

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

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

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Даниярова Кәмила Айдосқызы

Ванадиймен легіріленген болатты алу процестерін зерттеу

Дипломдық жұмысқа

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Мамандығы: 5В070900 – Metallургия

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

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

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова
«30» 05 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Ванадиймен легіріленген болатты алу процестерін зерттеу»

Мамандығы: 5B070900 – Metallургия

Орындаған

Даниярова К.А

Рецензент

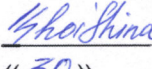
ҒӨА «Технопарк-Темиртау»,
ғылыми қызметкері,
PhD докторы

Ғылыми жетекші

PhD докторы, ассистент-профессор



«» М.Б. Құрмансейтов
2022 ж.

 Г.М. Қойшина
«30» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

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

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – «Металлургия»

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова

«14» 01 2022 ж.

Дипломдық жоба орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Даниярова Кәмила Айдосқызы

Тақырыбы: «Ванадиймен легіріленген болатты алу процестерін зерттеу»

Университет ректорының 2021 ж. "24" желтоқсан №489-П/Ө –б

бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы "23" мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Ванадийлі шлақты пайдалана отырып, легіріленген болаттарды балқыту

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) әдеби шолу;
- б) теориялық зерттеу;
- в) тәжірибелік зерттеу.
- г) қорытынды

Сызба материалдар тізімі: төмендеу дәрежесінің, бөлінетін газдағы CO₂ тепе-теңдік мөлшерінің температураға тәуелділік графиктері

Ұсынылатын негізгі әдебиет 32 атаудан тұрады.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	01.03.2022ж.	<i>Ghoishina</i>
Жалпы түсініктемелік жазба	14.03.2022ж.	<i>Ghoishina</i>
Зерттеу әдістемесі	03.04.2022ж.	<i>Ghoishina</i>
Эксперименттік зерттеулер	29.04.2022ж.	<i>Ghoishina</i>
Қорытынды	20.05.2022ж.	<i>Ghoishina</i>

Аяқталған дипломдық жұмыс бөлімдеріне кеңесшілер мен
норма бақылаушының қойған
қолтаңбалары

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

Ғылыми жетекші

Ghoishina

Қойшина Г.М.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Danil

Даниярова К.А.

Күні

" *03* " *02* 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс компьютермен терілген, 49 беттен, 3 бөлімнен, 8 суреттен, 6 кестеден тұрады. Оның ішінде тапсырма, кіріспе, құрамында ванадий бар материалдардың шикізат базасы, жүргізілетін зерттеулер әдістемесі, эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімі келтірілген. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі аталымнан тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты - ванадий құрамды шикізатты пайдалана отырып легірленген болаттарды тікелей легірлеу жағдайларын зерттеу.

Жұмыста металлургиялық есептеулер және негізгі қондырғыларды таңдау көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

Диссертация набрана компьютером, состоит из 49 страниц, 3 разделов, 8 рисунков, 6 таблиц. Среди них задание, введение, сырьевая база ванадийсодержащих материалов, методика проводимых исследований, методика проведения экспериментальных исследований, заключение и список использованной литературы. Список использованной литературы состоит из наименований.

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

В работе приведены металлургические расчеты и выбор основного оборудования.

ANNOTATION

The thesis is typed by computer, consists of 49 pages, 3 sections, 8 figures, 6 tables. Among them are the task, the introduction, the raw material base of vanadium-containing materials, the methodology of research, the methodology of experimental research, the conclusion and the list of references. The list of references consists of titles.

The purpose of the thesis is to study the conditions of direct alloying of alloy steels using vanadium-containing raw materials.

The paper presents metallurgical calculations and the choice of the main equipment.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Құрамында ванадий бар материалдардың шикізат базасы	10
1.1 Болатты ванадиймен легірлеу әдістері	13
1.2 Ванадийлі шлакты пайдалана отырып, төмен легірленген болаттарды балқыту	15
1.3 Ванадийлі шлакты пайдалана отырып, жоғары легірленген болаттарды балқыту	18
1.4 Пештен тыс тікелей легірлеу	21
2 Жүргізілетін зерттеулер әдістемесі	23
2.1 Эксперименттік зерттеулерде қолданылатын шихта материалдарының сипаттамасы	23
2.2 Теориялық зерттеулер әдістемесі	24
2.3 Эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі	32
3 Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері	35
3.1 Шихтаны есептеу	35
3.2 Металдандырылған өнімдерден металды балқыту	35
3.3 Темір мен легірленген металдарды редукциялау процесінің кинетикасын эксперименттік зерттеу	35
Қорытынды	42
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	43
Қосымша А	45

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта өндірістік процестерге қойылатын негізгі талаптар өнімнің сапасын арттыру, оның өзіндік құнын төмендету, ресурстарды ұтымды пайдалану және өндірістің экологиялық қауіпсіздігі болып табылады.

Ванадий металды пайдалану қасиеттерінің деңгейін едәуір арттыруға мүмкіндік беретін ең танымал легірлеуші элементтердің қатарына жатады. Ванадиймен легірленген болаттарды өндірудегі негізгі қоспалаушы материал – бағасы жоғары феррованадий. Ванадиймен легірленген болаттардың өндірісін одан әрі кеңейту және бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін металды құрамында ванадий оксиді бар материалдармен, оның ішінде конвертерлік ванадий шлагымен өңдеуге негізделген легірлеу әдісін қолдану, осы материалдардан ванадийді редуциялап балқыту жағдайларын қамтамасыз ету кезінде ерекше маңызды.

Қазіргі уақытта редуциялаушы реагент ретінде құны жоғары алюминий, кремний, кальций қолданылады. Осыған байланысты кремний мен көміртекті редуциялаушы реагент ретінде пайдалана отырып, ванадий құрамды шикізаттарды қолдана отырып болатты өңдеу технологияларын жасау өзекті мәселе болып табылады. Көміртектің құны арзан болғандығына байланысты бұл технологияны қолдану металл өнімдерінің өзіндік құнын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

1 Құрамында ванадий бар материалдардың шикізат базасы

Жер қыртысындағы ванадийдің негізгі қоры негізінен магмалық тау жыныстарынан түзілген титаномагнетит кендерінің ірі кенорындарымен берілген [17]. Жұмыс істеп тұрған ванадийлі өндіріс Сәтбаев, Качканар және Первоуральск Орал кен орындарының Лисаков және титаномагнетит кендерінің темір кен концентратынан ванадийлі ілеспе алуға негізделеді.

Бұл кендер қазіргі уақытта ванадийдің әлемдік өнеркәсіп үшін негізгі және сенімді шикізат көзі болып табылады. Құрамында ванадий бар титаномагнетиттерді металлургия өндірісінде пайдалану, сондай-ақ Қазақстанда, Ресей Федерациясында, ҚХР, ОАР-да бірқатар металлургиялық кәсіпорындарды темір кені шикізатымен қамтамасыз ету проблемасын шешуге мүмкіндік берді [18].

Өнеркәсіп үшін ең маңызды кен орындары Лисаков, Қазақстанда титаномагнетитті Сәтбаев кен орны, ал Ресейде Гусевгорск, Качканар, Первоуральск, Кусинск, Чинейск және т.б. болып табылады. Алайда өнеркәсіптік ауқымда тек Гусевгорск кен орны игерілді, оның негізінде Качканар (КБК) кен байыту комбинаты жұмыс істейді. Оның өнімдерімен (агломерат, жентектер) 1964 жылдан бастап Нижнетагиль металлургия комбинатының (НТМК) және Чусов металлургия зауытының (ЧМЗ) домна пештері жабдықталуда. Болашақта титан мөлшері неғұрлым жоғары кендерге жататын титаномагнетиттері бар Чиней кен орнын игеру белгіленген. Осыған байланысты ванадийлі шойын мен болатты ванадийден ілеспе ала отырып, құрамында ванадий бар титаномагнетиттерді өнеркәсіптік агрегаттарда қайта өңдеу технологиясы одан әрі пысықтауды және арнайы зерттеулерді талап етеді, алайда НТМК мен ЧМЗ-да бар технология бұл үшін пайдалы болуы мүмкін.

Качканар агломераты мен жентектердің металлургиялық шикізат ретіндегі ерекшелігі-титан қосылыстарының болуы. Титан бар материалдар домна пешінде карбидтер мен карбонитридтерге дейін редукциялануы, қиындықтардың негізгі себебі болып табылады. Кокс – шлак және шлак – металдың реакциялық бетіне шоғырлана отырып, олар одан әрі реакция фазалары арасындағы масса алмасу процестерін қиындатады және күкіртсіздендіру реакцияларының тежелуіне және ванадийдің редукциялануна себеп болуы мүмкін. Сонымен қатар, металл тамшыларының бетіне адсорбция жасай отырып, олар коагуляцияға және шлак қабаты арқылы тұнуына кедергі болып табылады. Нәтижесінде шойынның едәуір мөлшерінің түзілуі шлакқа тәуелді болады және шлак ағындарының салқындату құрылғыларының бұзылуына әкеледі.

Пеште пайда болған титан нитридтері (TiN және Ti_4N) шлактың қоюлануына ықпал етеді. Тотықтырғыш атмосферада (үрлеу кезінде) титан карбидтері мен нитридтері титан оксидін қалыптастыру үшін ыдырайды. Темір

шлактары сонымен қатар титан оксидінің пайда болуымен титан карбидтері мен нитридтерінің ыдырауына ықпал етеді.

Бұл әсіресе пештердің жоғары, сондай-ақ тұрақсыз жылу режимінде айқын көрінеді. Сондықтан ванадийлі шойынды балқытатын домна пештері қыздыру бойынша тұрақты жұмыс істеуі, "химиялық суық" шойындарды балқытуы, сондай - ақ шығарылымда 1693 - 1733K температураны қамтамасыз ететін режимде жұмыс істеуі тиіс. Көп жылдық зерттеулер – Орал металл институты Металлургия институтымен бірлесе отырып, осындай технологиялық режимде пештердің ең жақсы техникалық-экономикалық көрсеткіштер беретінін көрсетті [19]. Сонымен қатар, ванадий шойынының сапасы артады, шойындағы титан мен кремнийдің мөлшері азаяды, бұл конвертерде қайта өңдеу кезінде конвертер шлактағы ванадий оксидінің жоғары мөлшерін қамтамасыз етеді.

Титанның редукциялануының және оның карбонитридтерінің түзілуінің теріс салдарын келесі құбылыстармен сипаттауға болады [19]:

- титан шлактары кокс кесектерін ылғалдандырады және кокс саптамасы арқылы нашар сүзіледі, ошақта балқыту өнімдерінің дренажы нашарлайды;

- ошақта гренал мен шлактан тұратын тұрақты гетерогенді қабат түзіледі. Гренал қабықпен қапталған коагуляцияланбаған металл тамшылары, оның беткі қабатында 60%- ке дейін карбонитридтер, сонымен қатар перовскит пен байковитпен байытылған минералды фазалар (мелилит, титанавгит) бар;

- ошақ қабырғаларында қатты карбонитридтердің конгломератымен, төменгі титан оксидтеріне негізделген қиын балқитын қосылыстармен, көміртекті қосындылармен - кокс бөлшектерімен, шлак байланыстырғыштарымен және металдың ұсақ тамшыларымен ұсынылған тұнбалы массалар түзіледі;

- балқыту өнімдерінде карбонитридтер мен олардың кешендерінің болуы гетерогенді жүйелердің пайда болуы нәтижесінде олардың тұтқырлығын арттырады.

Сонымен қатар, шлактағы 1% TiO_2 кезінде, одан да жоғары мәндерінде домна пешінің жұмысында карбонитридтердің жиналуына байланысты асқынулар байқалады:

- оның бетінің шлакпен сулануынан кокстың жану қарқындылығының төмендеуі;

- пештердің темір кені шикізаты мен кокстың беріктік сипаттамалары мен гранулометриялық құрамының нашарлауына, сондай-ақ пешті қыздырудың ауытқуларына және шлақтың негізділігінің жоғары сезімталдығы;

- берілген үрлеу мөлшерін азайтуға мәжбүр ететін балқыту өнімдерін шығару алдында пештегі газдың жалпы қысымының төмендеуінің айтарлықтай артуы;

- шлакта металдың едәуір мөлшерінің болуына байланысты шлақтық фурмалардың қатты жануына байланысты жоғарғы шлақты өндіру кезіндегі

қиындықтар, осыған байланысты жоғарғы шлакты технологиялық өндеудің басынан бері НТМК-да өндеу жүргізілмеген;

- үрлеудің саны қысқарған кезде фурмаларда шлактың пайда болуына және оларды балқыту өнімдерімен толтыру қауіпіне байланысты пештің ұзақ тоқтауы;

- шығарылатын жердегі шлакпен, негізінен греналдар түрінде металдың жоғалуының жоғарылауы;

- ванадий шойындарын тиеу үшін пайдаланылатын шойын машиналарын жиірек өндеу және жөндеу, толтыру құрылғыларының абразивті тозуы;

Жоғары қысым карбид түзілу процесінің төмендеуіне ықпал етеді. Алайда, фурмалардағы қысымның жоғарылауы конустық жүктеу құрылғыларының абразивті тозуына әкеледі.

- фурмалардың, құбырлы тоңазытқыштардың күйі түріндегі технологиялық асқынулар;

- науқан соңына қарай балқудың техникалық-экономикалық көрсеткіштерінің біртіндеп нашарлауы, ондағы тұнбалы массалардың шөгінділерінен ошақтың сыйымдылығын жоғалтумен байланысты.

Жоғары титанды шихтада балқыту - домна өндірісі тәжірибесінде ең қиынның бірі болып табылады. Шетелде, атап айтқанда Канадада бірнеше рет мұндай балқытуды игеру сәтсіз аяқталды. Жапонияның металлургиялық зауыттарында домна шихтасындағы титан оксидінің максималды мөлшері 1 тонна шойынға шаққанда 28 кг-нан аспауы керек екендігі анықталды. Алайда, шихтада титанның осындай мөлшері бар пештің ұзақ уақыт жұмыс істеуі шламда және ошақта титан карбидтерінің шөгінділерінің пайда болуына, шлак фурмаларының істен шығуына және пештің тегістігінің бұзылуына әкеледі. Сондықтан Жапонияда пешке енгізілген титан оксидінің мөлшері 1 тонна шойынға 10 кг мен шектелген.

Качканар шикізатындағы титан оксидінің мөлшері 1 тонна шойынға 48-50 кг құрайды, яғни Жапонияның металлургиялық зауыттардағы шихтадағы титанның шекті рұқсат етілген мөлшерінен екі есе жоғары. Сондықтан Качканар агломерациясын және жентекті балқыту үшін жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштер кезінде жоғары сапалы ванадий шойынын ала отырып, қуатты домна пештерінің тұрақты жұмысын қамтамасыз ететін технологияны әзірлеу қажет болды.

Сәтбаев ильмениті концентратында титан диоксиді 45-55% және ванадий оксиді 0,22% құрайды [20].

1.1 Болатты ванадиймен легірлеу әдістері

Қазіргі уақытта болат өндіру тәжірибесінде болатты ванадиймен легірлеудің үш негізгі әдісі қолданылады-құрамында ванадий бар қорытпаларды пайдалану, метал шихтасының құрамындағы ванадийді кәдеге жарату және болатты ванадиймен тікелей легірлеу.

Құрамында ванадий бар қорытпалар легірлеуге дайындалған металға болатты балқыту немесе соғу процесінде ванадийдің шлакпен немесе газ фазасымен тотығуын шектейтін жағдайларда енгізіледі. Бұл әдістің дәстүрлі түрі феррованадийді қолдану. Ванадийдің жоғары балқу температурасы, жоғары тығыздық және концентрациясының жоғарылауы кейбір жағдайларда, мысалы, шөміште легірлеу кезінде феррованадийдің тез еруін және ванадийдің металл көлеміне біркелкі таралуын қиындатады. Соңғы кезде феррованадийден басқа, құрамында ванадий бар әртүрлі қорытпалар (лигатуралар) өндіріліп, легірлеу үшін қолданылуда, олардың құрамына ванадийден басқа тотықсыздантыратын және легірлейтін элементтер кіреді: кремний, марганец, титан, хром, көміртек, азот және т. б. Лигатуралардың балқу температурасы мен тығыздығы төмен, бұл олардың металда тез еруіне ықпал етеді, ал кремний және марганец сияқты элементтердің болуы ванадийдің тотығуын азайтады және оның металмен сіңуін арттырады.

Құрамында ванадий бар қорытпаларды қолдануға негізделген легірлеу әдістері көптеген артықшылықтарға ие: оңай жүзеге асырылады, балқыту процесіне іс жүзінде әсер етпейді, болаттағы ванадийдің жоғары және тұрақты болуын қамтамасыз етеді, сондықтан кеңінен қолданылады. Алайда, легірленген қорытпаларды өндіру ванадийдің жоғары шығындарымен және қорытпалардың жоғары құны мен тапшылығын анықтайтын үлкен еңбек және энергия шығындарымен байланысты күрделі көп сатылы технологияға (схемаға) негізделген, бұл оларды қолдану мүмкіндігін шектейді.

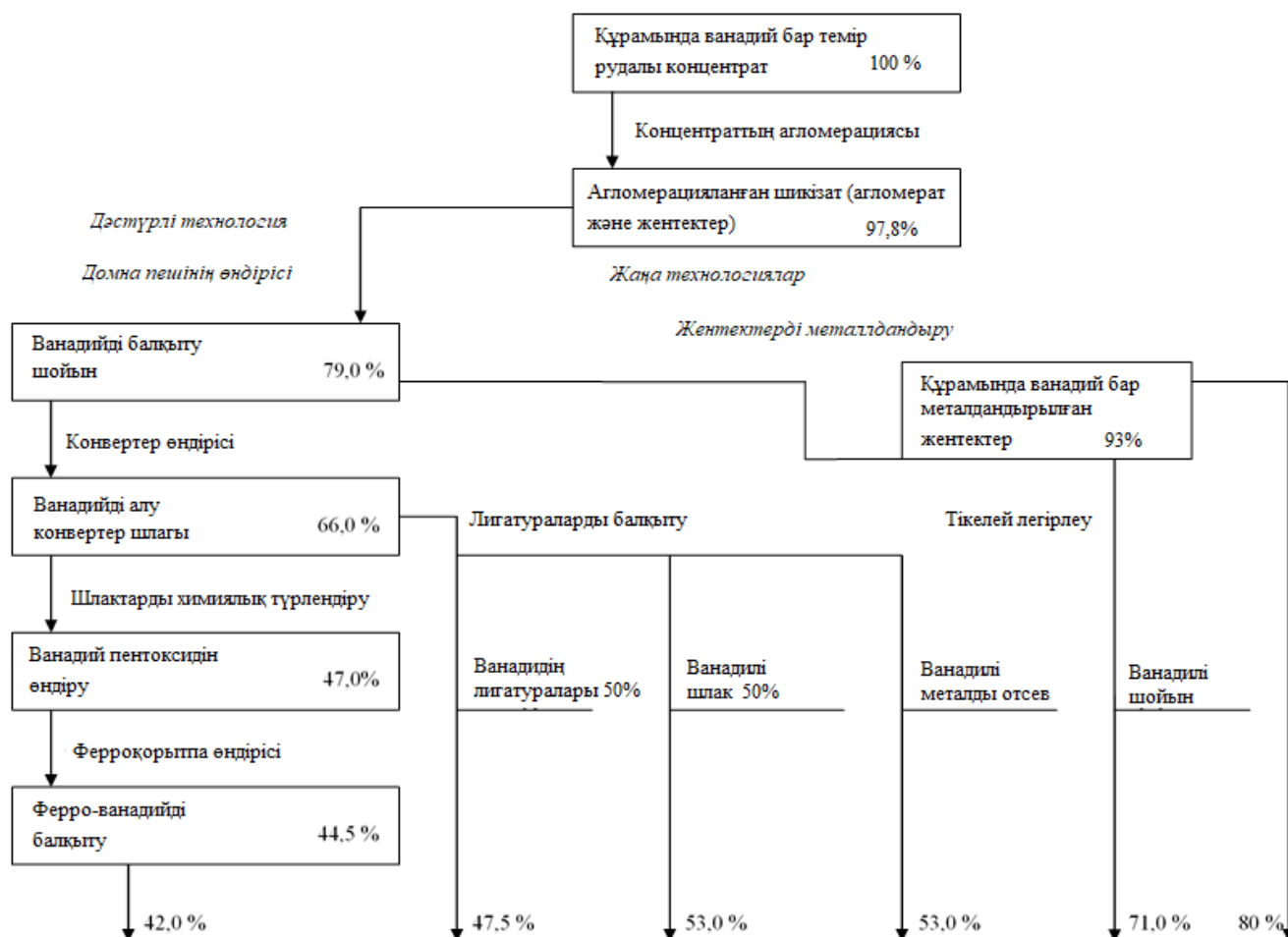
Құрамында ванадий бар болаттардың қалдықтары, ванадий шойыны бар шихтаның металл бөлігіндегі ванадийді сақтау (кәдеге жарату) есебінен болатты ванадиймен легірлеуге арналған қоспалаушы материалдардың шығыны қысқартылуы мүмкін. Ванадийді сақтау үшін темір оксидтерінің белсенділігі төмен шлактардың астында балқыту процесін жүргізу қажет. Шлактағы темір оксидтерінің концентрациясы негіздік шлактар үшін 3% - дан және қышқыл шлактар үшін 9% - дан аспауы тиіс. Шлактың жоғары тотығуымен ванадий көп мөлшерде тотығады және шлакқа өтеді. Бұл тотықтырғыш дефосфорацияны жүргізу іс жүзінде мүмкін емес, өйткені ванадийде фосформен бірге тотығады. Редукциялау жағдайында балқыту және құрамында фосфор мөлшері аз жоғары сапалы шихтаны қолдану қажеттілігі ванадий бар болаттарды алудың осы әдісінің мүмкіндіктерін айтарлықтай шектейді.

Соңғы уақытта болатты ванадиймен тікелей легірлеу әдісі кең қолданыс тапты, ол ванадий тотықтарын шлак немесе легірлеуші- редуциялаушы қоспа түрінде пешке шлакты енгізуден, оларды кейіннен редуциялаудан және ванадийдің металға ауысуынан тұрады. Бұл әдіс ванадий конвертер шлакты тікелей болатты легірлеу үшін қолдануға мүмкіндік береді, оны ванадий пентоксидіне және феррованадийге өңдеу сатысын айналып өтеді, бұл болатты легірлеудің өзіндік құнын айтарлықтай төмендетеді және ферроқорытпа өндірісімен байланысты жоғалтуларды азайту арқылы ванадийді пайдалану дәрежесін арттырады.

Болатты ванадиймен тікелей легірлеудің орындылығы келесі жағдайларға байланысты: жоғары өнімділіктегі ванадий бар болаттарды өндіруді шектейтін ванадий легірленген қорытпалардың жоғары құны мен тапшылығы: металды шлактан ванадий сіңірудің жоғары дәрежесін қамтамасыз ететін болатты балқыту процестерінің технологиялық нұсқаларын жүзеге асыру мүмкіндігі; тікелей қоспалау үшін пайдаланылуы мүмкін ванадий бар материалдар ресурстарының болуы және ванадий құны айтарлықтай легірленген қорытпаларға қарағанда аз; ванадий шикізатын феррованадийге өңдеудің күрделілігі және сонымен бірге ванадийдің 60% - ға жететін үлкен шығындары.

Болатты ванадиймен тікелей легірлеу бойынша алғашқы өнеркәсіптік тәжірибелерді отызыншы жылдардың соңында атақты кеңес металлургы В.И. Тыжнов жүргізді. Бұл жағдайда қолданылатын Мартен ванадиймен бастап шлакта ванадий оксидтерінің төмен концентрациясына және фосфордың жоғарылауына ие болды, ал балқыту технологиясында бірқатар кемшіліктер болды, ол кезде бұл легірлеу әдісі қолданылмады. 60-шы жылдары В.И. Ленин атындағы Нижний Тагил металлургиялық комбинатында (НТМК) өндіріс басталды, ванадий оксидтерінің жоғары концентрациясы және зиянды қоспалардың аз мөлшері бар конверсиялық шлакты болатты легірлеу үшін тікелей допнинг әдісі қайтадан қолданыла бастады. Бірқатар кәсіпорындарда конвертерлік ванадийлі шлакты пайдаланумен болатты ванадиймен тікелей қоспалау технологиясы өнеркәсіптік өндіріске енгізілді [22, 23].

Орал қара металдар ғылыми-зерттеу институтында болат балқыту процесі кезіндегі ванадийдің мінез-құлқын және оның металл мен шлак арасындағы таралуын зерттеу бойынша жүргізілген зерттеулер қазіргі уақытта машина жасау және металлургия кәсіпорындарында кеңінен қолданылатын легірлеудің бұл әдісін едәуір жетілдіруге мүмкіндік берді.



1.1 Сурет - Легірлеу үшін құрамында ванадий бар әртүрлі материалдарды пайдалану кезінде ванадийді концентраттан болатқа дейін алу

Процестің технологиялық схемасы 1.1 суретте көрсетілген [24, 25].

1.2 Ванадийлі шлакты пайдалана отырып, төмен легірленген болаттарды балқыту

Конвертерлік ванадийлі шлакты қолдана отырып, төмен легірленген болаттарды балқыту кең таралған.

Негізгі электр доғалы пештерде тікелей легірлеу технологиясының үш нұсқасы бар. Бастапқы ұсынылған технология бойынша фосформен ластанған тотыққан шлакты тиегеннен кейін тотықсыздану кезеңінде пешке құрамында ванадийлі-шлак, ұсақ тұтас кокс және ұнтақталған ферросилиций бар легирлеуші - тотықсыздандырғыш қоспа отырғызылды [23]. Қоспаны пешке енгізгеннен кейін

5-10 минуттан кейін біртекті сұйық жылжымалы шлак пайда болады. Ванадийдің болатқа энергетикалық ауысуы басталады, ванадий шлактан көміртегі мен кремниймен тотықсызданады. Бұл жағдайда ванадийді ассимиляциялаудың уақыты 20-40 минутты құрайды, ал ванадийдің металмен ассимиляциялану дәрежесі 80-90% құрайды; шлактағы ванадий оксидтерінің мөлшері 0,1-0,3% дейін төмендейді.

Металды диффузиялық тотықсыздандыруды ферросилиций, кокс және ұсақталған әк қоспасымен, ал соңғы тотықсыздандыруды кремний-кальций мен алюминиймен жүзеге асырылады.

Алайда, осы технология бойынша болатты ванадиймен легірлеудің кемшіліктері бар. Редукция кезеңінде ванадийлі шлақты қосу және кремниймен тотықсыздандыру негізділіктің айтарлықтай төмендеуіне және шлақтың тотығуының жоғарылауына әкеледі, сондықтан болаттағы оттегі мен металл емес қоспалардың мөлшері қаншалықты артады, бұл металдың механикалық қасиеттеріне теріс әсер етеді. Технологияның екінші прогрессивті нұсқасы тотығу пешінде шлақты қалыптастыру үшін ванадий шлағын қолданумен байланысты [5]. Бұл технологияға сәйкес, фосформен азайтылған алғашқы тотықтырғыш шлағын жүктегеннен кейін (металдағы көміртегі мөлшері 0,03-0,05, әдеттегіден көп), 5:1 қатынасында ванадий шлағынан және әктен жаңа тотығу шлағы пайда болады. Бұл кезде көміртекті және басқа металл қоспаларын тотықтыру үшін темір рудасының орнына ванадий шлағының темір оксидтері пайдаланылады және ванадий шпинелидің ыдырауы жүреді. Кейіннен редукция кезінде тотықсыздандырғыштарды енгізу металдың тез тотықсыздануына әкеледі және ванадийдің ерітінділерді тұтынуға ауысуы, бұл ретте редукция кезеңінде ванадий шлағын енгізу технологиясын пайдаланумен салыстырғанда төмен.

Үшінші нұсқа бойынша, шихта құрамындағы ванадийлі шлак үйіндіге немесе балқу кезеңінде енгізіледі, бұл балқу мен тотығу кезеңін біріктіруге мүмкіндік береді. Әк қоспасы шкаланың негізділігін 1,5-2,0 дейін арттырады, оның астында пештегі темір оксидтерінің көпшілігінің тотықсыздануымен бірге металл қайнатылады. Қайнау сөнгеннен кейін тотықтырғыш шлак жойылмайды, бірақ металды ферромарганецпен және ферросилициямен тотықтырып, дайын болаттағы осы элементтердің құрамына қосылады. Шлак ұнтақ әк кокстан (3,5 кг/т) тұратын қоспаны енгізу арқылы тотықсыздандырылады; ферросилиций (2,5 кг/т), ондағы темір оксидтерінің құрамын 2% дейін жеткізеді. Химиялық құрамы мен температурасын реттегеннен кейін металл шығарылады.

Ванадий шлағын ерте енгізу технологиясы 95-98 % ванадийді ассимиляциялау дәрежесі кезінде жоғары сапалы болат алуға мүмкіндік береді, феррованадий қоспасымен салыстырғанда легірлеу шығындарын екі есе қысқартады, ал ұзақтығы балқу және электр энергиясын тұтыну бұрынғы деңгейде қалады.

Ванадий шлағын қолдана отырып, қышқыл электр доғалы пештерде төмен легіріленген болаттарды балқыту технологиясы айтарлықтай жеңілдетілген, өйткені пеш шлағын балқыту процесінде алып тастамау керек және ванадийдің азаюы балқу және тотығу кезеңінде жүреді.

Ванадийлі шлакты құюға балқыту кезеңінде немесе тотығу кезеңінің басында енгізеді және оны шихтаға енгізген дұрыс, өйткені бұл операция жеңіл механикаландырылады. Балқу және тотығу кезеңдерінің үйлесуі балқудың ұзақтығын қысқартады. Дезоксидтеу кезінде ванадийдің негізгі бөлігі азаяды. Кальций оксидін аз мөлшерде енгізу қышқыл шлактың тұтқырлығын төмендетеді және ванадийдің тотықсыздану жағдайын жақсартады. Шлак құрамындағы СаО мөлшері 15-20% - дан аспауы тиіс, олай болмаған жағдайда пеш шегендеуінің шлак белбеуі тез бұзылады. Дұрыс технологиямен болатпен ванадийді ассимиляциялау 75-85% құрайды.

Салыстырмалы зерттеулер көрсеткендей, ванадий шлағы және феррованадийді қолдану арқылы балқытылған металдың химиялық құрамы, механикалық қасиеттері, металл емес қоспалардың құрамы әр түрлі болмайды. Электр энергиясын және тотықсыздандырғыштарды тұтыну феррованадиймен әдеттегі технологиямен бірдей. Ванадий шлағын (А) және феррованадийді (Б) қолдану арқылы алынған болаттың механикалық қасиеттерін салыстыру 1.1 кестеде келтірілген.

1.1 Кесте - Құрамында ванадий бар болаттардың механикалық қасиеттері

Болат маркасы	Легірлеу нұсқасы	σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ , %	φ , %	α_n , 2 МДж/м
20Г1ФЛ	А	410	565	26,5	49,0	1,09
	Б	400	559	26,7	49,1	1,02
45ФЛ	А	485	738	15,1	25,2	0,3
	Б	480	746	14,2	24,0	0,3

Қышқылды мартен пешінде [26] ванадий шлағын қолдана отырып, болатты тікелей легірлеу қолданыстағы технологияны өзгертпестен жүзеге асырылады. Егер балқыту қатты шихтада жүргізілсе, онда балқытқаннан кейін ванадий шлактары қосылады.

Дуплексті процесте конвертер шлағы аралық өнімді құйғанға дейін 25-30 минут бұрын пешке енгізеді. Көміртектің жану процесі қарқынды жүреді. Әр түрлі маркалы болатты балқыту кезінде ванадий шлағының шығыны балқыманың салмағы бойынша 1,2-2,2%, кварц құмының мөлшері 0,75-1% құрайды. Шлактардың қалыпты сұйықтық пен химиялық құрамы бар.

Қышқыл мартен пешінде балқыту кезінде ванадийдің редукциялануы екі кезеңмен сипатталады. Бірінші кезеңде ($\text{SiO}_2 < 50\%$) шлақтың қышқылдық мөлшері аз, ванадийдің тотықсыздануы баяу жүреді, оның негізгі бөлігі шлакта болады. Осы кезеңдегі шлак сынамасы сынықта қоңыр реңкке ие. Екінші кезеңде, шлактағы кремнеземнің мөлшері 55-60% - ға дейін көтерілгенде, ванадийдің қарқынды редукциялануы басталады және 15-20 минут ішінде ванадийдің ассимиляциясы 90-94% жетеді. 15x1M1Ф сияқты төмен көміртекті болаттарды балқыту кезінде ванадийдің сіңу дәрежесі төмен, өйткені көміртегі жанған сайын редукцияланған ванадийдің бір бөлігі шлаққа айналады. Қышқыл мартен пешінде балқытылған болаттың сапасы металл емес қосындылардың механикалық қасиеттеріне және микроқұрылымына байланысты бағаланады, феррованадийді қолдана отырып, легіріленген болат деңгейінде болады.

1.3 Ванадийлі шлакты пайдалана отырып, жоғары легіріленген болаттарды балқыту

Қазіргі уақытта конверторлы ванадий шлағын пайдалана отырып, 110Г13ФЛ болатты ванадиймен легірлеу технологиясы әзірленіп және сынақтан өтіп, өндіріске кеңінен енгізілді.

Ванадий шлағымен күйдірілген 110Г13ФЛ болаттан жасалған құйма бөлшектердің өнеркәсіптік сынақтары олардың тозуға төзімділігін көрсетті.

Орал қара металдар ғылыми-зерттеу институтында ванадий шлағын қолдана отырып, негізгі электр пешінде 110Г13Л болатты балқытуға арналған типтік технологиялық нұсқаулық жасалды.

110Г13ФЛ болатының химиялық құрамы келесі деректермен сипатталады (МЕМСТ 2176-77 сәйкес), % 0,9-1,3 C; 11,5-14,5 Mn; 0,4-1,0 Si, 0,5 Cr артық емес ; 0,5 Ni ; 0,05 S артық емес; 0,1 P; 0,2-0,35 V артық емес. Жоғары марганецті болатты ванадиймен балқыту кезінде құю және толтыру әдеттегідей жүргізіледі. Құрамында ванадий бар шлактарды қолдану арқылы легірлеу екі нұсқа бойынша тотықтырғышпен балқыту кезінде жүзеге асырылады: тотықсыздану кезеңінің басында және тотықсыздану кезеңінің тотығу кезеңінде шлакты қосу арқылы.

Бірінші нұсқа бойынша, тотығу кезеңі 110Г13Л болатты алу кезіндегідей өтеді. Темір кені қарқынды қайнау басталғанға дейін жеткілікті қыздырылған металға бөліктермен қосылады. Бұл жағдайда көміртектің жану жылдамдығы сағатына 0,4-0,6% құрайды, артық қышқылданудың алдын алу үшін металдың тотығуы шамамен 0,15% көміртегі болған кезде аяқталады. Берілген көміртегі мөлшерін алғаннан кейін пайда болған тотықтырғыш шлак жүктеледі. Содан кейін олар 4:1 қатынасында 10-15 кг/т мөлшерінде пешке әк пен балқытатын шпат қоспасымен жаңа редукция шлағын енгізеді. Алдын ала тотықсыздандыру үшін 10-15 кг/т ферромарганец, ал қайнау аяқталғаннан кейін - 45% ферросилиций

немесе 1 тонна металл шихтасына 3-5 кг мөлшерінде силикомарганец береді. Металл қыздырылғаннан кейін 30-50% әк, 2-3% плавикті шпат, 15-20% кептірілген кокс немесе электрод сынықтары, 20-25% ұнтақталған 45% ферросилиций бар тотықсыздандырғыш қоспасымен бірге ванадий шлағын қосады.

Сұйық жылжымалы шлак пайда болуынан кейін ваннадағы металл араластырылады және металда 0,2-0,3% алу есебінен кесек 45% ферросилициймен немесе кремний-марганецпен тотықсыздандырады. Содан кейін шамамен 1600°C бөліктерде үш - төрт дозада ферромарганец металда 12-13,5% Mn, 0,9-1,0% C алу негізінде енгізіледі. Ферромарганецтің келесі бөлігі 15-20 минуттан кейін енгізіледі, ал металл мұқият араластырылады. Марганецпен легірлеу кезінде пешке 0,5-0,7% әк, 0,1-0,15% плавикті шпат, 0,15-0,2% құрғақ кокс, 0,6-0,8% ұнтақталған 45% ферросилицийден тұратын тотықсыздандырғыш қоспа қосады. Металдағы көміртектің, марганецтің, ванадийдің мөлшері анықталады және шлактағы FeO және MnO концентрациясы анықталады, содан кейін ванадийге түзету ванадий шлағының қажетті мөлшерін тотықсыздандырғыш қоспамен тиісті мөлшерде енгізу арқылы жүзеге асырылады. Көміртекті және марганецті реттеу көміртекті ферромарганецті қосу арқылы жүзеге асырылады. MnO және FeO мөлшері тиісінше 6 және 3% - дан аспауы тиіс.

Легірлеу процесі, түзету, химиялық талдау, сынама алу, температураны өлшеу процесі аяқталғаннан кейін металл шығарылады. Болат 1480-1530 ° C температурада өндіріледі. Пешке шығарылғанға дейін штанганың көмегімен 1 тонна сұйық болатқа 300-400 г алюминий енгізіледі (300-400 г) қалған мөлшері алюминий шөмішке қосылады. Шлактың шөгу алдындағы негізділігі $\text{CaO/SiO}_2=1,3/1,9$ болуы тиіс.

Электр энергиясын үнемдеу, балқыту ұзақтығын азайту және металдың сапасын арттыру тұрғысынан анағұрлым прогрессивті, тотығумен балқытудың екінші нұсқасы-темір рудасының орнына тотығу кезеңінде ванадий шлағын енгізу болып табылады. Ванадий шлағын қосу құрамында фосфос бар тотықтырғыш шлакты бөлгеннен кейін басталады. Ванадий шлағымен бірге әк 1 кг ванадий шлағына 0,2-0,3 кг мөлшерінде енгізіледі. Металл мен шлактың тез қайнатылуын болдырмау үшін пешке 1 тонна болатқа 10 кг бөліктер қосады. Металдағы көміртегі мөлшері 0,1-0,15% жеткеннен кейін балқыма редукция кезеңіне өтеді. Редукция кезеңі бірінші нұсқадағыдай, көміртегі ферромарганеці мен силикомарган-цемнің алдын-ала тотықсыздануымен, бірінші нұсқадағы марганец оксиді мен темір оксидінің қалдық құрамымен бірдей пропорцияда пеш шлағына әк немесе әктас бар азайту қоспасын қосумен де жүзеге асырылады, шлактың негізділігі екінші нұсқада бірінші нұсқадан ерекшеленбейді. Тотықсыздандыру және модификациялау тәртібі өзгермейді, тотықсыздандырғыштардың саны да сақталады.

110ПЗФЛ болатты балқытуды алдын ала қалыптау материалдарынан тазартылған 110ПЗЛ және 1Т0ПЗФЛ болат сынықтары мен қалдықтарын пайдалана отырып қайта балқыту әдісімен жүзеге асыруға болады. Балқыту процесінде енгізілген барлық материалдар алдын-ала күйдіріледі. Үймеге ферромарганец енгізуге рұқсат етіледі. Әк 7/О металл балқыту мөлшерінде араласады. Егер балқыту кезінде қою магний шлактары алынса, онда марганец, темір және ванадийді 45% немесе 75% ферросилициймен 1 тонна сұйық металға 2-3, 5 кг жылдамдықпен тотықсыздандырылуы керек, содан кейін шлақты жүктеп, жаңасын салыңыз егер шлак аз болса және MgO мөлшері аз болса, онда шлақты жүктеуге болмайды. Балқыту кезінде металдың тез қызуын ескере отырып, пештің температурасын бақылау керек және оның қызып кетуіне жол бермеу керек.

Толығымен балқытып, ваннаны қыздырып, мұқият араластырғаннан кейін болат компоненттерінің құрамы анықталады: марганец, ванадий, көміртек, кремний, фосфор.

Шлакқа 50-60% әк, 1-2% плавикті шпат, 20-30% ұнтақталған құрғақ кокс, 20-30% ұнтақталған 45% ферросилицийден тұратын 10-15 кг/т болат мөлшерінде тотықсыздандырғыш қоспа қосылады.

Сынаманы алып, экспресс-талдау нәтижелерін алғаннан кейін пешке ванадийлі шлақтың есептік мөлшері және құрамы бойынша балқытудың бірінші нұсқасындағыдай редуция қоспасы себіледі. 15-20 минуттан кейін ванадий, темір, марганец шлактарынан редуция процесі аяқталады, ал шлак ашық қоңыр немесе жасыл болуы керек.

Ванадий құрамындағы металдың құрамын тотықсыздандырғыш қоспаның тиісті мөлшерімен ванадий шлак қоспасымен, ал марганец пен кремнийдің құрамымен ферромарганец және ферросилицийді қосу арқылы реттеуге болады. Осы кезеңде шлақты ұнтақталған силикокальциймен тотықсыздандыруға болады.

Химиялық құрамын реттегеннен кейін болат 10-15 минут ұсталады және иілу сынағы үшін сынама алынады.

Шығарар алдында металл мен шлактан сынама қайтадан алынады, шлактағы темірдің шала тотығы 3% - дан, ал марганец шала тотығы 9% - дан аспауы тиіс.

Металды алюминиймен тотықсыздандыру пеште және шөміште жүзеге асырылады. Негізділік CaO/SiO_2 тотығумен балқытудың бірінші нұсқасындағыдай сақталады.

Балқудың аяқталуы, металдың берілген химиялық құрамын, оның жеткілікті жоғары температурасын (шөміштегі температура 1480-1510°C болуы тиіс), шлақтың жақсы сапасын, сызаттарсыз иілуге сынаудан кейін сынама алу арқылы анықтайды.

Қазіргі заманғы жоғары жылдамдықты болаттарда оңай тотықтыратын легірлеуші элементтердің көп мөлшері бар: вольфрам, хром, ванадий, олар

болатқа қажетті технологиялық және пайдалану қасиеттерін береді. Осы элементтермен легірлеу үшін қолданылатын ферроқорытпалар (ферровольфрам, феррованадий, ферромolibден) қымбат және тапшы. Сондықтан легірленген элементтердің шығынын азайту міндеті өте өзекті.

Жоғары жылдамдықты болаттарды балқытудың ең оңтайлы әдісі қазіргі уақытта көміртегі газын оттегімен жартылай тотықтыратын негізгі электр пештерінде жоғары легірленген қалдықтарды қайта балқыту әдісі болып табылады. Балқытудың бұл әдісімен ферроқорытпаларды үнемдеу мәселесін екі жолмен шешуге болады: біріншіден, шлактағы вольфрамның, хромның, ванадийдің мөлшерін азайту арқылы, екіншіден легірлеуші элементтердің оксидтерін шлаққа қосу (мысалы, ванадий бар шлақ түріндегі ванадий оксидтері) және оларды кейіннен тотықсыздануы. Бұл жолдарды жүзеге асыру үшін шлақ пен металл арасындағы легірлеуші элементтердің таралуын білу керек және белгілі бір технологиялық әдістермен легірлеуші элементтердің шлактан металға максималды ауысуына қол жеткізу керек.

1.4 Пештен тыс тікелей легірлеу

Болатты легірлеудің ең көп қолданылатын әдісі-құрамында легірленген металдар бар тиісті шихта материалдарын шөмішке немесе болат балқыту қондырғысына енгізу. Легірленген болатты алудың осы әдісімен легірлеуші элементтерді пайдалану коэффициенті көбінесе 50% - дан аспайды. Жоғарыда айтылғандай, ванадийдің химиялық кезіндегі толық жоғалуы-феррованадийдің металлургиялық өндірісі және оны болатты легірлеу үшін пайдалану 50-60% құрайды. Шөміште легірленген қорытпаларды қоспасымен легірлеу процесін жүзеге асыру пештегі легірлеу кезінде олардың жоғалуымен салыстырғанда енгізілген элементтердің қалдықтарын біршама азайтады, бірақ металдың температурасының төмендеуіне және болаттағы элементтердің гетерогенді бөлінуіне әкеледі. Еріту жағдайларын жақсарту үшін экзотермиялық ферроқорытпалар қолданылады, олар жылу қоспалары мен катализаторлары бар ұсақталған ферроқорытпалар. Олар легірленген элементтердің тұрақты және жоғары ассимиляциясын қамтамасыз етеді.

Сондай - ақ, болатты тікелей легірлеу әдісінің әр түрін-экзотермиялық легірленген қоспаларын қолдану арқылы легірлеу элементтерін алу дәрежесін арттыруға болады. Бұл әдіс легірлеуші элементтердің ұнтақ оксидтерінен және тотықсыздандырғыштардан тұратын қоспаның бөлігі ретінде шөмішке металды соғу кезінде қосылуынан тұрады. Бұл жағдайда ферроқорытпа өндірісінен болатын шығындар мен болатты тотықсыздандыру кезіндегі қалдықтар жойылады.

Маңызды фактор-бұл әдіс болатты балқыту технологиясын өзгертуді қажет етпейді, өйткені легірлеу құрамдас қоспалардың өзара әрекеттесуі арқылы жүзеге асырылады. Сұйық металдың рөлі оксидтердің металлотермиялық тотықсыздану реакциясын бастау болып табылады.

Болатты тікелей қоспалау үшін ванадийлі конвертерлік шлағы бар экзотермиялық қоспаларды пайдаланған кезде ванадий шлағын шөмішке легірлеуші-редукциялы қоспалар немесе экзотермиялық брикеттер түрінде енгізеді [27, 28]. Ұсақталған конвертерлік шлактан басқа, ұсақталған редукциямен флюстен басқа қоспалар пештен балқыманы шығару кезінде металл ағынына себіледі. Осындай қоспаны қолдана отырып, пештен тыс легірлеу ванадийдің 60-80% редукция дәрежесін қамтамасыз етеді және феррованадиймен легірлеуге қарағанда экономикалық әлде қайда тиімді. Алайда, кемшілігі-ванадийдің ассимиляциясының тұрақсыздығы. Шөміште легірленген кезде ванадийдің жоғары сіңуіне (80-90 %), ұнтақталған ванадий шлағынан, 75% ферросилицийден және ұнтақ алюминийден тұратын экзотермиялық брикеттерді қолдану арқылы қол жеткізіледі. Қоспаны брикеттеу (агломерация) оның өздігінен ыдырауын жоюға, құрамы мен қасиеттерінің тұрақтылығын қамтамасыз етуге, кездейсоқ жану ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді.

Пештен тыс легірлеу әдісінің маңызды артықшылығы-негізгі мартен пешінде балқытылған болатты легірлеу мүмкіндігі, өйткені мартен пешінің жоғары тотығуына және ванадийдің төмен сіңуіне байланысты ванадий шлағын мартен пешіне қосу технологиялық және экономикалық тұрғыдан мүмкін емес. Шөміште тікелей легірлеу процесінде түзілетін темірсіз шлақтың едәуір мөлшері қолайлы жағдай болып табылады, өйткені ол болатты бір уақытта тазартуға мүмкіндік береді, бұл тікелей легірлеудің тиімділігін арттырады. Болатты ванадиймен пештен тыс тікелей легірлеу әдісін өнеркәсіптік қолдану негізгі мартен пештерінде ванадий мөлшері 0,06-0,12% төмен легірленген болатты балқыту кезінде қолданыс тапты. Құйғыш шөмішке болатты шығарар алдында 1:0,3:0,35 қатынасында алынған ұсақталған ванадий конвертер шлағының, фторшпаттың, 45%-дық ферросилицийдің легірлеуші-редукциялы қоспаны енгізеді. Болатты алюминиймен тотықсыздандыру шөміштің 1/2 бөлігін металмен толтырғаннан кейін металл ағынына алюминий қосу арқылы жүзеге асырылады. Шығару және ұстау кезінде ванадий құю алдында металл шөміші редукцияланады және металға ауысады, оның көлеміне біркелкі бөлінеді. Металдың жеткілікті жоғары температурасында ванадийдің ассимиляциясы тұрақты және шамамен 70% құрайды. Қоспамен өңдеу арқылы металдың температурасын төмендету 10-12°C құрайды. Сондай-ақ, болат құрамындағы марганецтің 0,1% - ға және алюминийдің 0,02% - ға қосымша тотығуы байқалды. Болаттың сапасы және оның химиялық құрамы талаптарға сай болды.

2 Жүргізілетін зерттеулер әдістемесі

2.1 Эксперименттік зерттеулерде қолданылатын шихта материалдарының сипаттамасы

Қойылған міндетке сәйкес тотықсыздандырылған балқыту әдісімен легірленген болат алу үшін құрамында легірленген металдардың оксидтері бар күрделі кендер пайдаланылды.

Теориялық зерттеулер негізінде құрамында көміртегі бар шихта жүйесіндегі темір, марганец, хром, ванадий, титан оксидтерінің қатты көміртегімен өзара әрекеттесу кинетикасының әртүрлілігі тізбекті фазалық қайта құру арқылы жүзеге асырылатыны анықталды.

Әдістемелік тұрғыдан алғанда, тапсырма шихтаның құрамына енгізілген қатты көміртекті металдарды ысырапсыз тотықсыздандыруға толығырақ пайдалану үшін міндет қойылған. Бұл металдар көміртек оксидтерінің әсерінен мүлдем басқа температуралық аймақтарда тотықсызданады, бірақ бір жүйеде және ретімен: темір 800-1000 °C; марганец – 1000-1250 °C; хром – 1100-1400 °C.

Қазіргі заманғы оқу және ғылыми әдебиеттерде, өкінішке орай, редукция процесінің механизмі әліде адсорбциялық-автокаталитикалық механизм тұрғысынан қолданылады, ол CO, H₂ газ редукциялану жұмысына көп көңіл бөледі [29, 30]. Бұл механизмдегі қатты көміртектің рөлі оның артында тек контактілі-диффузиялық өзара әрекеттесу байқалғандықтан ескерілмейді. Бірақ белгілі болғандай, жоғарыда аталған оксидтер CO және H₂ газдарымен іс жүзінде тотықсызданбайтыны белгілі. Бұл қазіргі өзінде күрделі кендерді редукциялық өндеуге қатысты адсорбциялық-автокаталитикалық механизмнің істен шыққанын көрсетеді.

Көміртектің металл оксидтерімен әрекеттесуінің кең мүмкіндіктері эксперименталды түрде орнатылды және металдарды редукциялаудың жаңа "диссоциациялы адсорбциялық механизмі" ұсынылды [31]. Қиын редукцияланатын металдардың механизмі мен кинетикасын зерттеу өте күрделі және өзекті мәселе.

Бірқатар тәжірибелік зерттеулерде тікелей реакцияны жүзеге асыру үшін оксид жүйесінде еріген көміртектің әрекеттесу әдісі қолданылды.

Осы тәжірибелік зерттеулерде түйіршіктелген шойын тотықсыздандырғыш реагент ретінде пайдаланылды.

Зерттеулерді ұйымдастыру және жүргізу үшін күрделі оксидті материалдар пайдаланылды: ильменит (Сәтбаев кен орны), титаномагнетит (Качканар кен орны) және темір кені (Лисаков кен орны). Қатты тотықсыздандырғыш реагент ретінде негізінен көмір мен түйіршікті шойын пайдаланылды. Эксперименттік зерттеулер жүргізуге арналған шихта компоненттерінің химиялық құрамы 2.1 кестеде келтірілген.

2.1 Кесте - Эксперименттік зерттеулер жүргізу үшін пайдаланылған шихта компоненттерінің химиялық құрамы

Материалдардың атауы	Химиялық құрамы, %												
	Fe	Mn	SiO ₂	CaO	Mg O	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	S	C	ппп
Качканар концентраты	62,7	0,12	3,35	1,17	2,31	0,6	2,67	-	2,82	0,007	0,006	-	-
Лисаков концентраты	49,30	0,17	10,95	0,30	0,32	0,114	0,15	-	4,87	0,72	0,01	-	12,20
Сатпаев концентраты	32,53	0,7*	5,80	0,50	0,33	0,22	49,65	0,22	1,25	0,005*	-	-	7,73
Ағаш көмір***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	98,0	-
Ескерту: * – MnO; ** - P ₂ O ₅ ; *** – қалған күл A ^c = 1,63.													

Легіріленген металл оксидтерінің құрамы бойынша құрамның сипаттамасы. Оксид концентраттары алдын-ала ~0,074 мм фракцияға дейін ұсақталды, ал редукция кезінде газдандырылған оттегінің мөлшері олардың химиялық құрамы бойынша анықталады. Бұл ретте Fe₂O₃-тен F_{мет} дейін, MnO₂-ден MnO ға, V₂O₅-ден V₂O₃ ке дейін оттегінің бірінші кезекте газданатынына назар аударылды. Оттегінің Cr₂O₃ тің Cr-ге, V₂O₅-тен V-ге және TiO₂-ден Ti-ге дейін газдануы процестің соңғы сатысында жүреді. Газдалған оксид шихтаның оттегі балансына және шойында ерітілген көміртектің тиісті мөлшеріне сүйене отырып, 100 гр түйіршіктелген шойын массасы 1-2, 0 мм екені анықталды. Түйіршіктелген шойын мен оксид компоненттерінен тұратын қоспасы кварц түтігінен жасалған герметикалық ұяшыққа енгізілді. Ұяшық 500°C дейін қыздырылған құбырлы электр пешіне енгізілді, содан кейін температура 1150 °C дейін көтерілді. Түйіршіктелген шойын мен оксид компоненттерінің өзара әрекеттесу процесінің параметрлері және тәжірибе уақыты үздіксіз жазылып отырады.

2.2 Теориялық зерттеулер әдістемесі

Адсорбциялық-автокаталитикалық теория негізінде металдардың көміртеппен тікелей редукциясын есептеудің белгілі әдісі екі сатылы реакцияларды қарастырады .

Көріп отырғаныңыздай, алғашқы екі реакцияның қосындысы үшінші реакцияны береді, ол тек CO түріндегі газ тәрізді өнімнің түзілуімен ғана жүретін сияқты. Алайда, бұл әдіс дұрыс емес. MeO металл оксидтері диссоциациялану икемділігіне немесе Гиббс энергиясына байланысты "күшті" және "әлсіз" болып сипатталады. Мысалы, Fe₂O₃ және MnO₂ оксидтері өте "әлсіз", олар 800-900°C

температурада еркін диссоциацияланады және қатты көміртекпен әрекеттескен кезде CO_2 түзілуімен бірге жүреді. Бұл түбегейлі маңызды. (2.1) реакцияға сәйкес металдың бір атомдық бірлігін редуция үшін көміртектің шығыны 12 г-атомға тең. Оксид көміртекпен тікелей әрекеттесіп, реакция арқылы CO_2 түзеді:



металдың бір атомдық бірлігіне көміртегі шығыны 6 г-атом болады, яғни екі есе аз.

(2.1) реакцияның мүмкіндігін ескере отырып, теориялық есептеулер мен экспериментті ұйымдастыру әдісі академик С.М. Тлеуғабылов [32] жасаған диссоциация-адсорбция теориясына негізделген, бұл жұмыста зерттеулерді ұйымдастыру үшін қабылданған.

Алынған элементтер марганец, хром, кремний және темір оксидтері түрінде ұсынылатындықтан, олардың бірнеше оксидтік формалары бар, газданған оттегінің мөлшері мен газ фазасының құрамы тотықсызданған металдардың тотығуына байланысты.

Темірдің тотығуын жалпы темірдің $\text{Fe}_{\text{жал}}$ және FeO концентрациясы болған кезде анықтауға болады. Егер шикізатта металл темір болмаса, онда жалпы темір екі Fe_2O_3 - FeO оксидтері арасында бөлінеді, Fe_3O_4 бұл $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ күрделі қосылыс болып табылады. Темірдің үш оксидінің бірлік массасына шаққандағы байланысқан оттегінің мөлшері келесі мәнге ие:

$$\begin{aligned} \text{Fe}_2\text{O}_3: \quad \text{O}_{\text{Fe}_2\text{O}_3} &= 0,4285 \text{ кг/кг Fe}; \\ \text{Fe}_3\text{O}_4: \quad \text{O}_{\text{Fe}_3\text{O}_4} &= 0,3809 \text{ кг/кг Fe}; \\ \text{FeO}: \quad \text{O}_{\text{FeO}} &= 0,2857 \text{ кг/кг Fe} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Шикізатты химиялық талдауда әдетте тек екі оксиді Fe_2O_3 және FeO немесе $\text{Fe}_{\text{жал}}$ және FeO анықталады. Fe_2O_3 -тен алынған темір $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}$ -ға көп сатыда тотықсызданады, ал FeO – дан алынған темір бір сатыда тотықсызданады, яғни $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$. Қатты көміртекпен тотықсыздану кезінде барлық реакцияның кезеңдері теріс жылу әсеріне және олардың әртүрлі сандық мәндеріне ие. Сонымен қатар, барлық реакциялар бір уақытта әр түрлі қатынаста CO_2 және CO түзілуімен бірге жүреді. Реакцияның газ тәрізді өнімдеріндегі CO_2 концентрациясы оттегінің темірге атомдық қатынасын азайту бағытында төмендейді, ал CO концентрациясы жоғарылайды. Алынған газдың мөлшері мен қатынасы, ең алдымен, газданған оттегінің жалпы мөлшеріне және оның оксид фазаларының таралуына байланысты. Металл оксидтерінің газданған оттегінің жалпы мөлшерін кезекті фазалық түрлендірулер әдісімен анықтауға болады.

Металл оксидтерінің фазалық түрлендірулерін есептеу әдісі. Үш сатылы трансформация кезінде әр сатыдағы газдандырылған оттегінің мөлшері барлық

үш сатыдағы газдандырылған оттегінің массасынан, яғни 0,4285-тен массалық үлес ретінде анықталды. Трансформацияның үш сатысындағы газдандырылған оттегінің массалық үлесі сәйкесінше болады:

$$1. \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4: \quad \Delta \text{O}_1 = 0,111 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})}, \text{ кг/кг шихта}, \quad (2.3)$$

$$2. \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}: \quad \Delta \text{O}_2 = 0,222 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})}, \text{ кг/кг шихта}, \quad (2.4)$$

$$3. \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_{\text{мет}}: \quad \Delta \text{O}_3 = 0,667 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})}, \text{ кг/кг шихта}, \quad (2.5)$$

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

$$\text{Fe}_{(\text{r})} = \text{Fe}_{(\text{жал})} - 0,777 \cdot \text{FeO}, \text{ \%}. \quad (2.6)$$

Трансформацияның үшінші сатысына бастапқы шикізат құрамындағы темір оксидінің азаюымен газдандырылған оттегінің мөлшері қосылады. Содан кейін үшінші кезеңде газдандырылған оттегінің мөлшері мына формула бойынша анықталды:

$$\Delta \text{O}''_3 = 0,667 \cdot 0,4285 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Fe}_{(\text{r})} + 0,286 \cdot 10^{-2} \cdot 0,777 \cdot \text{FeO} = 0,286 \cdot 10^{-2} \cdot (\text{Fe}_{(\text{r})} + 0,777 \cdot \text{FeO}), \text{ кг/кг шихта} \quad (2.7)$$

Редукция процесінде металдану дәрежесі металдандырылған агломерацияланған материалдағы металдың темірдің жалпы темірге қатынасымен (MCM) бағаланды:

$$\Delta R = \text{Fe}_{(\text{мет})} / \text{Fe}_{\text{жал}}, \quad (2.8)$$

мұндағы $\text{Fe}_{\text{жал}}$ – MCM дегі жалпы темірдің мөлшері, %.

Бастапқы массадағы металданған темірдің мөлшері:

$$g_{\text{Fe}} = 0,01 \cdot \text{Fe}_{\text{мет}} \cdot \text{Fe}. \quad (2.9)$$

Темірдің редукцияланбаған мөлшері:

$$\Delta g_{\text{Fe}} = 0,01 \cdot \text{Fe} \cdot (1 - \text{Fe}_{\text{мет}}), \quad (2.10)$$

MCM-де FeO түрінде қалады, оның кейбіреулері оттегінің қалдық мөлшері:

$$\Delta \text{O}'''_3 = 0,286 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Fe} \cdot (1 - \text{Fe}_{\text{мет}}), \text{ кг/кг шихта} \quad (2.11)$$

Содан кейін, мұны ескере отырып, реакцияның үшінші сатысында оттегі FeO -дан келесі мөлшерде газдандырылады:

$$\Delta O_3 = \Delta O''_3 - \Delta O'''_3, \text{ кг/кг шихта} \quad (2.12)$$

Темірдің тотықсыздануымен барлық оттегі газданады:

$$\Delta O'_{Fe} = \Delta O_1 + \Delta O_2 + \Delta O_3. \quad (2.13)$$

Легіріленген металлдардың оксидтерін оттегімен газдандыру.

MnO₂, MnO, Cr₂O₃, SiO₂ оксидтері түрінде болуы мүмкін Mn, Cr және Si қоспасындағы басқа металдардың параллельді тотықсыздандыру темірдің тотықсыздануымен бірдей жүзеге асырылады.

Марганец біртіндеп азаяды:



Марганец пен оның оксидтерінің массалық сипаттамалары темірдің қасиеттеріне өте жақын болғандықтан, $\text{Mn}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{MnO} \rightarrow \text{Mn}$ кезеңдерінде газданған оттегін анықтау үшін марганец формуласын қолданамыз:

$$\Delta O'_{Mn} = 10^{-2} \cdot \text{Mn} \cdot [0,1455 \cdot (1 - O_{Mn}) + 0,2908 \cdot O_{Mn}], \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.14)$$

Марганецті тотықсыздандыру арқылы газдандырылған оттегінің мөлшері келесі ретпен бөлінеді:



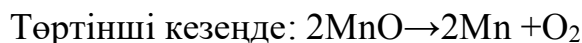
$$\Delta O_{1 \text{ Mn}} = 0,632 \cdot 10^{-2} \cdot O'_{Mn} \cdot \text{Mn}, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.15)$$



$$\Delta O_{2 \text{ Mn}} = 0,111 \cdot 10^{-2} \cdot O'_{Mn}, \text{ кг/кг шихта} \quad (2.16)$$



$$\Delta O_{3 \text{ Mn}} = 0,222 \cdot 10^{-2} \cdot O'_{Mn}, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.17)$$



$$\Delta O_{4Mn}=0,667 \cdot 10^{-2} \cdot O'_{Mn}, \text{кг/кг шихта} \quad (2.18)$$

Марганец оксидтерінің газданған оттегінің жалпы мөлшері:

$$\Delta O'_{Mn} = \Delta O_{1Mn} + \Delta O_{2Mn} + \Delta O_{3Mn} + \Delta O_{4Mn}, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.19)$$

Хром оксидтері марганец оксидтерінің тотықсыздануымен бірдей сатылы тотықсызданады:

$$Cr_2O_3 \rightarrow Cr_3O_4: \Delta O_{1Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,111 \cdot \Delta O'_{Cr}, \text{кг/кг шихта;} \quad (2.20)$$

$$Cr_3O_4 \rightarrow CrO: \Delta O_{2Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,222 \cdot \Delta O'_{Cr}, \text{ кг/кг шихта;} \quad (2.21)$$

$$CrO \rightarrow Cr: \Delta O_{3Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,667 \cdot \Delta O'_{Cr}, \text{кг/кг шихта.} \quad (2.22)$$

Хром оксидтерінің газданған оттегінің жалпы мөлшері:

$$\Delta O'_{Cr} = \Delta O_{1Cr} + \Delta O_{2Cr} + \Delta O_{3Cr} \text{ кг/кг шихта,} \quad (2.23)$$

Ванадий оксидтері біртіндеп азаяды:

$$V_2O_5 \rightarrow V_2O_3 \quad \Delta O_{1V} = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot \Delta O'_V, \text{ кг/кг шихта;} \quad (2.24)$$

$$V_2O_3 \rightarrow VO \quad \Delta O_{2V} = 10^{-2} \cdot 0,1568 \cdot \Delta O'_V, \text{кг/кг шихта;} \quad (2.25)$$

$$VO \rightarrow V \quad \Delta O_{3V} = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot \Delta O'_V \cdot \eta_V, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.26)$$

Ванадий оксидтерінің газданған оттегінің жалпы мөлшері:

$$\Delta O'_V = \Delta O_{1V} + \Delta O_{2V} + \Delta O_{3V} \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.27)$$

Кен материалдарында титан мен кремний тиісінше TiO_2 және SiO_2 түрінде болады, титан мен кремний оксидінің газдандырылатын оттегінің мөлшері 0,10-0,3% диапазонында металдағы күтілетін концентрацияға сәйкес есепке алынады:

$$\Delta O'_{Ti} = [Ti] \cdot 10^{-2} \cdot e_m \cdot 0,667, \text{ кг/кг шихта,} \quad (2.28)$$

$$\Delta O'_{Si} = [Si] \cdot 10^{-2} \cdot e_m \cdot 1,1428, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.29)$$

Сонымен, төмендетілген легірленген металдар есебінен оттегінің келесі мөлшері жалпы газданады:

$$\Delta O_{\text{лег.мет.}} = \Delta O'_{\text{Cr}} + \Delta O'_{\text{Mn}} + \Delta O'_{\text{Ti}} + \Delta O'_{\text{Si}}, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.30)$$

Ал газданатын оттегінің жалпы шихтасы:

$$\Delta O_{\text{ш}} = \Delta O'_{\text{Fe}} + \Delta O_{\text{лег. мет.}}, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.31)$$

Ұшпа шихтаны анықтау

Редукциялық күйдіру процесінде шихтаны оттегімен газдандырумен қатар ұшпа заттар да жойылады. Олардың саны әдетте алдын ала белгілі және шихта компоненттерінің химиялық құрамымен жану кезіндегі шығындар түрінде беріледі

Бұл жағдайда есептеу орташа шихтаның құрамы бойынша жүзеге асырылады, онда ұшпа L% құрайды. Сонда ұшпа заттардың нақты саны:

$$g'V = 10^{-2} \cdot L, \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.32)$$

Ұшпа шихтаның құрамдас бөліктері гидратты ылғал, карбонатты қосылыстардың көмірқышқыл газы түрінде болады. Көптеген гидраттардың ыдырауы соңына дейін 400-500°C, карбонаттар 700-900 °C жоғары температурада жүреді. Көріп отырғанымыздай, ұшпа заттар шихтадан әлдеқайда ертерек және металдарды азайту кезінде (Fe, Mn, Cr, V, Ti, Si) газдалған оттегіге қарағанда толығымен жойылады.

Көміртекті редукторының стехиометриялық шығынын анықтау

Көміртекті азайту шығыны есептерді шешудің негізгі әдісіне байланысты. Адсорбциялық-автокаталитикалық механизм бойынша редукция реакцияларына қатты көміртектің қатысуымен (2.1)-(2.3) реакциялар бойынша көміртек оксидінің регенерациясы арқылы ғана анықталады. Алынған реакцияға сәйкес газ тәрізді өнім тек көміртегі оксиді болып табылады.

Диссоциациялы-адсорбциялық механизм бойынша, ол арқылы қатты көміртектің металл оксидтерімен тікелей әрекеттесуінің нәтижесі CO және CO₂ газ тәрізді фазасының бөлінуі болып табылады. Газ компоненттерінің қатынасы жүйенің дисперсиясына және технологиялық процестің температурасына да байланысты. Бұл теориялық ұстаным CO және CO₂ түріндегі газ тәрізді реакция өнімдерінің параллель түзілуімен эксперименталды түрде расталды.

Егер осы кезеңде газдандырылатын оттегінің мөлшері бірлік ретінде қабылданса, онда оның CO₂ түріндегі газдандырылатын үлесі мына қатынаспен анықталды:

$$\gamma_{01} = 2\text{CO}_2 / (2\text{CO}_2 + \text{CO}), \quad (2.33)$$

мұндағы γ_{01} - орташа өлшенген таралу коэффициенті;
 CO_2 , CO – газ фазасындағы мөлшері, %.
 CO -ның қалыптасуына мынадай үлес жұмсалады:

$$\gamma_{02}^0 = 1 - \gamma_{01}^0. \quad (2.34)$$

немесе

$$\gamma_{02} = \text{CO} / (2\text{CO}_2 + \text{CO}). \quad (2.35)$$

Көміртектің жалпы шығыны келесі теңдеу бойынша түрлендіру сатыларының қосындысынан анықталды:

$$g'_{\text{C}} = 0,75 \cdot \Delta O'_{\text{I}} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01\text{I}}), \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.36)$$

Легирленген металдарды олардың оксидтерінен тотықсыздандыруға арналған көміртегі шығыны келесі теңдеулер бойынша есептеледі:

а) марганецтің тотықсыздануы:

$$g'_{\text{C, Mn}} = 0,75 \cdot [\Delta O_{\text{I Mn}} \cdot (1 - 0,5 \gamma_{01\text{Mn}}) \cdot i], \text{ кг/кг шихта;} \quad (2.37)$$

б) хромның тотықсыздануы:

$$g'_{\text{C, Cr}} = 0,75 \cdot [\Delta O_{\text{I Cr}} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{0\text{CrI}}) \cdot i], \text{ кг/кг шихта;} \quad (2.38)$$

в) ванадий тотықсыздануы:

$$g'_{\text{C, V}} = 0,75 \cdot [\Delta O_{\text{IV}} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01\text{V}}) \cdot i], \text{ кг/кг шихта;} \quad (2.39)$$

г) титанның тотықсыздануы:

$$g'_{\text{C, Ti}} = 0,75 \cdot \Delta O'_{\text{Ti}}, \text{ кг/кг шихта;} \quad (2.40)$$

д) кремний тотықсыздануы:

$$g'_{\text{C, Si}} = 0,75 \cdot \Delta O'_{\text{Si}}, \text{ кг/кг шихта;} \quad (2.41)$$

Жоғарыда аталған барлық металдардың тотықсыздандыру үшін көміртектің жалпы шығыны:

$$g_c = 0,75 \cdot [(\Delta O_i \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01}) \cdot i)], \text{ кг/кг шихта,} \quad (2.42)$$

γ_{01} : немесе орташа өлшенген таралу коэффициенті арқылы

$$g_c = 0,75 \cdot [\Delta O \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01})_{Fe} + \Delta O_{iMn} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01})_{Mn} + \Delta O_{iCr} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01})_{Cr} + \Delta O_{iV} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01})_V + \Delta O_{iTl} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01})_{Ti} + \Delta O_{iSi} \cdot (1 - 0,5 \cdot \gamma_{01})_{Si}], \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.43)$$

Есептеу арқылы алынған көміртекті тұтыну шихтаға нақты көміртегі бар компонент түрінде енгізілді. Мұндай компонент ретінде көмірді, кокс шаңын осындай компонент ретінде пайдаланылуы мүмкін. Олардың әрқайсысында көміртектен басқа белгілі мөлшерде күл мен басқа заттардың белгілі бір мөлшері бар. Сондықтан көміртекті тұтынуға сәйкес құрамында көміртегі бар компонентті тұтыну одан әрі анықталды, яғни:

$$g_{\text{уг. вос.}} = 10^2 \cdot g_c / C, \text{ кг/кг шихта,} \quad (2.44)$$

мұндағы C- құрамында көміртегі бар реагенттегі көміртектің концентрациясы.

Құрамында көміртегі бар реагенттің күлінде негізінен Fe_2O_3 түріндегі темір оксиді бар, ол теңдеуге сәйкес газдалған оттегін шығарады:

$$\Delta O_{K.K.} = 10^{-2} \cdot \text{Fe}_{K.K.} + [0,1426 \cdot (1 - O'_{Fe}) + 0,286 \cdot O_{Fe}] \cdot g_{\text{уг. вос.}}, \text{ кг/кг шихта} \quad (2.45)$$

Мұндағы $\text{Fe}_{K.K.}$ —көміртегідегі темірдің концентрациясы компонентінде, %;

O'_{Fe} —темірдің тотығуы.

Оттегінің осы мөлшерін газдандыру үшін қосымша көміртегі жұмсалады. Құрамында көміртегі бар редуционер тұтыну теңдеулерін бірлесіп шешу:

$$g_{K.K.} = g_c \cdot [C - 0,75 \cdot \text{Fe}_{K.K.} \cdot (0,1426 \cdot (1 - O'_{Fe}) + 0,286 \cdot O_{Fe}) \times (0,5 \cdot \gamma_{01} + \gamma_{02})], \text{ кг/кг шихта.} \quad (2.46)$$

Осы әдістеме бойынша кез-келген дисперсті материалдардан темір, марганец, хром және кремнийдің тотықсыздану, көміртекті реагент мөлшерін есептеуге мүмкіндік беретін Microsoft Office Excel 2007 бағдарламасының қабығында есептеу бағдарламасы жасалды.

Өздеріңіз білетіндей, редукция процесі белгілі бір температурада басталып, одан әрі сәтті дамиды, әр металдың өзіндік температурасы болады. Негізгі

тотықсыздандырылған металдар темір, марганец және хром болғандықтан, олар үшін шихтаның тотығуына байланысты қатты көміртеппен тотықсыздану процесі басталады. Қатты көміртектің гематитпен әрекеттесуі 710°C , магнетитпен – 830°C , вюститпен – 920°C , марганец (II) және хром (III) оксидтерімен, сәйкесінше 1150°C және 1240°C , ванадий (V) оксидінің тотығымен барлық температурада және титан оксидімен 900°C температурада басталады ол редукцияланады, ал $1200-1300^{\circ}\text{C}$ кезінде сілтілі ильменит темірі толығымен редукцияланады.

2.3 Эксперименттік зерттеулер жүргізу әдістемесі

Шихтаның ұсақталған компоненттерін алу бойынша

Ұсақталған материалдарды алу үшін зертханалық ұнтақтағыш қолданылды. Оксид концентраттар $\sim 0,074$ мм фракцияға дейін бөлек ұсақталды.

Сәтбаев ильменитінің майда дисперсті концентратынан флюссіз жентектерді алу туралы. Жентектерді алу үшін 2.1-суретке сәйкес ұсынылған тарелка тәрізді зертханалық түйіршіктегіш дайындалды. Арнайы барабанда материал 6% ылғалдылыққа дейін ылғалдандырады.



2.1 Сурет - Тарелка тәрізді зертханалық түйіршіктегіш

Оксид материалдарынан және көмірден тұратын ұсақ дисперсті қоспасы диаметрі 30 мм кварц түтігінен жасалған герметикалық эксперименттік ұяшыққа енгізілді. Ұяшық 2.2-суретте көрсетілген СУОЛ-044 12-М2 құбырлы электр пешіне орнатылды. Жүйе қызған сайын, 700°C – тан бастап газ-қатты фазалы

редукция өнімдері шығарылды. Газ қоспасы- CO_2 және CO - дан тұрды. CO_2 концентрациясы темір оксидтерінің температурасы мен фазалық деңгейінде өте өзгерді. Максималды концентрация максималды температура және O/Me атомдық қатынасына, яғни көп тотыққан фазалар. Температураны белгіленген $1100-1150^\circ\text{C}$ деңгейге дейін жоғарылату, қыздыру газдың бөлінуі толық тоқтағанша тұрақты түрде сақталды, бұл металды редукциялаудың аяқталуын білдіреді.

Алынған эксперименттік нәтижелерді талдау темірдің оның оксидтерінен қатты көміртекпен тотықсыздану жылдамдығын көрсетеді. Металды қатты көміртекпен тотықсыздану жылдамдығына тек температура, оксидтердің күйі ғана емес, сонымен қатар қоспаның дисперсиясы да үлкен әсер етеді. Шихта мөлшері 1 мм-ден аз ұсақ фракциядан тұратын қоспаны ұсынды. Осы дисперсияның арқасында жоғары металл оксидтерінің көміртекпен әрекеттесуінің басталу температурасы 450°C -қа дейін төмендеді.

Тотықсыздандыру коэффициенті 0,90-0,99 және металлдық темір мөлшері сәйкесінше 95 және 66% металдандырылған бұйымдар ұсақ шкаласы мен конвертер шламынан алынады. Газ анализаторы газ қоспасындағы CO және CO_2 көлемдік құрамын анықтау үшін газдарды жалпы талдауға арналған. Газ анализаторы МЕМСТ 25336-82 сәйкес қорап – қораптан, сіңіргіш ыдыстардан, теңестіргіш сауыттан, өлшеуіш бюреткадан және үш арналы крандардан тұрады.

Абсорбциялық әдісімен талдау қатаң тәртіпте жүргізілді, онда әрбір кейінгі реагент тек бір компонентті сіңіреді. Газды айдау көмірқышқыл газы мен басқа да қышқыл газдар сіңірілетін KOH ерітіндісімен толтырылған ыдыстан басталды. Газ 3-4 рет айдалады, ал оның қалдықтары бюреткаға ауыстырылды.

KOH ерітіндісі арқылы айдау 2-3 рет қайталанды. Егер қайта айдаудан кейін газ көлемі өзгермесе, қышқыл газдар мөлшерін сіңіру аяқталды деп саналады; егер газ көлемі төмендей берсе, айдау көлемнің тұрақтылығы басталғанға дейін қайталанады. Көмірқышқыл газын сіңіргеннен кейін қалған газ күкірт қышқылындағы Cu_2O суспензиясы бар ыдыс арқылы айдалады. Бірқатар айдаулардан кейін газ бюреткаға беріледі. Суспензиямен сіңірілген газ көміртегі тотығы ретінде алынады. Бюреткадан шыққан газ ұшайырлар жүйесі арқылы газ есептегішке жіберіледі, оның көрсеткіштері бойынша бөлінген газдың көлемі жазылады. Алынбалы қақпақтағы құбыр реакциялық камераны жуу үшін аргонмен жабылған.

Өлшеу жабдығын – термопараның милливольтметрмен, газ жинағышпен, газ талдағышпен, бөлінетін газ мөлшерін есептегішпен тізбектеліп қосылуы металдардың қатты фазалық редукциясы процесінің барлық ағымдағы параметрлерін "Seteram" (Франция) типті жоғары дәлдікті термоанализаторлардың жұмысына ұқсас тек автоматтандырылған компьютерлік басқарусыз бақылауға мүмкіндік берді. Біздің әдістемемізде маңызды артықшылық болды – егер "Seteram" - да үлгілердің миллиграммдары жүктелген болса, онда бір уақытта 20-

40 грамм үлгілер біздің қондырғымыздың ұяшығына жүктелген. Егер тәжірибенің маңызды қателігінің бастапқы үлгінің массасына тәуелділігін ескеретін болсақ, онда біздің жағдайда оның массасының бірнеше есе артуы мүмкін болатын өлшеу қателіктерін азайтады.

Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде алынған қатты және сұйық өнімдердің жай-күйі мен сапасы қазіргі заманғы жоғары дәлдіктегі аппараттарда мұқият талдау арқылы жүзеге асырылды: SPECTROLAB Jr^{CCD} жұмыс үстеліндегі оптикалық сәулелену спектрометр және JSM 5910 электронды микроскопы. Үлгілердің және КЛУМ массасы MEMCT 24104-88 сәйкес ВЛТК-500 электронды таразыларында анықталды. Химиялық және минералогиялық құрамдарды анықтау үшін MEMCT 18895-97 сәйкес спектрометриялық талдау әдісінің сертификатталған әдістері мен аппараттары қолданылды.

Қатты көміртектің стехиометриялық мөлшері бар металданған өнімнің ПЛМ. Әрі қарай, металданған өнімдердің үлгілері Тамман пешінде бейтарап атмосферада (аргонмен тазарту арқылы) балқытылған.

Балқытылған металл үлгілерінің құрамынан дисперсті шихтаның құрамына енгізілген көміртектің стехиометриялық мөлшері өте тиімді жұмыс істейтінін және реттелетін көміртегі концентрациясы бар металл алуға мүмкіндік беретінін көруге болады.

Белгілі химиялық құрамның күрделі ПЛМ-ін қатты көміртектің стехиометриялық мөлшері бар ұсақ дисперсті материалдармен немесе олардың легірленген күйдіру композиттерімен зерттеуге бағытталған тәжірибелер температураны ~1620°C-қа дейін жеткізе отырып, жоғары температуралы Тамман пешінде жүргізілді. ПЛМ процесін зерттеуге арналған шихта материалдар алунд шынысына орналастырылды. Осыдан кейін олар қондырғының жеке бөліктерін салқындату үшін су беруді қамтамасыз етті және шығатын газдарды соруға арналған сорғыш қосылды. Балқыту бейтарап ортада аргон тогының астында жүргізілді. Балқытылған металл C, Mn, Cr, V, Ti, Si, S, P және басқа элементтердің құрамына талданды. Химиялық құрамды өлшеу нәтижелерінің дәлдігі MEMCT 4212-76 сәйкес бақыланатын компоненттердің жеткілікті дәлдікпен белгіленген мөлшерін қамтитын "стандартты" ерітінділерді қолдану арқылы қоспалар әдісі бойынша жүзеге асырылады.

3 Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері

3.1 Шихтаны есептеу

Барлық есептеулер А қосымшасында көрсетілген.

3.2 Металдандырылған өнімдерден металды балқыту

Содан кейін металдандырылған материал Тамман пешіне жүктелді және аргон атмосферасында 100-150 °C/мин жылдамдықпен қыздырылды. 1600-1650°C шихтаның балқуы байқалды.

Балқытылған металл тигельдерге құйылды.

3.3 Темір мен легіріленген металдарды редукциялау процесінің кинетикасын эксперименттік зерттеу

Металл оксидтерін көміртекпен редукциялау процесі металлургияда үлкен маңызға ие. Оксидтердің көміртегімен редукциялануының термодинамикасы мен кинетикасы саласында жинақталған айтарлықтай тәжірибелік материалға қарамастан, бұл реакциялардың мәні әлі жеткілікті зерттелген жоқ, ал бұрын белгілі болған ААМ процестері осы реакциялардың реттілік механизміне нақты ғылыми түсінік бермейді. Нақты жағдайларда редукция процестері, әдетте, изотермиялық емес жағдайларда жүреді. Алайда, изотермиялық емес қыздыру кезінде оксидтердің редукциялану механизмі мен кинетикасы туралы әдеби мәліметтер өте аз.

Осы жұмыста изотермиялық емес жағдайларда қатты көміртегі бар темір және легіріленген металл оксидтерінің редукциялану механизмдері мен кинетикасы зерттелді.

Зерттеу "Setaram" термогравиметриялық қондырғысында жүргізілді, ол үлгіні үздіксіз қыздыру кезінде массаның өзгеруін, процестің температурасын, массаның өзгеру жылдамдығын және жүретін процестердің энтальпиясын белгілеуге мүмкіндік берді. Қондырғы қыздыру барысында реакцияның газ тәрізді өнімдерін автоматты түрде іріктеуге және оларды хроматографта талдауға мүмкіндік берді. Барлық тәжірибелер жылу жылдамдығы 478°/сағ пен жүргізілді. Тазартылған гелий тоғында. Шикіқұрам мұқият ұнтақталған оксидтер мен көміртекпен дайындалды.

Fe, Mn, Cr, V, Ti редукциясының көміртекті редукционерінің стехиометриялық мөлшері 2.2-бөлімде келтірілген әдістеме бойынша есептелді, көміртекті есептеу және қосу тек Mn, Cr, V, Ti редукция үшін жүргізілді.

СУОЛ-044 12-M2 электр пешіне шихтаны дайындауды, жүктеуді эксперименттік зерттеулер 2.3-кіші бөлімде сипатталған әдістеме бойынша жүзеге асырылды. Күрделі кен материалдарынан Fe, Mn, Cr, V, Ti редукция нәтижелері 3,2 және 3,3 кестелерде келтірілген.

Температураның уақытына байланысты жүріп жатқан редукциялық процестер шығарылған газдың мөлшері мен құрамы бойынша бағаланды, бұл көрсеткіштер редукциялық процестің сипаттамаларын есептеу арқылы анықтауға мүмкіндік берді – ΔO , R, ω_R . Алынған эксперименттік мәліметтерге сәйкес төмендеу дәрежесінің, бөлінген газдағы CO_2 тепе-теңдік мөлшерінің және температураға төмендеу жылдамдығының тәуелділік графиктері 3,1; 3,2; 3,3 суреттерге сәйкес салынды.

3.2 Кесте - Сәтбаев концентратының оксидтерін қатты көміртегімен тотықсыздандыру тәжірибелерінің нәтижелері

№ п/п	Уақы т,ми н	Т,С	V _{газ} , л	Газ құрамы,%		ΔO(со) , г	ΔO(CO ₂).г	ΔOі,г	ΔO,г	R	W _В *10³ ,мин ⁻¹
				CO₂	CO						
1	0	850	Газ бөлінуінің басталуы								
2	10	900	0,3	12	87	0,056	0,186	0,242	0,242	0,051	0,0051
3	11	955	0,23	23	77	0,075	0,126	0,201	0,443	0,093	0,0038
4	10	990	0,22	30	70	0,094	0,11	0,204	0,647	0,136	0,0043
5	8	1020	0,3	22	78	0,094	0,167	0,261	0,908	0,191	0,0069
6	9	1045	0,4	11	89	0,063	0,254	0,317	1,225	0,258	0,007
7	8	1065	0,3	8	92	0,034	0,197	0,231	1,456	0,307	0,006
8	7	1080	0,36	8	92	0,041	0,236	0,277	1,733	0,365	0,008
9	5	1090	0,29	5	95	0,02	0,197	0,217	1,956	0,412	00,0094
10	5	1100	0,22	3	97	0,009	0,152	0,161	2,111	0,444	0,0064
11	6	1110	0,31	6	94	0,027	0,21	0,237	2,348	0,494	00,008
12	7	1120	0,54	4	96	0,031	0,37	0,401	2,749	0,579	00,012
13	8	1130	0,63	2,5	97,5	0,023	0,44	0,463	3,212	0,676	00,012
14	8	1140	0,59	5	95	0,042	0,4	0,442	3,654	0,769	00,012
15	10	1150	0,27	3	97	0,012	0,187	0,199	3,853	0,811	00,012
16	10	1160	0,42	4,5	95,5	0,027	0,286	0,313	4,166	0,877	00,006
17	10	1170	0,45	5	95	0,032	0,31	0,342	4,508	0,949	00,007
18	8	1170	0,2	6,5	93,5	0,018	0,134	0,152	4,66	0,98	00,003

Бастапқы кезеңдерде металдардың редукция реакциясының дамуы темір мен одан жоғары оксидтерінің MnO_2 ден MnO -ға, V_2O_5 -тен V_2O_3 -ке дейін редукция температурасын арттыруға бағытталған.

3.3 Кесте - Сәтбаев концентратының оксидтерін қатты көміртегімен тотықсыздандыру тәжірибелерінің нәтижелері

№ п/п	Уақы т,ми н	Т,С	V _{газ} , л	Газ құрамы,%		ΔO(со) , г	ΔO(CO ₂) г	ΔOі,г	ΔO,г	R	W _B *10 ³ , мин ⁻¹
				CO ₂	CO						
1	0	550	Газ бөлінуінің басталуы								
2	18	700	1.2	21.0	79.0	0.676	0.360	1.036	1.036	0.05	0.002
3	9	770	1.15	18.0	82.0	0.673	0.296	0.969	2.005	0.098	0.005
4	7	820	1.2	19.0	81.0	0.694	0.325	1.019	3.024	0.148	0.007
5	6	860	1.35	19.0	81.0	0.781	0.366	1.147	4.171	0.204	0.009
6	5	890	1.35	18.5	81.5	0.786	0.357	1.143	5.314	0.259	0.011
7	4	915	1.25	17.0	83.0	0.741	0.303	1.044	6.358	0.31	0.013
8	4	940	1.4	16.5	83.5	0.835	0.330	1.165	7.523	0.367	0.014
9	5	960	1.65	15.5	84.5	0.996	0.365	1.361	8.884	0,43	0.013
10	5	980	1.6	16.0	84.0	0.960	0.366	1.326	10.21	0.5	0.014
11	5	1000	1.7	13.0	87.0	1.056	0.316	1.372	11.58	0.565	0.013
12	4	1015	1.5	14.0	86.0	0.921	0.300	1.221	12.803	0.625	0.015
13	5	1030	1.6	7.0	93.0	1.062	0.160	1.222	14.025	0.684	0.012
14	5	1045	1.75	6.5	93.5	1.168	0.162	1.33	15.355	0.749	0.013
15	5	1060	1.4	2.0	98.0	0.980	0.040	1.02	16.375	0.799	0.01
16	9	1080	1.3	4.0	96.0	0.891	0.074	0.965	17.34	0.846	0.005
17	17	1100	1.05	1.0	99.0	0.742	0.015	0.757	18.097	0.883	0.002
18	15	1130	0.9	1.0	99.0	0.636	0.013	0.649	18.746	0.914	0.002
19	12	1150	0.9	3.0	97.0	0.623	0.038	0.661	19.407	0.947	0.003
Экспозиция 15 мин											
20	15	1165	0,8	1,0	9,0	0,565	0,011	0,576	19,983	0,98	0,002

Осы тәжірибелерден көрініп тұрғандай, бұл реакциялар CO-мен қатар CO₂-нің едәуір мөлшерінің бөлінуімен қатар жүрді. Әрі қарай, жоғары температурада және қиын редукцияланатын MnO , Cr_2O_3 , V_2O_5 , TiO_2 оксидтерін тотықсыздануы кезінде негізінен CO газы бөлінді, CO₂ құрамы нөлге дейін төмендеді, бұл диссоциация икемділігінің күрт төмендеуін және оксидтердің беріктігінің жоғарылауын көрсетеді. Осылайша, бұл реакциялар алдын-ала адсорбцияланған газдардың қатысуынсыз өтті. Алайда, эксперименттердің нәтижелері көрсеткендей, реакциялар бір жағынан оксидтердің диссоциациялануына және

екінші жағынан түйіршікті шойын бөлшектерінің бетіне электронды эмиссияға байланысты өте қарқынды жүрді.

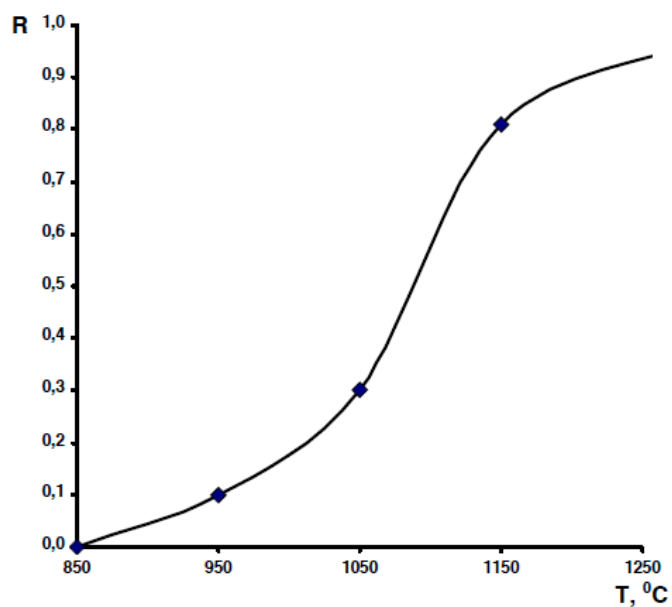
Жаңа қосылыстардың (молекулалардың) нақты түзілуіне әдетте электрондармен иондардың кіші және жеңіл бөлшектерінің қозғалысының алдында болады. Іргелі ғылымдарға сәйкес кез-келген химиялық қосылыс диссоциацияға ұшырайды. Көптеген химиялық қосылыстар (оксидтер, сульфидтер, сульфаттар, карбонаттар) диссоциация кезінде газ тәрізді заттарды шығарады (O_2 , S_2 , SO_2 , CO_2). Бұл газдар кристалдық торлардан өздігінен емес, адсорбцияланған және химосорбцияланған ішкі қабаттар арқылы бөлінеді. Бұл ішкі қабаттардың диссоциацияланатын кристалл торларының бетінде түзілуі сөзсіз. Сондықтан жаңа механизм диссоциациялы-адсорбциялық деп аталады. Ерітілген көміртекті қолдану мысалында диссоциациялы адсорбциялық механизмнің әсері айқын байқалады. Ерітілген көміртекті қолданудың қосымша артықшылығы-редукцияланған металл тәуелсіз фазаны түзбейді, бірақ ол редукцияланған кезде бірден ерітіндіге өтеді.

Алынған металл үлгілерінің талдауы 3.4 кестеде келтірілген.

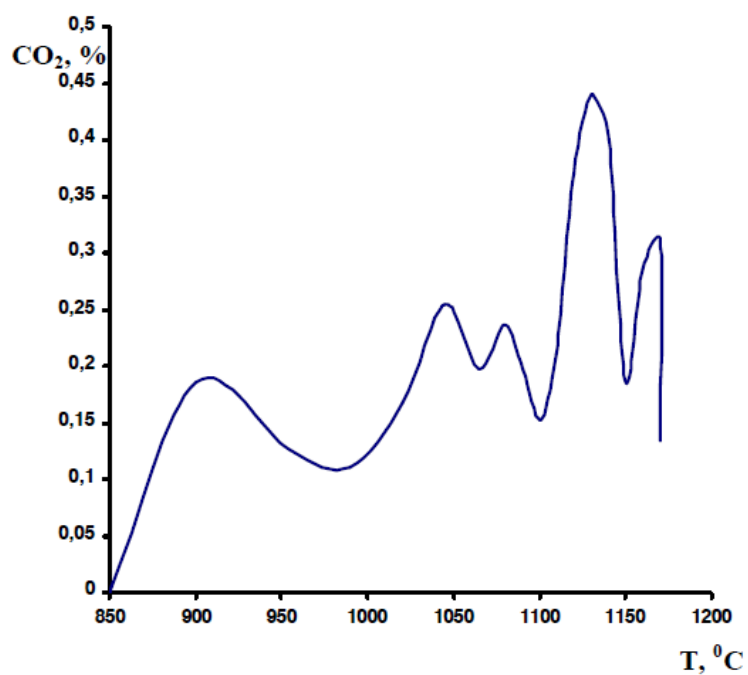
3.4 кестеден көріп отырғанымыздай, Cr, Si, Ti қиын редукцияланатын элементтердің едәуір бөлігі металға өтті, бұл ерітілген көміртектің қиын редукцияланатын металдардың оксидтерімен әрекеттесуінің тиімді реакциясын көрсетеді.

3.4 Кесте - Күрделі кен материалдарынан балқытылған материалдардың химиялық құрамы

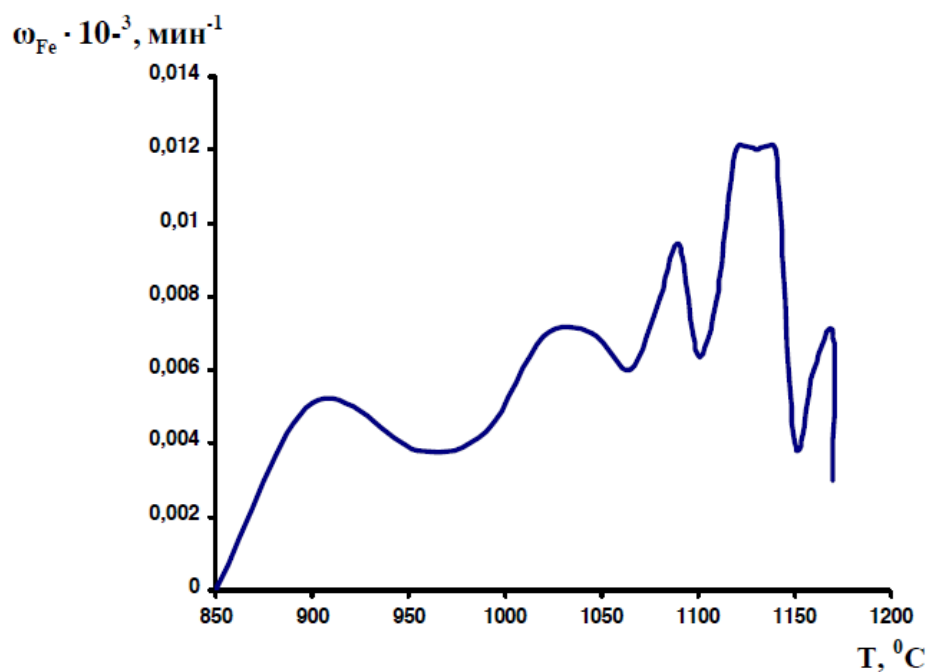
Кешенді концентраттардан	[C]	[Mn]	[V]	[Cr]	[Si]	[Ti]	[P]	[S]
Сатпаев концентраты	0,36	1,5	0,31	0,36	0,15	0,30	0,01	0,018
Лисаков концентраты	4,2	0,25	0,12	-	0,20	-	1,18	0,02
Качканар концентраты	0,42	0,14	0,46	-	0,12	0,14	0,01	0,01



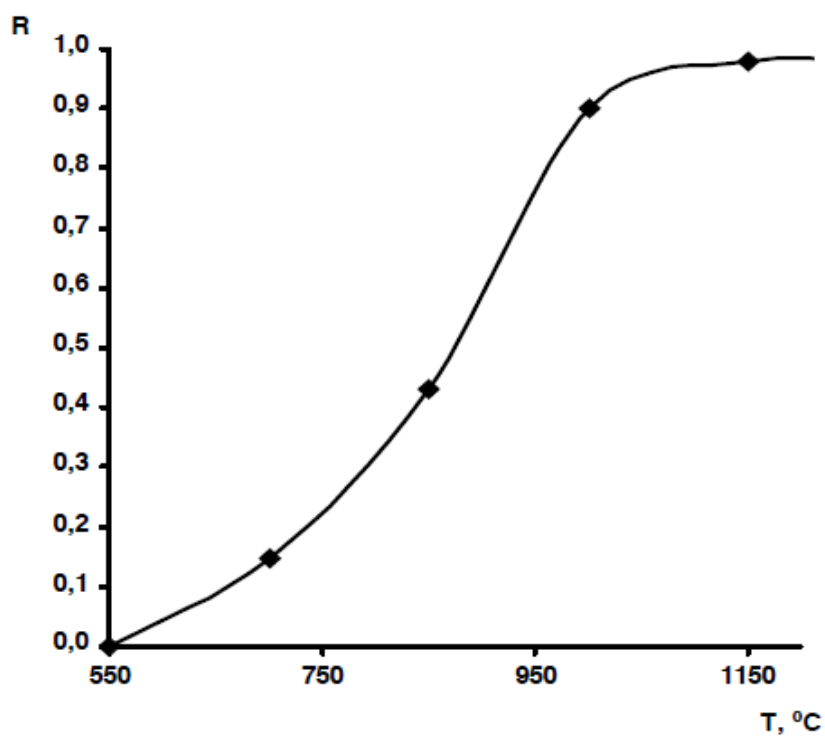
3.1 Сурет - Төмендеу дәрежесінің температураға тәуелділігі (ерітілген көміртегі)



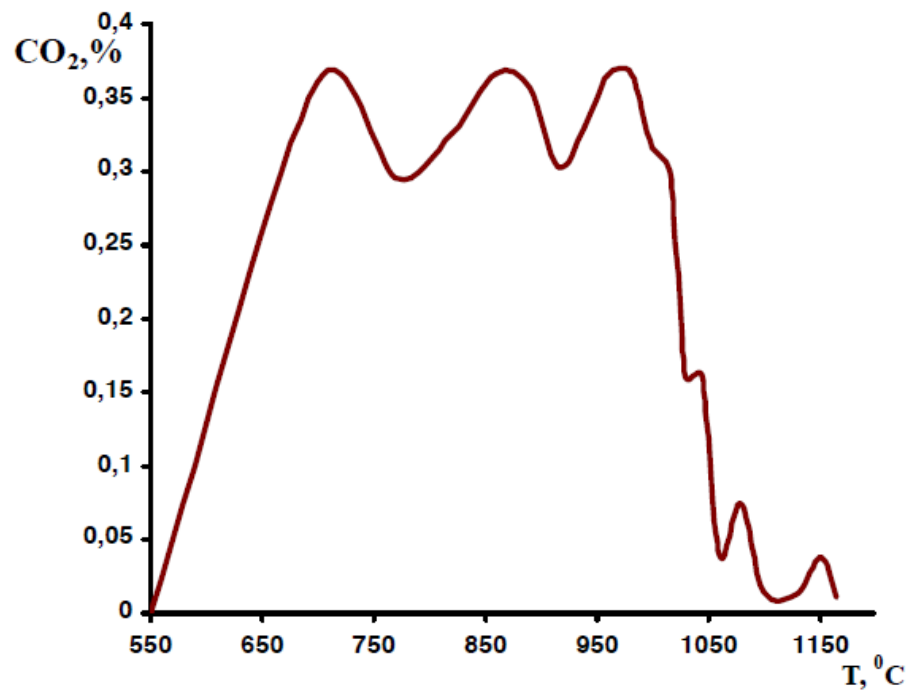
3.2 Сурет - Бөлінетін газдағы CO₂ тепе-теңдік құрамының температураға тәуелділігі (ерітілген көміртек)



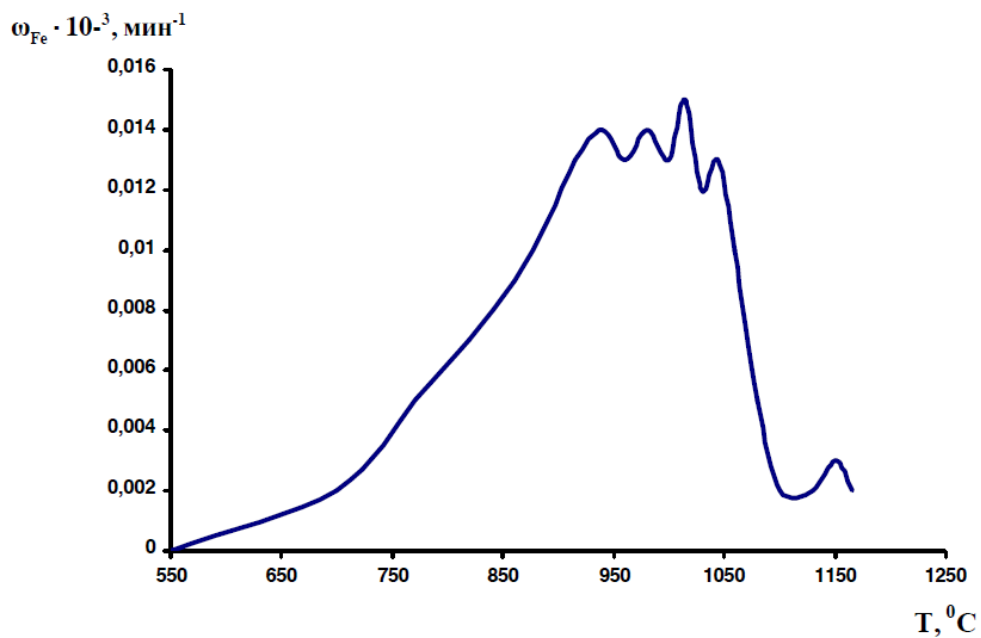
3.3 Сурет - Бөлінетін газдағы CO₂ тепе-теңдік мөлшерінің температураға тәуелділігі (ерітілген көміртек)



3.4 Сурет - Төмендеу дәрежесінің температураға тәуелділігі



3.5 Сурет - Бөлінетін газдағы CO_2 тепе-теңдік мөлшерінің температураға тәуелділігі



3.6 Сурет - Бөлінетін газдағы CO_2 тепе-теңдік мөлшерінің температураға тәуелділігі

ҚОРЫТЫНДЫ

Ванадиймен легіріленген болат өндірісінің қазіргі жағдайын талдау кремний мен көміртекті ең арзан редуциялаушы ретінде пайдалана отырып, болатты пештен тыс өңдеу кезінде конвертерлік ванадий шлагынан ванадиймен легірлеу технологиясын әзірлеу қажеттілігін көрсетті.

Қазіргі уақытта болат өндіру тәжірибесінде болатты ванадиймен легірлеудің үш әдісі яғни құрамында ванадий бар қорытпаларды пайдалану, металл шихтасының құрамындағы ванадийді кәдеге жарату және болатты ванадиймен тікелей легірлеу әдістері кеңінен қолданылатынына көз жеткіздік.

Эксперименттік зерттеу кезінде шихтаны жасау үшін 2.1-кестеде келтірілген күрделі кен материалдары пайдаланылды. Шихтадағы газданған оттегінің мөлшерін анықтау үшін темірдің, марганецтің, ванадийдің, хромның, титанның редуциялануы кезіндегі мөлшерін есептеп алдық. Ары қарай 1150°C температурада тотықсыздандырғыш ретінде көміртекті тұтынуды анықтадық. Одан кейін көміртек реагентінің жалпы шығыны 0,09 кг/кг шихта болатынын есептеп алдық. Көміртектің бұл мөлшері көміртегі мөлшері 95% болатын көмір түрінде беріледі. Көміртегі құрамын түзетумен көмірдің шығынын 0,095 жуықтап алғанда 0,1 кг/кг шихта болатынын анықтадық.

Графикалық тәуелділіктер бойынша қорытындылар:

1) 1100°C температураға жеткенде, газдандырылған оттегінің мөлшері Fe, Cr, V, Ti және Mn-мен байланысты шихта оттегінің жалпы мөлшерінің 98% құрады. Ал 1150-1200°C температура аралығында газдандырылған оттегінің мөлшері 30% - ға артып, оттегінің жалпы мөлшеріне қатысты ~98-ге жетті %;

2) 1100°C температурада бөлінетін газдағы CO₂ ең жоғары тепе-теңдік құрамы ең жоғары деңгейге жетеді әрі қарай осы газдың тепе-теңдік құрамы біртіндеп төмендейді;

3) жалпы алғанда, төмендеу жылдамдығында белгілі бір күрт экстремумдар болмайды, алайда төмендеу жылдамдығының артуы 900-1050°C температура аралығында айтарлықтай байқалады және 1165°C температурада ең төменгі деңгейге жетеді. Редуция жылдамдығының төмендеуі Fe редуциясының аяқталуымен байланысты.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Муқанов Д. и др. Траектория технологического развития металлургии Казахстана. -Алматы. -2006, - 296 с.
2. Захаров А.Ф., Вечер Н.А., Леконцев Н.А. и др. Качканарский ванадий. - Свердловск: Книжное издательство, -1964. – 304 с.
3. Елохин Ф.М., Довгопол В.И., Медведев А.А. и др. Титаномагнетиты и металлургия Урала. - Свердловск: Книжное издательство, -1982. – 144 с.
4. Лякишев Н.П., Слотвинский-Сидак Н.П., Плинер Ю.Л. и др. Ванадий в черной металлургии. - М.: Металлургия, -1983. – 192 с.
5. Химия и технология ванадиевых соединений. – Пермь: Книжное издательство, -1974. – 557 с.
6. Коган Б.И. Редкие металлы. Состояние и перспективы. –М.: Наука, -1979. – 356 с.
7. Смирнов Л.А., Давгопол В.И., Овчинников Г.Е. и др. // Журнал «Сталь», - 1976, -№7, - С. 597-601.
8. Тлеугабулов С.М., Койшина Г.М., Алдангаров Е.М., Тажиев Е.Б. Прямое восстановление железа открывает перспективу развития высокой технологии // Труды VII Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии». Том 1. 11-12 октября 2013 г. г.Темиртау. – С. 421-429
9. Тлеугабулов С.М. Диссоциационно-адсорбционный механизм и кинетика восстановления железа углеродом // Журнал «Сталь». -1991, -№1. – С. 15-18.
10. Воскобойников В.Г. Металлургия чёрных металлов. – Москва: Металлургия, -2002. – 450 с.
11. Любан А.К. Кинетика и механизм восстановления железа углеродом // Журнал «Сталь», -1947, -№2. – С. 163.
12. Чуфаров Г.И., Татиевская Е.П. Механизм и кинетика восстановления металлов // Физико-химические основы доменного производства и современная практика производства чугуна. Свердловск: Металлургиздат, -1956, – С. 21-64.
13. Гельд П.В. Роль газовой фазы при восстановлении окислов твёрдым углеродом // Химия и технология редких элементов. ТР. ин-та химии УФАН СССР. Свердловск, -1957. Вып.8. – С. 8-14.
14. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа. – Москва: ИКЦ «Академкнига», -2007. – 464 с.
15. Тлеугабулов С.М., Нурумғалиев А.Х. Результаты исследования процесса получения комплексного сплава из углеотходов // Журнал «Сталь», Москва, -2005, -№7. – С. 57-60.
16. Тлеугабулов С. М., Киекбаев Е. Е. Исследование редукции металлов твердым углеродом и разработка технологии выплавки природнолегированной

сталей // РКЖ «Технология производства металлов и вторичных материалов» // КарГИУ – Теміртау, №2, 2007.- 12-18 с.

17. Борисенко, Л.Ф. Руды ванадия. – М.: Наука, -1983. – 150 с.

18. Сыртланов, Р.Р., Бакума С.С. Особенности выплавки чугуна с повышенным содержанием ванадия // - М.: Metallurg, -1999, -№7. – С. 18-20.

19. Волков В.В. Филиппов В.В., Гаврилюк Г.Г. Опыт переработки титаномагнетитов в доменных печах // Свердловск: «Сталь», - 2000, -№11. – С. 24-28.

20. Смирнов Л.А., Дерябин Ю.А., Шаврин С.В. Metallургическая переработка ванадийсодержащих титаномагнетитов //– Челябинск: Metallургия, - 1990. – 256с.

21. Довгопол В.И., Раковский Ф.С., Глазов А.Н., Колпаков Л.Е. Черная metallургия. Бюл. НТИ., - 1980. -№12. –С. 15.

22. Довгопов В.И., Бернштейн Л.И., Катък С.А. и др. Шлаки черной metallургии // Научные труды УралНИИЧМ. - Свердловск: УралНИИЧМ, -1968, - С. 178-196.

23. Старцев В.А., Абашев В.Ф., Даниленко Г.В. и др. Проблемы Качканара. - Свердловск: Книжное издательство, -1970. –С. 210-225.

24. Довгопов В.И., Раковский Ф.С., Филиппенков А.А. и др. Литейное производство. – 1977, -№4. – С. 12-13.

25. Филиппенков А.А. Отливки из ванадийсодержащих сталей. – М.: Машиностроение, - 1983. -280с.

26. Гришанов М.П., Довгопов В.И., Филиппенков А.А. Шлаки черной metallургии // Научные труды УралНИИЧМ. - Свердловск: УралНИИЧМ, - 1975, - С. 113-120.

27. Горелкин О.Г., Михайликов С.В., Попова Э.А. – Изв. АН СССР, Металлы, - 1976, №2. –С. 16-20.

28. Веселовский А.Н., Попов А.Д., Шагалов В.А. Литейное производство. – 1975, - №9. – 36С.

29. Metallургия чугуна. Под редакцией Вегмана Е.Ф. и Юсфина Ю.С. М: ИКЦ «Академкнига», -2004. – 774 с.

30. Товаровский И.Г. Доменная плавка. Днепропетровский: Пороги, -2003. - 596 с.

31. S.Tleugabulov, B.Tolukpayev, Y.Kiyekbayev, G.Koishina. Dissociation-adsorbition mechanism as a theoretical basis of hugh technology for steel's reduction melting // Journal of Materials Science and Engineering. - USA. – В 2 (4) (2012). – p. 281-288

32. Тлеугабулов С.М. Теоретические основы получения металлов, сплавов и перспективных материалов. – Алматы: Гылым, - 2001. – 332 с.

Қосымша А

Шихтаны есептеу

Шихтаны жасау үшін 2.1 кестеде келтірілген күрделі кен материалдары пайдаланылды.

Шихта Сәтбаев ильмениті концентратының қоспасынан және құрамында көміртегі бар реагенттен (ағаш көмір және түйіршіктелген шойын) тұрады.

Жоғары металл оксидтерінің концентрациясын анықтаймыз-Fe, Mn:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,4285 \cdot \text{Fe} = 1,4285 \cdot 31,53 = 45,04\%;$$

$$\text{Mn} = 0,775 \cdot \text{MnO} = 0,775 \cdot 0,7 = 0,54\%$$

Редукцияланған күйдіру, металдандыру және шихтаны балкыту процесінде келесі оксидтердің оттегісі газдандырылады:

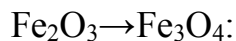


Аталған оксидтердің оттегісі CO_2 және CO түрінде қатты көміртекпен әрекеттескенде газдандырылады. Алынған газдағы CO_2 мен CO қатынасы оксидтердің редукциялану сатысына және процестің температурасына байланысты.

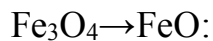
Шихтадағы газданған оттегінің мөлшерін анықтау

а) Темірдің редукциялануы кезінде. Ең алдымен кен құрамы бойынша шихтаның бөліктері жоғары және төменгі оксидтердің қатынасын бағалаймыз.

Әрі қарай, әдістеме бойынша газдандырылған оттегінің мөлшерін редукция кезеңдері бойынша анықтаймыз:

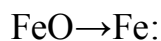


$$\Delta\text{O}_1 = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,111 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})} = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,111 \cdot 45,04 = 0,0214 \text{ кг/кг шихта};$$



$$\Delta\text{O}_2 = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,222 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})} = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,222 \cdot 45,04 = 0,0428 \text{ кг/кг шихта}.$$

Редукцияланбаған темір FeO түрінде қалады және оны соңғы сатыда ассимиляция дәрежесінің тиісті мәніне көбейту арқылы ескеруге болады, яғни



$$\Delta O_3 = 10^{-2} \cdot \eta_{Fe} \cdot (0,4285 \cdot 0,667 \cdot Fe_{(r)} + 0,222 \cdot FeO) = 10^{-2} \cdot 0,98 \cdot 0,4285 \cdot 0,667 \cdot 45,04 = 0,126 \text{ кг/кг шихта}$$

Темірді редукциялау кезінде газданатын жалпы оттегі:

$$\Delta O_{Fe} = \Delta O_1 + \Delta O_2 + \Delta O_3 = 0,0214 + 0,0428 + 0,126 = 0,19 \text{ кг/кг шихта.}$$

б) *Марганецтің редукциялануы кезінде.* Барлық марганец оксидінің бастапқы шихтасында $MnO = 0,7\%$, оның ішінде Mn түрінде:

$$Mn = 0,7746 \cdot MnO = 0,7746 \cdot 0,7 = 0,54\%$$

$$MnO \rightarrow Mn \Delta O_1 = 10^{-2} \cdot 0,80 \cdot 0,4363 \cdot 0,667 \cdot 0,54 = 0,0013 \text{ кг/кг шихта.}$$

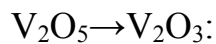
Марганецтің редукциялану кезіндегі жалпы оттегі:

$$\Delta O_{Mn} = 0,0013 \text{ кг/кг шихта.}$$

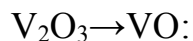
в) *Ванадийдің редукциялануы кезінде.* Барлық ванадий оксидінің бастапқы шихтасын да $V_2O_5 = 0,27\%$, оның ішінде V түрінде:

$$V = 0,56 \cdot V_2O_5 = 0,56 \cdot 0,27 = 0,15\%$$

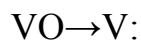
Әрі қарай, әдістеме бойынша газдандырылған оттегінің мөлшерін редукция кезеңдері бойынша анықтаймыз:



$$\Delta O_1 = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot V = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot 0,15 = 0,0005 \text{ кг/кг шихта;}$$



$$\Delta O_2 = 10^{-2} \cdot 0,1568 \cdot V = 10^{-2} \cdot 0,1568 \cdot 0,15 = 0,0002 \text{ кг/кг шихта;}$$



$$\Delta O_3 = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot V \cdot \eta_V = 10^{-2} \cdot 0,3137 \cdot 0,15 \cdot 0,9 = 0,0004 \text{ кг/кг шихта.}$$

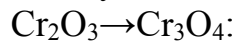
Ванадийдің редукция кезіндегі газданған жалпы оттегі:

$$\Delta O_V = \Delta O_1 + \Delta O_2 + \Delta O_3 = 0,0005 + 0,0002 + 0,0004 = 0,0011 \text{ кг/кг шихта}$$

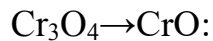
з) *Хромның редукциялануы кезінде.* Барлықхромоксидінің бастапқы шихтасында $\text{Cr}_2\text{O}_3=0,22\%$, оның ішінде Cr түрінде:

$$V = 0,56 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 = 0,684 \cdot 0,22 = 0,15\%$$

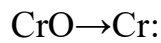
Әрі қарай, әдістеме бойынша газдандырылған оттегінің мөлшерін редукциялау кезеңдері бойынша анықтаймыз:



$$\Delta\text{O}_1 = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,111 \cdot \text{Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,111 \cdot 0,15 = 0,00007 \text{ кг/кг шихта};$$



$$\Delta\text{O}_2 = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,222 \cdot \text{Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,222 \cdot 0,15 = 0,00015 \text{ кг/кг шихта};$$



$$\Delta\text{O}_3 = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,667 \cdot \text{Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,667 \cdot 0,15 = 0,00046 \text{ кг/кг шихта}.$$

Хром оксидтерінің газданған оттегінің жалпы мөлшері:

$$\Delta\text{O}_{\text{Cr}} = \Delta\text{O}_1 + \Delta\text{O}_2 + \Delta\text{O}_3 = 0,00007 + 0,00015 + 0,00046 = 0,00068 \text{ кг/кг шихта}.$$

д) *Титанның редукциялануы кезінде.*

$$\Delta\text{O}_{\text{Ti}} = [\text{Ti}] \cdot 10^{-2} \cdot 0,667 \cdot \eta_{\text{Ti}} = 10^{-2} \cdot 29,79 \cdot 0,667 \cdot 0,4 = 0,0795 \text{ кг/кг шихта}.$$

1150°C температурада тотықсыздандырғыш ретінде көміртекті тұтынуды анықтау

Темірді редукциялау үшін:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4: \quad \gamma_{01} = 190/(190+5) = 0,9; \quad \gamma_{02} = 5/(190+5) = 0,025;$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}: \quad \gamma_{01} = 110/(110+45) = 0,51; \quad \gamma_{02} = 45/(190+45) = 0,2902;$$

$$\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}: \quad \gamma_{01} = 50/(50+75) = 0,36; \quad \gamma_{02} = 50/(50+75) = 0,60.$$

$$g'_{\text{C,Fe}} = 0,75 \cdot 10^{-2} [\text{Fe}(0,4285 \cdot (1-0,5 \cdot 0,95) + 0,0489 \cdot (1-0,5 \cdot 0,7096) + 0,1527 \cdot (1-0,5 \cdot 0,4))] = 0,125 \text{ кг/кг шихта}.$$

Марганецті редукциялау үшін:

$$\begin{aligned} \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}_3\text{O}_4: \quad \gamma_{01} &= 200/(200+0) = 1; \quad \gamma_{02} = 0/(200+0) = 0; \\ \text{Mn}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Mn}_3\text{O}_4: \quad \gamma_{01} &= 160/(160+20) = 0,7; \quad \gamma_{02} = 20/(160+20) = 0,1111; \\ \text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{MnO}: \quad \gamma_{01} &= 80/(80+60) = 0,4; \quad \gamma_{02} = 60/(80+60) = 0,4286; \\ \text{MnO} \rightarrow \text{Mn}: \quad \gamma_{01} &= 16/(16+92) = 0; \quad \gamma_{02} = 92/(16+92) = 0,8519. \end{aligned}$$

$$g'_{\text{C,Mn}} = 0,75 \cdot [0,00867 \cdot (1-0,5 \cdot 1) + 0,02886 \cdot (1-0,5 \cdot 0,7) + 0,0577 \cdot (1-0,5 \cdot 0,4) + 0,01413 \cdot (1-0,5 \cdot 0)] = 0,06255 \text{ кг/кг шихта.}$$

Көміртек реагентінің жалпы шығыны:

$$g_{\text{C}} = 0,75 \cdot 10^{-2} [\text{Fe} \cdot 0,98(0,4285 \cdot (0,111(1-0,5 \cdot 0,9) + 0,222 \cdot (1-0,5 \cdot 0,51) + 0,667 \cdot (1-0,5 \cdot 0,36) + \text{Mn} \cdot 0,75(0,2909(1-0,5 \cdot 0)) + \text{Cr} \cdot 0,8(0,4656(1-0,5 \cdot 0,25)) + \text{V} \cdot 0,85(0,45(1-0,5 \cdot 0,3)) + \text{Ti} \cdot 0,1(0,4(1-0,5 \cdot 0))) = 0,75 \cdot 10^{-2} (10,27 + 0,1178 + 0,0489 + 0,108 + 1,4) = 0,75 \cdot 10^{-2} \cdot 11,944 = 0,08956 = 0,09 \text{ кг/кг шихта.}$$

Көміртектің бұл мөлшері көміртегі мөлшері 95,0% болатын көмір түрінде беріледі. Көміртегі құрамын түзетумен біз көмірдің шығынын анықтаймыз:

$$g'_{\text{др. уг.}} = g'_{\text{C}} / (10^{-2} \cdot C_{\text{эф}}) = 0,09 / 0,95 = 0,095 \approx 0,1 \text{ кг/кг шихта.}$$

Металдандырылған өнімнің шығуы

$$\ell_{\text{МП}} = 1 - (0,0773 + 0,1326 + 0,1178 + 0,052 + 0,057 + 1,4) = 1 - 0,226 = 0,774 \text{ кг/кг.}$$

Металл шығымы

$$\ell_{\text{М}} = 1 - 10^{-2} (7,493 + 0,646 + 0,4263 + 61,608 + 1,6149 + 1,5) = 1 - 10^{-2} \cdot 73,28 = 1 - 0,7328 = 0,2671 \text{ кг/кг.}$$

Кесте 3.1 - Металданған өнімнің күтілетін химиялық құрамы

Атауы	[Fe]	[Mn]	[Cr]	[V]	[Ti]
Сәтбаев ильменит концентры	39,92	0,5239	0,1552	0,1539	1,0
Лисаков темір кені концентраты	72	0,19	-	0,08	0,055
Качканар титаномагнетит концентраты	84,17	0,12	-	0,368	0,893

Металдандырылған өнімдегі металл бөлігі

$$\ell_M = (39,92 + 0,5239 + 0,1552 + 0,1539 + 1,0) \cdot 10^{-2} = 0,4175 \text{ кг.}$$

Осындай тәсілмен Қашқанар және Лисаков концентраттарына арналған шихта есептері орындалды. Әрбір кешенді кен материалының бірлігінен металдардың шығымы тиісінше

- а) Сәтбаев концентратынан – 0,2671 кг/кг;
- б) Лисаков концентратынан – 0,4926 кг/кг;
- в) Качканар концентратынан – 0,6189 кг/кг.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Даниярова Кэмила Айдосқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Ванадиймен легірленген болатты алу процестерін зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 2

Знаки из здругих алфавитов: 15

Интервалы: 0

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 01-06-2022

Заведующий кафедрой

Михайлов М.Б.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Даниярова Кэмила Айдосқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Ванадиймен легірленген болатты алу процестерін зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 2

Знаки из здругих алфавитов: 15

Интервалы: 0

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

30.05.2022 г.

Қойшина

проверяющий эксперт

Қойшина Г.М.



Метаданные

Название

Ванадиймен легірленген болатты алу процестерін зерттеу

Автор

Даниярова Кәмила Айдосқызы

Научный руководитель

Гүлзада Қойшина

Подразделение

Г_М_И

Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		15
Интервалы		0
Микропробелы		2
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		0

Объем найденных подобиий

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



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

4742

Количество слов



КЦ

38782

Количество символов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--	---

из базы данных RefBooks (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
из интернета (0.00 %)		
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---

РЕЦЕНЗИЯ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСЫНА
(жұмыс түрлерінің атауы)

Даниярова Кәмила Айдосқызы
(оқушының аты жөні)

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

Тақырыбы: Ванадиймен легіріленген болатты алу процестерін зерттеу

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

Дипломдық жұмыста, әлемде және Қазақстанда легіріленген болаттарды алудың
заманауи тәсілдеріне әдеби шолу жүргізілген. Болаттарды тікелей алу теориясы мен
практикасы қарастырылған. Ванадиймен легіріленген болатты тікелей алу бойынша
эксперименттік зерттеулер жүргізілген. Жентектерді алуда ванадий концентраттарын
колдану тәсілі көрсетілген. Жентектерді металдандыру процесінің оңтайлы
технологиялық параметрлері орнатылған.

Жалпы дипломдық жұмыс жұмыстың мазмұны талапқа сай және «өте жақсы,
98%» деп бағалана алады. Ал Даниярова Кәмила Айдосқызы «5B070900 – Металлургия»
мамандығы бойынша бакалавр дәрежесіне лайық деп есептеймін.

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



Құрмансейтов М.Б.

«31» _____ 2022 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

(жұмыс түрлерінің атауы)

Даниярова Кәмила Айдосқызы

(студенттің аты жөні)

5B070900 – «Металлургия»

Тақырыбы: «Ванадиймен легірленген болатты алу процестерін зерттеу»

Дипломдық жұмысты орындау барысында Даниярова Кәмила Айдосқызы университет қабырғасында алған білімін толығымен пайдалана білді. Студент Даниярова Кәмила Айдосқызы тапсырма бойынша ванадиймен легірленген болатты алу процестерін 49 беттік компьютерлендірілген түсіндірме жазбамен қамтыды.

Жұмысқа берілген тапсырмаға қарасты шешілетін барлық сұрақтар толығымен дұрыс орындалған. Сондай-ақ жұмыста қажетті есептеулер жүргізіліп, барлық талаптарға сай орындалды.

Студент Даниярова Кәмила Айдосқызы жұмыс бойынша берілген тапсырмаларды өз мүмкіндігінше толықтай орындап, өте жоғары белсенділік пен талпынушылық көрсетті.

Даниярова Кәмила Айдосқызы осы мамандық бойынша бакалавр атағына лайықты. Дипломдық жобаның бағасы 95%.

Ғылыми жетекші

PhD докторы, Ассистент-профессор

Койшина Г.М. Койшина

«30» 05 2022 ж.