ферротитан алу тәсілі. титан қалдықтарының массасынан 46,7-83,7 мөлшеріндегі әк.

Бұл әдіс балқыту кезінде титан шлактарын қолдануға мүмкіндік бермейді, ал титан қалдықтары (92 % Ti) қазіргі уақытта индукциялық пеште темірмен балқыту арқылы жоғары пайыздық ферротитан алу үшін тиімдірек пайдаланылуда.

Бұл өнертабыстың міндеті-құрамында 85-95 % TiO_2 бар сұйық титан қожын пайдаланып ферротитанды балқыту технологиясын жасау.

Қойылған міндет құрамында титан бар шикізат ретінде сұйық титан қожын, ал темір кені концентрат, алюминий ұнтағы, әк және ферросилицийден тұратын шихтаның металлотермиялық бөлігі қолданылады 1:(1,09-1,18):(0,27-0,33):(0,08-0,09) тиісінше, 126-146 % араластыру және балқыту титан қожының массасынан темір кені концентрат, әк және алюминий ұнтағынан тұратын Шихтаның негізгі бөлігі арақатынаста араластырылып, балқытылады 1:(0,1-0,29):(0,43-0,46) тиісінше, титан қожының массасының 15-25 % мөлшерінде. Құрамында титан бар шикізат ретінде 1700-1850 °C температурада 85-95 % TiO_2 бар сұйық титан шлактары қолданылады.

Мәлімделген әдістің айрықша ерекшелігі - бұл әдіс ферротитанды балқыту кезінде сұйық титан шлактарын қолдануға, балқыту кезінде алюминийдің салыстырмалы түрде төмен шығыны бар металға титанның жоғары шығарылуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, әдіс

бір металлургиялық қайта бөлуге МЕСТ 4761-91 сәйкес екі тауарлық ферротитан өнімін және ТУ 14-11-164-78 бойынша Синтетикалық шлактарды балқытуға арналған жартылай алюминий өнімін және ТУ 14-11-347-2000 алюминий тотығын алуға мүмкіндік береді.

Шихтаның металлотермиялық бөлігіндегі шихта компоненттерінің арақатынасының үлкен жаққа өзгеруі оның термиялылығының төмендеуіне және алюминийдің ішінара күйіп кетуіне, ал титан қожынан титанның аз қалпына келуіне қатынасының өзгеруіне әкеледі. Шихтаның металлотермиялық бөлігінің балқытуға арналған титан қожының массасының 12,6 %-дан аз мөлшерінің азаюы қождан титанның қалпына келмеуіне, ал алюминий мен титанның сублимациясына 14,6 %-дан астам ұлғаюына әкеледі.

Негізгі бөліктегі шихта компоненттерінің арақатынасын үлкен немесе кіші бағытта өзгерту титанның қалпына келу тиімділігін төмендетеді және ішінара металл патшаларының шлакта "шатасуына" әкеледі. Негізгі бөлік мөлшерінің 15 %-дан аз төмендеуі глиноземді жартылай өнімде TiO_2 жоғарылауына, ал титан қожының массасының 25 %-дан астамы ферротитандағы титанның төмендеуіне әкеледі.

Сұйық титан қожының температурасының 1700 °С-тан төмен төмендеуі процестің жылулығының төмендеуіне және титанның ферротитанға шығарылуының төмендеуіне әкеледі, ал балқыту кезінде титан мен алюминийдің сублимациясына 1850 °С-тан асады.

Ұсынылған әдіс бойынша ферротитанды балқыту әдісін сынау нәтижелерін талдай отырып, келесі қорытынды жасауға болады:

1) сынау процесінде құрамында 90 % TiO_2 және $T=1700$ °С бар сұйық қождан МЕСТ 4761-91 қанағаттандыратын ферротитан және жол бойында ТУ 14-11-164-78 бойынша синтетикалық қождарды балқытуға арналған жартылай өнімді бір металлургиялық қайта бөлу үшін алынды;

2) ферротитанға титан алу жоғары техникалық-экономикалық деңгейде 84,8-84,9 % құрады;

3) 1 кг қалпына келтірілген титанға алюминий шығыны ферротитан 1,4064-1,4072 кг құрады, бұл прототип ретінде алынған әдіске қарағанда едәуір төмен (1,6157-1,9237).

Өнертабыс қара металлургияға, атап айтқанда ферротитанды алюминотермиялық алу әдістеріне жатады. Ұсынылған өнертабыстың шешілетін міндеті-алюминий ұнтағын сәйкесінше 1,8:0,2 қатынасында бастапқы алюминий мен ферросиликоалюминийден (FSA) тұратын кешенді тотықсыздандырғышқа ауыстыру. Өнертабыстың қол жеткізілген техникалық нәтижесі-стандартты жоғары пайыздық ферротитан алу үшін арзан тотықсыздандырғышты, FSA қолдану.

Өнертабыс қара металлургияға, атап айтқанда ферротитанның алюминий термиялық электрмен пісіру әдістеріне қатысты. Қазіргі уақытта әлемнің металлургиялық тәжірибесінде жоғары пайыздық ферротитанның негізгі мөлшері индукциялық пештердегі техникалық титан қалдықтары мен оның қорытпаларын балқыту арқылы алынады. Қазіргі уақытта мұндай

калдыктар іс жүзінде таусылды. Ресейде Ключевский ферроқорытпа зауытында тазартылған руднотермиялық пештерде мұндай металл таза алюминийді қолдана отырып рутил өндіріледі. Титан оксидтерінен ферротитан алу әдісі (аналогы) белгілі (Трубин А.Н., Альтман П.С., Демидов Б.А., Карасев В.Н., Махонин А.С. титан оксидтерінен пешті балқыту әдісі. Ресей Федерациясының патенті № 2000130080 20.01.2003 ж.). Бұл әдіс пеште титан оксидтерінен тұратын шихтаны, атап айтқанда титанды, тотықсыздандырғышты, темір термитті тұндырғышты отты кесу кезінде пайда болатын шлактарды тиеуді және балқытуды қамтиды. Тотықсыздандырғыш ретінде құрамында 55-60 % алюминий бар ферроалюминий қолданылады. Бұл жағдайда электрошлакты балқыту пешінде 50-60% құрамы бар қорытпа алынады. Температураны ұстап тұру үшін титан чиптерін бөлгеннен кейін скринингтер шихтаға қосылды.

Белгілі әдістің кемшілігі-шихтада тапшы және қымбат компоненттерді, мысалы, отты кесетін шлактар мен ферроалюминийді тотықсыздандырғыш ретінде пайдалану.

Жоғары пайыздық ферротитанды ильмениттен екі сатылы әдіспен алу әдісі (прототипі) белгілі (Чепель С.Н., Звездин А.А., Полетаев Е.Б. ильмениттен жоғары титанды ферроқорытпаны алу тәсілі. Ресей Федерациясының патенті № 2005115109).

Бұл әдіс темір сынықтарын электр доғалы пешке алдын ала енгізуді, оны балқытуды және пайда болған қожды жоюды, ильмениттен, электродты шайқастан, әктастан немесе әктастан шихтаның бірінші сатысында төгілгеннен кейін жүктеуді, темірді қалпына келтіруді және балқытуды, құрамында титан оксиді бар қожды ағызуды, құрамында титан оксиді бар ұсақталған қождан тұратын негізгі шихтаны балқытудың екінші сатысына дайындауды қамтиды бірінші кезеңде алынған алюминий де, ферроқорытпа түзу үшін негізгі шихтаның балкуы да.

Дайындалған негізгі шихта толтырғыш ретінде пайдаланылады және одан 68-78, 7 мас бар ферротитан пайда болғанға дейін ағын қабатының астында балқытылған металл қабықтағы тұтынылатын электрод түзіледі. % титан, 19,3-30,0 мас. % темір және 1,98 мас дейін. % қоспалар. Титанның қалпына келу деңгейі 75-80 % құрайды.

Белгілі әдістің негізгі кемшілігі-технологиялық операциялардың күрделілігі және қымбат қалпына келтіргішті қолдану, бұл соңғы өнімнің құнын едәуір арттырады. Ұсынылған өнертабыстың шешілетін міндеті-алюминий ұнтағын сәйкесінше 1,8:0,2 қатынасында бастапқы алюминий мен ферросиликоалюминийден (FSA) тұратын кешенді тотықсыздандырғышқа ауыстыру. Өнертабыстың қол жеткізілген техникалық нәтижесі - құрамында жоғары пайыздық ферротитан (ТУ 14-00186482-053-2005) стандартты алу үшін арзан тотықсыздандырғышты, FSA қолдану. Тотықсыздандырғыш ретінде кремний алюминий кешенді қорытпасын қолдану алюминийдің көміртегі тотығын азайтуға және оның пайдалы әсерін арттыруға мүмкіндік береді, өйткені алюминий ферросиликоалюминийдің құрамында кремний мен

темірмен химиялық қосылыстар түрінде болады. Сонымен қатар, ферросиликоалюминий құрамында 60 % - ға дейін кремний бар, ол титанмен Ti_5Si_3 және $TiSi_2$ типті күшті силицидтер түзеді, соның арқасында металға титанның алынуы артады. Мысал зертханалық жағдайда жоғары пайыздық ферротитан алу үшін шихта, темір шкаласы, тотықсыздандырғыш ретінде бастапқы алюминий мен FSA қолданылды. Пайдаланылған шихта материалдарының орташа химиялық құрамы төменде келтірілген, %:

<i>Өнертабыс</i>	<i>формуласы.</i>	1,8:0,2	қатынасында
ферросиликоалюминиймен	бастапқы	алюминий	қоспасы

тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланылатындығымен ерекшеленетін шихта компоненттерін, тотықсыздандырғышты тиеу мен балқытуды қамтитын жоғары пайыздық ферротитан алу әдісі.

2 Теориялық бөлім

Таза титанмен салыстырғанда ферротитанның жақсы ерігіштігі (төмен балқу температурасы және жоғары тығыздық) және төмен бағасы бар. Ферротитан өндірісіне арналған шикізат ильменит, ильменит және титан сынықтарынан алынған жоғары титан шлактары болып табылады. Ферротитан, оның құрамына байланысты, бірнеше жолмен алынады. Бұл әдістер карботермиялық тотықсыздану, алюминотермиялық тотықсыздану және индукциялық пештегі титан сынықтары мен темірден вакуумда немесе аргон атмосферасында алу болып табылады.

Алюминий термиялық тотықсыздану кезінде алюминий тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланылады және процесті электр доғалы пеште немесе металл термиялық тигельде жасауға болады. Көптеген зерттеушілер ферротитан алу үшін жұмыс жасады.

Ферротитанды алюминий-термиялық әдіспен зерттеуді Даутценберг пен Гиссен жүргізді, олар құрамында титан мөлшері жоғары және алюминийі аз ферротитанды рутилдің шихтаға артық қоспалары арқылы алуға болатынын хабарлады. Кейіннен жоғары сапалы ферротитан ішінара немесе толық жолмен алынады ильменитті перовскитпен алмастыру. Плинер және т. б. ферротитан өндірісіндегі алюминий-термиялық балқымалардың қожының тұтқырлығын зерттеп, әк қоспаларының көбеюі қождың тұтқырлығының төмендеуіне әкелетінін және осылайша қорытпаның шығымдылығын арттыратынын анықтады. Бехар және басқалар. толтырғыштар мен ағындардың ферротитан өндірісіне әсері, сондай-ақ жағажай құмының ильменитінің алюминий силикотермиялық қалпына келуі зерттелді.

Эль-Фавахри және басқалар ферротитан алудың жаңа технологиясын зерттеді. Олар қолданды қайталама алюминий алюминий ұнтағының орнына шлам және ұнтақ рудасының орнына ұнтақталған ильменит кені ағын астындағы доғалы пеште шикізат ретінде. Аллон және т.б. плазмалық-доғалық пеште ферротитан алу үшін жоғары титанды қожды пайдаланды. Соколов және т. б. ферротитанды тікелей алюминий-термиялық жолмен алу үшін жоғары титанды балқытылған қожды (escm технологиясы бойынша алынған) қолданды және алюминий шығынын қажетті стехиометриялық мөлшердің 94-96 %-дан 80 %-ға дейін төмендете алды. Бірақ олар титанның аз алынуына байланысты ESCM пешінде алюминий-термиялық процесті жүргізе алмады.

Жақында қорытпаларды өндіру үшін ESCM процесі қолданылды. Электрошлакты балқыту (ESR) процесіне негізделген бұл процесте шихта отқа төзімді төсемі бар тигельде графит электродымен қыздырылған қож қабаты арқылы балқытылады. Сонымен қатар, электролиз процесі титан мен оның ферротитан сияқты қорытпаларын жоғары титан қожынан алу үшін қолданылды.

2.1 Титан қожынан ферротитан алудың жаңа процесі

Бұл жұмыста титан шлактары ферротитанды тікелей алу үшін пайдаланылды. Сонымен қатар, тотықсыздандырғыш мөлшерінің (Al) және ағын мөлшерінің (CaO) ферротитанға әсері. Титанның құрамы, қорытпаның шығуы және алынуы зерттелді.

Бұл зерттеуде ферротитан титан қожынан тигельді балқытылған электр қож пешінде алюминий термиялық әдіспен алынды. Al және флюс қоспаларының әсері зерттелді. титан экстракциясы, ферротитан шығымы және Ti/Al қатынасы. Al мөлшерінің артуы ферротитан шығымдылығының жоғарылауынан басқа, Ti экстракциясының және Ti/Al қатынасының төмендеуіне әкелетіні анықталды. Сонымен қатар, ағын мөлшерінің артуы ферротитан шығымы мен Ti/Al қатынасының артуына әкелді. Рентген сәулелерінің дифракциясы, ферротитан қожының рентгенографиясы, шлакта титан субоксидтері мен тиалитінің түзілуіне байланысты титанның алынуы төмендеді. Өртүрлі жағдайларда дайындалған ферротитан үлгілерін талдау 45-54,5 % Ti, 6-11 % Al, 9-11 % Si, 0,7-0,9 % C, 1,6-2 % Mn, 0,07-0,08 % P және 0,004-0,009 % S құрады.

2.2 Эксперименттік бөлім

Материалдар. Титан шлактары ильменитті жағажай құмынан қалпына келтіретін балқыту арқылы алынды. Эксперименттік процедураның егжей-тегжейлері алдыңғы жұмыстарда жарияланған.

Осы зерттеуде пайдаланылған титан қожы мен алюминий ұнтағының химиялық құрамы сәйкесінше 2 және 3 кестелерде көрсетілген. Барлық эксперименттерде тауарлық сұрыптағы CaO флюс элементі ретінде пайдаланылды.

Кесте 2 – Титан қожының химиялық құрамы

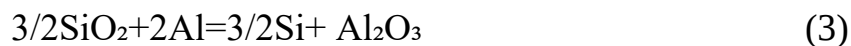
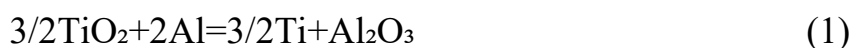
Құрамдас бөліктер	Масса %
TiO ₂	63
FeO	17
Al ₂ O ₃	2.5
MgO	1.2
MNO	2.3
SiO ₂	10
CaO	3.5
B ₂ O ₅	0.4
Cr ₂ O ₃	0,04
P ₂ O ₅	0.2

Кесте 3 – Алюминий ұнтағының химиялық құрамы

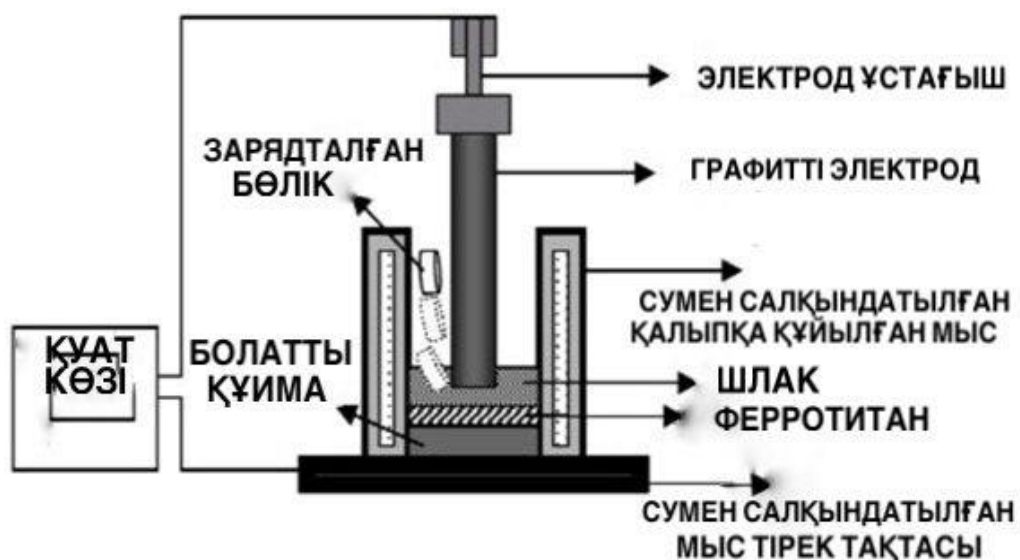
Құрамдас бөліктер	Масса%
Al	98.5
Cu	0,59
Mn	0,38

2.3 Құрылғы және тәсілдер

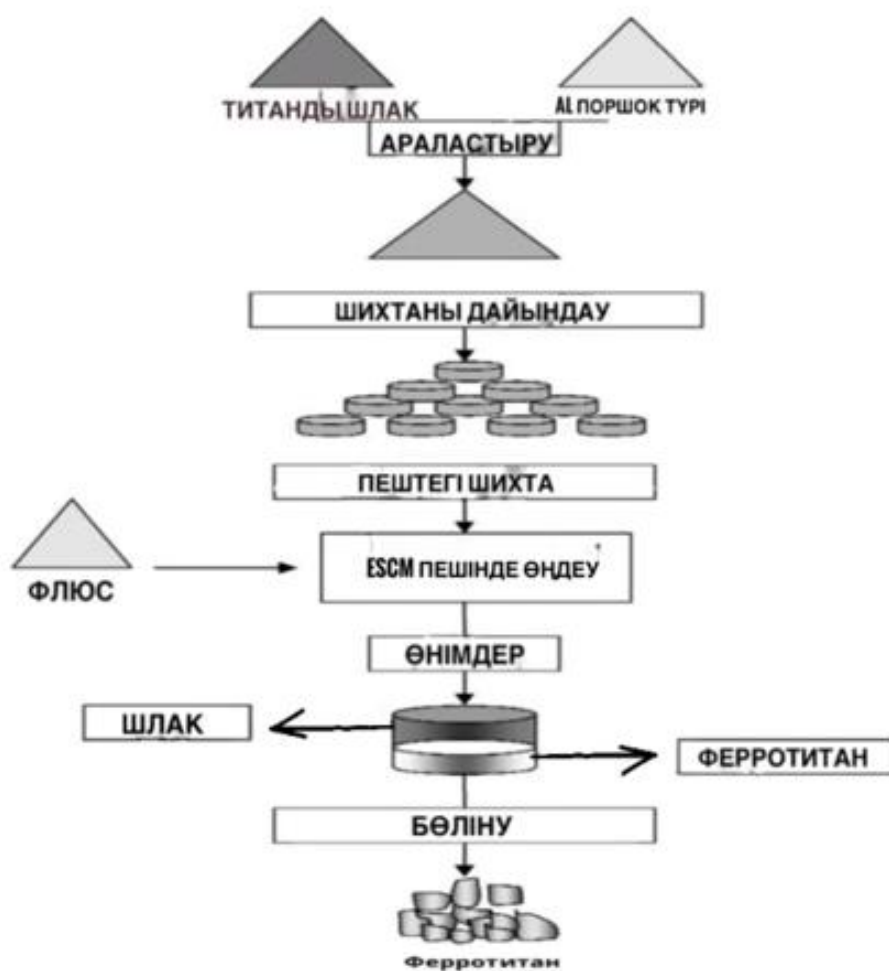
Бұл зерттеуде ферротитан титан қожының алюминотермиялық тотықсыздануымен алынды. Алюминий-термиялық процесс сумен салқындатылған мыс формасымен (ішкі диаметрі 150 мм) және графит электродымен (диаметрі 40 мм) жабдықталған ESCM айнымалы ток пешінде (қуаты 200 кВА) жүргізілді. Осы жұмыста қолданылатын escm пешінің схемалары, сондай-ақ процестің технологиялық схемасы сәйкесінше 1 және 2 суреттерде келтірілген. Әр экспериментте 1,5 кг титан қожын пісіру үшін Al ұнтағының дұрыс мөлшерімен араластырды зарядтау. 1-4 теңдеулерге және титан қожы мен Al ұнтағының химиялық талдауына сәйкес; стехиометриялық талап етілетін Al есептелді. 1,5 кг титан қожын қалпына келтіру үшін 588 г al ұнтағы қажет деп есептелді. Барлық эксперименттерде қажетті ағын (CaO) CaO/Al₂O₃ массалық қатынасы негізінде есептелді. Қосылған Al-дің 90% - ы алюминотермиялық процесс кезінде Al₂O₃ түзу үшін тотығады, содан кейін CaO-ның Al₂O₃-ке массалық қатынасы 1:1 қатынасында таңдалды. Бұл композиция жеңіл балқыманы құрайды нүктелі эвтектикалық қатты ерітінді. Бастапқы шихта 21 пакетке бөлінді, олардың әрқайсысында алюминий фольгамен оралған 100 г шихта материалы болды (фольганың салмағы тотықсыздандырғыштың бөлігі ретінде есептелді).



Бірінші кезеңде графит электроды мен болат құйманың арасында сумен салқындатылған мыс қалыптың түбінде доға жанған кезде, ағын (CaO) қалыпқа біртіндеп құйылды. Ағын еріген кезде, шихта пакеттері 7 минут ішінде қалыпқа біртіндеп құйылды. Процесті аяқтау және қорытпаны қождан бөлу үшін экспозиция уақыты 4 минутты құрады.



1-сурет – Зерттеуде пайдаланылған ESCM пешінің диаграммасы



2-сурет – Ферротитанды алудың технологиялық схемасы

Алынған қорытпа мен қож қатайғаннан кейін пештен шығарылды. Процестің кернеуі мен тогы сәйкесінше 20-24 В және 2500-2800 А болды. Ферротитанның шығуы және титанның алынуы сәйкесінше 5 және 6 теңдеулермен есептелді.

$$\text{Ферротитан шығымы} = a / A * 100,$$

$$\text{Титанды алу} = t / T * 100,$$

мұндағы: a және A - алынған қорытпадағы және титан қожындағы Fe + Ti + Si + Mn массасы

t және T сәйкесінше алынған қорытпадағы және титан қожындағы титан массасы

Үлгілер ылғалды химиялық әдістермен және рентгендік дифракциямен (Cu K $_{\alpha 1}$) әртүрлі элементтер мен фазаларға талданды.

Осы зерттеуге сәйкес, бұл туралы қорытынды жасалады:

1. Шихтадағы Al құрамының жоғарылауы ферротитанның көбеюіне әкеледі.

2. Шихтадағы Al мазмұнының артуы қалпына келтіру уақыты мен қатынасының төмендеуіне әкелді (Ti/Al).

3. Алынған Al $_2$ O $_3$ -ке қосылған CaO қатынасы 1:1 болғанда ферротитанның өнімділігі максималды болады.

4. Массалық қатынас (CaO/Al $_2$ O $_3$) 0,5-тен 1-ге дейін өскенде Ti/Al қатынасы артады.

5. Шлакта TiO және Al $_2$ TiO $_5$ сияқты титан субоксидтері мен титанаттарының түзілуі титанның шығарылуының төмендеуіне әкелді.

6. 80 % стехиометриялық Al көмегімен 50 %-дан астам Ti бар ферротитанды осы әдіспен алуға болады.

3 Тәжірибелік жұмыстар

Ферротитан-бұл негізінен темір мен титаннан тұратын қорытпа. Ол болат және басқа қорытпалар өндірісінде легирлеуші элемент ретінде металлургия өнеркәсібінде қолданылады.

Ферротитанды қолданудың артықшылықтары бар.

Беріктік пен қаттылықты жақсарту: ферротитан олардың механикалық қасиеттерін жақсарту үшін болат қорытпаларына қосылады. Ол болаттың беріктігі мен қаттылығын арттырады, оны берік және тозуға төзімді етеді.

Коррозияға төзімділікті жақсарту: болат қорытпаларына ферротитан қосу олардың коррозияға төзімділігін арттыруы мүмкін. Титанның коррозияға төзімділігі жақсы, сондықтан оның қорытпада болуы материалды тотығудан және тоттан қорғай алады.

Дәнекерлеуді жақсарту: ферротитан металдардың дәнекерленуін жақсарта алады. Ол тұрақты дәнекерлеудің пайда болуына ықпал етеді, дәнекерленген қосылыстың ақауларының пайда болуын азайтады және дәнекерленген қосылыстардың беріктігін арттырады.

Құрылымы мен фазалық құрамын бақылау: ферротитан металл қорытпаларының құрылымы мен фазалық құрамын реттеу үшін қолданылады. Ол материалдың механикалық қасиеттері мен өңделуіне әсер ететін әртүрлі фазалар мен құрылымдардың түзілуін басқара алады.

Жылу өткізгіштік пен электр өткізгіштігін жақсарту: ферротитан металдардың жылу өткізгіштігі мен электр өткізгіштігін жақсарта алады. Бұл әсіресе жақсы жылу беруді немесе электроника немесе электротехника сияқты электр өткізгіштігін қажет ететін қосымшаларда пайдалы.

Зерттеулерді ұйымдастыру және жүргізу үшін ұсақ дисперсті оксид материалдары пайдаланылды: Сәтбаев кен орнының ильменит концентраты, Арселор-Миттал Теміртау окалинасы және қатты редуциялық реагент ретінде ағаш көмір қолданылды. Композициялық материал алу үшін шихта компоненттерінің химиялық құрамы 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4 – Тәжірибелік зерттеулер жүргізу үшін пайдаланылған шихта компоненттерінің химиялық құрамы

Материалдардың атаулары	Химиялық құрамы, %													
	Fe	FeO	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	C	S	Басқ.
Сәтбаев ильменит концентраты	32,53	16,54	0,7*	5,80	0,50	0,33	0,22	49,65	0,27	1,25	0,005**	-	-	7,73
Арселор-Миттал окалинасы	67,65	28,25	0,23	-	-	-	-	-	0,51	-	-	0,017	-	-

4-ші кестенің жалғасы

Материалдардың атаулары	Химиялық құрамы, %													
	Fe	FeO	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	C	S	Басқ.
Ағаш көмір ***	—	—	—	0,48	—	—	—	—	—	0,12	—	0,06	98,0	-
Ескертпелер: * – MnO; ** - P ₂ O ₅ ; *** – күлділілігі Ac = 1,34.														

3.1 Тәжірибе барысы

Тәжірибе жүргізу үшін Сәтбаев ильменит концентраты, Арселор-Миттал Теміртау окалина және редуционер реагент ретінде ағаш көмірден, алдын-ала есептелген құрам бойынша шихта дайындалды. 32,53 % концентрациясы бар темір сәйкесінше 26,67 % және 16,5 % қатынасында екі Fe₂O₃ және FeO оксидтерінен тұратынын ескеру маңызды. Қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін қажетті шихта компоненттерін есептеу кезінде мұны ескеру қажет.

Жоғары пайыздық ферротитан алу үшін қажетті операцияларды жоғары дәлдікпен және тиімділікпен жүргізуге мүмкіндік беретін әртүрлі құралдар мен құрылғылар қолданылды. Процестің басында маңызды элемент - бұл шихтаның жеке компоненттерін өлшеу үшін қолданылған зертханалық таразылар, бұл араластыру және өндіру процесінде дәл нәтиже алуға, өз кезегінде жоғары пайыздық ферротитан алуға мүмкіндік береді.

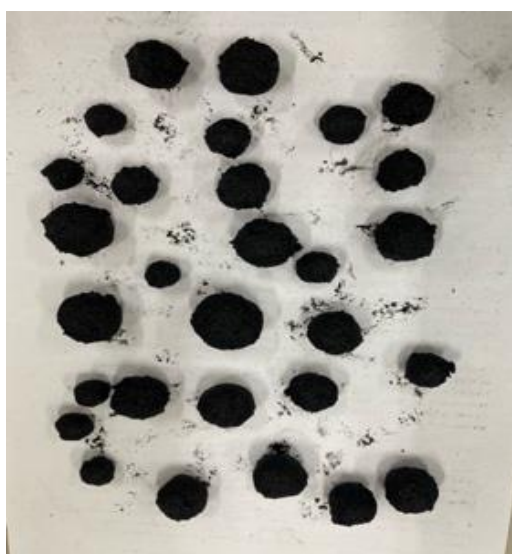
Келесі қажетті процесс - бастапқы материалдарды белгілі бір фракцияға дейін ұнтақтау. Осы мақсатта ұнтақтағыш қолданылды. Бұл материалдарды қажетті фракцияға дейін ұнтақтауға мүмкіндік беретін қарапайым, бірақ тиімді жолы.. Бұл жағдай 1 мм-ге дейін біркелкі және ұсақ ұнтақ материалдарды алуға мүмкіндік берді. Мұндай ұнтақ құрамы мен өлшемі бойынша біркелкі түйіршіктер жасау үшін қажет.

Түйіршіктер 3-суретке сәйкес ұсынылған тостаған түріндегі лабораториялық табақшалы грануляторда алынды. Арнайы барабанда шихта ылғалдандырылды бентониттен тұратын арнайы сұйықтықты қолдану арқылы жүргізілді. Бұл сұйықтық ұнтақ бөлшектері арасында күшті байланыс орнатуға көмектесті.

Нәтижесінде түйіршіктер пайда болды, олардың мөлшері 2 см-ге дейін болды. Бұл бастапқы материалдардың ұсақ бөлшектерге айналып, белгілі бір диаметрлі түйіршіктер түзді. Осыдан түйіршіктеу процесінің маңызды кезеңі болып табылатындығын айқындады. Өйткені түйіршіктердің мөлшері олардың қасиеттеріне, құрылымына және мүмкін болатын қолданылуына әсер етуі мүмкін. Алынған түйіршіктер (4-сурет) ылғалды болды, яғни олардың құрамында белгілі бір ылғал анықталды.



3-сурет – Табақшалы гранулятор



4-сурет – Алынған түйіршіктер

Түйіршіктердің ылғалдылығы олардың құрылымын, консистенциясын қалыптастыруда шешуші рөл атқаруы мүмкін. Сондықтан алынған түйіршіктер (5-сурет) бөлме температурасында кептірілді, яғни бұл үшін қосымша жылу немесе жоғары температура қолданылмады. Кептіру процесі алғашында бөлме температурасында жүзеге асырылды, онда түйіршіктерден ылғал тиімді буланып кетті. Бұл түйіршіктерді кейінірек пайдалану үшін оңтайлы ылғалдылыққа қол жеткізді.

Түйіршіктеу процесі бірқатар маңызды артықшылықтарға ие. Біріншіден, түйіршіктер материалдарды тасымалдау және сақтау үшін ыңғайлы және қауіпсіз нұсқа болып табылады, өйткені шаңның пайда болу қаупі аз. Бұл әсіресе оңай шашыратылатын заттармен жұмыс істеу кезінде өте

маңызды, мұнда шаңды азайту және жұмыс орны мен қоршаған ортаның қауіпсіздігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқаруы мүмкін.



5-сурет – Бөлме температурасында кептіруден кейінгі алынған түйіршіктер

Екіншіден, ұнтақтың орнына түйіршіктерді қолдану дозалау дәлдігінің артықшылықтарына ие. Түйіршіктердің пішіні мен өлшемі біркелкі, бұл материалдың қажетті мөлшерін дәлірек және оңай анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе өндіріс және тұжырымдау процестерінде өте маңызды, мұнда дәл мөлшерлеу соңғы өнімнің қажетті қасиеттері мен сапасына қол жеткізудің маңызды факторы болып табылады.

Сонымен қатар, түйіршіктер әдетте жоғары тығыздыққа ие, бұл оларды сақтау үшін қажет кеңістікті азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе үлкен көлемдегі материалдармен немесе шектеулі сақтау кеңістігімен жұмыс істеу кезінде өте маңызды, мұнда кеңістікті пайдалануды оңтайландыру процестің тиімділігін едәуір арттырып, дұрыс сақтауды қамтамасыз етеді.

Келесі маңызды процесс кептіру болып табылады. Яғни, түйіршіктерді кептіру процесі артық ылғалды тиімді кетіру және түйіршіктерді одан әрі қолданар алдында тұрақтылық пен сапаны қамтамасыз ету үшін бақыланатын жағдайларды қамтамасыз ететін арнайы кептіру шкафының көмегімен жүргізілді (6-сурет).



6-сурет – Кептіру шкафы

Кептірудің бастапқы кезеңі бөлме температурасынан басталды, онда түйіршіктер кептіру шкафында орналасып, температураның біртіндеп көтерілуіне ұшырады. Температураның біртіндеп көтерілуі түйіршіктерден ылғалды біртіндеп кетіруге мүмкіндік берді, бұл материалдың зақымдану немесе деформация қаупін азайтады.

Жалпы түйіршіктерді 400 °С температураға дейін кептірілді. Бұл процесс сонымен қатар тасымалдау немесе сақтау кезінде түйіршіктердің ықтимал зақымдануын немесе бұзылуын болдырмауға көмектесті.

Металдандыру процесі аяқталғаннан кейін №1 нұсқа бойынша алынған ферротитанның жалпы салмағы 87 г болып анықталды. Бұл өз кезегінде 23 г шлак мөлшерінің сан мәнін көрсетті. № 2 нұсқа бойынша ферротитан салмағы 34,3 г, ал шлак мөлшері 5,3 г болып анықталды. Бұл өзгерістер ылғалдың булануына немесе түйіршіктер массасының төмендеуіне әкелетін басқа процестерге байланысты болуы мүмкін.

Зертханалық жұмыстарға арналған кептіру шкафының жұмыс сипаттамасы бар.

Жылудың біркелкі таралуы: Зертханалардағы кептіру шкафы әдетте камераның ішінде ыстық ауаның біркелкі таралуын қамтамасыз ететін желдету жүйесімен жабдықталған. Бұл барлық үлгілердің немесе сынамалардың бірдей жылу әсерін алуын қамтамасыз етеді, бұл зертханалық эксперименттердің дәл және сенімді нәтижелері үшін маңызды.

Температураны дәл реттелуі: зертханалық кептіру шкафтары әдетте температураны реттеу кезінде жоғары дәлдік пен тұрақтылыққа ие. Пайдаланушы қажетті температураны жоғары дәлдікпен орната алады, бұл әсіресе температура жағдайлары шешуші рөл атқаратын зертханалық зерттеулер үшін өте маңызды.

Зертханалық жұмыс үшін кептіру шкафын пайдаланудың артықшылықтары:

Бақыланатын жағдайлар: зертханалық кептіру шкафтары қатаң бақыланатын кептіру жағдайларын жасауға және сақтауға мүмкіндік береді.

Қауіпсіздік: зертханалық кептіру шкафтары әдетте белгілі бір температураға жеткенде автоматты түрде өшіру немесе қызып кетудің алдын алу жүйелері сияқты сенімді қауіпсіздік жүйелеріне ие. Бұл ықтимал төтенше жағдайлардың алдын алуға көмектеседі және операторлар мен үлгілерді ықтимал қауіптерден қорғайды.

Тиімділікті арттыру: зертханада кептіру шкафын пайдалану материалдарды кептіру және өңдеу процестерін жылдамдатуға мүмкіндік береді. Бұл эксперименттердің орындалу уақытын қысқартады және жалпы зертхананың жұмысын жақсартады.

Үлгілердің сапасын сақтауы: кептіру шкафтары олардың сапасы мен қасиеттерін сақтай отырып, материалдардан ылғалды тиімді кетіруге көмектеседі. Олар үлгілерді ұзақ мерзімді сақтау үшін пайдаланылуы мүмкін, тұрақты жағдайларды қамтамасыз етеді және оларды ылғал мен бұзылудан қорғайды.

Жалпы, зертханалық кептіру шкафтары зертханалық ортада материалдарды кептіру және термостаттау үшін бақыланатын және қауіпсіз жағдайларды қамтамасыз етеді. Олар жұмыс тиімділігін арттырады, дәл нәтижелер береді және үлгілердің сапасын сақтайды, бұл оларды зертханалық зерттеулер мен қосымшаларда ажырамас құрал етеді.

Тұтастай алғанда, түйіршіктерді кептіру шкафында немесе кептіру пешінде кептіру процесі артық ылғалды кетіру, түйіршіктердің тұрақтылығы мен сапасын қамтамасыз ету және оларға қосымша күш беру және тасымалдау кезінде зақымдануды болдырмау үшін қажет болды.

3.2 Есептеу барысы.

Металлдарды қалпына келтіру кезіндегі оттегі мөлшерін анықтау.

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,4285(\text{Fe} - 0,777\text{FeO}) = 1,4285(32,53 - 0,777 \cdot 16,54) = 28,11\%$$

1. Темірді қалпына келтіру

$$\text{Fe} = 32,53\%$$

$$\text{FeO} = 16,54\%$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4: \quad \Delta\text{O}_1 = 0,111 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})}, \text{ кг/кг шихта}, \quad (5)$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}: \quad \Delta\text{O}_2 = 0,222 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})}, \text{ кг/кг шихта}, \quad (6)$$

$$\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_{\text{мет}}: \quad \Delta\text{O}_3 = 0,667 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})}, \text{ кг/кг шихта}, \quad (7)$$

мұндағы, $\text{Fe}_{(\text{r})}$ – шихта материалында гематит түріндегі темір мөлшері, %.

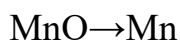
Түрленудің үшінші сатысына, бастапқы шикізат құрамында болатын темір шала тотығын редукциялау кезінде газдалатын оттегі мөлшері

қосылады. Сонда үшінші сатыда газдалатын оттегі мөлшері келесі формуламен анықталады:

$$\Delta O''_{Fe} = \Delta O'_1 + \Delta O'_2 + \Delta O'_3 = 0,009 + 0,0187 + 0,0928 = 0,1205 \text{ кг/кг шихты}$$

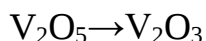
2.Марганецті қалпына келтіру кезінде

$$\Delta Mn(m) = 0,7746 \cdot 0,903 = 0,6994\%$$

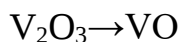


$$\begin{aligned} \Delta O'_4 &= 10^{-2} \cdot \eta_{Me} \cdot (0,4363 \cdot 0,667 Mn + 0,2253 \cdot 1,11) = \\ &= 10^{-2} \cdot 0,80 (0,4363 \cdot 0,667 \cdot 0,7 + 0,2253 \cdot 1,11) = 0,0036 \text{ кг/кг шихта} \end{aligned}$$

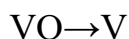
3.Ванадийді қалпына келтіру кезінде



$$\Delta O_{1V} = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot \Delta O'_V = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot 0,061 = 0,00019 \text{ кг/кг шихта};$$



$$\Delta O_{2V} = 10^{-2} \cdot 0,1568 \cdot \Delta O'_V = 10^{-2} \cdot 0,1568 \cdot 0,061 = 0,00009 \text{ кг/кг шихта};$$



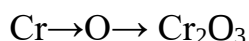
$$\Delta O_{3V} = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot \Delta O'_V \cdot \eta_V = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot 0,061 \cdot 0,9 = 0,00017 \text{ кг/кг шихта};$$

$$\Delta O'_V = 0,00019 + 0,00009 + 0,00017 = 0,00045 \text{ кг/кг шихта.}$$

4.Кремнийді қалпына келтіру кезінде

$$\Delta O'_{Si} = 32/60,08 \cdot 10^{-2} \cdot 5,80 \cdot 0,3 = 0,00526 \text{ кг/кг шихта.}$$

5.Хромды қалпына келтіру кезінде



$$X = 0,27 \cdot 52/152 = 0,092$$

$$Cr = 0,092$$

$$\begin{aligned} Cr_2O_3 \rightarrow Cr_3O_4: \quad \Delta O_{1Cr} &= 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,111 \cdot \Delta O'_{Cr} = \\ &= 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,111 \cdot 0,092 = 0,00004, \end{aligned} \quad (8)$$

кг/кг шихта;

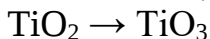
$$\begin{aligned} Cr_3O_4 \rightarrow CrO: \quad \Delta O_{2Cr} &= 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,222 \cdot \Delta O'_{Cr} = \\ &= 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,222 \cdot 0,092 = 0,00009, \end{aligned} \quad (9)$$

кг/кг шихта;

$$\begin{aligned} \text{CrO} \rightarrow \text{Cr}: \quad \Delta O_{3 \text{ Cr}} &= 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,667 \cdot \Delta O'_{\text{Cr}}, = \\ &= 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,667 \cdot 0,092 = 0,00028, \\ &\text{кг/кг шихта.} \end{aligned} \quad (10)$$

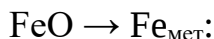
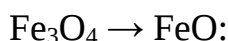
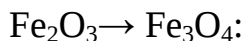
$$\Delta O'_{\text{Cr}} = \Delta O_{1 \text{ Cr}} + \Delta O_{2 \text{ Cr}} + \Delta O_{3 \text{ Cr}} = 0,00004 + 0,00009 + 0,00028 = 0,00041 \text{ кг/кг шихта}$$

6. Титанды қалпына келтіру кезінде



$$\Delta O'_{\text{Ti}} = 32/80 \cdot 10^{-2} \cdot 49,65 \cdot 0,3 = 0,05958 \text{ кг/кг шихта.}$$

Темірді қалпына келтіру үшін қажет көміртегі шығыны



Темір үшін:

$$\begin{aligned} g'_{\text{C, Fe}} &= 0,75 \cdot \Sigma \Delta O_i \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01 \cdot i}) = 0,75 \cdot \Sigma \Delta O_i \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01 \cdot i}) = 0,75 \cdot [\Delta O_1 \cdot (1 - \\ &0,5 \cdot 0,975) + \Delta O_2 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,7096) + \Delta O_3 \cdot (10,5 \cdot 0,4)] = 0,75(0,00461 + 0,01326 + 0,07424) \\ &= 0,0690 \text{ кг/кг шихты;} \end{aligned}$$

Марганец үшін:

$$\begin{aligned} g'_{\text{C, Mn}} &= 0,75 \cdot \Sigma [\Delta O_{i \text{ Mn}} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01 \text{ Mn}}) \cdot i] = 0,75 \cdot [0,0036 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0)] = 0,0036 \text{ кг/кг} \\ &\text{шихта;} \end{aligned}$$

Ванадий үшін:

$$\begin{aligned} g'_{\text{C, V}} &= 0,75 \cdot \Sigma [\Delta O_{i \text{ V}} \cdot (10,5 \cdot \gamma_{01 \text{ V}}) \cdot i] = 0,75 \cdot [0,00019 \cdot (10,5 \cdot 0,7096) + 0,00009 \cdot (1 - \\ &0,5 \cdot 0,4) + 0,00017 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0)] = 0,75 \cdot [0,00019 \cdot 0,6452 + 0,00009 \cdot 0,8 + 0,00017 \cdot 1] = \\ &= 0,75(0,00012 + 0,000072 + 0,00017) = 0,75 \cdot 0,000362 = 0,00027 \text{ кг/кг шихта;} \end{aligned}$$

Кремний үшін:

$$g'_{\text{C, Si}} = 0,75 \cdot \Delta O'_{\text{Si}} = 0,75 \cdot 0,00926 = 0,0069 \text{ кг/кг шихта;}$$

Титан үшін:

$$g'_{\text{C, Ti}} = 0,75 \cdot \Delta O'_{\text{Ti}} = 0,75(0,05958 \cdot 0,655) = 0,0292 \text{ кг/кг шихта;}$$

Хром үшін:

$$\begin{aligned} g'_{\text{C, Cr}} &= 0,75 \cdot \Sigma [\Delta O_{i \text{ Cr}} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01 \text{ Cr}}) \cdot i] = 0,75 \cdot (0,00004 \cdot 0,51 + 0,00009 \cdot 0,0019 + \\ &+ 0,00028) = 0,00022 \text{ кг/кг шихта;} \end{aligned}$$

Барлығы:

$$g'_{\text{C}} = 0,0690 + 0,0036 + 0,0002 + 0,0069 + 0,0002 + 0,0292 = 0,1091 \text{ кг/кг шихта;}$$

Темір - 54,5 %;
Ильменитті концентрат - 36,4%;
Ағаш көмірі - 9,1 %.

Шихтаның орташаланған құрамы.

Fe үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 32,53 + 0,364 \cdot 67,65 = 42,35 \%$$

FeO_ж үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 16,54 + 0,364 \cdot 28,25 = 19,29 \%$$

Mn үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 0,7 + 0,364 \cdot 0,23 = 0,465 \%$$

SiO₂ үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 5,80 + 0,091 \cdot 0,48 = 3,204 \%$$

CaO үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 0,50 = 0,272 \%$$

MgO үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 0,33 = 0,179 \%$$

V₂O₅ үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 0,22 = 0,1199 \%$$

TiO₂ үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 49,65 = 27,06 \%$$

Cr₂O₃ үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 0,27 + 0,364 \cdot 0,51 = 0,332 \%$$

Al₂O₃ үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 1,25 + 0,091 \cdot 0,21 = 0,7 \%$$

P үшін орташаланған құрамы:

$$y=0,545 \cdot 0,005 = 0,002 \%$$

С үшін орташаланған құрамы:
 $y=0,364 \cdot 0,017 + 0,091 \cdot 0,06 = 0,011 \%$

С үшін орташаланған құрамы:
 $y=0,091 \cdot 98,0 = 8,918 \%$

Басқалары үшін орташаланған құрамы:
 $y=0,545 \cdot 7,73 = 4,212\%$

Кесте 5 – Шихтаның орташаланған химиялық құрамы, %

Fe	FeO _ж	Mn	SiO ₂	CaO	Mg O	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	C	S	Бас қ.
42,3	19,2	0,46	3,204	0,272	0,179	0.1199	27,06	0,332	0,7	0,002	0,011	8,918	4,212

Кесте 6 – Ферротитанның есептелген химиялық құрамы

Fe	Mn	SiO ₂	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Жалпы
41,92	0,372	0,448	0,026	16,94	0,09	59,8

3.3 Металлдандыру және балқыту процесстері

Құбырлы пеш (7-сурет) – жоғары температурада материалдарды өңдеу үшін әртүрлі өнеркәсіптік және зертханалық қолданбаларда қолданылатын пеш түрі. Құбырлы пештің жұмыс принципі арнайы жасалған құбырлы камераның ішіндегі температураны жылытуға және тұрақты ұстауға негізделген.



7-сурет – Құбырлы пеш
30

Құбырлы пештің жұмыс принципінің негізгі кезеңдері төменде көрсетілген.

Қыздыру элементтері: құбырлы пеште спиральды никромды қыздыру элементтері сияқты әртүрлі материалдардан жасалуы мүмкін қыздыру элементтері бар. Бұл элементтер жылыту үшін электр тогын қамтамасыз ететін қуат көзіне қосылған.

Термостат: құбырлы пештер әдетте пеш камерасының ішіндегі температураны бақылайтын және сақтайтын термостатпен жабдықталған. Термостат ағымдағы температураны өлшеу үшін термопараны немесе жылу сенсорын пайдаланады және оны берілген мәнмен салыстырады. Айырмашылыққа байланысты термостат тұрақты температураны ұстап тұру үшін қыздыру элементтеріне электр тогын беруді басқарады.

Құбырлы пешті пайдаланудың артықшылықтары төменде көрсетілген.

Жоғары температура: құбырлы пештер өте жоғары температураға жетуі мүмкін, бұл оларды материалдарды өңдеу үшін тамаша таңдау жасайды.

Біркелкі қыздыру: құбырлы пештер қыздыру элементтері мен желдету жүйесін пайдалану арқылы бүкіл пеш камерасында жылудың біркелкі таралуын қамтамасыз етеді. Бұл материалдарды өңдеудің біртектілігін қамтамасыз ету және дәйекті нәтижелер алу үшін маңызды.

Икемділік және бақылау: құбырлы пештер әдетте температура параметрлерінің кең ауқымына және жылуды дәл басқаруға мүмкіндік береді. Бұл пайдаланушыларға әртүрлі материалдарды өңдеу үшін оңтайлы жағдайларды реттеуге және сақтауға мүмкіндік береді.

Қауіпсіздік: қазіргі заманғы құбырлы пештер көбінесе белгіленген температурадан асқан кезде автоматты түрде өшіру немесе қызып кетуден қорғау механизмдері сияқты қауіпсіздік жүйелерімен жабдықталған. Бұл операторлардың қауіпсіздігін арттырады және жабдықты зақымданудан қорғайды.

Қолданудың кең ауқымы: құбырлы пештер материалтану, химиялық зерттеу зертханасы, электроника өндірісі және басқа салалар сияқты әртүрлі салалар мен салаларда кеңінен қолданылады. Оларды термиялық өңдеу, материалдарды синтездеу, кристалдану, күйдіру, кептіру және басқа процестер үшін пайдалануға болады.

Құбырлы пештер жоғары температурада материалдарды өңдеуге арналған сенімді және тиімді жабдық болып табылады. Олар біркелкі қыздыру, температураны бақылау, қауіпсіздік және икемділіктің артықшылықтарына ие, бұл оларды жоғары температурада материалдарды дәл өңдеу мен өңдеуді қажет ететін зертханалар мен өнеркәсіптерде ажырамас құралға айналдырады.

Зерттеу нәтижесінде алынған түйіршіктер металдандыру процесіне ұшырады, бұл олардың бетінде темір пленканы қалыптастыру үшін, оларды 1150 °C температураға дейін қыздыруды қамтыды. Ол үшін органикалық отынның жануы арқылы ағынды жоғары температураға дейін қыздыруға қабілетті құбырлы пеш қолданылды. Сонымен қатар металдандыру

нәтижелерін есептеу үшін газанализаторы (8-сурет) қосылды. Осы технологияны қолдану нәтижесінде түйіршіктердің бетінде темір пленкасы пайда болды, бұл оларға қосымша беріктік пен сыртқы әсерлерден қорғаныс берді. Қосымша CO_2 және CO газ көлемі анықталды.



8-сурет – Газанализатор

Металлдандыру нәтижесінде қажетті өнім алынды.(9-сурет)



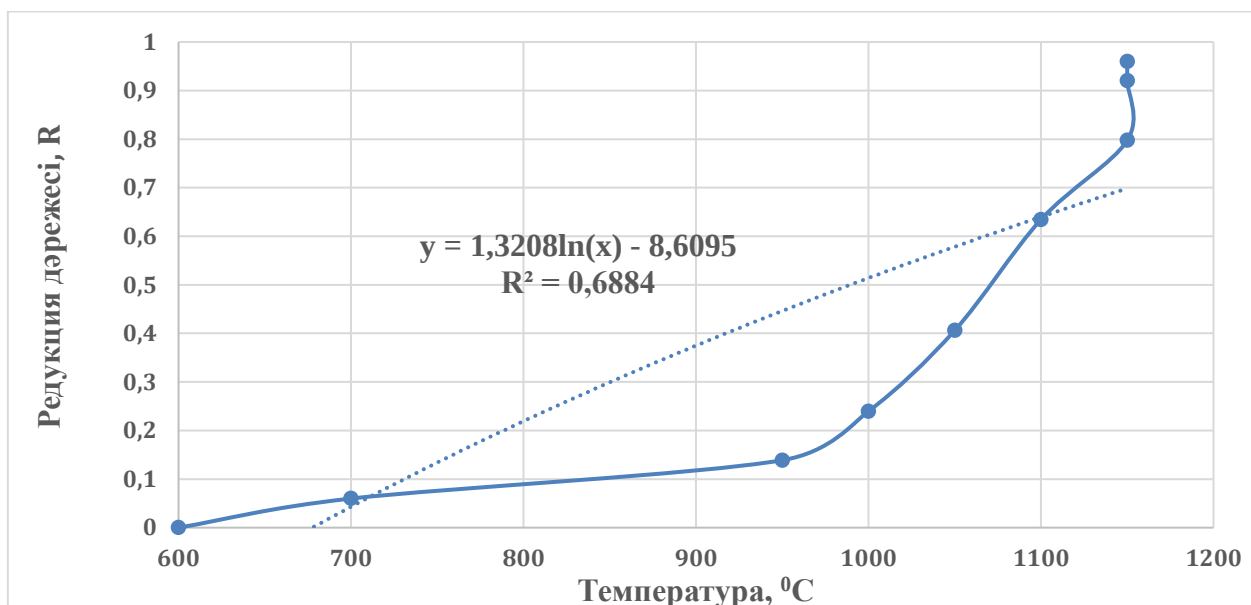
9-сурет – Алынған өнім

Сондай-ақ, жылдамдықты анықтау үшін (7) формуласы қолданылды

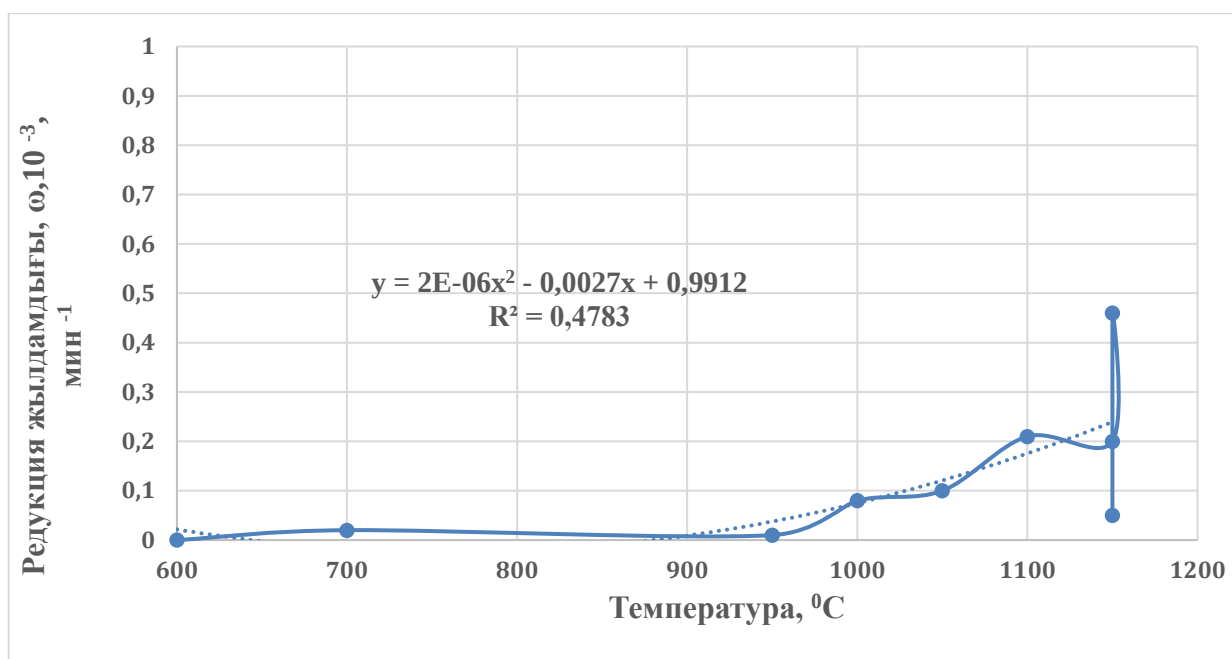
$$\omega_R = \Delta R / \Delta t \quad (7)$$

Кесте 7– Эксперименттік зерттеу нәтижелері

№ п/п	Уақыт, мин	Т, °С	V _{газ} , дм ³	Газдың құрамы, %		ΔO _(CO) ,	ΔO _(CO₂) ,	ΔO _i , г	ΔO _г ,	R	W _В ·10 ⁻³ , мин ⁻¹
				CO ₂	CO						
1	0	600	Газ бөлінуінің басталуы								
2	3	700	0,3	2	98	0,21	0,01	0,22	0,22	0,06	0,02
3	13	950	0,31	30	70	0,16	0,13	0,29	0,51	0,14	0,01
4	3	1000	0,51	1	99	0,36	0,01	0,37	0,87	0,24	0,08
5	4	1050	0,72	18	82	0,42	0,19	0,61	1,48	0,41	0,10
6	3	1100	1,1	6	94	0,74	0,09	0,83	2,31	0,63	0,21
7	4	1150	0,75	11	89	0,48	0,12	0,59	2,91	0,80	0,20
8	2	1150	0,58	8	92	0,38	0,07	0,45	3,36	0,92	0,46
9	18	1150	0,4	2	98	0,28	0,01	0,29	3,65	0,96	0,05



10-сурет – Редукциялау дәрежесінің температураға тәуелділігі



11-сурет – Редукция жылдамдығының температураға тәуелділігі

Есептелген нәтижелерді қолдана отырып, редукция дәрежесінің температураға тәуелділігі тұрғызылды. Температура жоғарылаған сайын редукция дәрежесінің артатыны анықталды.

Металдандыру кезеңі аяқталғаннан кейін өнім балқыту процесіне даярланады (12-сурет).



12-сурет – Балқытуға дейінгі өнім

Яғни өнімді балқыту процесі үшін жоғары температуралы тік құбырлы пешке жіберіледі. Процесс бастапқыда 40°C температурадан басталып, ақырындап 1570°C жоғарғы температураға дейін көтерілу арқылы жүзеге асты.



(а)

(б)



(б)

- (а) – жоғары температуралы вертикальды құбырлы пештің сыртқы көрінісі;
 (б) – жоғары температуралы вертикальды құбырлы пештің жоғарғы көрінісі;
 (б) – пештің температура бақылауға арналған бөлігі

13-сурет – Жоғары температуралы тік құбырлы пеш

Балқыту кезінде алдыңғы сатыда алынған темір қосылған титанмен біріктіріліп, қажетті өнім, ферротитан түзілді.

Нәтижесінде балқытудан кейін 34,3 грамм мөлшерінде ферротитан өнімі алынды (14-сурет).



14-сурет – Балқытудан кейінгі алынған өнім

Ферротитанды талдау үшін протативті анализатор (15-сурет) қолданылды. Бұл анализатор-үлгілерді зертханаға жіберместен қорытпаның құрамын тез және дәл анықтауға қабілетті портативті құрылғы.



15-сурет – Протативті анализатор құрылғысы

Анализатор рентген сәулелерінің үлгі элементтерімен өзара әрекеттесуіне негізделген рентгендік флуоресценция (XRF) әдісін қолданады. Рентген сәулесі ферротитан үлгісі арқылы өткенде, ол қорытпадағы элементтердің атомдарынан сипаттамалық рентген сәулесінің шығарылуын тудырады. Содан кейін бұл сәулелер анализатормен жазылады және талданады.

Протативті анализатордың артықшылығы-оның ұтқырлығы және нақты уақыт режимінде талдау жүргізу мүмкіндігі. Оны далада немесе материалдардың сапасын жылдам бақылау қажет өндірістік желіде

пайдалануға болады. Осылайша, оператор ферротитандағы темір мен титанның құрамы туралы дереу ақпарат ала алады.

Прототиптік анализаторлар әдетте нәтижелердің жоғары дәлдігі мен сенімділігіне ие, бұл операторға алынған мәліметтер негізінде жылдам және негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Ферротитанды талдау үшін протативті анализаторды пайдалану уақыт пен ресурстарды айтарлықтай үнемдеуге, үлгілерді өңдеу шығындарын азайтуға және өндіріс тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Протативті анализатор арқылы алынған ферротитан анализінің нәтижелері келесі тұжырымдарға сәйкес:

Темір құрамы: Анализатор ферротитан үлгісіндегі Темірдің пайызын дәл өлшеуге мүмкіндік береді. Мысалы, нәтижелер қорытпада 70% темір бар екенін көрсетуі мүмкін.

Титан мөлшері: Анализатор ферротитандағы титанның пайыздық мөлшерін де анықтай алады. Нәтижелер қорытпада, мысалы, 30% титан бар екенін көрсетуі мүмкін.

Қоспалар және басым элементтер: Анализатор сонымен қатар ферротитанда болуы мүмкін басқа элементтердің болуын анықтай алады. Талдау нәтижелері басым элементтерді және олардың концентрациясын көрсете алады.

Талдау үшін зерттеу нәтижесінде алынған өнімді қолдандық (16-сурет). Талдау арқылы өнімнің құрам бөлігі анықталды (кесте 8).

8-кесте – Талдау кезеңіндегі алынған нәтижиелері

Элементтер	%	+/-
Ti	60,8	0,0439
Mn	0,6	0,0194
Fe	32,2	0,2313
Si	5,2	0,0015
Al	1,2	0,0017



16-сурет – Зерттеуге алынған ферротитан бөлігі

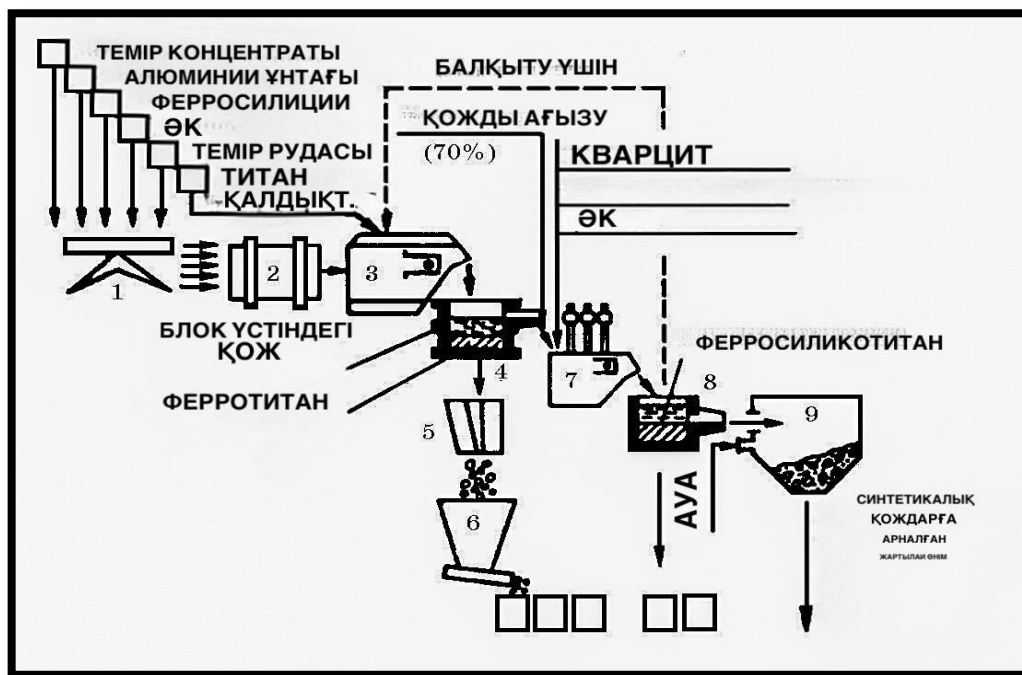
Жоғары пайызды ферротитанды алудың стандартты технологиялық схемасы 17-суретте көрсетілген. Негізі ферротитанды алюминотермиялық жолмен алудың технологиялық схемасы келесі қадамдарды қамтиды.

Шихта дайындау: ильменит концентраты, алюминий ұнтағы, әк, ферросилиций, темір кені және титан қалдықтары белгілі бір пропорцияда араласады. Шихта алдын-ала дайындалып, бункерлерге жүктеледі.

Балқыту: ферротитанды балқыту алмалы-салмалы жарты немесе бірнеше секциялардан тұратын жиналмалы бөлікте жүргізіледі. Горн арбаға орнатылады және балқыту камерасына беріледі. Балқытуды бастамас бұрын, шихта мен тұтандырғыш қоспасы тау бөктеріне құйылады, оны өртейді. Балқыту төменгі сақтандырғышпен жүзеге асырылады, біртіндеп бункерлерден шихта беріледі.

Балқыту процесі: тұтану қоспасын жағу кезінде экзотермиялық процестер басталады, нәтижесінде жылу пайда болады. Бұл ильменит концентратында кездесетін оксидтерден темір мен титанның тотықсыздануына әкеледі. Балқыту ферротитанның қажетті мөлшерін алуға арналған шихта ілмегімен жүзеге асырылады. Балқыту ұзақтығы концентрат көлеміне байланысты және әдетте 15-18 минутты құрайды.

Тазалау және бөлу: балқыту аяқталғаннан кейін алынған ферротитан тазартылып, қождан бөлінеді. Бұған қоспаларды кетіру және таза ферротитан алу үшін сүзу немесе Центрифугалау сияқты физикалық және химиялық әдістер кіруі мүмкін.



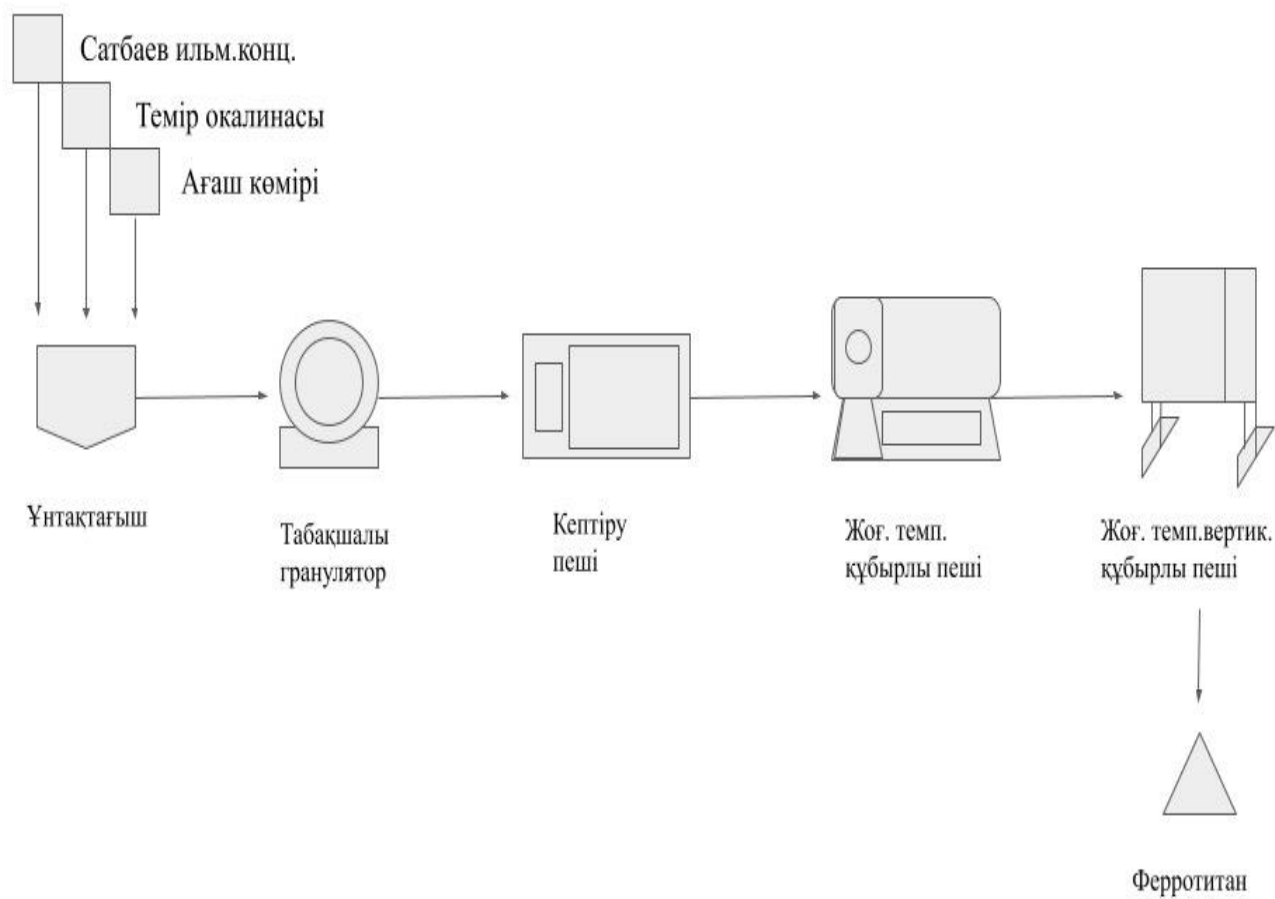
17-сурет – Жоғары пайызды ферротитанды алудың стандартты технологиялық схемасы

Жоғары пайыздық ферротитанды балқытудың технологиялық схемасы дереккөздегі 18-суретте көрсетілген.



18-сурет – Жоғары пайызды ферротитанды алудың технологиялық схемасы

Зерттеу нәтижесіне сай жоғары пайызды ферротитанды алудың аппаратуралық схемасысы 19-суретте көрсетілген.



19-сурет – Жоғары пайызды ферротитанды алудың аппаратуралық схемасы

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Ферротитан-болат өнеркәсібінде легірлендіру, газсыздандыру және қалпына келтіру үшін қолданылатын маңызды қорытпа. Құрамында ферротитан бар болат жоғары механикалық қасиеттерге ие және коррозияға төзімді.

2. Жоғары пайыздық ферротитан алу үшін қажетті операцияларды жоғары дәлдікпен және тиімділікпен орындауға мүмкіндік беретін әртүрлі құралдар мен құрылғылар пайдаланылды. Мысалы, араластыру және өндіру процесінде дәл нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін жеке шихта компоненттерін өлшеу үшін зертханалық таразылар қолданылды. Құбырлы пеш түйіршіктерді металдандыру үшін пайдаланылды, олардың бетінде темір пленка пайда болды.

3. Пештегі түйіршіктерді 1570 °C температурада балқыту технологиясы темірді қосылған титанмен біріктіруге мүмкіндік береді, нәтижесінде ферротитан пайда болады. Төмендету дәрежесі, яғни өнімдегі титанның азаюы температураның жоғарылауымен артады.

4. Маңыздысы, алынған ферротитан өнімі 34,3 грамм болды. Бұл осы қорытпаны алу процесі белгілі бір шығындар мен технологиялық күш-жігерді қажет ететіндігін көрсетеді.

5. Тұтастай алғанда, ферротитан өндірісі-бұл белгілі бір параметрлердің дәлдігі мен сақталуын талап ететін күрделі және көп компонентті процесс. Сонымен қатар, бұл қорытпа болат өндірісіндегі маңызды компонент болып табылады және әртүрлі салаларда қолданылады.

6. Процестің жылдамдығының температураға тәуелділігі бойынша редукция жылдамдығы 1000 °C температурада көтеріле бастағаны байқалады, ал 1150 °C температурада күрт көтеріліп азаятындығы байқалады. Бұл 1150 °C газдың бөлінуі ең үлкен мәнге ие болады және осы температурада толығымен редукцияланып бітеді.

7. Зерттеу барысында температура артқан сайын процестің редукциялық дәреженің артқандығы байқалады. Тәуелсіздікте редукциялау дәрежесінің 1000 °C температурада күрт жоғарылайды, бұл шихта құрамындағы темір тотықтарының редукциялана бастағандықтарын көрсетеді. Ал 1150 °C температурда редукциялау дәрежесінің ең үлкен мәніне ие болғандығын көрсетеді. Бұл жағдай темір тотықтарының толық тотыққандарының, марганец, хром және титан тотықтарының аздап редукцияланғандығын көрсетеді.

ҚАБЫЛДАНҒАН ҚЫСҚАРТУЛАР ТЕРМИНДЕРІ ТІЗІМІ

Осы диссертацияда келесі қысқартулар қолданылады:

Бұл диссертациялық жұмыста белгілеулер мен қысқартулар қолданылған:

ЭШП-электршлакты балқыту

$Fe_{мет}$ – алғашқы материалдағы металдық темірдің мөлшері, %

$Fe_{общ}$ – жалпы темір;

g_c – барлық металдарды редукциялау үшін жұмсалатын көміртегінің жалпы шығыны, кг/кг шихты;

R – редукциялану дәрежесі, бірлік үлесі немесе %;

t – температура, $^{\circ}C$;

T, K — абсолюттік температура, Кельвин;

A_c – қатты редукционер күлдің мөлшері, %;

$Fe_{мет}$ – бастапқы материалдағы металл темірдің мөлшері, %;

$Fe_{общ}$ – жалпы темір;

g'_{CO_2} – CO_2 газының массалық мөлшері; CO_2

g_{Mn} – марганецті редукциялау үшін жұмсалатын көміртегінің шығыны, C, Mn кг/кг шихта;

g_{Cr} – хромды редукциялау үшін жұмсалатын көміртегінің шығыны, кг/кг C, Cr шихта;

шихта;

g_{Si} – кремниді редукциялау үшін жұмсалатын көміртегінің шығыны, C, Si кг/кг шихта;

g_{Fe} – бастапқы массада металданған темірдің мөлшері, %;

g'_{Fe} – процестің барлық кезеңдерінде жұмсалатын көміртектің шығыны, Fe кг/кг шихта;

$g_{O, Fe}$ – темірдің редукциялануы кезінде шихтадан газдандырылған оттегінің шығымы, кг/кг MM ;

$g_{O, Mn}$ – марганецтің редукциялануы кезінде шихтадан газдандырылған оттегінің шығымы, кг/кг MM ;

R – редукция дәрежесі, бірлік үлесі немесе %;

ΔO – темірді редукциялау кезінде газдалған оттегінің барлық мөлшері, Fe кг/кг шихта;

$\Delta O'_{Mn} - MnO \rightarrow Mn$ бойынша фазалық өзгеру Mn сатыларында марганецті редукциялау кезінде газдалған оттегінің барлық мөлшері, кг/кг шихта;

$\Delta O'_{Cr} - Cr_2O_3 \rightarrow Cr_3O_4 \rightarrow CrO \rightarrow Cr$ бойынша фазалық өзгеру сатыларында Cr хромды редукциялау кезінде газдалған оттегінің барлық мөлшері, кг/кг шихта;

$\Delta O'_{Si} -$ кремниді редукциялау кезінде газдалған оттегінің барлық мөлшері, Si кг/кг шихта;

$\Delta O_1 - Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ бойынша фазалық өзгеру кезеңінде газдалған оттегінің массалық үлесі, кг/кг шихта;

$\Delta O_2 - Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ бойынша фазалық өзгеру кезеңінде газдалған оттегінің массалық үлесі, кг/кг шихта;

$\Delta O'_3 - FeO \rightarrow Fe_{мет}$ бойынша фазалық өзгеру кезеңінде газдалған оттегінің массалық үлесі, кг/кг шихта;

Δt – уақыт айырмашылығы, мин;-

Осы магистрлік диссертацияда келесі терминдер қолданылды:

Редукция – бұл металдар химиялық қосылыстардан алынып, металл пішініне айналатын процесс. Қалпына келтіру кезінде металды оның қосылысынан бөлуді қамтамасыз ететін реакциялық жағдайлар жасалады, әдетте оттегіні немесе металмен байланысты басқа элементтерді кетіру арқылы.

Редукция процесі металдың түріне және оның қосылысына байланысты әртүрлі әдістер мен технологияларды қолдану арқылы жүруі мүмкін. Қысқартудың ең кең таралған әдістерінің кейбірі жоғары температураны, химиялық реагенттерді немесе электр тогын пайдалануды қамтиды;

Металдандыру бұл заттың бетіне металл жабын жағу процесі. Ол әртүрлі материалдарға қорғаныс, өткізгіш немесе сәндік жабындар жасау үшін қолданылады;

Балқыту – бұл материалды, әдетте металды немесе қорытпаны қатты күйден сұйықтыққа айналдыру үшін балқыту процесі. Балқыту металлургия және металл өңдеу өнеркәсібіндегі маңызды қадам болып табылады және әртүрлі металл пішіндері мен бұйымдарын жасау үшін қолданылады;

Легірлеу - бұл оның қасиеттерін өзгерту және оның сипаттамаларын жақсарту мақсатында негізгі металға немесе қорытпаға бір немесе бірнеше элементтерді (легирлеуші элементтер деп аталады) қосу процесі.

Легірлеу әртүрлі мақсаттарға жету үшін жасалуы мүмкін. Легірлеудің негізгі мақсаттарының бірі-беріктік, қаттылық, коррозияға немесе тозуға төзімділік сияқты материалдың механикалық қасиеттерін жақсарту. Арнайы элементтерді қосу кристалдық тордың құрылымын күшейтуі немесе өзгертуі мүмкін, нәтижесінде материалдың өнімділігі жақсарады.

Болат – темірдің көміртек (2%-ке дейін) және басқа элементтермен қорытпасы; темірдің көміртегі және басқа элементтермен қосылып жасалған деформацияланатын қорытпасы;

Шлак – қож, көпкомпонентті металл емес балқыма, сұйық металдың бетін балқыту процесінде жабатын (қатайған соң, тас немесе шыны тәрізді зат);

Шихта – бастапқы материалдардың араласқан қоспасы;

Окалина – бұл металдар ауада қызған кезде оттегінің тікелей әсерінен түзілетін оксидтердің қоспасы. Әдетте бұл термин барлық металдардың оксидтеріне қолданылмайды, тек темір мен мыс.;

Газсыздандыру – бұл металдың сапасы мен қасиеттерін жақсарту мақсатында металл балқымаларындағы газдарды кетіру процесі.

Металды немесе қорытпаны балқыту кезінде газдар балқымаға қоршаған атмосфера, шикізат, қолданылатын қоспалар немесе процесте

болатын химиялық реакциялар сияқты әртүрлі көздерден түсуі мүмкін. Металл балқымасында газдардың, әсіресе оксидтердің болуы оның сапасы мен беріктігі, икемділігі, тығыздығы немесе химиялық реактивтілігі сияқты қасиеттеріне теріс әсер етуі мүмкін.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ферротитан цена на мировом рынке. Электрондық ресурс: <http://www.infogeo.ru/metalls/worldprice/?vid=25> сайтқа жүгінген күні: 03.02.2023
- 2 F. Habashi, reference manufacturer metallurgy, 1997, Volume 1, Wiley VCH company, Germany, pp. 1129 – 1180.
- 3 H. S. Ray, R. Sridhar and K. P. Abraham, the extraction of non-ferrous metals, 1996, East-West Press, New Delhi, India, pp. 445-484.
- 4 K. Giessen and W. Dautzenberg, Stahl und Eisen, 1948, 159 P.
- 5 W. Dautzenberg and G. Volkert, Metallurgy Ferrolegierungen, 1972, Springer Verlag, Berlin. Page 609.
- 6 I.S. Kumysh, Bulat in English, 1960, 3 Vol. 185.
- 7 V. L. Playner and K. E. Kuchilinkov, Steel in English, 1961, Vol.11, p. 248.
- 8 R. S. Behar and A. K. Mohanti, "Aluminosilicothermal recovery of beach sand ilmenite", Proceedings of the Indian Institute of metals, 1984, Volume 34 (3), pp. 215-219.
- 9 R. S. Behar, A. K. Mohanti and C. Misra, "the effect of fillers and fluxes on the extraction of ferrotitan from beach sand", Proceedings of the Institute of metals of India, 1981, Volume 34 (6), pp. 421-426.
- 10 K. A. M. El-Fauahri, M. L. Mishreki, M. M. Eissa, T. A. El-Bitar and H.S. El Farmawi," a study of new production technology from Ferrotitan", Scandinavian Journal of metallurgy, 1990, Vol. 19. 187-190.
- 11 D. Brent, L. B. McRae and H. Lagendijk," ferrotitan production in a DC transmission arc plasma furnace", Proceedings of the 5th International iron and steel Congress, 1986, Washington, DC, pp. 65-77.
- 12 Лебедев В. А., Рогожников Д. А. Металлургия титана: учебное пособие, Екатеринбург : Издательство УМЦ УПИ, 2015. –194 с.
- 13 Бошкаева Л.Т. Совершенствование технологии электротермической плавки ильменитовых концентратов Казахстана с флюсующими добавками. ... канд. техн. наук.: 05.16.02. – Алматы: КазНТУ, 2009. – 23 с.
- 14 Тлеугабулов С.М., Сұлтамурат Г.И. Металлургиялық процестердің теориясы: Оқулық. –Алматы: Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰЗТУ, – 2016. – 491 б.
- 15 Tleugabulov S.M., Ryzhonkov D.I., Altybayeva D.Kh., Koishina G.M.. Limitation of metal carbonization results in implementation of ‘Ore-Steel’ process. International Journal of Chemical Sciences. (India). 13(1), – 2015, No2. – P.391- 402, ISSN 0972-768X, Scopus (IF-0.229).
- 16 Матида Тэцуити. Новый метод получения стали на заводе фирмы —Явато Сэйтэцу| с применением низкоскоростной вращающейся печи конического типа // РЖМ. – 1964.11В 130.

17 Мовсесов Э.Е., Печенкин В.П., Быстренин М.Н. Двухстадийный способ получения титанового шлака // Metallurgia и горнорудная промышленность. – 1965. №4(34). – С. 49-51.

18 Kroll W.J. Problems in the metallurgy of titanium // Metall. – 1955. – V.9. – P.1-6

ҚОСЫМША А

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

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Kazakh national research technical university named after K.I. Satpaev

Қазақ КСР еңбек сіңірген ғылым қайраткері, Қазақ КСР Ғылым Академиясының
корреспондент-мүшесі, техника ғылымдарының докторы, профессор **Ибрагим Әбілғазыұлы
ОНАЕВТЫҢ** туғанына 110 жыл толуына арналған
«**ҰЛЫТАУ-ҚАЗАҚСТАН МЕТАЛЛУРГИЯСЫНЫҢ БЕСІГІ**»
халықаралық ғылыми – практикалық конференциясының
ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ
Международной научно-практической конференции
«ҰЛЫТАУ-ҚАЗАҚСТАН МЕТАЛЛУРГИЯСЫНЫҢ БЕСІГІ»
посвященной к 110-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки Казахской ССР,
члена-корреспондента Академии Наук Казахской ССР, доктора технических наук,
профессора
Ибрагима Абылғазиевича ОНАЕВА

PROCEEDING
International scientific and practical conference
"ULYTAU - CRADLE OF METALLURGY IN KAZAKHSTAN"
dedicated to the 110th anniversary of the birth of the Honored Scientist of the Kazakh SSR,
corresponding member of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, Doctor of Technical
Sciences, Professor
Ibrahim Abylgazievich ONAEV

18-19 мамыр 2023 жыл, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, ТМҒ, Мәжіліс залы
18-19 мая 2023 год, КазННТУ им. К.И. Сатпаева, ГМК, Актальный зал
May 18-19, 2023. KazNRTU named after K.I. Satpaev, Mining and metallurgical building,
Assembly Hall

Алматы, 2023

УДК 622:669
ББК 33:34.3
Ұ46

ҰЛЫТАУ – Қазақстан металлургиясының бесігі. Халықаралық ғылыми–практикалық конференциясының еңбектері - Алматы, Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, 2023,- 343 б.

ҰЛЫТАУ – Қазақстан металлургиясының бесігі. Труды международной научно-практической конференции - Алматы, КазННТУ им. К.И. Сатпаева, 2023, - 343 с.

Ulytau - cradle of metallurgy in Kazakhstan. Proceeding international scientific and practical conference – Almaty, KazNRTU named after K.I. Satpaev, 2023, - 343 p.

ISBN 978-601-323-370-3

Еңбектерге Қазақстанның тау-кен металлургия кешенінің негізгі проблемаларына арналған мақалалар енгізілді және шикізатты кешенді пайдалану мен қайта өңдеу, ресурс және энергия үнемдеу мәселелері қамтылды, сервистік технологияларды әзірлеу және енгізу, қоршаған ортаны қорғаудың өзекті мәселелері және тау-кен металлургия саласы үшін отандық білікті кадрларды даярлау мәселелері ерекше орын алды.

В труды включены статьи, посвященные ключевым проблемам горно-металлургического комплекса Казахстана и освещены вопросы комплексного использования и переработки сырья, ресурсо- и энергосбережения, особое место отведено вопросам разработки и внедрения сервисных технологий, актуальным проблемам охраны окружающей среды и подготовки отечественных квалифицированных кадров для горно-металлургической отрасли.

The works include articles on the key problems of the mining and metallurgical complex of Kazakhstan and highlight the issues of integrated use and processing of raw materials, resource and energy saving, a special place is given to the development and implementation of service technologies, topical problems of environmental protection and the training of domestic qualified personnel for mining and metallurgical industry.

ISBN 978-601-323-370-3

© КазННТУ им. К.И. Сатпаева, 2023

ЖОҒАРЫ ПАЙЫЗДЫ ФЕРРОТИТАНДЫ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Ә. Б. Тәжмұханова, Г.М. Қойшина, Ж. Әділжан

Satbayev University, Қазақстан, Алматы қ.

assel.abe@mail.ru

Андатпа. Бұл мақалада ферротитанды алу процесі сипатталған. Процестің маңызды артықшылығы басқа шихта материалдарының орнына металданған түйіршіктерді пайдалану болып табылады. Өйткені оларды тасымалдау және сақтау оңай және қауіпсіз, сонымен қатар материалдың қажетті мөлшерін қарапайым және дәл мөлшерлейді. Компоненттердің шығынын есептеген кезде концентраттағы темір оксидтерінің арақатынасын ескеру қажеттілігіне де назар аудару қажет.

Маңызды кезең түйіршіктерді металдандыру процесі болып табылады, өйткені бұл процесс оларды 1150 °C дейін қыздыру арқылы жүзеге асырылады. Газ анализаторын пайдалану әсіресе өзекті болып табылады. Жұмыс принципі - газ ағынындағы CO және CO₂ анықтау және зерттеу, нәтижесінде процестің кинетикасы туралы мәліметтер алдық.

Соңғы қадам 1550 °C температурада балқыту процесі болды. Осы процестің нәтижесінде түпкілікті өнім – құрамында 80%-дан 85%-ға дейін FeTi бар жоғары сапалы ферротитан алынды.

Кілтті сөздер: ферротитан, редукция, металдандыру, көміртегі, түйіршік, редукциялап балқыту.

Ферротитан болат өндірісінде легірлеу, газсыздандыру және тотықсыздандыру үшін қолданылады [1]. Құрамында ферротитан бар болаттар жоғары механикалық қасиеттерге ие болады. Ыстыққа төзімді және тот баспайтын болаттар өндірісінде ферротитан көміртекті титан карбидіне байланыстырады, бұл дәнекерлеуді және коррозияға төзімділікті жақсартады.

Ферротитанның құрамында 20-75% Ti болады [2]. Ферротитанның құрамына кіретін темір, балку температурасын төмендетеді, бұл отқа төзімді титанның сіңуін жеңілдетеді. Сонымен қатар тот баспайтын болатты өндіру үшін қолданылатын аралық қорытпа болып табылады. Ферротитан қосылған болат коррозияға төзімділігі бойынша ерекше қасиеттерге ие болады.

Сондай-ақ, ферротитан қорытпадағы көміртекті титан карбидіне байланыстырады, соның арқасында соңғы қосылыстың ыстыққа төзімді қасиеттері пайда болады, дәнекерлеу қабілеті жақсарады. Ферротитан балқыту немесе қалпына келтіру арқылы алынады.

Ферротитанның негізгі артықшылықтарының бірі:

- салыстырмалы түрде төмен құны;
- балку температурасының төмендеуі;
- отқа төзімді титанның сіңуін жеңілдету;
- құрамында қорытпалардың механикалық қасиеттерін арттыру;
- болаттар мен қорытпалардың дәнекерленуін жақсарту;
- коррозияға төзімділікті арттыру.

Ферротитан алуға арналған жаңа бағыт

Жоғары пайыздық ферротитан алу үшін қажетті операцияларды жоғары дәлдікпен және тиімділікпен жүргізуге мүмкіндік беретін әртүрлі құралдар мен құрылғылар қолданылды. Процестің басында маңызды элемент - бұл шихтаның жеке компоненттерін өлшеу үшін қолданылған зертханалық таразылар, бұл араластыру және өндіру процесінде дәл нәтиже алуға, өз кезегінде жоғары пайыздық ферротитан алуға мүмкіндік береді.

Тәжірибе жүргізу үшін Сәтбаев ильменит концентраты, Арселор-Миттал Теміртау окалина және редукционер реагент ретінде ағаш көмірден, алдын-ала есептелген құрам бойынша шихта дайындалды. 32,53% концентрациясы бар темір сәйкесінше 26,67% және 16,5% қатынасында екі Fe₂O₃ және FeO оксидтерінен тұратынын ескеру [3] маңызды. Қажетті нәтижелерге қол жеткізу үшін қажетті шихта компоненттерін есептеу кезінде мұны ескеру қажет.

Кесте-1 – Тәжірибелік зерттеулер үшін қолданылатын шихта компоненттерінің химиялық құрамы

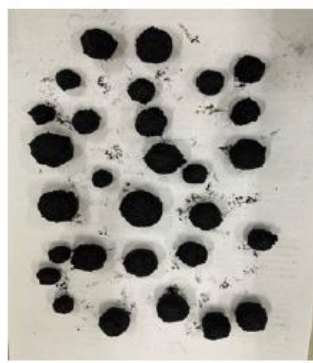
Материалдардың атаулары	Химиялық құрамы, %													
	Fe	FeO	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	C	S	ппп
Сәтбаев ильменит концентраты	32,53	16,54	0,7*	5,80	0,50	0,33	0,22	49,65	0,27	1,25	0,005**	-	-	7,73
Арселор-Миттал окалинасы	67,65	28,25	0,23	-	-	-	-	-	0,51	-	-	0,017	-	-
Ағаш көмір ***	-	-	-	0,48	-	-	-	-	-	0,12	-	0,06	98,0	-
Ескертпелер: * – MnO; ** – P ₂ O ₅ ; *** – күлділілігі Ас = 1,34.														

Жоғары пайыздық ферротитан алу үшін қажетті операцияларды жоғары дәлдікпен және тиімділікпен жүргізуге мүмкіндік беретін әртүрлі құралдар мен құрылғылар қолданылды. Процестің басында маңызды элемент - бұл шихтаның жеке компоненттерін өлшеу үшін қолданылған зертханалық таразылар, бұл араластыру және өндіру процесінде дәл нәтиже алуға, өз кезегінде жоғары пайыздық ферротитан алуға мүмкіндік береді.

Келесі қажетті процесс - бастапқы материалдарды белгілі бір фракцияға дейін ұнтақтау. Осы максатта ұнтақтағыш қолданылды. Бұл материалдарды қажетті фракцияға дейін ұнтақтауға мүмкіндік беретін қарапайым, бірақ тиімді. Бұл жағдай 1 мм-ге дейін біркелкі және ұсақ ұнтақ материалдарды алуға мүмкіндік берді. Мұндай ұнтақ құрамы [4] мен өлшемі бойынша біркелкі түйіршіктер жасау үшін қажет. Түйіршіктерді жасау үшін табақшалы гранулятор қолданылды. Түйіршіктеу бентонит тұратын арнайы сұйықтықты қолдану арқылы жүргізілді. Бұл сұйықтық ұнтақ бөлшектері арасында күшті байланыс орнатуға көмектесті, нәтижесінде 2 см-ге дейін түйіршіктер пайда болды.



Табақшалы гранулятор



Алынған түйіршіктер



Кептіруден кейінгі алынған түйіршіктер

Сурет 1 – Түйіршік алу процессі

Түйіршіктеу процесінің бірқатар артықшылықтары бар. Біріншіден, түйіршіктер тасымалдау және сақтау кезінде ыңғайлы және қауіпсіз, өйткені шанның пайда болу қаупі аз. Екіншіден, ұнтақтың орнына түйіршіктерді қолдану материалдың қажетті мөлшерін оңай және дәл мөлшерлеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, түйіршіктер әдетте жоғары тығыздыққа ие, бұл сақтау үшін қажет кеңістіктің көлемін азайтуы мүмкін.

Алынған түйіршіктер 300-400°C температурада арнайы кептіру пешінде кептірілді. бұл процесс түйіршіктерге қосымша беріктік беру және тасымалдау кезінде олардың бұзылуын болдырмау үшін қажет болды.

Кептіру процесі аяқталғаннан кейін №1 үлгіден 188 г түйіршіктер алынды. Бастапқыда 100,1 г түйіршіктері бар №2 үлгіде 7,6 г материал жоғалды.



Кептіру шкафы



Құбырлы пеш



Газанализатор



Алынған өнім

Сурет 2 – Тәжірибелік жұмысты жүргізуге қолданылған құрылғылар мен алынған металданған өнім

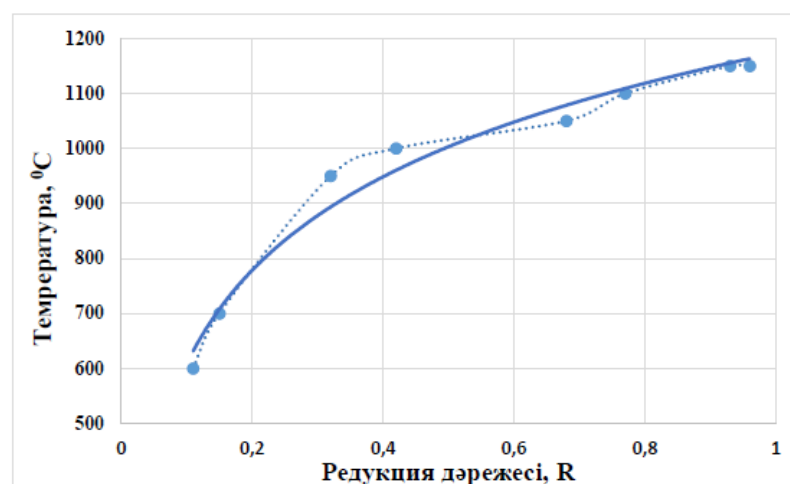
Алынған түйіршіктер металдандыру процесіне ұшырады, бұл олардың бетінде темір пленканы қалыптастыру үшін, оларды 1150°C температураға дейін қыздыруды қамтыды. Ол үшін органикалық отынның жануы арқылы ағынды жоғары температураға дейін қыздыруға қабілетті құбырлы пеш қолданылды. Сонымен қатар металдандыру нәтижелерін есептеу үшін газ анализаторы қосылды. Осы технологияны қолдану нәтижесінде түйіршіктердің бетінде темір пленкасы пайда болды, бұл оларға қосымша беріктік пен сыртқы әсерлерден қорғаныс берді. Қосымша CO₂ және CO газ көлемі анықталды.

Сондай-ақ, жылдамдықты анықтау үшін (1) формуласы қолданылды

$$\omega_R = \Delta R / \Delta t \quad (1)$$

Кесте 2 – Эксперименттік зерттеу нәтижелері

Δt	T	V	CO ₂	$\Delta O_{(CO)}$	$\Delta O_{(CO_2)}$	$\Delta O_{ж.}$	ΔR
12:30	600	газ бөліне басталды					
12:33	700	300	2	0,14	0,57	0,71	0,11
12:46	950	310	30	0,15	0,13	0,28	0,15
12:49	1000	510	1	0,36	0,72	1,08	0,32
12:53	1050	720	18	0,42	0,18	0,6	0,42
12:56	1100	1100	6	0,73	0,94	1,67	0,68
13:00	1150	750	11	0,47	0,11	0,58	0,77
13:02	1150	580	8	0,38	0,66	1,04	0,93
13:20	1150	400	2	0,28	0,11	0,39	0,96



Сурет 3 – Редукциялау дәрежесінің температураға тәуелділігі

Қорытынды

Есептелген нәтижелерді қолдана отырып, редукция дәрежесінің температураға тәуелделігі тұрғызылды. Температура жоғарылаған сайын редукция дәрежесінің артатыны анықталды.

Металлдандыру кезеңнен кейін түйіршіктер 1500°C температурада өтетін балқыту процесі үшін пешке жіберілді. Балқыту кезінде алдыңғы сатыда алынған темір қосылған титанмен біріктіріліп, нәтижесінде қажетті өнім, ферротитан түзілді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Хан Б. Х. и Ишук К. Я. Раскисление, дегазация, легирование сталей. М., "Металлургия", 1965, с. 324.
- [2] ГОСТ 47-91. Ферротитан. Технические требования и условия поставки. [Электронды дереккөз] <https://internet-law.ru/gosts/gost/199/> 20.01.2023
- [3] Тлеугабулов С.М. Теоретические основы получения металлов, сплавов и перспективных материалов, Алматы: изд. КарМетИ, 2002 г. 340 с.
- [4] Гиршов В.Л., Котов С.А., Цеменко В.Н. Современные технологии в порошковой металлургии: учеб. пособие/ В.Л. Гиршов, С.А. Котов, В.Н. Цеменко. - СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010.- 385 с.

Исследование технологии получения высокосортного ферротитана Ә. Б. Тәжмұханова, Г.М. Койшина, Ж.Әділжан

В данной статье описывается процесс получения ферротитана. Важными преимуществами процесса является использование металлизированных гранул вместо других шихтовых материалов. Поскольку их легко и безопасно транспортировать и хранить, а также простое и точное дозирование необходимого количества материала. Следует также обратить внимание на необходимость учитывать соотношение оксидов железа в концентрате при расчете компонентов шихты.

Важным этапом является процесс металлизации окатышей, поскольку этот процесс осуществляется путем их нагрева до 1150°C. Особенно актуальным является использование газоанализатора. Принцип работы заключается в обнаружении и изучении CO и CO₂ в газовом потоке, в результате получили данные кинетики процесса.

Последним этапом было процесс плавки при температуре 1550 °C. В результате этого процесса был получен конечный продукт - высококачественный ферротитан, содержащий от 80% до 85% FeTi.

Ключевые слова: ферротитан, восстановление, металлизация, углерод, окатыши, восстановительная плавка.

Study on the technology for producing high-grade ferrotitanium

A. B. Tazhmukhanova, G.M.Koishina, Zh.Adilzhan

Abstract. This article describes the process for producing ferrotitanium. Important advantages of the process are the use of metallised pellets instead of other charge materials. Because they are easy and safe to transport and store, and because the necessary amount of material is easily and accurately dosed. Attention should also be paid to the need to consider the ratio of iron oxides in the concentrate when calculating the components of the charge.

An important step is the metallization process of the pellets, since this process is carried out by heating them to 1150°C. The use of a gas analyser is particularly relevant. The principle is to detect and study CO and CO₂ in the gas stream, resulting in process kinetics data.

The final step was a melting process at 1550 °C. This process resulted in the final product - high quality ferrotitanium containing 80% to 85% FeTi.

Key words: ferrotitanium, reduction, metallization, carbon, pellets, reduction smelting.



SATBAYEV
UNIVERSITY

СЕРТИФИКАТ

«ҰЛЫТАУ – Қазақстан металлургиясының бесігі»
Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияға

Ә.Б. Тәжесмұханова, Г.М. Қойшина

«Жоғары пайызды ферротитанды алу технологиясын зерттеу»

тақырыбында баяндама ұсынғаны үшін беріледі



2023

ТКМИ директоры
Қ.Б. Рысбеков

Review

for the dissertation work of **Tazhmukhanov Asel Berdibekkyzy** on the topic *"Research of technology for obtaining high-percentage ferrotitane"*, submitted for the academic degree of Master of Technical Sciences in the specialty 7M07204 - Metallurgy and mineral processing.

The paper demonstrates the study of the technology of direct production of high-percentage ferrotitane, the study of known technologies, and also showed the disadvantages and advantages of these methods and methods.

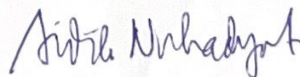
The author has received an answer to the question about the relevance of this topic. That is, ferrotitane is used in the production of steel for alloying, degassing and deoxidation. Steels containing ferrotitane have increased mechanical properties. In the production of heat-resistant and stainless steels, ferrotitane binds carbon into titanium carbide, which improves weldability and corrosion resistance.

It is established that ferrotitans contains from 20 to 75% Ti. Iron, which is part of ferrotitane, reduces the melting point, which facilitates the assimilation of more refractory titanium. It is also an intermediate alloy that is used for the production of stainless steel. Steel with the addition of ferrotitane acquires special properties for corrosion resistance. Alloying a ton of steel requires about 0.5-2% titanium.

The author will also highlight the main tasks of how to study the technology of obtaining high-percentage ferrotitane; familiarization with well-known research on the topic, and developing a technology for obtaining high-percentage ferrotitane.

Therefore, the value of the results obtained, which have scientific novelty, practical significance and meet the requirements of the master's thesis in the specialty 7M07204 Metallurgy and mineral processing, and its author Tazhmukhanova Assel Berdibekkyzy is worthy of awarding her an academic degree.

Professor of Department of
Mechanical Engineering
Education, Faculty of
Engineering, Universitas Negeri
Yogyakarta, Prof. Dr. Eng.



Didik Nurhadiyanto

7M07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»
(білім беру бағдарламасының шифры мен атауы)

Тәжмұханова Әсел Бердібекқызының
(магистранттың аты-жөні)

Тақырыбы: «Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу»

магистрлік диссертациясына
(жұмыс түрінің атауы)

РЕЦЕНЗИЯ

Орындалды:

а) графикалық бөлік 12 бет
б) түсіндірме жазба _____ бет

ЖҰМЫС ҮШІН ЕСКЕРТПЕЛЕР

Рецензияға ұсынылған магистрлік диссертация түсіндірме жазбадан тұрады. Барлық ұсынылған материалдар магистрлік диссертацияны рәсімдеуге қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Кіріспеден, 3 бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұратын түсіндірме жазба техникалық сауатты баяндалған.

Магистрлік диссертацияда жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясы қарастырылған, белгілі әдістер зерттелген, сонымен қатар олардың кемшіліктері мен артықшылықтары ұсынылған.

Автор осы тақырыптағы басқа ғалымдар жүргізген белгілі зерттеулермен танысқан. Ферротитанды алудың әртүрлі әдістерін талдаған. Әдістердің әрқайсысы егжей-тегжейлі зерттелген және салыстырылған.

Жұмыста қажетті зерттеулер мен есептеу жұмыстары жүргізілген. Жалпы автор жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын анықтаған. Ұсынылған деректер мен қолданылатын әдістер зерттеу шихта материалдарын қолдану арқылы ұнтақтау, түйіршіктеу, кептіру, металдандыру және балқыту процесстері жүргізілген. Нәтижесінде ферротитан қажетті мөлшерде алынып, қолданылған әдістер мен құралдардың техникалық тиімділігі мен дәлдігі туралы қорытынды жасалған.

Жалпы алғанда, жоғары пайыздық ферротитанды зерттеу және алу күрделі және өзекті мәселе болып анықталады. Әзірленген технология осы саладағы маңызды қадам болып табылады. Бұл құрамында титан мөлшері жоғары ферротитан алуға мүмкіндік берді, бұл оны әртүрлі өндірістік процестерде қолдануға, осы материалды өндіру мен пайдаланудың заманауи технологияларының дамуына ықпал етуіне әсер етеді.

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Жұмысты бағалау

Магистрлік диссертация 7M07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы бойынша техникалық ғылымдар магистрі дәрежесі талаптарына сәйкес келеді және магистрлік диссертация «өте жақсы» 95% деген бағаға бағаланады.

Рецензент:

PhD докторы, АҚ «Алел» қаржы-инвестициялық корпорациясы, ВЛОХ және гидрометаллургия цехының инженер-технологы



Кұрмансейтов М.Б.

« 12 06 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

7M07204 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту»
Тәжмұханова Әсел Бердібекқызының магистрлік диссертациясына

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Тақырыбы: «Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу»

Технологиялық тұрғыдан алғанда, "Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу" тақырыбындағы диссертация өзекті және маңызды болып табылады. Заманауи өнеркәсіптік процестерде металлургия, авиация және электроника сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылатын жоғары сапалы ферротитан өндірісі маңызды рөл атқарады.

Зерттеуші Тәжмұханова Ә. ферротитан алу процестерін әзірлеуге және зерттеуге байланысты алдыңғы ғылыми-зерттеу жұмыстарына кең талдау жасаған. Ол өзінің зерттеуінің бір бөлігі ретінде жоғары пайыздық ферротитан алу әдісінің теориясы мен эксперименттік жұмыстарын көрсеткен.

Зерттеу барысында Тәжмұханова Ә. есептеулерін және алынған жаңа материалдарды зерттеу нәтижелерін анықтаған. Оның жұмысы жоғары пайыздық ферротитан алу процесін жақсы түсінуге және оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Нәтижесінде, бұл диссертация металлургиялық технология және ферротитан алу процестері саласына маңызды үлес болып табылады. Тәжмұханова Ә. зерттеу нәтижелері мен қорытындылары өндірістік процестерді жетілдіруге және әртүрлі өнеркәсіптік секторларда жоғары пайыздық ферротитанды қолдануға көмектеседі.

Жалпы Тәжмұханова Әсел Бердібекқызының "Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу" тақырыбындағы диссертациясы 7M07204 – "Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту" білім беру бағдарламасы бойынша техникалық ғылымдар магистрі дәрежесін алу үшін магистрлік диссертацияны орындау талаптарына сәйкес келеді. Бағалау - (95%, А).

Ғылыми жетекші,

Ph.D докторы, қауым.проф.

Г.М. Койшина Койшина Г.М.

« 13 » 06 2023 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тажмұханова Әсел Бердібекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 1.7

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 20

Знаки из других алфавитов: 55

Интервалы: 4

Белые Знаки: 0

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.

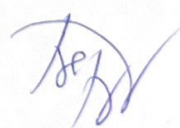
☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ 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
12.06.2023 ж.

Заведующий кафедрой

Мирзи
Бзренишиев М.Б.


Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тажмұханова Әсел Бердібекқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Жоғары пайыздық ферротитан алу технологиясын зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 1.7

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 20

Знаки из других алфавитов: 55

Интервалы: 4

Белые Знаки: 0

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
12.06.2023 ж.

Гүлзада Қойшина

Кочина Г.А.
проверяющий эксперт