

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Есмұрза Анар Ғалимоллақызы

«Кен-көмір кесектелген өнім алу технологиясын жасақтау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070900- Metallургия мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

_____ М.Б.Барменшинова

« ____ » _____ 2020 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Кен-көмір кесектелген өнім алу технологиясын жасақтау»

5B070900 – Metallургия

Орындаған

Есмұрза А.Ғ.

Ғылыми жетекші

PhD, лектор

_____ Г.М.Койшина

« ____ » _____ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

_____ М.Б.Барменшинова

« ____ » _____ 2020 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: *Есмұрза Анар Ғалимоллақызы*

Тақырыбы *«Кен-көмір кесектелген өнім алу технологиясын жасақтау»*

Университеттің Ректорының 2020 жылғы «27» қаңтардағы

№ 762-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2020 жылғы «18» мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Домнадан тыс темір алу жолдары.

Дипломдық жұмыста қарастырылған негізгі мәселелер тізімі:

а) Домнадан тыс темір алу жолдарының негізгі мәселелері;

б) Тәжірибелік зерттеу жұмыстары;

в) Алынған нәтижелерді талдау.

Графикалық материалдардың тізімі: Жұмыс бойынша __ слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер : 39 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	06.03.2020 ж.	
Әдеби шолу	04.04.2020 ж.	
Тәжірибелік зерттеулер	19.04.2020 ж.	
Қорытынды	05.05.2020 ж.	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілерімен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші мен кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі	Қол қойылған күні	Қолы
Тәжірибелік зерттеулер	Г.М.Койшина PhD, лектор		
Норма бақылау	Таймасова А.Н. Техн.Ғ-ның магистрі		

Ғылыми жетекші _____

Г.М.Койшина

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____

А.Ғ.Есмұрза

Күні

«_____» _____ 2020ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыстың басты мақсаты келешекте домнасыз темір алдың жолдары.

Металданған шикізат өндірісінің материалдарын заманауи әдіспен алудың негізгі мәселерін қарастырылады.

Әдебиеттік шолуда темірдің шығу тарихы туралы толығырақ мәлімет қарастырылып кетті.

Технологиялық бөлімде, технологиялық көрсеткіштер, сұлбалар талданды.

Дипломдық жұмыс 44 беттен, 4-суреттен, 11-кестеден, 2-диаграммадан тұрады.

АННОТАЦИЯ

Основной целью дипломной работы, в будущем получить железо без доменной печи.

Рассматриваются основные проблемы получения материалов производства металлургического сырья современными методами.

В литературном обзоре более подробная информация о происхождении железа.

В технологической части проанализированы технологические показатели, схемы.

Дипломная работа состоит из 44 страниц, 4 - рисунка, 11-таблицы, 2-диаграммы.

ANNOTATION

The main goal of the thesis is to get iron without a blast furnace in the future.

The main problems of obtaining materials for the production of metallized raw materials by modern methods are considered.

The literature review provides more detailed information about the origin of iron.

In the technological part, technological indicators and schemes are analyzed.

The thesis consists of 44 pages, 4-figures, 11-tables, 2-diagrams.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Әдеби шолу	9
1.1 Домнадан тыс темір алудың келешегі мен жолдары	10
1.2 Домнада балқытуда болашақта пайдалану үшін бір бөлігі металданған темір кені материалдарын алу	11
1.3 Болат балқыту пештерінде балқыту үшін металданған материалдар алу	15
1.4 Металданған шикізат өндірісінің заманауи әдістері	18
1.5 Мидрекс процессі	19
2 Әдістемелік зерттеулер	21
3 Тәжірибелік зерттеулер	24
3.1 Темір кені концентратын алу	30
3.2 Дайындалған кен материалдарын магнитті сепарациялау	32
3.3 Түйіршіктелген материалды металдандыру, металдандырылған түйіршіктердің металлургиялық сипаттамаларын анықтау	33
Қорытынды	40
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	41
Қосымша	42

КІРІСПЕ

Темір — ең ежелгі металл қатарында. Ең алғашқы темірден жасалған заттар біздің заманымыздан бұрын 4 мыңжылдықта жасалған, ежелгі шумер және ежелгі Египет өркениетінің еншісінде. Темір металы адам баласына осыдан бірнеше мың жыл бұрын-ақ белгілі болған. Алайда оның адамға толық қызмет ете бастағанына жүз жылдан астам уақыт ғана өтті. Бұл металлдардың қажеттілігі соншалық, онсыз күнделікті тіршілігімізді көзге елестететудің өзі мүмкін емес. Темір — бұл машиналар мен станоктар, поездар мен самолеттер, машиналар т.б. Адам баласына темірден артық қажетті металды атау мүмкін емес сияқты. Темірді қалағанынша өндеуге, оны балқытуға, ұзартып созуға, қалыптап құюға, кесуге болады.

Темірді кеннен тікелей алудың артықшылығының басты себептерінің бірі — энергетикалық себеп, домна процесінде тек кокстелетін көмір қолданылады, ол біздің планетамызда азайып бара жатыр, қоры шектеулі. Сондықтан отынның тапшы емес түрлерін (қоңыр көмір, табиғи газ, т.б.) пайдалану мүмкіндігін қарастыруға тура келіп отыр.

Кеннен темірді тікелей алу процесінің артықшылығы, темір 800–900⁰С температурада алынады, сондықтан кен қоспаларын тотықсыздандыруға және шойын мен шлакты балқытуға жылу жұмсалмайды. Темірді тікелей тотықсыздандырған кезде домна пешіне қарағанда, 2есе аз жылу жұмсалады.

Қазіргі уақытта дүние жүзі бойынша бірінші кезекте тұрған кедергі қоршаған ортаның ластануы. Металлургиялық зауыттардың ауа бассейнін едәуір жоғары дәрежеделастайтыны белгілі. Бұған кокс өндірісі де кіреді. Тікелей тотықсыздандырған кезде конвертирленген табиғи газ қолданылады, яғни коксты өндіру сатысы болмайды да, қазіргі кезде адамзатты толғандырып отырған маңызды экологиялық проблема оңтайлы шешіледі. Бұл темір кендерін тікелей тотықсыздандырудың домна өндірісімен салыстырғанда үлкен жетістігі немесе артықшылығы болып табылады[1].

Дипломдық жұмыстың басты мақсаты келешекте домнасыз темір алу, оның қанадай жолдары бар сол туралы толығырақ тоқталып кететін боламын.

1 Әдеби шолу

1.1 Домнадан тыс темір алудың келешегі мен жолдары

Домнасыз металлургия келешегін, адамзатпен жиналған тікелей темір алу тәжірибесін білмей елестету мүмкін емес.

Темірді еңбек бұйымы мен құралы ретінде пайдалану жөнінде алғашқы деректер б.з.д. III мыңжылдықтың басына жатады. Алайда бұл бұйымдарды, шамамен метеорит іспеттес дайын темірден алды. Ауқымды көлемде темір балқуы техника дамуының белгілі бір деңгейінде мүмкін болды және оның игерілуі б.з.д. II және I мыңжылдықтың басында басталды.

Бұл агрегаттар тікелей темір алу идеясын жүзеге асырған дербес болды. Екі сатылы металл өндірісінің туындауымен өнеркәсіптік масштабта тікелей темір алынуы айтарлықтай орын алған жоқ.

Дегенмен, қазіргі уақытты домнадан тыс металл алу технологиясының келешегі жоқ дегенді білдірмейді. Керісінше, берілген технология жеткілікті жылдам қарқынмен дамуда, ал кейбірлеуі үшін аса келешегі зор болып келеді. Бұл кезде айта кету керек, домнадан тыс темір алудың заманауи технологиясы бір агрегатта немесе агрегаттардың үздіксіз тізбегінде кеннен болаттың тікелей алынуы болып табылмайды, бұл тек дәстүрлі екісатылы металл алу процесінің нұсқаларының бірі болып келеді.

Металданған шикізат алудың заманауи мүмкіндіктерін қарастыра отырып, бірнеше келесі алдын ала ережелерді ескерген жөн.

Домнадан тыс редукциялау процесі әртүрлі мақсатта жүргізіледі: жиі бұл мәселені әдебиетте (әсіресе шетел әдебиетінде) алдын ала редукциялау деп, ал мұндай түрде редукцияланған материалдарды – бір бөлігі редукцияланған немесе алдын ала редукцияланған деп атайды. Мұндай терминология нақты емес. Берілген материалдарды ары қарай (домнада, болат-балқыту немесе өзге агрегаттарда) пайдалану үшін, тотықтарды алдын ала редукциялау кезінде түзілген металл мөлшері басты мәнге ие.

Домнадан тыс редукциялау бүгінгі таңда өнеркәсіпте төрт бағытта қолданылуы мүмкін:

а) Домнада балқытуда пайдалану үшін бір бөлігі металданған темір кені материалдарын алу;

б) Болат балқыту және электрлі болат балқыту агрегаттарында болатқа қайта балқыту үшін металданған материалдарды алу;

с) Кешенді полиметалл кенін өңдеу үшін темірді металдандыру;

д) Темір ұнтағын алу мақсатында темір тотығын редукциялау [2].

Соңғы бағыт ерекше болып табылады, оған арнайы монографиялар арналған, сондықтан қарастырылмайды. Қалғанын олардың келешегі тұрғысынан қысқаша талқылаған жөн.

1.2 Домнада балқытуда болашақта пайдалану үшін бір бөлігі металданған темір кені материалдарын алу

Домна пешінде металданған темір кені материалдарын (негізінен жентектерді, сирек агломерат пен кен) балқыту идеясы негізінен бір айқын ойды қамтиды: тікелей редукциялауға кететін көміртегі мөлшерін төмендету есебінен редукционер-көміртегі шығынын төмендету, және осының салдарынан берілген процестің жылу шығынын азайту. Балқытудың жылу қажеттілігін қанағаттандырудан басқа (бұл жағдайда кокс көміртегі-жылутасымалдағыш көзі болып табылатындығын айтады), кокс өзге жауапты роль орындайды – шойын қалыптасуында қатысады, яғни қиын редукцияланатын (редукционер-газбен айтарлықтай редукцияланбайтын) кремний, марганец, сонымен қатар темір тотықтарын редукциялайды (бұл жағдайда көміртегі редукционер жөнінде айтады). Алайда темір газбен де редукциялануы мүмкін, жоғары температуралар зонасында темір газбен металға дейін толық редукцияланбағандықтан, ал бір бөлігі тотықтар (негізінен FeO) түрінде қалатындықтан ғана тікелей темір редукциясына ($900\text{—}1000^\circ\text{C}$ жоғары температурада ғана өзін белсенді көрсетеді) қатысты болады. Заманауи балқыту шарттарында (коксның салыстырмалы төмен шығыны, демек кокс көміртегісінің жану өнімі – редукционер-газдың салыстырмалы аз мөлшері) мұндай тұжырымдама заңды болып көрінеді, және оған дәлел $800\text{—}1000^\circ\text{C}$ температуралар зонасында FeO тотығына қатысты газдың тепе-теңдік құрамына жақындығы болып табылады.

Нәтижесінде негізінен сутегі есебінен редукционер газ мөлшері күрт ұлғаятын табиғи газдың (сонымен қатар мазут пен өзге қоспалардың) пайдаланылуы, темірдің тікелей редукциялану дәрежесін r_d айқын төмендетеді. Пешке үрленетін табиғи газ мөлшерін және тікелей редукциялану дәрежесінің өзгерісін байланыстыратын бірнеше формулалар ұсынылды. Барлық формулалар не тәжірибелік деректерді өңдеуге негізделген, не теориялық алғышарттардың кейбір жіберілген қателіктермен тұрғызылған. Алайда, үрлеуде $20\text{—}35\%$ және шихта материалдарында кездесетін темір мөлшерінен жоғары табиғи газ үлесімен жұмыс істейтін заманауи домна пештерінде де қатты көміртегі пайдаланылуымен тікелей жолмен редукцияланады. Табиғи газ үлесінің өсуі есебінен r_d ары қарай төмендеуінің қоры айтарлықтай жойылған, себебі берілген өсу балқытудың газодинамикалық және жылулық режимдерінің күрт бұзылуына байланысты.

Темірді тікелей редукциялау дәрежесінің ары төмендеуінің дербес ірі қоры пешке алдын-ала металданған материалдарды беру болып табылады. 60-шы жылдары кейбір зерттеу мекемелерінде (ЦНИИЧМ, Ленинград политехникалық институты, Мәскеу болат және қорытпалар институты КСРО-да, ИРСИД [3] Францияда және т.б.) металданған материалдарды балқыту тиімділігін анықтау бойынша есептеулер жүргізілді. Ықшамдалған есептеу мысалында оның мәнін көрсетеміз (есептеу 1 т шойынға жүргізіледі).

Есептеудің бастапқы деректері (пештен шаң шығуын ескермейіз), шойын

құрамы: 4% [C]; 1% [Mn]; 1% [Si]; 0,1% [P]; бастапқы кокс шығыны 500 кг/т; кокста көміртегі мөлшері 85%; кокста күл мөлшері 10%; шлак негізділігі $\text{CaO}:\text{SiO}_2 = 1,2$. Фурмаларда жағылатын көміртегі, Сф мен тікелей редукциялау көміртегісі, C_d арасындағы қатынас 3:1 құрайды. Көміртегі шығыны $500 \times 0,85 = 425$ кг/т. Газға өтетін көміртегі мөлшері, яғни шойынға өтетін көміртегі мөлшерін шегергенде, $425 - 40 = 385$ кг/т. Тікелей редукциялауға шығындалатын көміртегі мөлшері, $385 \times 0,25 = 96$ кг/т, осы көміртегі көлемінен қиын редукцияланатын (Mn, Si, P) тотықтар редукциясына шығындалатын көміртегі $\{ [\text{Mn}] \times 12/55 + [\text{Si}] \times 24/28 + [\text{P}] - 60/62 \} \times 10 = (0,218 + 0,857 + 0,1) \times 10 = 11,75$ кг 12 кг/т. Демек, тікелей темір редукциясына $96 - 12 = 84$ кг/т шығындалады.

$\Pi_{\text{мет}} = 40\%$ домна шихтасын металдандыру дәрежесінде және тікелей темір редукциясына жұмсалатын көміртегі шығынының төмендеуі шихтаның металдану дәрежесіне пропорционал болатынын болжай отырып (аз ғана ықтимал қателігімен), көміртегі шығынының $84 - 0,4 = 33,6$ кг/с төмендеуін аламыз. Осының есебінен кокс үнемделуі $33,6 : 425 - 100 = 7,9\%$ құрайды.

Оған қоса, темір тотығының көміртегімен редукциялау реакциясының эндотермиялық эффектісі есебінен жылу үнемделуі орын алады (шартты түрде еркін темір тотығының редукциясын аламыз) [4]:



Көміртегі шығыны 33,6 кг төмендегенде жылу үнемделуі $12,72 - 33,6 - 0,001 = 428$ кДж/кг шойынға құрайды. Әдетте домнада балқытудың жылулық балансы (процестің нақты жылу шығынының ескерілуімен есептелген) 5,5-6,7 МДж/кг аралығында ауытқиды. Жылу шығынын 6,3 МДж/кг деп қабылдай отырып, $428 : 6300 \times 100 = 6,8\%$ жылу үнемділігін аламыз.

Кокс үнемдеудің тағы бір себебі бар – кокспен күл түсуін төмендету есебінен шлак шығуын азайту. Кокстың қосынды үнемділігі әзірше белгісіз. Үнемділіктің шамамен 15% мәнін бере отырып, күл мөлшерінің төмендеуін аламыз $500 - 0,15 - 0,1 = 7,5$ кг/т. Оған қоса, осы күл мөлшерін шлактауға флюс енгізу қажет емес: $7,5 - 1,2 = 9$ кг. Шлак мөлшерінің 16,5 кг жалпы төмендеуін аламыз. Деректер бойынша әрбір 1 кг шлакқа 0,2 кг кокс жұмсау қажет. Демек, шлак мөлшерін төмендету есебінен кокс үнемделуі $16,5 \times 0,2 = 3,3$ кг кокс, немесе $3,3 : 500 - 100 = 0,7\%$ құрайды. Сонымен, кокстың қосынды үнемділігі $7,9 + 6,8 + 0,7 = 15,4\%$ құрайды, немесе әрбір 10% шихта металдануына 3,85% кокс.

Келтірілген есептеу әрине жуық болып табылады және тек ізделінді шама ретінде алуға мүмкіндік береді, жұмыстарында орындалған есептеулер А. Н. Рамманың кешенді әдісі [5] бойынша жүргізілді, алайда аса нақты нәтижелерді бере алған жоқ, себебі бастапқы деректер ретінде белгісіз көрсеткіштер, ең бастысы тікелей емес редукциялау дәрежесі R_i , химиялық газ энергиясы мен жылу жоғалымдарын пайдалану дәрежесі қабылданды. Сондықтан көрсетілген есептеулер, біз келтірген нәтижелермен шамалас болды.

КСРО, АҚШ, Канада, Жапонияда жүргізілген сынақты балқытулар

көрсетуі бойынша, 0— 50% аралығында шихтаның әрбір 10% металдануында әртүрлі шарттарда өнімділіктің жоғарылауы 4—7% құрайды, ал кокс шығынының төмендеуі 5—7%. Домна пештерінде металлургиялық шикізатты пайдалану тиімділігі негізінен оларды тиімді өндіру тәсілінің ізденісімен байланысты. Келтірілген нәтижелерден екі қорытынды шығаруға болады: 1) көптеген жағдайда кокстың болжанған үнемділігі, тәжірибеде қол жеткізгеннен төмен болды; 2) металдану дәрежесінің ұлғаюымен (әсіресе 30—50 % жоғары) кокстың «меншікті» үнемділігі (яғни 10% шихта металдануына қатысты үнемділігі) монотонды төмендеді. Екінші жағдайда кокс үнемділігін есептеудің қабылданған құрылымы тұрғысынан түсіндіру мүмкін емес, себебі ертеректе қол жеткізген шихтаның металдану дәрежесіне тәуелсіз металдың жаңа мөлшерлемесінің салдары, тікелей редуциялау дәрежесінің ары қарай төмендеуі есебінен, бұрынғыдай көміртегі мен жылу үнемділігіне ие болу керек.

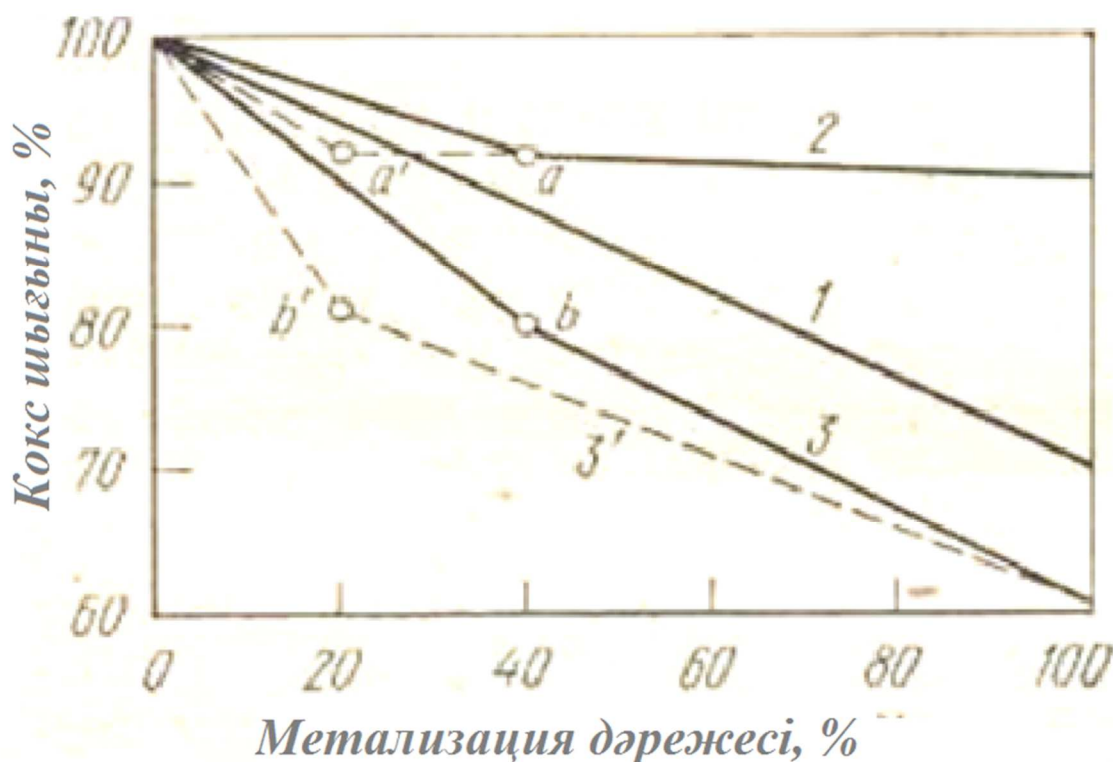
Окерман – Павлов қағидасын пайдалану кезінде, металдану дәрежесінің өсуімен кокстың «меншікті» үнемділігі төмендемейді, керісінше ұлғаяды, себебі балқытудың жетілдірілуінде және процестің жылу ПӘК ұлғаюында жылудың ауқымды көлемі үнемделеді [6].

Қазіргі уақытқа дейін, шихтаның металдану дәрежесінің өсуімен домна пешінде меншікті кокс үнемделуінің төмендеуін түсіндіру мүмкін емес. Домна пешінде металданған шикізатты балқытумен қатар жүретін өзге факторларды ескеретін болсақ, ол түсінікті болады. Осы мәселені егжей тегжейлі қарастырамыз.

Шикізаттың металдануы шихтаның «суық» (яғни сақтау және тасымалдау кезінде) және әсіресе «ыстық» (яғни редуциялау-жылулық өңдеу кезінде) беріктігінің негізделген өсуіне әкеледі. Редуциялау кезінде темір кені материалдарының негізгі ыдырауы гематит – магнетит фазалық өтуіне сәйкес келеді. Сирек ыдырау FeO металға дейін редуциясында жүреді. Металл темір түзілуі темір кені шихтасының ыдырауын айқын төмендетеді, пеште майданың түзілуін күрт төмендетеді және осылайша пеш өнімділігінің айқын өсуіне әсер етеді. Өнімділіктің ұлғаюы балқытудың әртүрлі шарттары үшін, пештен шығарылған ұсақ фракцияның әрбір пайызына 0,5 - 1,0% аралығында ауытқиды. Шихтада металданған материалдарды пайдалану кезінде, өнімділіктің өсу тиімділігі шихтада майдалар мөлшерінің төмендеуіне тәуелді және алдын ала бағалауға қиын беріледі. Металданған материалдар беріктілігі тек металдану дәрежесіне ғана емес, оған қоса оларды өндіру технологиясына тәуелді, бұл жөнінде ары қарай талқылаймыз. Өнімділіктің өсуі өзге факторлармен де шартталуы мүмкін. Металданған материалдарды балқыту кезінде газ және шихта арасында жылу алмасу, демек шихтаның қыздырылуы жақсарады және қарқындылайды. Материалдардың сеппелі массасының мүмкін болатын өзгерісі және ары қарай коксқа кен жүктемесінің өзгерісі жөнінде айта кету керек. Шихтаны алдын ала металдандыру технологиясына, редуционер түріне және қол жеткізілетін металдану дәрежесіне байланысты металданған материал бөлшектерінің тығыздығы ұлғаюы, азаюы немесе өзгермеуі мүмкін. II

тарауда бұл мәселе егжей тегжейлі қарастырылатын болады. Қазір тек айта кету керек, темір кені материалдарын газбен редукциялау кезінде, металдану дәрежесі жоғары болған сайын, олардың тығыздығы жоғары болады. Қатты көміртегімен редукциялау кезінде бұл қарқын сақталады, алайда тығыздықтың абсолют шамасы, әдетте, төмен және тотыққан темір кені материалдарымен салыстырғанда аз болуы мүмкін. Қорытындылай келе, жалпы айтқанда, металданған агломератпен салыстырғанда, металданған жентектердің тығыздығы біршама жоғары және сеппелі массасы ауқымды болады, осы тұрғыдан, металданған агломератқа қарағанда, өнімділікке ауқымды әсер етеді.

Кейде домнада балқыту көрсеткіштеріне әсер ететін өзіндік фактор ретінде, металданған материалдар мен металлқоспалар балқуына әсерін теңестіре отырып, шихтада темір мөлшерінің өсуін қабылдайды. Бұл тәсілдеме қате, себебі металданған материалдармен салыстырғанда металл қоспалар айтарлықтай шлак түзуші элементтерді енгізбейді, ал металданған материал құрамында темір мен бос жыныс мөлшері жоғары болады.



1 Сурет - Шихтаны металдандыру дәрежесінің домна пешінде кокс шығынына әсері

Айта кету керек, домна пешінде өнімділіктің жоғарылауына шихтада майдалардың күрт төмендеуі мен коксты үнемдеу есебінен кен жүктемесінің ұлғаюы әсер етеді.

Қорытындылай келе, алынатын кокс үнемділігінің шамасына шихта материалдарының ыстық беріктілік өсуінің аса маңызды үлесі жөнінде талқылаулардың дұрыстығы, Петровский атындағы зауытта Мәскеу болат және

қорытпалар институтының қызметкерлерімен жүргізілген темір-фюстит пісірінділерін балқытумен дәлелденді [7]. Ашық ауада металданған жентектерді ұзақ уақыт сақтау салдарынан олардың металдану дәрежесі 20-дан 1-2% дейін төмендеді. Алайда, ЮГОК агломератын темір-вюстит пісірінділерімен алмастыру кезінде, соңғылардың аса жоғары ыстық беріктілігінің есебінен 7% кокс үнемділігі алынды.

1.3 Болат балқыту пештерінде балқыту үшін металданған материалдар алу

Соңғы онжылдықта бұл бағыт өнеркәсіптік масштабта жеткілікті кеңінен жүзеге асырылды және жиі ол тікелей темір алу ретінде айқындалады. Оның тартымдылығы, металлургияның дамуына кемінде төрт фактордың біруақытта әсерімен туындаған.

а) Дүниежүзілік кокстелетін көмір қорының күрт қысқаруы. Дербес аймақтар кокстелетін көмір кенорындарынан айтарлықтай толық айрылған, тіпті осы отынның жеткілікті ірі қорына ие мемлекеттер ЧП1, Ч қорының азаюына байланысты алаңдауда. Домнада балқытуда коксты өзге отын түрімен толығымен алмастыру мүмкін емес, сондықтан домнадан тыс металл алуды қамтитын процесс қызығушылық тудырады. Металл алудың «металданған материалдар – болат» жаңа сұлбасы тас көмір кокстың қолданылуынсыз жүруге мүмкіндік береді.

б) Болат сапасына қойылатын талаптардың ауқымды жоғарылауы. Өнеркәсіптік тәжірибенің сенімді көрсетуі бойынша металданған материалдардың пайдаланылуымен балқытылған болат үздік қасиеттерге ие болады. Берілген феноменге толық түсініктемелер әзірге жоқ. Негізгі себебі, сынықтарға қарағанда металданған материалдарда қажетсіз қоспалар, әсіресе түсті металдар қоспалары айтарлықтай жоқ. Бұл тұрғыдан, металданған материалдардың ертеректе металлургиялық қайта балқыту сатысынан өтпегендігіне көңіл бөле отырып, металданған материалдардың «бірінші текті қасиеттері» немесе «бірінші текті шихта» жөнінде айтады,

Бұл тұрғыдан, қоса айта кету керек, металданған материалдар құрамында металда еріген газдар мен металл емес қосындылар айтарлықтай кездеспейді.

с) Дамып келе жатқан мемлекеттерден металлургияның қалыптасуы, өндіріс бағдарламасы мен металл сұрыптамасын жеткілікті оңай өзгерту мүмкіндігіне ие болатын, рентабельді қуаты төмен зауыттардың құрылу қажеттілігін тудырды. Оған қоса, дәстүрлі сұлбаға тән агрегаттар, жалпы жағдайда ірі болған сайын, үнемдірек болады. Металлургиялық өндірістің жаңа сұлбасы өнімділігі 0,1-1 млн т болатын тиімді «шағын зауыттардың» құрылу мәселесін шешуге мүмкіндік берді. Дербес жағдайда мұндай зауыттарды тек шағын емес, оған қоса ірі өнеркәсіптік мемлекеттерде салу орынды.

д). Ауқымды экологиялық артықшылықтар. Дәстүрлі сұлбамен

салыстырғанда, жаңа нұсқада қоршаған ортаның толық қауіпсіздігіне кепіл береді.

Болат балқыту пештерінде балқыту үшін, металданған материалдардың металдану дәрежесі кемінде 80%, яғни редукциялану дәрежесі жеткілікті жоғары болу керек. Бұл жағдайда металдану тиімділігі редукциялау әдісіне және қолданылатын агрегатқа қатты тәуелді болады. Кең өнеркәсіптік зерттеулер осы уақытқа дейін үш типті агрегаттарда жүргізілді: а) үздіксіз және мерзімді (реторта) әрекеттегі шахталы қондырғылар, б) қайнау қабаты аппараттары; в) құбырлы айналмалы пештер және конвейер машинасы-құбырлы пеш типті комбинирленген қондырғылар. Алғашқы екі әдіс үшін редукционер ретінде газ – табиғи газ немесе сұйық отын конверциясының өнімі немесе қатты отынды газдандыру өнімін қолданады. Соңғы тәсіл үшін қатты және газ тәрізді редукционердің біріккен қолданылуы тән. Осы уақытқа дейін құбырлы пештер кеңінен таралымға ие болған жоқ. Қазіргі уақытта металданған материалдардың негізгі көлемін шахталы типті пештерде өндіреді. Осы агрегаттарда металл алудың әртүрлі тәсілдерінің (Midrex, Purofer, Armco және т.б.) ауқымды санының принципиалды айырмашылығы жоқ (мерзімді әрекетті реторталарда кеуекті темір алу тәсілінен басқа). Процестің жалпы заңдылығы келесідей:

1) Редукциялау қатты фазалы облыста жүргізіледі. Процестің сұйық өнімдері жоқ. Демек, бос жыныс металдан бөлінбейді, және алынған барлық материалды болат балқыту агрегатына жібереді. Болат балқыту процесінің үнемділік шарттарынан (минималды шлак мөлшері) бастапқы темір кені шикізатында бос жыныс мөлшеріне қатаң талаптар қойылады – оның металданған материалда мөлшері 5% артық болмау керек, демек, бастапқы тотыққан материалда 3% кем болу керек. Бастапқы темір кені концентратында, мысалы магнетитте темір мөлшері кемінде $(100-3) \cdot 0,724 = 70\%$ болу қажеттігін анықтау қиын емес, мұндағы 0,724 – магнетитте темір мөлшері.

Осылайша, талқыланып отырған процестің жүзеге асырылуының алғашқы шарты, құрамында кемінде 69 -70% темір болатын концентрат алуға мүмкіндік беретін жеңіл байытылатын темір кені материалының кездесуі болып табылады.

2) Қатты фазалы облыста редукциялау кезінде зиянды қоспалар (P, S, As, Si және т.б.) жойылуы айтарлықтай жүрмейді. Энергияның ауқымды артық шығынынсыз электрпешінде сапалы болат алу үшін осы қоспалардың бастапқы төмен мөлшері талап етіледі. Сондықтан металданған материалдан болат алу процесін жүргізудің екінші шарты бастапқы теміркені шикізатында зиянды қоспалардың төмен мөлшері (0,01-0,02% артық емес) болып табылады.

3) Шахталы пеште темір кенін редукциялау өнімі (редукциялау үшін шикізат ретінде негізінен теміркенді жентектер пайдаланылады) өзінің ерекше сыртқы түрі үшін аталған, аталмыш кеуекті темір болып табылады. Жаңа редукцияланған металды темір, шахталы пеште процесс жүрісіне теріс әсерін тигізетін (басты түрде, пеште материал қозғаласы қиындайды, оның жылулық және редукциялық өңделуінің біркелкілігі бұзылады), шоқтарды және конгломераттарды түзе отырып, белсенді пісіріледі. Температура жоғарылаған

сайын металл пісу қарқындылығы ұлғаятындықтан, процестің максималды температурасы әдетте 750-900° С жоғары болмау қажет. Егер процесс температурасы төмен болса, онда редуциялау жылдамдығы азаяды және техника-экономикалық көрсеткіштер нашарлайды.

4) Шахталы пештерде редуционер газдың келтірілуі периферия қабатына жүзеге асырылады. Шахталы пештің көлденең өлшемі жоғары болған сайын, қабат қимасы бойынша газдың біркелкі таралуына, демек қабаттың біркелкі жылулық және редуциялық өңделуіне қол жеткізу қиындай түседі. Пештің белгіленген қимасында бұл мүлдем мүмкін емес болады. Сондықтан шахталы пештер өнімділігі шекті болады, ол 400-600 мың т/жылына құрайды.

5) Жаңа редуцияланған кеуекті темір қышқылы және дақыл жоғары қабілеттілігіне ие, мұнда редуциялау температурасы төмен болған сайын, берілген қасиеттер жоғары дәрежеде байқалады. Сондықтан металданған жентектер өндірісінде қышқылдану және өздігінен тұтануды басу үшін қажетті арнайы шаралар қолдану қажет.

Осылайша, металданған жентектерден болат алу процесі белгілі бір шарттар орындалған кезде ғана жүзеге асырылуы мүмкін:

Жеңіл байытылатын және зиянды қоспалар кездеспейтін темір кені материалдарының болуы;

Қымбат емес редуционер-газ көзі;

Арзан электр қуаты;

Шағын зауыттар құрылысының орындылығы.

Берілген шарттар барлық облыстар мен аудандарға сәйкес келмейді. Осы уақытқа дейін металданған жентектерден болат алу экономикасы толық зерделенбеген. Сөзсіз, берілген процесс сапалы болат өндірісінде экономикалық орынды. Қатардағы болат алу тиімділігі берілген мемлекет немесе ауданның нақты шарттарына байланысты [8].

1.4 Металданған шикізат өндірісінің заманауи әдістері

Домнадан тыс жолмен теміркені материалдарын металдандырудың әртүрлі тәсілдерін сипаттайтын жүздеген ұсыныстар мен патенттер бар. Алайда, олардың аздаған саны ғана өнеркәсіптік және сынақты-өнеркәсіптік тексерістен өтті, жұмыстарында негізгі тәсілдің толық сипаттамасы берілген. Бұл тарауда металданған өнім өндірісінің күйіне жалпы баға беріледі.

Металдандырудың әртүрлі тәсілдерін терең және жан жақты талдау қажеттілігі аса сипатты белгілері бойынша олардың белгілі бір жіктелуін болжайды. Әртүрлі тәсілдер келесі жіктемемен жеткілікті толық көрсетілуі мүмкін:

- Технологиялық сұлбалардың физика-химиялық негіздері бойынша;
- Қолданылатын агрегаттар бойынша;
- Пайдаланылатын энергия түрі бойынша;
- Шикі материалдарды дайындау тәсілдері бойынша;

- Алынатын өнім күйі бойынша;
- Өнім мақсаты бойынша;
- Редукционер түрі бойынша;
- Қолданылуы масштабы бойынша.

Шет ел өнеркәсібінде тікелей редукциялаудың әртүрлі процестерін қолдану масштабы (1979 ж 1 қаңтарына сәйкес)

Кесте деректерінің талдауы (аудандар бойынша) темір металлургиясының домнадан тыс процестер дамуының мемлекеттердің отын-шикізат шарттарына, экономика-географиялық аудандарына және өнеркәсіптік потенциалына негізделген тәуелділігін көрсетеді. Кокстелетін көмір қоры шектеулі және өнеркәсіптік потенциалы салыстырмалы төмен аудандарда (Латын Америкасы, Африка және Таяу Шығыс) тікелей редукциялау қондырғыларының қуаты 1977 ж дүниежүзінің 48,6% құрады, ал ары қарай дамуында осы аудандардың металданған өнім өндірісінің дүниежүзілік өсуінде үлесі 1980 және 1985 жж. сәйкесінше 50,2 және 55,2% құрауы қажет. Мұндай жағдай бірінші жағдайда болат өндірісінің классикалық сұлбасының (домна – конвертер) дамуының мүмкінсіздігімен (кокстелетін көмір тапшылығынан және қымбат болуынан) және екіншісінде орынсыздығымен (металл өнімнің ауқымды мөлшерде қажеттілігінің жоқтығынан) түсіндіріледі. Берілген шарттарда болат өндірісінің кокссыз сұлбасы аса тиімді және демек, аса ыңғайлы болып табылады.

Өнеркәсібі дамыған мемлекеттерде (КСРО, АҚШ, ФРГ, Жапония, Қытай) тікелей редукциялау процестерінің дамуы, ең алдымен жоғары сапалы болатқа сұраныстың ұлғаюымен түсіндіріледі, олардың балқытылуы кепілденген тазалықпен скрапты талап етеді. Мұндай скрап, нәтижесінде қажетсіз түсті және легірлеуші элементтер қоспалары жиналатын, бірнеше рет қайта балқыту салдарынан аса тапшы болуда.

Қолданылатын редукционер түріне тәуелді тікелей редукциялаудың дамуын талдай отырып, 1985 ж. дейін газды редукционердің пайдаланылуымен жүретін процестерге артықшылық бергенін байқауға болады. 1977 және 1985 жж. металданған өнімнің дүниежүзілік өндірісінде олардың үлесі сәйкесінше 60,1 және 84,4% құрады. Мұны, газбен редукциялауға негізделген процестердің үздік жасақталуымен және технологиялылығымен түсіндіруге болады. Оған қоса, көптеген дамып келе жатқан (Латын Америкасы, Таяу Шығыс), сонымен қатар бірқатар өнеркәсіптік дамыған (КСРО, Канада және т.б.) аудандарда табиғи газдың ауқымды қоры бар, олардың салыстырмалы арзан бағасы газды процестерді аса тиімді етеді.

(Midrex, Purofer и Armco) шихталы пештер болып келеді, мұнда конвертерленген табиғи газбен темір кенін үздіксіз редукциялау процесі жүзеге асырылады. Конвертерленген табиғи газдың пайдаланылуымен мерзімді әрекетті реторталарда Hу1 және қайнау қабаты реакторларында Fior қондырғылары жұмыс істейді. SL—RN және Krupp процестері редукционер ретінде тас көмірдің пайдаланылуымен айналмалы құбырлы пештерде жүзеге асырылады.

Редукционер ретінде табиғи газ пайдаланатын процестерден үздік

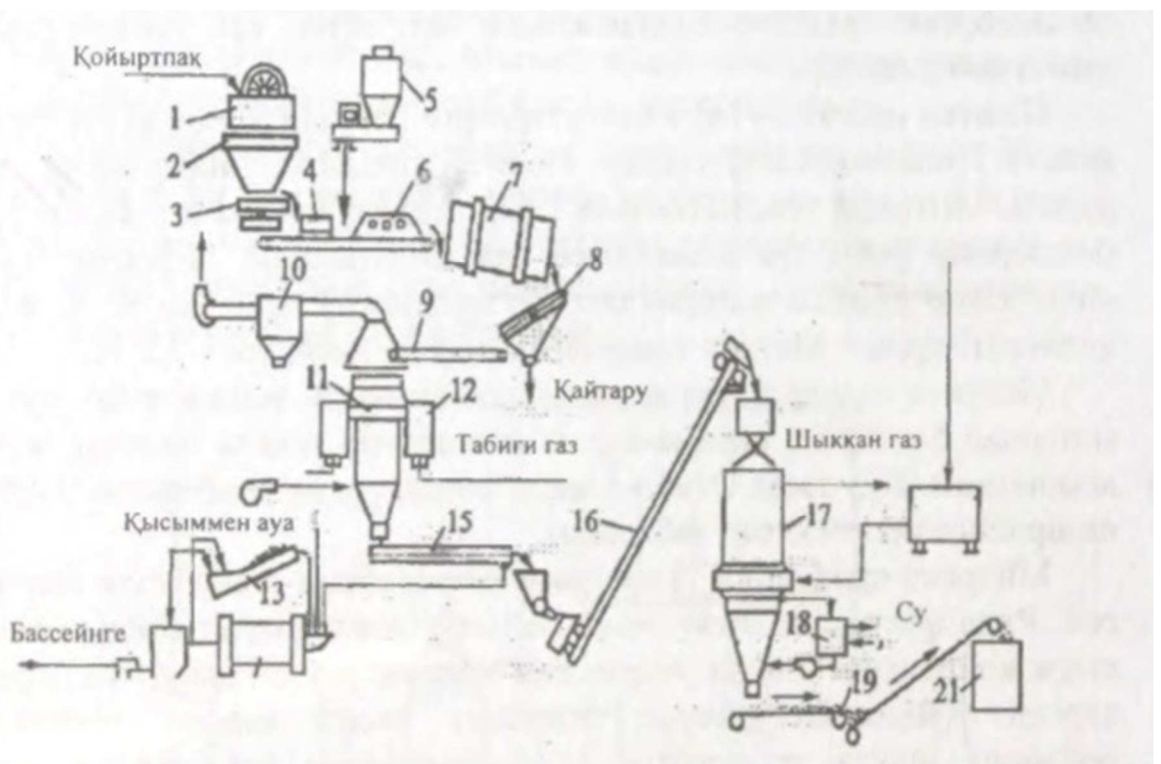
көрсеткіштерге Midrex және Hyl қондырғылары ие, ал қатты редуционер пайдаланатын процестерден – SL—RN1 қондырғысы. Бұл тікелей редукциялаудың дүниежүзілік тәжірибесінде олардың басымдылықпен дамуын айқындады. Қолдану масштабы бойынша 1980 ж. бірінші орынға Midrex процесі кірді, қондырғыларының қосынды қуаты жылына 13,0 млн т құрады және үшінші орында SL-Rn 2,35 млн. т/жылына (процесс Highveld Kiln является разновидностью SL-RN) [9].

1.5 Мидрекс процессі

Мидрекс – процесс газ-тотықсыздандырғыш және темір рудалы материал бір-біріне карама-қарсы қозғалатын шахта пешінде жүзеге асырылады. Бұл тәсіл Оскол электр металлургия комбинаты (ОЭМК) өндірісінің негізі болып табылады. Мидрекс процесінің технолаогиялық сұлбасы 2-суретте келтірілген. Руда ұсату, ұнтақтау және байыту сатыларынан өтеді, нәтежиесінде концентрат алады. Магниттік концентраттан жасалған тарелка бойынша шахта пештерінде 11°C беріктендіріп күйдірілетін шекем тастарды өндіреді. Күйдірілген шекем тастарды 425°C дейін салқындатылғаннан кейін ірілігіне қарай електе 15 жіктейді. Сұрыпталған және беріктендірілген шекем тастарды шахта пештеріне 17°C үстінен салады. Пешке газ-тотықсыздандырғыш беріледі, оны конверсия қондырғысында табиғи газды конверсиялау жолымен алады. Тотықсыздандыру 750 °C температурада жүргізіледі.

Тотықсыздандыру аймғынан металдандырылған шекем тастар салқындату аймағына түсіріледі, оған табиғи газбен қоспадағы мойындық газды береді. Пештен шығатын газдарды конверсияға келетін табиғи газға қосады. Мойындық газдың бір бөлігін табиғи газбен бірге конверсия қондырғысын қыздыру үшін жағады. Металдандыру дәрежесі 95 °C және мөлшері 0,7-1,0 пайыз көміртек бар металдандырылған өнімдер 50-65 °C температураға дейін айналатын инерттік газбен тоңазтқышта 18 салқындатылады, одан кейін шанапқа 21 тиеледі, онда инерттік атмосферада тұтынушыға жіберілгенге дейін сақталады.

Мерзімді жұмыс істейтін реторталарда тотықсыздандыру (Охалат және Ламин, Мадарас тәсілдері және т.б.) шарттары мынадай: материалдардың бұзылуы және қатқ түзілуі процестің газ динамикасына аз дәрежеде әсер етеді, бұл аса ұсақ рудаларды қолдануға мүмкіндік береді. Нәтежиесінде процесс жылдамдатылады, жылу режимін реттеу ықшамдалады, материалдары түсіру жеңілдетіледі [10].



1-табақшалы сүзгі; 2-аралық шанап; 3- тарелкалы қоректендіргіш; 4- таразы; 5-бентонит бар шнап; 6-араластырғыш; 7- барабанды кесектегіш; 8- шикі шекемтастарға арналған елек; 9-таспалы қоректендіргіш; 10-шаң тұтқыш; 11-шекем тастарды күйдіруге арналған пеш; 12-жану камерасы; 13-спиральді жіктеуіш; 14-шарлы диірмен; 15-күйдірілген шекем тастарға арналған елек; 16- скипті көтергіш; 17-металдандыруға арналған шахта пеші; 18-газ тоңазтқышы; 19- металдандырылған шекем тастар конвейері; 20- табиғи газ конверсиясына арналған қондырғы; 21-металдандырылған шекем тастар шнабы

2 Сурет - Мидрекс процесінің сұлбасы

2 Әдістемелік зерттеулер

Барлық газдандырылатын оттегінің металл қоспаларын қалпына келтіру есебінен:[11]

$$\Delta O_{\text{ш}} = \Delta O_{\text{Fe}} + \Delta O_{\text{пр}} , \text{ кг/кг шихта} , \quad (2.1)$$

Қалпына келтіру күйдіру процесінде оттегіні газдандырумен қатар шихталар да жойылады. Олардың саны әдетте белгілі және қыздыру кезінде шығын түрінде шихта компоненттерінің химиялық құрамы бойынша беріледі.

Бұл жағдайда есептеу орташа шихтаның құрамы бойынша жүргізіледі, онда ұшатын L %құрайды. Сонда ұшқыштардың нақты саны құрайды:

$$g'_L = 10^2 \Delta L , \text{ кг/кг шихта} 0 , \quad (2.2)$$

Шихта компоненттеріндегі Ұшпа гидратты ылғал, карбонатты қосылыстардың көмірқышқыл газы түрінде болады. Көп гидраттардың ыдырауы 400-500° С аяғына дейін, карб карбонаттар – жоғары температурада – 700-900° с өтеді.

Көміртекті-қалпына келтіргіштің шығыны есептерді шешу әдістемесіне принципті көзқарасқа байланысты. Қатты көміртектің адсорбциялық-каталитикалық механизм бойынша қалпына келтіру реакциясына қатысуы тек қана реакциялар бойынша көміртегі оксидінің регенерациясы арқылы анықталады:



Нәтижесінде газ тәрізді өнім көміртегі оксиді ғана көрінеді.

Сонымен қатар, диссоциялы-адсорбциялық механизм бар, ол бойынша металл оксидтері бар қатты көміртектің тікелей әсерінің нәтижесі CO және CO₂ газ тәрізді фазасының бөлініп шығуы болып табылады. Газ компоненттерінің қатынасы процестің температурасына да байланысты. Тәжірибелік нәтижелер со және CO₂ түрінде газ тәрізді реакция өнімдерінің параллель түзілгенін растайды. Темір оксидтерінің, марганецтің, ванадийдің және никель оксидінің қалпына келтіру сатылары үшін қалпына келтіру температурасына байланысты реакция өнімдеріндегі CO₂ мен CO арақатынасы алынды.

Қатты көміртектің химиялық реагент ретінде оксидтерден металды қалпына келтіруге шығысы CO₂ және CO, түзілетін газ тәріздес өнімдер реакцияға байланысты. Әрбір сатыда газдандырылатын оттегінің саны оксидтерді қалпына келтіру CO₂ түзілуіне жұмсалады:

$$\gamma_{01} = 2\text{CO}_2 / (2\text{CO}_2 + \text{CO}) , \quad (2.6)$$

СО-ны түрлендіруге мынадай үлес жұмсалады:

$$\Gamma_{02} = 1 - \gamma_{01}, \quad (2.7)$$

Тиісті өрнектерді орналастырғаннан және түрлендіргеннен кейін:

$$\gamma_{02} = \text{CO} / (2\text{CO}_2 + \text{CO}) , \quad (2.8)$$

Көміртегінің жалпы шығыны айналуының әрбір сатысындағы оның шығынының сомасынан тұрады. Айналу сатысындағы γ_{01} және γ_{02} мәні өзгеретіндіктен, онда барлық газдандырылатын оттегі үшін олардың орташа өлшенген мәнін есептеуге болады. Ол үшін ең алдымен, жалпы ΔO_1 , ΔO_2 , ΔO жалпы санынан, яғни ΔO_1 , ΔO_2 , ΔO жалпы санынан $\Delta\text{O}_{\text{Fe}}^1$, т.е.

$$N_{\text{o,i}} = \Delta\text{O}_i / \Delta\text{O}_{\text{Fe}}, \quad (2.9)$$

Оттегінің CO_2 -ге айналу коэффициентінің орташа өлшенген мәні мынадай сомаға тең болады:

$$\gamma_{01} = \sum v_{\text{o,i}} \Delta(2\text{CO}_2 / 2\text{CO}_2 + \text{CO})_i , \quad (2.10)$$

мұнда i – газдандыру жүргізілетін металл оксидінің айналу сатысының реттік нөмірі ΔO_1 – оттегі саны. Дифференциалдық теңдеулер бойынша δo_i және γ_{01} коэффициенттері әр қалпына келтірілетін металл үшін бөлек, мысалы, марганецті төрт сатыда қалпына келтіру үшін анықталуы тиіс. Айналуының жеке алынған сатысында оттегінің саны CO_2 және тиісінше γ_{01} γ_{02} -ге газдандырылады. Процестің i сатысындағы көміртегінің шығысы теңдеумен сипатталады:

$$g'_{\text{c}} = (12/16) \sum \Delta\text{O}_i (0,5 \gamma_{01i} + \gamma_{02i}) = 0,75 \sum \Delta\text{O}_i (1 - 0,5 \gamma_{01i}) , \quad (2.11)$$

Барлық сатылардағы процесті аяқтауға көміртектің жиынтық шығысы мынадай формула бойынша анықталады:

$$g'_{\text{c}} = 0,75 \sum (\Delta\text{O}_i (1 - 0,5 \gamma_{01i})), \text{ гр/гр (или кг/кг) шихты}, \quad (2.12)$$

$$g'_{\text{g/y}} = g'_{\text{c}} / 10\text{C}^{-2}_{\text{y}}, \text{ гр/гр}, \quad (2.13)$$

100 гр концентратқа ағаш көмірін алу.

$$M_{\text{g/y}} = 100 \cdot g'_{\text{g/y}}, \text{ гр}, \quad (2.14)$$

1 Кесте - Газ құрамының өзгеруі, (%) температураға және айналу сатысына байланысты қатты көміртегімен кейбір металл оксидтерінің сатылы қалпына келуі кезінде

Оксидтерді арластыру сатысы	Температурада, °C							
	900		1000		1100		1200	
	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO
Fe ₂ O ₃ →Fe ₃ O ₄	70	30	85	15	95	5	100	0
Fe ₃ O ₄ →Fe	45	55	50	50	55	45	60	40
FeO→Fe	18	82	22	78	25	75	30	70
MnO ₂ →Mn ₂ O ₃	80	20	95	5	100	0	100	0
Mn ₂ O ₃ →Mn ₃ O ₄	60	40	70	30	80	20	90	10
Mn ₃ O ₄ →MnO	30	70	35	65	40	60	45	55
MnO→Mn	-	-	-	-	8	92	10	90

3 Тәжірибелік зерттеулер

Дайындалған зертханалық кешен мен жабдықтар темір кені шикізаты мен технологиялық процесті сынақтан өткізу үшін қолданылды. Бастапқы шикізат ретінде Оңтүстік Қазақстан кен орнының бірінің гидрогеит темір рудасы қабылданды. Шикізатты дайындау реті бойынша жүзеге асырылды – ұсақтау, сұрыптау, магнитті сепарация, концентрат алу, сапасын анықтау.

Абай темір кенінің кен орны негізінен сидериттердің аз қоспасы бар гидрогеит және гетит жыныстарымен ұсынылған. Пайдалы металдың құрамы – кен орнының массасы бойынша оксидтер түріндегі темір өте үлкен шектерде ауытқиды, бірақ орташа алғанда 49% Fe құрайды. Бұл Кенді металлургиялық мақсатта пайдалану үшін, әрине, ең алдымен, оны дайындау, байыту және темірдің жоғары құрамы бар темір кен концентратын алу қажет.

Абаил кен орнының бастапқы кені әдетте темір кендері үшін қабылданған магнитті сепарациямен бірден байытылуы мүмкін емес, себебі гетитова кенде магнитті қасиеттерге ие емес. Кен концентратын өндіру үшін, тиісті дайындықтан кейін магнетизациялайтын күйдіруге ұшырауы тиіс. Бастапқы кен тығыз және ірі кесекті гидратты ылғал көп болғандықтан, ол біртіндеп ұсақтауға, сұрыптауға және ұсақтауға ұшырауы тиіс. Дайындалған кенді күйдіру міндеті гидратты ылғалды, Ұшпа ылғалды алып тастау және темір оксидтерін магнитті күйге айналдыру болып табылады. Темір кендерін магнетизациялайтын күйдірудің жұмыс тәжірибесі Урал (Ресей) металлургиялық зауыттарында бар, онда Бакал темір кені кен орнының сидеритті кендерін күйдіреді.

Кенді магнетизациялайтын күйдіру 900-1000 °C температурада шахталық пештерде жүзеге асырылады. Отынды жағу сияқты маңызды. Магнитті күйдіру үшін шихтаға жылу беру қажет емес, сонымен қатар белгілі атмосфера, яғни газдың құрамы. Жылу гидраттар мен карбонаттардың ыдырауына, ыдырау өнімдерін газ фазасына ауыстыруға жұмсалады. Бұдан басқа, газды жағу кезінде пайда болатын құрам Нашар қалпына келтіру атмосферасына сәйкес келуі тиіс. Газ атмосферасы CO_2 -CO және H_2O - H_2 компоненттерінің қатынасымен анықталады. Кез келген отынды (көмір, табиғи газ және мазутты) толық жағу кезінде газ тәрізді өнім тек CO_2 және H_2O газдарынан тұрады, жылу энергиясының үлкен мөлшері бөлінеді. Егер толық жануды артық ауасыз жүзеге асырса, онда бөлінетін жылу мөлшері газдың қызуына жұмсалады – жану өнімі және оның температурасы 2000°C-тан жоғары болады. Тек жоғары температура магнитті емес оксидтерді магнитке көшіруді қамтамасыз етпейді. Ол үшін CO және H_2 қалпына келтіру газдарының кейбір Саны қажет. Тек осы газдар гематитпен өзара әрекеттесуі мүмкін. Гематиттің үш молекуласында оттегінің бір атомын алып, олар гематитті магнетитке аударады. Осы реакцияларды іске асыру үшін соманың қатынасы $(\text{CO}+\text{H}_2)/(\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O})$ кемінде 30% немесе 0,3 болуы тиіс. Бұл ретте шихтаның қабатындағы температураны 900-950°C деңгейінде реттеу қажет.

Күйдіру үшін 0-5 мм фракциясын пайдаланды. Талдау үшін материал сынамасын алды. Бастапқы кеннің үлгісі фр. 0-5 мм 3 -суретте көрсетілген және сары түсті дисперсиялық сусымалы материал болды. Материалдың екі сынамасын химиялық талдау 2-кестеде көрсетілген.



3 Сурет – 0-5 мм фракцияға дейін ұсақтаудан және ұсақтаудан кейін бастапқы темір кені

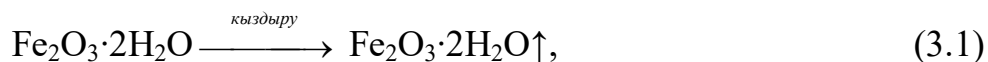
2 Кесте - Материалдың екі сынамасын химиялық талдау

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

Сонымен қатар осы үймеден алынған материалдардың сынамалары минералогиялық құрамға зерттелген. ДРОН-3 аппаратындағы рентгенофазалық талдау кен негізінен гематит негізіндегі темір гидроксидтерінен тұрады, яғни минерал Fe₂O₃·2H₂O тұрады, гидрогетит болып табылады. Кен минералдары құрамында сидеритінің Fe₃(CO₃)₂ – 3FeO·SCO₃ аз мөлшері анықталды.

Гетит кенінің магниттік қасиеттері жоқ, сондықтан магниттік сепарация арқылы байытылуы мүмкін емес.

Алдын ала есептермен гидраттар мен карбонаттарды ыдыратуға және гематитті магниттік күйге түрлендіруге арналған жылу шығындары анықталды. Күйдіру кезінде процесс дәйекті өтеді



Процестерді жүзеге асыру үшін зертханалық қондырғы – тік құбырлы электр пеші, газ құбырлары мен бұрулары бар зертханалық герметикалық ұяшық дайындалды. Герметикалық ұяшық көлемі 2,0 кг кенді кварцты түтікше жасалды. Массасы 2 кг болатын 0-5 мм фракцияның бастапқы кенінен құрамында көміртекті компоненттер қосылған күйдіру үшін шихта дайындалды. Дайындалған шихтаны зертханалық ұяшыққа салып, одан әрі тік түтікті пешке енгізген. Тиісті герметизациядан кейін ұяшық өлшеу аппаратурасымен және бұру шлангілерімен жалғанған. Зертханалық қондырғы 4-суретте көрсетілген.

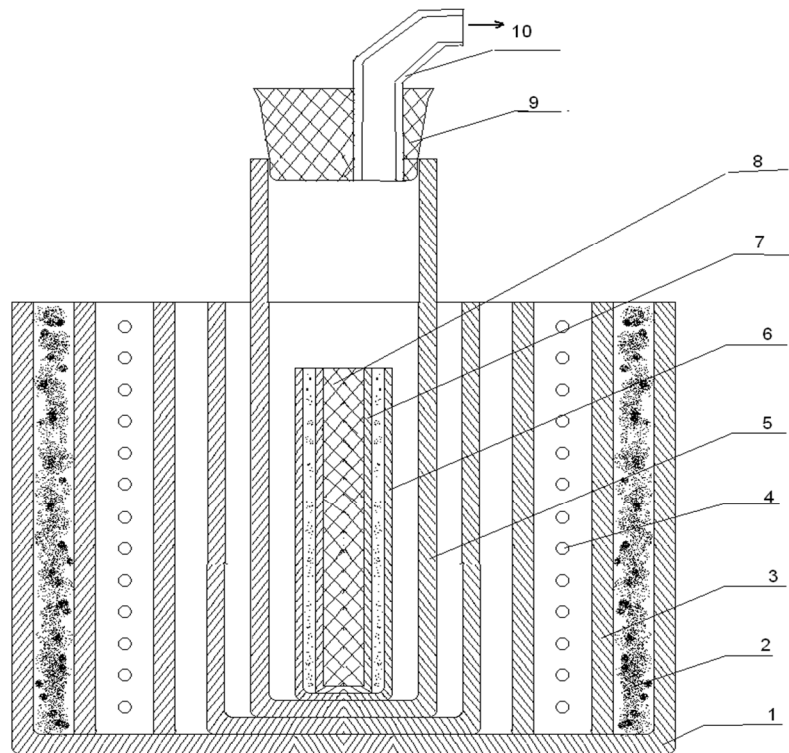
450 °С температураға жеткен кезде газдың бөлінуі байқалды, одан әрі температураның жоғарылауымен газдың бөліну қарқындылығы күшейе түсті. Күйдіру температурасы 850-900 °С деңгейінде орнатылған. температураның берілген деңгейіне жеткеннен кейін жүйені газдың бөлінуін тоқтатқанға дейін уақыт бойы ұстап тұрды, бұл минералдарды түрлендіру процесінің аяқталғанын көрсетті. Жүйенің тұрақты температурада ұсталу ұзақтығы ұяшыққа жүктелген шихтаның салмағына байланысты 20-30 мин шамасында қолдау тапты. Ұяшықтағы материалдар герметикалық күйде атмосфералық температураға дейін салқындатылады және тек содан кейін ғана оларды ұяшықтан шығарып алады.

Ұяшықтан алынған кен материалы қара түсті болды және бірден өлшеуге ұшырады. Жүктелген кеннің массасының шығыны бастапқы кеннің 15,5-16,5% шегінде ауытқыды. Сары түстен қара түске өту гематиттің магнетитке өту реакциясымен ыдырау процестерінің аяқталуын білдіреді.

0-5 мм фракцияның күйдірілген және салқындатылған кен материалы бұдан әрі химиялық және минералды құрамдар мен физика-химиялық сипаттамалар зерттелді.

Мұндай фракциядағы кенді күйдіру айналмалы пеште немесе жұмыс тиімділігі айналмалы пештен едәуір асып түсетін арнайы әзірленген шахталық күйдіру пешінде жүзеге асырылуы мүмкін.

Жаңа шахталық пештің құрылымы 4-суретте қарастырылған.



1-қыздыру пешінің корпусы; 2 – жылу оқшаулағыш; 3 – қыздыру экраны; 4 – жылыту элементі; 5 – герметикалық ұяшық; 6 – отқа төзімді стакан; 7 – шихта; 8 – графитті атқыш; 9 – герметикалық тығын; 10-газ қайтарғыш.

4 Сурет - Тәжірибелік-эксперименттік модуль

1 шахталық пешке 2 жеткізуші шүмектер бойынша газ ағыны енгізіледі.

Пайда болатын айналмалы аймақтан 3 концентрат пен газдың қоспасы 4 тірекке келіп, жоғары пневмокөлікке түседі, 6 қорғаныш конусының бетіне соққы жасай отырып, жоғарғы қырынан шығып, алдымен төмен қарай бағытталады. Қатты бөлшектер үйіндінің бетіне түседі, ал газ жоғары көтеріліп, пештің кеңістігін газ шығарғыш арқылы тастап кетеді. Осылайша, концентрат бағанасының тығыз қабаты R айнарудың берілген дәрежесіне жеткенге дейін бірнеше рет (N рет) рециркуляциялайды.

Қажетті өңдеу дәрежесіне жеткен соң, материал өзінің сусымалы жағдайын сақтайды және тиісті клапанды ашумен 9 шығару келте құбыры арқылы шығарылады.

Өңдеу ұзақтығы концентрат пен газ арасындағы өзара әрекеттесу жылдамдығына байланысты өв, ол материал сипаты мен температураға байланысты эксперименталды түрде алдын ала анықталады. Өңдеудің (қалпына келтірудің) барынша қол жеткізілетін дәрежесі өлшемсіз шамаға ие, мысалы, $R=0,9-0,95$. Процесс жылдамдығы уақыт бірлігінде өңдеу (қалпына келтіру) дәрежесінің өзгеруін сипаттайды. Уақытты таңдау минут немесе сек болуы

мүмкін. Содан кейін процесс жылдамдығы мин-1 немесе сек-1 бірлігімен көрінеді. Бұл және тасымалдау тірегінің өлшемдерін ескере отырып, агрегаттың өнімділігін жоғарыда көрсетілген формуламен көрсетуге болады.

Тұрақтағы газ ағыны мен концентрат қоспасының қозғалыс жылдамдығы 3-5 м/с шектерімен шектеледі, жылдамдығы 3 м / с төмен концентрат қажетті мөлшерде тасымалданбауымен шектеледі, яғни қайнайтын қабат режиміне өтеді. 5 м/с жоғары жылдамдық концентраттың газ ағыны бар болу уақытының қысқаруымен және бір цикл үшін өңдеу дәрежесінің азаюымен шектеледі.

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

Концентрат және газ қоспасы ағынын пештің бос кеңістігіне төгінді деңгейінен шығару қиманың кенеттен ұлғаю нәтижесінде қатты бөлшектердің айналу жылдамдығының деңгейінен төмен ағынның жылдамдығын күрт беретіндігіне негізделген. Сондықтан қатты бөлшектер үйіндінің бетіне төмен түседі, ал газ ағыны газ бұрышына жоғары көтеріледі.

Шихта бағанасының тығыз қабатының биіктігі іс жүзінде тұрақты болып қала береді. Бірақ ол шеңбер айналымын жасай отырып, рециркуляциялардың тұрақты қозғалысында болады: шихта тығыз бағанасынан бағананың төменгі шетіне концентратты беру-тұрақтағы пневмокөлік-тіреудің жоғарғы шетінен шығару-тығыз қабаттың төгілу деңгейінің жаңаруы.

Күйдірілген және ұсақталған кендерден химиялық және минералогиялық құрамдарды жүргізу үшін материалдар сынамасы алынды. Алынған талдау нәтижелері -кестеде көрсетілген.

3 Кесте - Күйдірілген кеннің химиялық құрамы

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

Кесте мәліметтерінен көрініп тұрғандай, Fe_{жалпы} мен FeO құрамы 4-кестеде ұсынылған кеннің бастапқы құрамымен салыстырғанда айтарлықтай өсті. Бұл негізінен H₂O және CO₂ түріндегі ұшқыштарды жою есебінен болды. 8-кестеде тіркелген FeO концентрациясының жоғарылауы гематиттің диссоциациясы есебінен болды. Сондықтан FeO және Fe₂O₃ қоспасы магнетит қасиеттері бар магнетит болып табылады.



Fe₃O₄-тің пайда болуы 0,69 Fe₂O₃; 0,3 FeO жаппай үлес қосу есебінен болады. 1% FeO 2,3%Fe₂O₃ немесе 3,23%Fe₃O₄ келеді. жалпы алғанда күйдірілген Кендегі магнетиттің мөлшері 22-25% шамасында болды. Кен массасында оның біркелкі таралуы жағдайында өте жақсы магниттік

өткізгіштігі құрылады.

ДРОН-3 аппаратындағы рентгенофазды талдау гидраттар мен сидериттің жоқтығын көрсетті. Олардың орнына фонында магнетит пайда болды. Тұрақты магнитте ұнтақтарды апробациялау ұнтақ жақсы жабысқақтығын көрсетті. Осылайша магнетизациялық күйдіру нәтижесінде магниттік кен материал алынды. Реакция бойынша гидратты ылғалдың булануы бар гидрогеттиттің ыдырауы



осы жылу әсерін есепке ала отырып $\Delta i = 4600$ кДж/кг H_2O . 1 кг кенді магнетизациялайтын күйдіруге жылу шығыны құрайды.

$$Q_p = c_p \cdot t_p + \Delta i; \text{ кДж/кг руды}, \quad (3.7)$$

Бұнда, c_p – кеннің жылуы = 1,25 кДж/кг град;

күйдірудің температурасы = 900°C.

Маңызы бар қаланың тиісті шамаларды теңдеу аламыз.

$$Q_p = 1,25 \cdot 900 + 4600 = 1125 + 4600 = 5725 \text{ кДж/кг}, \quad (3.8)$$

Бұл жылу шығынын қамтамасыз ету үшін газ-жылу тасығыштың шығыны қажет

$$V_z = \frac{Q_p}{\eta_{mz} \cdot c_z \cdot t_z}, \text{ м}^3/\text{кг}, \quad (3.9)$$

мұнда η_{mz} - газ жылуын пайдалану коэффициенті = 0,7;
 c_z , t_z - жылу сыйымдылығы (кДж / м³•град) және газ температурасы (°C).

Шамалардың мәндерін шамамен ауыстыра отырып $\eta_{mz} = 0,7$; $c_z = 1$, және $t_z = 1050^\circ\text{C}$ шығады

$$V_z = \frac{5725}{0,7 \cdot 1 \cdot 1050} = \frac{5725}{1176} = 4,87 \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (3.10)$$

1 т кенге қайта есептегенде газ шығыны 4870 м³/т кенді құрайды.

Жүргізілген тәжірибелік зерттеулердің дәйектілігі, күйдіру режимі материалдың ұқсас көрсеткіштерін ала отырып, өнеркәсіптік қондырғылар мен агрегаттарға көшірілуі мүмкін.

Металлургияның қарқынды дамуының қазіргі жағдайында темір кені бай кен орындары іс жүзінде сарқылды. Егер 20 жыл бұрын экономикалық орындылығы бойынша темір рудасы құрамында кемінде 40% темір бар кен

орындарында кенді санаса, қазіргі уақытта кен орындарында темір рудасы құрамында 28-30% темір бар деп санауға болады. Іс жүзінде барлық темір кендері, сондықтан міндетті түрде байытылады. Темір кендерін байыту, басқа кендерге қарағанда, әдетте магнитті сепарациямен жүзеге асырылады. Көптеген темір кендері өндіру кезінде магнетит кендері болып табылады, сондықтан жақсы магниттік өткізгіштігі бар. Темір кендерінің ірі кен орындары-бұл Курск магнитті аномалия, Тағило – Кушвин, Ресейдегі Қашар кен орындары, Қазақстандағы Соколов-Сарыбай кен орындары магнетитті кен орындары болып табылады. Бастапқы кеннен 28-30% Fe магнитті сепарация көмегімен қазіргі уақытта құрамында 65-68% темір бар темір кені концентраты өндіріледі. Қазіргі уақытта зауыт аумағына одан әрі металлургиялық дайындау және қайта өңдеу үшін бастапқы шикізат болып табылатын темір кені концентраты келіп түседі.

3.1 Темір кені концентратын алу

Қазақстанда магнетит кенорындарымен қатар, бұрғылау-рельзник оолит, гидрогелит кендері сияқты магнетит емес темір кенорындары бар. Олар да байытпай, бірден металлургиялық қайта өңдеуге жіберілмейді. Алайда, бұл кендер магнетизациялайтын күйдіруден кейін ғана байытылуы мүмкін, соның нәтижесінде кен магнитті қасиеттерге ие болады.

Оны жақсы тасымалдау және өңдеу үшін оны атмосфералық температураға дейін салқындату қажет. Оның қайталама тотығуын және магниттік қасиеттерін жоғалтуын болдырмау үшін салқындатуды бейтарап атмосферада жүргізген жөн. Кенді салқындату суыту жүйесінің құрылымы және белгілі бір қаражат шығынымен байланысты процесс режимі туралы күрделі мәселені шешуді талап етеді. Кенді суыту процесін және салқындатқыш орта ағынын күйдірілген кеннің жылу мөлшерін тиімді пайдалану мақсатында одан әрі технологиялық процеске байланыстыру қажет.

Күйдірілген темір кендерін фракциялар бойынша ұсақтау.

Ірі тартылған күйдірілген кен 0-5 мм фракциядан тұрды. Күйдірілген кеннің массасы 2 кг-нан порцияларын ұсақтағыштың бункеріне жүктеді. Ұсақтау фр дейін жүзеге асырылды. 2,5 мм. әрі қарай материал фр өлшемімен елеуіш арқылы себілген. Тор үстіндегі , тораралық және тор астындағы материалдардың массасын іріктеп алды және өлшеді. Материалдың фракциялық құрамы 5-кестеде көрсетілген.

4 Кесте - Күйдірілген кеннің гранулометриялық құрамы

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

Одан әрі жұмыс істеу үшін 0-2,5 мм фракциялар қолданылды. Өңделген сынамалар бір-бірінен салмағы бойынша аз ерекшеленіп, келесі тәртіппен бөлінді.

5 Кесте- Үлгілердің үйінді массасының салмағы

Үлгілер	Үйінді массасы, кг/м ³
Үлгі 1	2,89
Үлгі 2	2,87
Үлгі 3	2,79

Барлығы 20 кг күйдірілген кенді өңдеді. Ұсақтаудан және фракциялаудан кейін кен материал фр. 0-2, 5 мм магнитті сепарацияға дайындалды. Күйдірілген кеннің үйінді массасы бастапқы кеннің үйінді массасымен салыстырғанда өсті. Үйінді массаның жоғарылауы ұшқыштарды алып тастау және фазалық құрамды қайта құру есебінен болды. Магниттің меншікті салмағы гематиттен жоғары.

Өнеркәсіптік жағдайларда күйдірілген кенді ұнтақтау процесі арнайы ұнтақтау қондырғыларында жүзеге асырылуы тиіс. Мұндай қондырғы ретінде тиісті қуатты шарлы диірмен пайдаланылуы мүмкін. Шарлы диірмен >1,0 мм дейін фракцияның ұсақталған кенін алуға мүмкіндік береді.

3.2 Дайындалған кен материалдарын магнитті сепарациялау

Магнитті сепарациялау процесі зертханалық магнитті Сепараторда жүргізілді. Кенді бөлу нәтижелері тәжірибе бойынша өте ерекшеленбеді және магниттік материалдың 78-82% және магнитті емес материалдың 18-22% шегінде болды. Жалпы, концентраттың шығуы 80% - ды құрады, кіре берістегі күйдірілген кеннің массасынан. Концентраттың және байыту қалдықтарының үйінді массалары анықталды. Өлшеу нәтижелері 7-кестеде берілген.

Магнит концентратының үйінді массасы күйдірілген кенге қарағанда жоғары, бұл шлак түзетін бос жыныстарының көп бөлігі бар магнитті емес материалдың бөлінуімен байланысты.

6 Кесте - Концентрат үлгілерінің үйінді салмағы және қалдықтары

Материал үлгілері	Үйінді массасы, кг/м ³
Концентрат 1	3,12
Концентрат 2	3,10
Қалдықтары 1	2,62
Қалдықтары 2	2,65

Темір кен концентраты мен қалдықтарының іріктелген сынамалары

химиялық талдауға ұшырады. Талдау нәтижелері 8-кестеде көрсетілген.

7 Кесте - Байыту қалдықтары концентратының химиялық құрамы

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

Химиялық талдаумен қатар 18 элементке жалпы спектралдық талдау жүргізілді. Спектрлік талдау нәтижелері төменде берілген.

Нәтижелерді талдаудан металлургиялық өндірістің талаптарын қанағаттандыратын темір кен концентраты алынғаны көрініп тұр. Жаппай өндірісті ұйымдастыру кезінде мұндай концентрат жоғары сапалы металл шикізат ретінде сатылуы мүмкін.

8 Кесте - №1 сынаманың қарапайым құрамы (атомдық-эмиссиялық спектралдық талдау нәтижелері бойынша)

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

Шихтаны 100% концентратқа дайындау үдерістерінің кешенін жүзеге асыру шихтаға флюстер мен кокс ұсақтарын немесе көмірді қосу кезінде

офлюосталған шекемтастар мен агломераттарды өндіруге мүмкіндік береді. Флюс ретінде құрамында $\text{CaO} \approx 52-54\%$ бар әктас пайдаланылуы мүмкін. 100 кг концентратқа есептегенде флюс пен Кокс ұсақ-түйегінің шығысы тиісінше 100 кг концентратқа 13,0 және 6,0 кг деңгейінде болады.

Темір кен концентратын металдандыру процесін ұйымдастыру үшін ең алдымен 9-кестеде ұсынылған концентраттардан көміртекті түйіршіктер алу қажет.

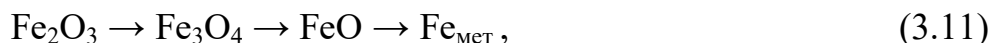
3-бөлімде ұсынылған әдістеме бойынша көміртегі мен ағаш көмірдің шығыны 100гр. Мәні 17-18, 0 гр шегінде ауытқыған концентрат.

Көміртекті түйіршіктерді өндіру үшін аппараттарды әзірлеу бойынша жұмыстар орындалды.

3.3 Түйіршіктелген материалды металдандыру, металдандырылған түйіршіктердің металлургиялық сипаттамаларын анықтау.

400-500 °C кептіруден кейін құрамында көміртекті түйіршіктейтін шихтаны металлдау үшін құбырлы пештерде өңдеу үшін жеткілікті механикалық беріктігі бар. Тиеу бункерлері арқылы түйіршіктер түтікті пештің реакциялық камерасына түсті. Шихтаның жүктелуіне қарай, оның қабаттары реакциялық камераның тереңдігіне шомпол–итергіштің көмегімен итеріп, оның ұзындығы бойынша біркелкі үлестірілді. Реакционную камеруны қыздырдық электр қыздырғышымен кедергісі. Камераның жұмыс аймағындағы температура үздіксіз тіркелді. 550-600°C температураға жеткенде газ бөлінуінің басталуы анықталды. Герметикалық келте құбырлар арқылы бөлінетін газ газ жинағыш камераға түсіп, одан әрі газ есептегіші арқылы өтті. Жинақтауыш камерасынан газ талдағышқа газ сынамасын мезгіл-мезгіл алып отырды. Осылайша, эксперимент барысында бөлінетін газдың саны мен құрамын үнемі бақылап отырды. Газды талдау нәтижелері газ тек CO_2 және CO -дан тұрғанын көрсетті. Сондықтан, бекітілген нәтижелер эксперимент барысында газдандырылған шихта оттегінің, көміртек–реагенттің балансының өзгеруін нақты анықтауға, сондай-ақ оксидтердің қалпына келтіру және шихтаның металдануы дәрежесін белгілеуге мүмкіндік берді.

Ұяшықтың температурасы 600 °C-тан жоғары болғанда газ бөлу жылдамдығы 900-950 °C-қа дейін артты. Реакция жылдамдығының төмендеуі температураның одан әрі артуымен емес, фазалық айналуымен және сатылар бойынша газдандырылатын оттегінің теңгерімінің азаюымен байланысты



Темірдің бірлігіне қайта есептегенде темір оксидтеріндегі газдандырылатын оттегінің теңгерімі тиісінше $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4285$; $\text{Fe}_3\text{O}_4 = 0,3809$; $\text{FeO} = 0,2858$; $\text{Fe} = 0$

Темірдің қалпына келуіне қарай оттегі балансы, атап айтқанда қалдық

оттегі фазалық түрленуге ұқсас (40) келесі тәртіппен өзгереді

$$0,4285 \rightarrow 0,3809 \rightarrow 0,2858 \rightarrow 0, \quad (3.12)$$

немесе, газдандырылған оттегінің массалық үлесі бойынша

$$0,111 \rightarrow 0,222 \rightarrow 0,667 \rightarrow 0. \quad (3.13)$$

Қолданыстағы массалар Заңына сәйкес, әрине, газдандырылатын оттегінің қалдық массасының азаюына қарай $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_{\text{мет}}$ фазасындағы процестің жылдамдығы 1000°C дейін температураның жоғарылауы кезінде де азаяды. Сондықтан концентраттың металдану жылдамдығы өзінің металдану дәрежесіне қарай $\rightarrow 0,99$ нөлге ұмтылады.

Практикалық тұрғыдан, процесті жылдамдықта ұстау, нөлге жақын тиімді емес. Сондықтан іс жүзінде технологиялық процесс $\text{P}_{\text{мет}}=0,95$ металлдық деңгейде ұсталады.

Металдандырылған түйіршіктер шығарылғаннан кейін бейтарап газ атмосферасының астында ұстап тұратын герметикалық бункерде 50°C -қа дейін салқындатылды. Металл түйіршіктері табиғатқа ие. Оларды атмосферада ұзақ сақтау біртіндеп екінші рет салқындатуға әкеледі. Сондықтан олардың алдағы технологиялық операцияларда арналуына байланысты екі нұсқаны таңдайды – тікелей балқыту процесі немесе тауар өнімі.

Металдандырылған түйіршіктерді Тауарлық өнім түрінде өткізген жағдайда оларды престоу әдісімен пассивациялаудан немесе нығыздаудан тұратын қосымша өңдеу қажеттілігі туындайды.

9 Кесте - Эксперимент нәтежиелері

Уақыт, т, мин	Т, °С	V _{газа} , л	Газ құрамы, %		ΔO _(CO) , г	ΔO _(CO₂) , г	ΔO , г	ΣO , г	R	W _B · 10 ⁻³ , мин ⁻¹
			CO	CO ₂						
0	500	Газдың бөлінуінің басы								
10	600	0,12	73,3	26,7	0,0628	0,0458	0,1087	0,109	0,0135	1,35
15	645	0,19	68,0	32,0	0,0340	0,0320	0,0660	0,175	0,0216	1,62
20	730	0,28	66,8	33,2	0,0430	0,0427	0,0857	0,260	0,0322	2,12
25	800	0,54	73,4	26,6	0,1363	0,0988	0,2351	0,496	0,0613	5,82
30	855	1,0	70,8	29,2	0,2326	0,1919	0,4245	0,920	0,1139	10,52
35	920	1,54	63,0	37,0	0,2430	0,2854	0,5284	1,448	0,1793	13,08
40	970	2,18	63,8	36,2	0,2916	0,3310	0,6226	2,071	0,2563	15,40
44	1020	2,96	70,6	29,4	0,3933	0,3276	0,7209	2,792	0,3456	22,33
48	1060	4,33	76,4	23,6	0,7475	0,4619	1,2094	4,001	0,4952	37,40
52	1105	5,76	77,2	22,8	0,7884	0,4658	1,2542	5,256	0,6505	38,83
56	1140	7,19	78,4	21,6	0,8007	0,4412	1,2419	6,497	0,8042	38,43
60	1165	8,37	80,8	19,2	0,6810	0,3236	1,0046	7,502	0,9285	31,08
64	1195	8,92	86,0	14,0	0,3378	0,1100	0,4478	7,950	0,9840	13,88

Темір оксиді-Темірдің стехиометриялық қатынасы кезінде - Темірдің толық редукциясына ағаш көмірі және 1000-1100 °С температура деңгейінде герметикалық ұяшықта эксперимент жүргізу кезінде қатты фазалы өнім-кеуекті темір алынды. Бөлінетін газдың саны мен құрамын үздіксіз тіркеу процестің барысын бақылауға мүмкіндік берді. Процесс барысында эксперимент нәтижелері 9-кестеде көрсетілген.

Газдардың – реакция өнімдерінің мөлшері мен құрамын өлшеудің алынған нәтижелері тәжірибе бойы процестің барысын бақылауға мүмкіндік берді.

Шихтаның бір құрамы кезінде, бірақ әр түрлі қыздыру режимдерінде тәжірибе жүргізу, сайып келгенде бір нәтиже береді – кеуекті темір. Алайда температуралық режим тотықтардың фазасына байланысты металл редукциясының жылдамдығына айтарлықтай әсер етеді. Темірдің дисперсиялық оксидтері 600 °С деңгейінде қатты көміртекпен өзара әрекеттесуді бастайды. Оттегінің тотығын газдандыру жоғары фазадан басталатындықтан, мысалы Fe_2O_3 , фазалық өту $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ сәйкес уақыт кезінде $T_0 - T_1$ шегіндегі температураның өзгеруіне сәйкес келеді $\tau_0 - \tau_1$. Фазалық түрленудің осы бөлігінде анықтаушы фактор газдандырылатын оттегінің белгілі бір мөлшері болып қалады, ол $\Delta q = 0,111 \cdot$ жалпы саннан бөлек үлеске тең. ΔT_0 және δT_0 айнымалы параметрлері болып табылады. Жүйенің тұрақты қызу жылдамдығы кезінде, яғни.

$$\nu_{\text{наг}} = \frac{\Delta T}{\Delta \tau} \text{-пост,} \quad (3.14)$$

оттегі оксиді газдандыру жылдамдығы мына мәнге ие

$$\nu'_{\Delta O} = \frac{\Delta g_0}{\Delta \tau_1}, \quad (3.15)$$

Температура-реттелетін шама. Сондықтан T_1 -ге дейін температураға жету үшін қыздыру жылдамдығының артуымен уақыт қысқарады, бұл оттегіні газдандыру жылдамдығының жоғарылауын білдіреді, яғни.

$$\nu''_{\Delta O} > \nu'_{\Delta O}, \quad (3.16)$$

Бұл іс жүзінде $0,111 \cdot$ оттегінің жалпы санын газдандыру аяқталады. Фазалық өткелде металл оксиді оттегін газдандырудың екінші кезеңі



бірінші фазаның температурасынан жоғары температурада, яғни $T_2 > T_1$

температурада басталады. Бұл екінші фазалық өту $T_1 - T_2$ температуралық интервалында аяқталатынын білдіреді. Бұл одан әрі жалғасуда. Үшінші және соңғы фазалық өту $T_2 - T_3$ температуралық интервалында аяқталады.



Біздің эксперименталды нұсқа үшін температураны ұстау T_3 кезінде жүзеге асырылады, оны $T_3=1000-1100$ °C деңгейінде қабылдаған. Жоғарыда көрсетілгендерді қорытындылай келе, T_0 деңгейінен T_3 -ке дейінгі жүйенің қыздыру режимі процестің жылдамдығына және газ тәрізді және қатты реакция өнімдері ретінде құрамды қалыптастыруға айқындаушы мәнге ие екенін көрсетуге болады.

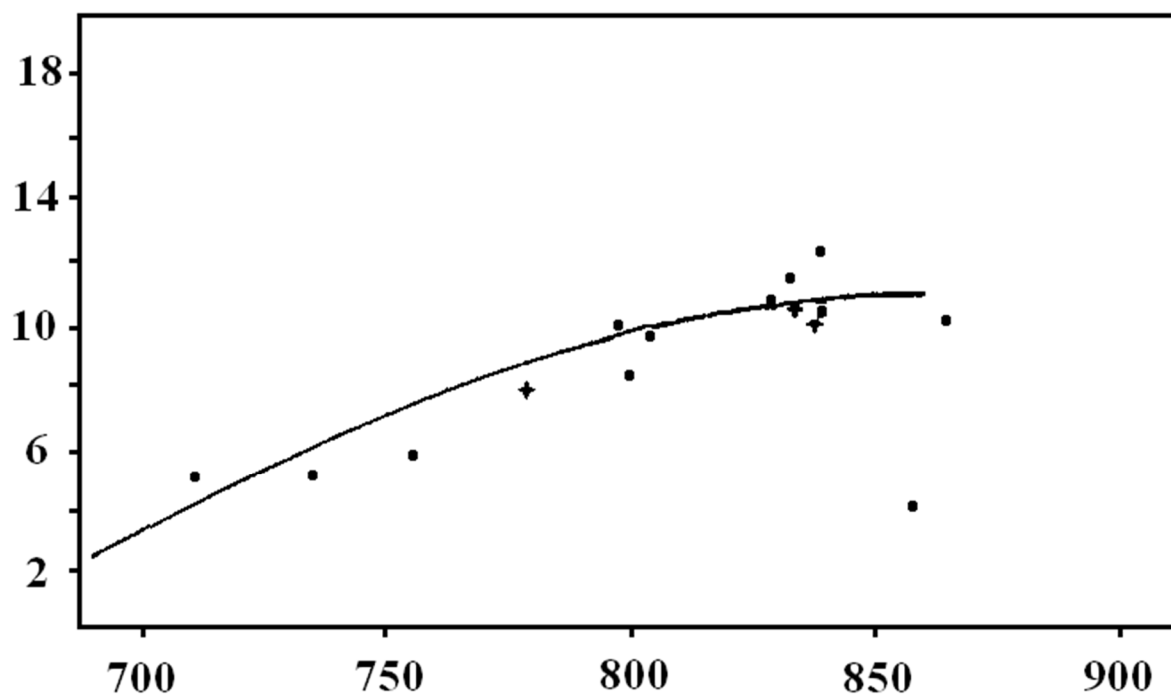
Жүйенің қызуы кезінде оттегі оксидінің белгілі бір бөлігі газдандырылады. $T_3 = 1000$ °C температурасына жету уақытына қарай жүйенің оксидті бөлігі Fe_2O_3 емес, әлдеқайда төмен, яғни.. Fe_3O_4 және FeO деңгейінде. Сондықтан 1000 °C кезінде Fe_2O_3 -тен Темірдің тікелей редукциясына қол жеткізу мүмкін емес. Тек қана қыздыру жылдамдығының T_0 -ден T_1 -ге дейін артуы туралы айтуға болады, онда фазалық өту интервалын азайтуға болады.

Жүйенің қызуының жоғары жылдамдығы оттегіні газдандыру жылдамдығымен және қатты көміртекті – реагентті үнемдеуге әкелетін CO_2 концентрациясының жоғарылауымен тікелей байланысты. Сондықтан процесс барысында жүйенің температуралық режимінің өзгеруі көміртегі бойынша кеуекті темір құрамының өзгеруіне әкелуі мүмкін. Бұл температураға байланысты процесс барысында газ құрамының өзгеруі нәтижесінде болады. CO_2 концентрациясының ұлғаюы а артық болуына әкеледі. Сондықтан, шихта компоненттерінің бастапқы құрамын өзгертпей 10-кестеде көрсетілгендей көміртегінің әртүрлі концентрациясы бар кеуекті Темірдің үлгілері алынды.

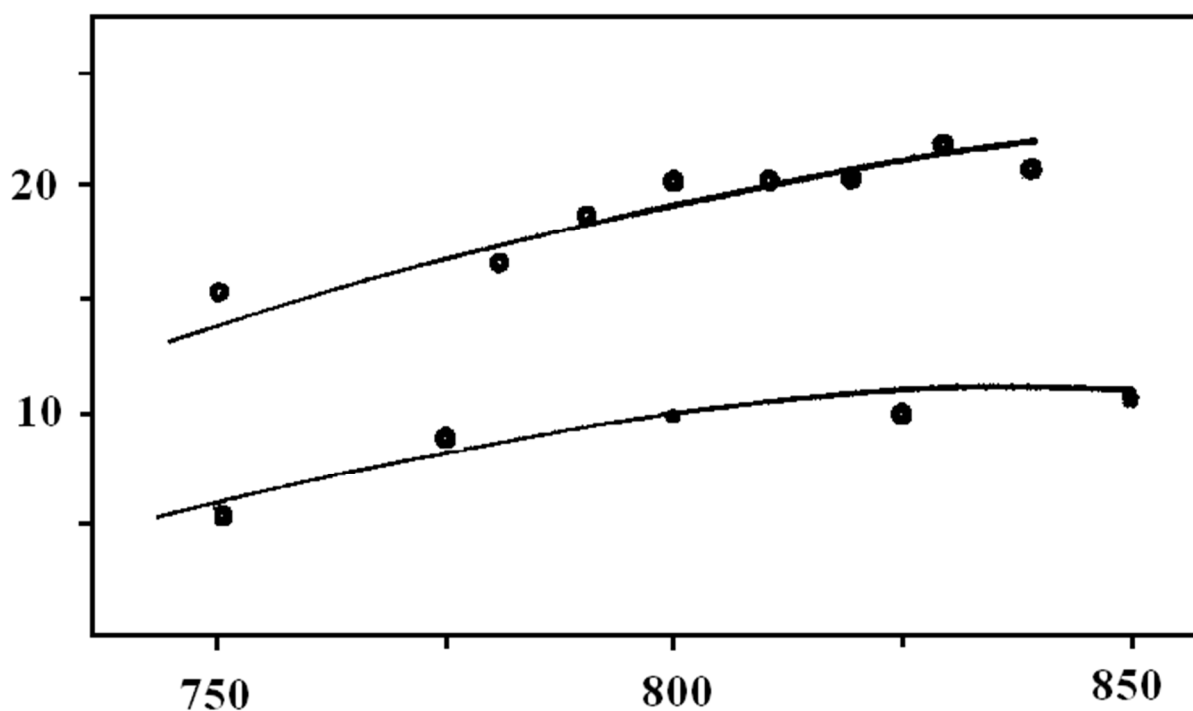
10 Кесте - Кеуекті бездің алынған үлгілерінің химиялық құрамы

$\text{Fe}_{\text{мет}}$	C	Mn	SiO_2	Al_2O_3	S	P
97,5	1,22	0,75	0,32	0,03	0,03	0,028
97,4	1,35	0,76	0,30	0,03	0,025	0,027
97,3	1,56	0,72	0,25	0,02	0,024	0,025

Сонымен қатар дисперсті оксидті материалдарды газбен металдандыру бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізілді. Тиісті өңдеуден кейін алынған нәтижелер 5 және 6-суретте графикалық тәуелділік түрінде берілген. Суретте график көрсетіліп тұрғандай 20 және 21 дәрежеде газдың қолданысы 0,15 0,18 деңгейде пайдаланылған. $R=0,4$ редукциялық деңгейі оксидті бөлшектердің фазалық айналуына сәйкес келеді.



5 Сурет - Металдың редукция дәрежесі кезінде газдың редукциялық қабілетін (іқо) пайдалану дәрежесіне температураның әсері 40 %.



Температура (°C)

6 Сурет - Металды редукциялау кезінде газды пайдалану дәрежесін салыстыру

H₂ қатысуымен және онсыз V=75 дм/с: 1–75% CO; 25% H₂; 2–50%CO; 50% N₂.



Сонымен қатар, осы деңгейде түрленуді көруге болады, бірақ тікелей редукция кезінде газ құрамы CO₂=10-14 % (қалған CO) сәйкес келеді. Бұл қатты көміртекпен тікелей редукциялау кезінде реакцияның екі сатысы жасалатынын білдіреді – 1) CO түзілуі және оны газды редукция деңгейінде пайдалану, яғни қатты көміртегі металл оксидтерінің оттегін газдандыру бойынша үлкен жұмыс жасайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыста қатты көміртекті қалпына келтіру арқылы кеуекті темір алудың жалпы процестері сипатталған, атап айтқанда қазақстандық шикізатты дайындау жүргізілетін металдандырылған өнімдерді алу үшін зертханалық аппаратура кешенін әзірлеу және құру аталған.

Магнетит емес темір кендерін байыту әдісін түсіндіру келтіріледі.

Құрамында темір оксидті материалдар мен ағаш көмірінен шихта материалдары дайындалды, кеуекті темір үлгілерін алу бойынша тәжірибелік жұмыстар жүргізілді. Алынған өнімдерді талдау олардың қолданыстағы өндірістік үлгілермен салыстырғанда темірдің жоғары сапаларына сәйкес келетінін көрсетті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Темір туралы мәлімет, Электрондық түрі осы сайтта <https://ppt-online.org/153431>
- 2 Электрохимический синтез нанодисперсных порошков оксидов металлов: монография / А.Б. Килимник, Е.Ю. Острожкова.- Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. -144 с.-100 экз.-ISBN 978-5-8265-1100-8
- 3 Ручкин Е.А. Производство железорудных окатышейМосква : Металлургия, 1976,354с-5,6,7,8,9,221,222,223
- 4 Твердофазное восстановление оксидов железа углеродом статья / А.Н. Крутилин, М.Н. Кухарчук, О.А. Сычева, БНТУ
- 5 Рамм А.Н. Непрерывный контроль и регулирование теплового режима доменной плавки с помощью электронной вычислительной машины. //Бюллетень Черметинформация. -1964.- №11 . –С-12-20.
- 6 Товаровский И.Г. Доменная плавка. Монография, 2-е издание / Товаровский И.Г. – Днепропетровск изд. «Пороги», 2009.-768 с.
- 7 Исследование влияние вида магнезиального флюса на фазовый состав агломерата с целью повышения его прочностных характеристик / Горбунов Владислав Борисович
- 8Маерчак Ш. Производство окатышей. Москва : «Металлургия», 1982-252с.
- 9 Внедоменное получение железа за рубежом, М., 1964; Князев В.Ф., Гиммельфарб А.И., Неменов А.М., Бескокосовая металлургия железа М., 1972.
- 10 Воскобойников В.Г. Металлургия черных металлов. – Москва; Металлургия, -2002. – 250с.
- 11 Теоретические основы получения металлов, сплавов и перспективных материалов. Алматы РИК. 2001

А қосымшасы

А.1 Тәжерибиелік зерттеулер

Темір кені концентраты, сондай-ақ басқа да ұсақ шикізат, ең алдымен, химиялық құраммен сипатталады. Негізгі элемент тотыққан темір болғандықтан, соңғысы бірнеше тотықты формада (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO) бар, газдандырылатын оттегінің мөлшері қалпына келетін металдардың тотығуына байланысты. Темірдің тотығуы жалпы темір концентрациясы болған кезде анықталуы мүмкін. Егер шикізатта металл темір жоқ болса, онда жалпы темір Fe_2O_3 және FeO екі оксиді арасында бөлінеді, өйткені $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ қоспасы болып табылады. Темірдің үш оксидінің массасының бірлігіне жатқызылған байланысқан оттегінің мөлшері келесі мәнге ие:

$$\text{бірі } \text{Fe}_2\text{O}_3 \quad \text{O}_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,4285 \text{ кг/кг Fe}$$

$$\text{бірі } \text{Fe}_3\text{O}_4 \quad \text{O}_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,3809 \text{ кг/кг Fe}$$

$$\text{бірі } \text{FeO} \quad \text{O}_{\text{FeO}} = 0,2857 \text{ кг/кг Fe}$$

Шикізатты химиялық талдауда әдетте Fe_2O_3 және FeO оксиді немесе жалпы темір Fe және FeO анықтайды. Fe_2O_3 -тен темір көп сатылы $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Fe}$, ал темір FeO – бір сатылы, т.е. $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$. Қатты көміртекті қалпына келтіру кезінде реакцияның барлық сатылары теріс жылу әсерлері және олардың әртүрлі сандық мәндері болады. Және де барлық реакциялар CO_2 және CO бір мезгілде әртүрлі қатынаста қалыптасады. Газ тәрізді өнімдердегі CO_2 концентрациясы реакция оттегінің темірге атомдық қатынасын азайту бағытында түседі, ал CO концентрациясы артады. Пайда болған газдың мөлшері мен арақатынасы ең алдымен газдандырылатын оттегінің жалпы санына және оны оксидтердің фазалары бойынша бөлуге байланысты. Газдандырылатын оттегі оксидтерінің жалпы саны екі әдіспен болуы мүмкін.

Тізбекті фазалық түрлену әдісі. Әр сатыда газдандырылатын оттегінің санын үш сатылы айналдыру кезінде барлық үш сатыда газдандырылатын оттегінің массасынан белгілі бір үлесті құрайды, яғни . 0,4285 бастап. Айналудың 3 сатысындағы газдандырылатын оттегінің массалық үлесі тиісінше:

1. $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$; $\Delta\text{O}_1 = 0,111 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\Gamma)}$, кг/кг конц.
2. $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}$; $\Delta\text{O}_2 = 0,222 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\Gamma)}$, кг/кг конц.
3. $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_{(\text{мет})}$ $\Delta\text{O}_3 = 0,667 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot \text{Fe}_{(\Gamma)}$, кг/кг конц.

Мұндағы Fe (Г) – гематит түріндегі шихтадағы темірдің құрамы, %

$$\text{Fe}(\Gamma) = \text{Fe}_{(\text{жалпы})} - 0,777 \text{ FeO, \%}$$

3 сатыға айнарудың өрнегі бойынша оттегінің мөлшері қосылады, ол бастапқы шикізаттағы темір тотығының қалпына келуі кезінде газдандырылады. Сонда 3 сатыда барлық оттегі газдандырылады:

$$\Delta O_3 = 0,667 \cdot 0,4285 \cdot 10^{-2} \cdot Fe_{(Г)} + 0,286 \cdot 10^{-2} \cdot 0,777 \cdot FeO = 0,286 \cdot 10^{-2} \cdot (Fe_{(Г)} + 0,777 \cdot FeO), \text{ кг/кг конц.}$$

Қалпына келтіру процесінде металдандырылған өнімде (МП) металл темірдің жалпы қатынасымен бағаланатын металдандырудың берілген дәрежесіне қол жеткізіледі.):

$$\eta_{мет} = Fe_{мет} / Fe, \quad (A.1)$$

мұнда Fe-МП жалпы темірдің құрамы, %
Бастапқы массада металдандырылған Темірдің саны тең :

$$G_{Fe} = 0,01 \cdot \eta_{мет} \cdot Fe \quad (A.2)$$

Қалпына келтірілмеген темір саны:

$$\Delta g_{Fe} = 0,01 \cdot Fe(1 - \eta_{мет}) \quad (A.3)$$

МП-да оттегінің кейбір қалдық мөлшеріне байланысты FeO түрінде қалады:

$$\Delta O'''_3 = 0,286 \cdot 10^{-2} \cdot Fe(1 - \eta_{мет}), \text{ кг/кг конц.} \quad (A.4)$$

Сонда осыны ескере отырып, FeO реакциясының 3 сатысына іс жүзінде келесі мөлшерде оттегі газдандырылады:

$$\Delta O_3 = \Delta O''_3 - \Delta O'''_3, \text{ кг/кг конц.,} \quad (A.5)$$

Темірді қалпына келтіру кезінде барлық оттегі газдандырылады:

$$\Delta O'_Fe = \Delta O_1 + \Delta O_2 + \Delta O_3, \text{ кг/кг конц.} \quad (A.6)$$

Ілеспе металдар оксидтерінің оттегін газдандыру.

Теміркен шикізатындағы қоспалар болып табылатын басқа да металдар қалпын ақелтіріледі. Ең жиі оксидтер түрінде болуы мүмкін Mn, V, Ni сияқты қоспалар бар.

Марганец сатылы қалпына келеді:



Марганецтің жоғары оксиді MnO_2 тұрақсыздық айыбы. Әлсіз қызғанда да ол тотықтың төменгі сатысына ауыса отырып, $MnO_2 \rightarrow 2Mn_2O_3 + O_2$ диссоциациялайды. Mn бірге бастапқы шикізатта марганецтің тотығуын бағалау үшін, MnO MnO_2 концентрациясын көрсету қажет. Бұл жағдайда m_{Mn} және MnO_2 концентрациясы мынадай сұраққа бір мәнді жауап береді: марганецтің тотығуы темірге ұқсас. Металлдарды қалпына келтіру кезінде оксидтерді бұзу сатыларында металл бірлігіне жатқызылған оттегі газдандырылады, оның саны мынадай теориялық мәндермен көрінеді:

Марганец	0,1455	0,0485	0,0970	0,2908	$\Sigma=0,5818$
----------	--------	--------	--------	--------	-----------------

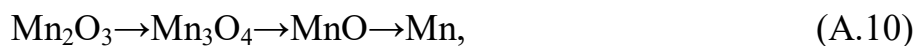
MnO_2 қосылуының тұрақты тұрақсыздығы және оның шихтаның күйдірілген компоненттерінің болмауын Mn (жалпы) және MnO шоғырлануы бойынша темірге ұқсас марганец оксидінен газдандырылатын оттегінің мөлшерін бағалаған жөн. Бұл жағдайда газдандырылатын оттегінің мөлшері $MnO_2 \rightarrow 2Mn_2O_3 + O_2$ орналасқан кезде, яғни реакция айналуының бірінші сатысында шихта құрауышындағы MnO_2 нақты концентрациясы бойынша бөлек анықталуы мүмкін. Осыған байланысты марганецтің тотығуына MnO_2 болуын ескеретін түзету енгізу қажет, ол марганецтің жалпы массасында MnO_2 байланысқан марганецтің массалық үлесінің қатынасымен, яғни ең жоғары тотығуы ретінде ұсынылуы мүмкін.

$$\Omega'_{mn} = 0,632 \cdot MnO_2/Mn, \quad (A.8)$$

Одан әрі марганецтің тотығуы үш сатылы түрленуі бойынша Темірдің тотығуына ұқсас бағалаймыз:

$$\Omega_{Mn} = (55/71) \cdot (MnO/Mn), \quad (A.9)$$

Марганецтің және оның оксидтерінің массалық сипаттамалары темірге өте жақын болғандықтан, газдандырылатын оттекті анықтау үшін сатыларда



марганец формуласын қолданамыз

$$\Delta O'_{Mn} = 10^{-2} \cdot Mn[0,1455(1-\Omega_{Mn}) + 0,2908 \cdot \eta_{Mn}], \quad (A.11)$$

Марганецті қалпына келтіру кезінде сатылар бойынша газдандырылатын оттегінің саны мынадай тәртіппен бөлінеді:

Бірінші сатыда



$$\Delta O_{\text{Mn}} = 0,632 \cdot 10^{-2} \cdot \Omega_{\text{Mn}} * \text{Mn}, \quad (\text{A.13})$$

Екінші сатыда



$$\Delta O_{\text{Mn}} = 0,632 \cdot 10^{-2} \cdot \Omega_{\text{Mn}} * \text{Mn}, \quad (\text{A.15})$$

Үшінші сатыда



$$\Delta O_{3\text{Mn}} = 0,222 \cdot \Delta O'_{\text{Mn}} \quad (\text{A.17})$$

Төртінші сатыда



$$\Delta O_{4\text{Mn}} = 0,667 \cdot \Delta O'_{\text{Mn}} \quad (\text{A.19})$$

Марганец оксиді оттегінің жиынтық саны

$$\Delta O_{\text{Mn}} = \Delta O_{1\text{Mn}} + \Delta O_{2\text{Mn}} + \Delta O_{3\text{Mn}} + \Delta O_{4\text{Mn}} \quad (\text{A.20})$$