

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

Берлібек Арайлым Мұратқызы

«Лисаков концентратын өңдеу 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: «Лисаков концентратын өңдеу технологиясын жасақтау»

5В070900 – Metallургия

Орындаған

А.М.Берлібек

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: *Берлібек Арайлым Мұратқызы*

Тақырыбы «Лисаков концентратын өңдеу технологиясын жасақтау»

Университеттің Ректорының 2020 жылғы «27» қаңтардағы
№ 762-б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2020 жылғы «18» мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Лисаков гравитациялық магниттік концентрат химиялық құрамы, тәжірибелік жұмысқа арналған әдістеме.

Дипломдық жұмыста қарастырылған негізгі мәселелер тізімі:

а) Фосфорлы темір құрамды шикізаттарды өңдеу технологиялары туралы әдеби шолу;

б) Тәжірибелік зерттеу жұмыстары;

в) Алынған нәтижелерді талдау.

Графикалық материалдардың тізімі: Жұмыс бойынша__слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер : 39атау

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.М.Берлібек

Күні

«____» _____ 2020ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Қостанай облысы, Лисаков қаласындағы, Лисаков кен байыту комбинатындағы, Лисаков гравитациялық магниттік концентраттың құрамындағы фосфор мөлшерін төмендету жұмыстарына талдау жүргізілген.

Әдебиеттік шолу бөлімінде Лисаков кен байыту комбинаты туралы жалпы мәліметті қарастырады.

Тәжірибелік зерттеу бөлімінде Лисаков концентраты дефосфорлау тәсілдеріне жасақтау жұмыстары қарастырылды.

Дипломдық жұмыс 43 беттен, 5-суреттен, 5-кестеден тұрады.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе проведен анализ работы по снижению содержания фосфора в составе Лисаковского гравитационного магнитного концентрата, Лисаковского горно-обогатительного комбината, город Лисаковск, Костанайской области.

В литературном обзоре рассматриваются общие сведения о Лисаковском горно-обогатительном комбинате.

В практической исследовательской части были рассмотрены работы по разработке способов дефосфоризация Лисаковского концентрата.

Дипломная работа состоит из 43 страниц, 5-рисунки, 5-таблицы.

ANNOTATION

In this graduation project , analyzes the work on reducing the content of phosphorus in the composition of the Lisakovsky gravitational magnetic concentrate, Lisakovsky mining and processing plant, the city of Lisakovsk, Kostanay region. The literature review provides General information about the Lisakovsky mining and processing plant.

In the practical research part the work on the development of methods for dephosphorization of Lisakovsky concentrate was considered.

The diploma project consists of 43 pages, 5-figures ,5-table.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиетке шолу	11
1.1 Лисаков кен байыту комбинаты	11
1.2 «Өркен» ЖШС Лисаков филиалы	12
1.3 «АрселорМиттал Темиртау» АҚ металлургиялық компаниясы жөнінде басты деректер	13
1.4 Лисаков кен орнының қоңыр темір тас кенінің заманауи күйі	14
1.5 Лисаков кен орнының қоңыр теміртасының фосфорын күйдіру және ары қарай шаймалау ерекшеліктерін зерттеу	16
2 Дефосфорация әдістемесі	19
2.1 Дефосфорация	19
2.2 Дефосфорация тәсілдерін теориялық талдау	20
2.3 «АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялау өндірісінің сеппелі материалдары	22
2.4 «АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялық өндірісінің сеппелі материалдарының қорытындысы	26
3 Тәжірибелік зерттеулер	29
3.1 ЛГМК негізінде шихтаның фракциялық және химиялық құрамын қалыптастыру үшін зертханалық кешенді дайындау	29
3.2 ЛГМК термиялық өңдеу бойынша тәжірибелік зерттеулер	30
3.3 Дефосфорлау процесіне ЛГМК дайындау технологиясын жасақтау	33
Қорытынды	36
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	37
Қосымша А-Зертханалық кешендердің сипаттамасы	40

КІРІСПЕ

Кендерде фосфор темірмен үнемі, кейде көп мөлшерде ілеспелі жүреді. Домнада балқыту кезінде фосфор айтарлықтай толық тотықсызданады және шойынға өтеді. Фосфор мөлшеріне тәуелді шойынды құрамында 0,15 – 0,2 % артық емес Р болатын аз фосфорлы, және құрамында фосфор мөлшері 2 – 2,5% жететін жоғары фосфорлы деп бөлу қабылданған.

Болат қасиеттеріне фосфордың кері әсері оның 0,005 – 0,010% астам мөлшерінде байқала бастайды. Болат қасиеттеріне фосфордың кері әсері ең бастысы, оның сұйық темірде шексіз ерігіштігіне байланысты, алайда ол қатты темірде, әсіресе аустенитте нашар ериді. Болатты кристалдандыру және ары қарай суыту кезінде фосфордың артық мөлшері фосфидтер түрінде аса қаныққан ерітіндіден бөлінеді, оның балқу температурасы металдың кристалдану температурасынан төмен. Фосфиді қосындылар металды жақсы дымқылдатады және негізінен құйылған болат түйіршіктерінің шекарасы бойымен орналасады. Бұл, металл иілгіштігінің, әсіресе төмен температураларды соққы тұтқырлығының (болаттың суықта сынғыштығы) төмендеуіне әкеледі. Осы себептен, қиыр Солтүстік шарттарында жұмыс істеуге арналған болаттарға фосфор мөлшері бойынша ерекше қатаң талаптар қойылады.

Фосфордың жоғары мөлшерінде болаттың дәнекерленуі нашарлайды. Бұл қысыммен өңдеу кезінде құймалар мен дайындамаларда бос кеңістіктерін нашар пісірілуіне, құймалардың бас қиығының ұлғаюына және дайын илемде металдың қабаттануына әкеледі.

Фосфор мөлшері жоғары болатын болат аталмыш көгере сынғыштық қасиетіне, яғни 500 – 600°C температурада сынғыштығына ие.

Фосфордың жоғары мөлшері, автоматты тұғырларда (автоматты болатта) кесумен өңдеу үшін арналған кейбір конструкциялық болаттар үшін тән. Әдетте олар болттар, гайкалар мен өзге маңызды емес бөлшектер дайындауда қолданылады.

Мысал ретінде А12 маркалы болатты айтуға болады, құрамы, % масса.: 0,08 – 0,16 С; 0,6 – 0,9 Мп; 0,15 – 0,35 Si; 0,08 – 0,2 S; 0,15 дейін Р. Кесумен өңдеу кезінде мұндай болаттар ұзын шиыршықтар түрінде жоңқалар түзбейді, ал өңделетін беті аса таза болып алынады.

Ыстық пакетте илемдеу әдісімен жұқа жаймалар өндірісінде болатта фосфордың жоғары мөлшері қарастырылған (0,045 – 0,050% дейін). Бұл илемдеу кезінде жаймалардың пісірілуін төмендетеді және жарамды өнім шығуын ұлғайтады [1].

Қазақстан Республикасында темір кен орындары ауқымды таралған. Темір кенінің бірі Лисаков қоңыр темір тас кенінің қоры Қазақстан Республикасының барлық темір кен орындарын 60% астамын құрайды. Лисаков кен орнының барлау кезінен бастап фосфорлы концентрат мәселе болып табылғаны мәлім.

ЛГМК концентратта фосфор мөлшері жоғары болғандықтан ешбір шетел компаниясы қызығушылық танытпай және экспортқа сұранысы төмен болуда. Сондықтан ЛГМК концентрат фосфорсыздандыру және фосфорсыздандыру бейтараптандыру арқылы ЛГМК концентрат жақсарту процесі бойынша көптеген ғылыми техникалық жасақтаулар жүргізілді. «Уралмеханобр», ХМИ «КИМС» АҚ тәрізді ірі- ғылыми зерттеулердің технологиялық нәтижесі бойынша ЛГМК-да фосфор концентрациясын 0,60-0,70% дан 0,25% дейін төмендету мүмкіндігі бар деген тұжырымға келді.

Дипломдық жұмыстың мақсаты-Лисаков гравитациялық магниттік концентратындағы фосфор концентратысын $[P]=0.03\%$ дейін төмендету болып саналады. ЛГМК фосфорды тікелей төмендету және фосфорсыздандыру арқылы ЛГМК концентратын түбегейлі жақсарту процессінің ғылыми-зерттеулерлерін жүргізе отырып, техникалық- жасақтаулардың оңтайлы шешімін табу болып келеді.

1 Әдебиетке шолу

1.1 Лисаков кен байыту комбинатына шолу

Лисаков кен байыту комбинаты — Қостанай облысы Лисаков қаласының қала салушы кәсіпорны, темір кені шикізатының қазақстандық өндірушісі. Кәсіпорынның шикізат базасы темірдің Лисаков кен орнын қамтиды. Қосалқы «Өркен» ЖШС арқылы, «АрселорМиттал Темиртау» АҚ металлургиялық компаниясымен бақыланады, онымен Қазақстан Республикасы темір қорының 20 %-ы келісім-шартталған [2].

Қоңыр теміртасты оолит темір кенінің Лисаков кен орны 1949 жылы Орал геологиялық басқармасымен ашылды. 1950 жылдарды барланған, ал 1970 жылы оның негізінде карьерден, байыту фабрикасы мен кен байыту және жентектеу бойынша екі сынақты-өнеркәсіптік фабрикадан тұратын кен байыту комбинаты құрылды [3]. КБК-ның техникалық жобасын «Гипроруд» институты жасады. 1967 жылы комбинат маңында 1971 жылы қала мәртебесіне ие болған Лисаков пайда болды [4]. 1970 жылы Қарағанды металлургиялық комбинатына кен арту іске қосылды. 1970 жылдан бастап қуаты 4,5 млн тонна кен болатын карьердің бірінші кезегі эксплуатациялануда. 1973-1974 жылдары жылына 3,6 млн тоннадан қосымша қуаттар енгізілді [5]. 1980 жылдары Батыс-Сібір және Магнитогорск металлургия комбинаты мен тағы да басқа кәсіпорын өнімінің тұтынушылары болды.

2000 жылдың 1 наурызында «Өркен» ЖШС меншілігіне өтті, оның учредителем «Испат Кармет» ААҚ және темір кені департаментін құрайтын, Лисаков КБК-мен қатар, «Западный Каражал» шахтасы, «Атансор» және «Кентобе» кеніштерінен тұратын компаниялар болды [5].

Лисаков темір кені кен орнын барлауда. Комбинаттың жылдық өнімділік қуаты – 5,8 млн тонна шикікен, 3,4 млн тонна тауарлы концентрат [5]. Кәсіпорын құрамына: жөндеу-көмекші цехтар кешені, орталық зертханадан, ақпараттандыру және байланыс орталығынан тұратын инженерлі қызметтер кешені, жобалау-инструкторлық бөлім кіреді [5].

Комбинаттың гравитациялық-магниттік концентраты 48,5-49,0 % темірден, 10,7-11,0 % кремний қос тотығынан және 12,1-12,5 % гидратты ылғалдан тұрады, және қара металлургиясы үшін шикізат нарығында бәсекеге қабілетсіз болып табылады [6]. Осыған байланысты концентрат сапасын жақсартудың баламалы, мәселен күйдіру технологиясының қолданылу мен нұсқалары жасалды. Бай теміркенді гематит концентраты 59,5-60% темірден, 6,0-6,5 % кремний қос тотығынан, магниттік емес фракциясы - 7,0-9,5% темірден, 85-89 % кремний қос тотығынан тұрады.

1.2 «Өркен» ЖШС Лисаков филиалы

«Өркен» ЖШС Лисаков филиалы – темір кені департаментінің төрт бөлімшелерінің бірі («Өркен» ЖШС). Оның тарихы 1949 жылы қоңыртеміртасты оолит кенінің Лисаков кен орнының ашылу сәтінен басталады. Кен орынның сипатты ерекшелігі, кеннің айтарлықтай жер бетінде орналасуы болып табылады. Кен денесінің мұндай орналасуы шағын қаржы және эксплуатациялау шығындарымен заманауи өнімділігі жоғары тау-кен техникасының қолданылуымен кен орнын тиімді және үнемді барлауға мүмкіндік береді. Оолит кенінің жалпы геологиялық қоры 6 млрд тонна, жер пайдалану келісім шарты бойынша – 1 млрд тонна құрайды. Кен орны, ені бірнеше жүз метрден 6 км дейін және ұзындығы бойынша 100 км созылған үстірт тәрізді кен болып келеді.

Негізгі тау-кен жұмыстары 1969 жылы басталды. Байытылмаған кеннің алғашқы артуы 1971 жылы жүргізілді.

Ленинград қаласындағы "Механобр" институты мен бірқатар өзге зерттеу және өнеркәсіптік кәсіп орындары Лисаков кенін байыту технологиясын жасау және таңдау бойынша жұмыстарды орындады. Техника-экономикалық есептеулер нәтижелері бойынша қуаттарды гравитациялық-магниттік сұлба бойынша енгізу жөнінде шешім қабылданды. Бірінші секцияны 1972 жылы, екіншісі – 1973 жылы, үшіншісін – 1974 жылы енгізді.

Кәсіпорынның жұмыс істеу барысында қызметкерлердің бірнеше буындары ауысты. Кәсіпорынның тарихи шарттары, атауы, меншік түрлері өзгеріп отырды. Тек бір нәрсе өзгеріссіз болды – ол күрделі және жауапты болғанынан қарамастан, алдына қойылған міндеттердің барлығын кәсіпорын ұжымы үнемі лайықты орындады.

«Өркен» ЖШС құрамында Лисаков филиалы өз қызметін 2000 жылдың 1 наурызында бастады. Кәсіпорын Лисаков кен-байыту комбинатының заңды мұрагері болыптабылады.

«Өркен» ЖШС Лисаков филиалының активіне кеніш, темір жол цехы, темір кені концентратының алынуымен бастапқы кенді өңдеу бойынша гравитациялық – магниттік байыту фабрикасы, орталық зертхана, автокөлік және механикалық жөндеу цехтары, технологиялық диспетчерлеу мен байланыс учаскесі, энергоцех, өндірісті дайындау, қоректендіру және басқару учаскелері кіреді. Бүгінгі таңда «Өркен» ЖШС ЛФ Лисаков қаласының негізгі кәсіпорындарының бірі болыптабылады.

Әр уақытта «Өркен» ЖШС Лисаков филиалының ұжымы кәсіпорынның тіршілік әрекетін қамтамасыз ету бойынша күрделі мәселелерді шешіп отырды. 1975-1992 жылдар аралығында Лисаков КБК-да жылулық агрегат ретінде сатылы аспалы қабат пешінің (СВС – 1,0) қолданылуымен күйдіру- магниттік байыту бойынша сынақты-өнеркәсіптік қондырғысы жұмыс істеді. Қондырғының шикі кен бойынша жобалық өнімділігі – 1 млн тонна жылына болды. Концентраттың бір бөлігі 1981-1985 жылдар аралығында агломерат, күйдірілмеген жентектер, күйдірілмеген кен-флюс-көмір жентектері және

күйдірілген жентектер түрінде заманауи домна пештерінде кесектелген күйдірілген-магниттік концентраттың ірі өнеркәсіптік сынақтарын жүргізу үшін пайдаланылды.

Гравитациялық-магниттік байытудың Лисаков концентраты фосфор мөлшері жоғары болғандықтан төмен тұтынушылық қасиеттеріне ие. Осыған байланысты "Механобр инжиниринг" АОЗТ концентратты фосфорсыздандыру және металлургиялық сапасын арттырудың жаңа технологиясын ұсынды. 2004 жылдан бастап Лисаков филиалында зиянды қоспаларды жою және технологиялық жабдықтарды монтаждау бөлімдерінің құрылысы бойынша жұмыстар басталды. 2012 жылдан бастап учаскеде технологиялық процестің толық жетілдірілуімен сынақты өнеркәсіптік қондырғыда мердігер ұйымның жобалық нәтижелеріне қол жеткізгенше жұмыстар тоқтатылды.

Қазіргі таңда «Өркен» ЖШС Лисаков филиалының кеншілері алдында жаңа – 1 типті 68,6 млн тонна кен шоғырланған № 5 учаскені эксплуатацияға енгізу мақсаты қойылды. Карьер эксплуатациясының және гравитациялық-магниттік байыту фабрикасының жұмысынан бастап барлығы 240 820 тонна мыс кен алынды. Кәсіпорын ұжымы үлкен ынтамен еңбек етуде, себебі олар учаскесі енгізудің аса маңыздылығын түсінеді, себебі бұл 1 типті кен тапшылығын жоюға, және салдарынан өндіріс төмендеуінің алдын алуға мүмкіндік береді [7].

1.3 «АрселорМиттал Темиртау» АҚ металлургиялық компаниясы жөнінде басты деректер

Сапалы өнім құру және жаңа технологиямен қамтамасыз ету үшін «АрселорМиттал Темиртау» АҚ компаниясында дүние жүзі бойынша 1400 астам зерттеушілер мен 11 зертханалар жұмыс істейді.

«АрселорМиттал Темиртау» АҚ компаниясы болат өндірісі бойынша дүниежүзілік көшбасшы болып табылады және автомобиль жасау, құрылыс, тұрмыстық техника мен қаптама өндірісі тәрізді салаларды қамтитын, дүниежүзілік негізгі металлургиялық нарықта жетекші орынға ие. Сонымен қатар компания шикізаттың ірі қорына және тиімді сату жүйесіне ие. 222 мыңнан астам қызметкерлері бар «АрселорМиттал Темиртау» АҚ компаниясының дүние жүзі бойынша 60 мемлекетте өкілдері бар.

«АрселорМиттал Темиртау» АҚ өзінің металлургиялық қызметін, дамыған және дамып келе жатқан нарықтарды қамтитын төрт континентте жүргізуде. Біздің болаттың шамамен 35% - Америкада, 47% – Еуропада және 18% – өзге аудандарда, оның ішінде Қазақстан, Оңтүстік Африка және Украинада өндіріледі. «АрселорМиттал Темиртау» АҚ Солтүстік және Оңтүстік Американың, Батыс және Шығыс Еуропа, ТМД мемлекеттері мен Африканың металл нарығында көшбасшы болып келеді.

Кен алу саласы «АрселорМиттал Темиртау» АҚ компаниясы дамуының негізі болып табылады. Қазіргі уақытта біз, Алжир, Босния мен Герцеговина,

Бразилия, Канада, Қазақстан, Либерия, Мексика, Украина және АҚШ сияқты мемлекеттерде кен алу жұмыстарын жүргізудеміз. Біздің жоспарда - Австралия, Мавритания, Мозамбик, Сенегал және Оңтүстік Африкада кен алу кәсіпорындарын дамыту.

Топ құрылымы бойынша алты операциялық сегменттерге бөлінген: Американың жақыз көміртекті илемі, Еуропаның жазық көміртекті илемі, Америка мен Еуропаның ұзын өлшемді көміртекті илемі, AACIS (Азия, Африка, ТМД елдері), кен алу сегменті, сату. Компанияның әрбір кәсіпорны осы сегменттердің біріне жатады.

Көмекші бөлімшелері сатып алуды, энергиямен қамтуды, жеткізуді, ақпараттық технологиялар мен негізгі емес өнім түрлерін сатуды қамтиды. "АрселорМиттал" компаниясы акцияларының бағасы Нью-Йорк (MT тауарлық белгісімен), Амстердам (MT), Париж (MT), Люксембург (MT), Барселона (MTS), Бильбао (MTS), Мадрид (MTS) және Валенсия (MTS) қор биржаларында белгіленеді [8].

1.4 Лисаков кен орнының қоңыр темір тас кенінің заманауи күйі

Лисаков кен орнының қоңыр темір тас кені Қостанай облысында орналасқан және оның жанында орналасқан қоңыртас Аят кенімен қосынды қоры алты миллиард тоннадан астам құрайды және Қазақстан Республикасының барлық темір кен орындары қорының 60% астамын құрайды. Қоңыр теміртастың Лисаков кен орны 1980 жылдары ашық тәсілмен барланды және кен орын маңында байыту фабрикасы тұрғызылған. Кен гравитациялық магниттік байытуға ұшырайды. Темір мөлшері $Fe=28\%$ болатын бастапқы кен шикізатынан темір мөлшері $49,3\%$ болатын ЛГМК концентратын алады.

Алайда ЛГМК жаппай өндірісі күтілген келешекке ие болған жоқ. Басты мәселесі, ЛГМК фосфорлы концентрат болып табылатындығында. 1985-1990 жылдары ЛГМК өндірісі жылына 2,0 млн тоннаға жетті және Қарағанды металлургия комбинатында (қазіргі «АрселорМиттал Темиртау» АҚ) өңделді. ЛГМК-нан өндірілетін агломераттар, фосфор мөлшері 1,30 % дейін болатын шойын өндірілетін домна пештерінде өңделді. Фосфор мөлшері $[P]=0,03$ және одан төмен болатын (болат сапасының техникалық шарттарына сәйкес) болат шығаратын оттекті конвертерлерде мұндай шойынды қайта балқыту үшін, қос шлақты процесті ұйымдастыру қажет болды. Берілген жағдайда қосшлақты процесс келесі кері салдарға әкелді:

- а) өнімділіктің айтарлықтай екі есе төмендеуі;
- б) шлак шығуының екі есе ұлғаюы;
- в) материалдық және энергетикалық шығындардың ұлғаюы;
- г) болат өзіндік құнының жоғарылауы.

Алайда КСРО құлдырағаннан кейін ішкі нарық та жабылды және ЛГМК өндірілетін металл сұранысқа ие болған жоқ. Ары қарай комбинат шетел фирмалардың, қазіргі «АрселорМиттал Темиртау» АҚ қолына өтті, және

бұрынғыдай масштабта ЛГМК пайдаланылуы тоқтатылды. Қазіргі таңда ЛГМК тек шихтаға қоспа ретінде, өзінің төмен өзіндік құнының есебінен 10% дейінгі мөлшерде пайдаланылады. Экспортқа келетін болсақ, құрамында фосфор мөлшері жоғары болғандықтан, ешбір шетел компаниясы ЛГМК импортына қызығушылық танытпайды.

Фосфор мәселесі кен орынды барлау кезінен бастап болды және көптеген онжылдықтар бойы шешілмеген болып қалуда. Мұндай ұзақ уақыт мерзімінде концентратта фосфор мөлшерін төмендету және фосфор құрамды кеннен кондициялық металл алу технологиясын жасауға бағытталған ғалымдар мен мамандардың талпынысы болды [9-16].

«Уралмеханобр»; ХМИ «КИМС» АҚ тәрізді ірі ғылыми-зерттеу институттарының қатысуымен көптеген ғылыми зерттеулер мен ғылыми-техникалық жасақтаулар жүргізілді. Зерттеулер мен технологияны жасақтау нәтижелерінің көрсетуі бойынша, ЛГМК-да фосфор концентрациясын 0,60- 0,70 %-дан 0,25% дейін төмендету мүмкіндігі бар.

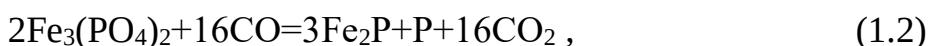
Бұл зерттеулер мен жасақтаулар реагенттермен – фосфор еріткіштерімен шаймалау әдісімен ЛГМК-ны фосфорсыздандыруға бағытталған. Жасақталған технология өнеркәсіптік шарттарда сынақтан өткізілді. Технологияның жарты жылдық сынағынан кейін металлургия комбинатының басшылығы технологияны өндіріске ары қарай енгізуден бас тартты. Мұндай технологиядан бас тартудың себебі, біріншіден, өңделген күкірт қышқылының ерітіндісін ауқымды көлемде тастау есебінен су және топырақ ресурстарының экологиялық қауіпсіздігінің бұзылуы, екіншіден, өңделген ЛГМК құрамында 0,25 % деңгейінде фосфор мөлшері, қосымша өндіріс шығындарын талап ететін болат балқытудың қосшлақты процесінен комбинатты арылтпайды.

Қазіргі таңда фосфор концентрациясын тікелей төмендету немесе беріктілігі жоғары қосылыстардың түзілуімен оны бейтараптандыру арқылы ЛГМК жақсарту бойынша түбегейлі ғылыми зерттеулер нәтижелері мен техникалық шешімдер жоқ. Пирометаллургиялық технологияның ұйымдастырылуымен ЛГМК фосфорсыздандыру немесе фосфор қосылыстарын бейтараптандыру процесі ашық мәселе болып қалуда. Оны тікелей пирометаллургиялық өңдеу шешімі ЛГМК тікелей өңдеуге жол ашады. Бұл кезде фосфорсыздандыру немесе фосфорды бейтараптандырумен ЛГМК жақсарту процесі оны тотыққан түрінен редукциялаумен жүзеге асырылуы мүмкін. ЛГМК құрамында темір тотығы мен фосфор пентатотығы қосылыста болатындықтан, редукциялап күйдіру кезінде әдетте бір уақытта темір мен фосфор редукциясы және соңғысының металды темірде еруі жүреді. Дәл сондықтан, редукциялап балқыту кезінде фосфор шихтадан айтарлықтай жойылмайды деп санау қабылданған [17,18]. Оған қоса, кешенді қосылыстардың диссоциациялық түйінінің ескерілуімен тотықтарының химиялық беріктілігіне тәуелді металдардың селективті редукциялану мүмкіндігін қарастыратын, жаңа теориялық қағидалар мәлім [19].

Термодинамикалық зерттеулер нәтижелері бойынша темір фосфатының ғана емес, оған қоса өзге фосфаттардың да химиялық беріктілігі орнатылды

[20].Темір фосфаты жеткілікті берік химиялық қосылыс болып табылады.Дегенмен, мұндай кешенді қосылыстар қажетті температураға дейін қыздырғанда ыдырайды, бұл тек қана темір емес, оған қоса фосфордың редукциясына әсер етеді.

Темір фосфатынан фосфордың редукциясы келесі реакциялар бойынша редукционер газдың пайдаланылуымен жүреді:



Олар еркін фосфор пентатотығынан фосфордың редукциясымен салыстырғанда, жоғары жылу жұтумен жүреді.

ЛГМК пирометаллургиялық өңделуі жаңа бағыт болып табылады және ірі минералдық кешендерді түрлендіруге мүмкіндік береді, сонымен қатар олардың бос металл тотықтарына диссоциациялану және олардың селективті редукциялану мүмкіндігін ашады.

Селективті фосфор редукциясын жүзеге асыру немесе оны берік химиялық қосылыстарға өткізумен бейтараптандыру кешенді ғылыми зерттеулердің жүргізілуін талап етеді. Бұл бағытта оң нәтижелердің алынуы, Лисаков ГОК тәрізді ірі темір кені бассейнінің даму және оны пайдалану келешегіне және тәжірибелік маңыздылығына ие.

Қазақстан, Сібір, Урал металлургиялық зауыттарының шикізат базасын құруда ЛГМК қоры (6,5 млрд.т) және тау-кен техникалық шоғырлану шарттары Оңтүстік Урал мен Қазақстанның металлургиялық зауыттарын шикізатпен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [9]. Алайда, осы кеннің пайдаланылуына байланысты қара металлургияда оларды өңдеу мәселелері туындады. Берілген кеннің ерекшелігі, ең бастысы, құрамында фосфор мөлшерінің 0,6-0,78% дейін жоғары болуына байланысты. Бұл кеннің оң қасиеті – күкірт бойынша тазалығы (0,02%). Осыған байланысты, Лисаков темір кені шикізатын өңдеу кезінде металлды десульфурациялау жойылады. Лисаков гравитациялық магниттік концентратын (ЛГМК) кешенді өңдеу өзекті мәселе болып табылады.

1.5 Лисаков кен орнының қоңыр теміртасының фосфорын күйдіру және ары қарай шаймалау ерекшеліктерін зерттеу

Лисаков концентратынан фосфорды күйдіру және ары қарай әлсіз күкірт қышқылымен шаймалау ерекшеліктерін зерттеу бойынша жұмыстар кешені жүргізілді. Лисаков концентратында фосфор гидратталған фосфор құрамды

компонент түрінде кездесетіні орнатылды, ол күйдіру кезінде еркін фосфор тотығының түзілуімен ыдырайды. Күйдірілген концентраттан фосфорды шаймалау тиімділігі бірнеше шарттарға тәуелді: күкірт қышқылының концентрациясы, күйдірілген концентрат бөлшектерінің ірілігі, қатты/сұйық қатынасы, пульпа температурасы және оны араластыру қарқындылығы. Нәтижесінде, көрсетілген технология бойынша шаймаланған Лисаков концентратында 0,15-0,18% деңгейінде фосфордың қалдық мөлшерін алу мүмкіндігі бар.

Темір кенінің Лисаков кен орны Қостанай облысында орналасқан (Қазақстан Республикасы). Кеннің негізгі массасы ұсақ түйіршікті оолит түрімен көрсетілген. Басты кен минералы гидрогетит болып табылады.

Кен орны 1970 жылдан бастап барлануда. Оның негізінде тау-кен байыту комбинаты тұрғызылды және жұмыс істейді, оның өнімі темір мөлшері 39-40% болатын гравитациялық-магниттік концентрат болып табылады. Мұндай концентраттың ірілігі 1 мм кем және құрамында 0,8-0,9% фосфор кездеседі, бұл оның металлургиялық өңделімде қолданылуын тежейді. Домнада балқыту шарттарында фосфор айтарлықтай толық шойынға өтеді. Болат балқыту өңделімінде фосфорды жою шлақтың қос айдалуын талап етеді және экономикалық тиімсіз болып табылады. Шөміштерде шойыннан фосфорды жою, ауқымды қаражатты қажет ететін мәселелі операция болып қалуда. Сондықтан зерттеушілердің күші, домнада өңдеуге кенді дайындау сатысында Лисаков концентратынан фосфорды жоюға мүмкіндік беретін технологияның ізденісіне бағытталған.

Темір кенінен фосфорды жоюдың гидрометаллургиялық технологиялары мәлім. Бір ұсыныста сода ерітіндісін пайдаланады, екіншісінде кенді сілті ерітіндісімен, үшіншісінде – күкірт қышқылы ерітіндісімен өңдейді. Испан және француз зерттеушілері фосфорды күкірт қышқылымен бөлме температурасында шаймалауды ұсынды. Мұндай технологияның кемшілігі шаймалаудың ұзақтығы (5-25 сағ) болып табылады. Австралия зерттеушілері фосфорды шаймалау алдында 500-600°C температурада 1,0-1,5 сағ. уақыт бойы алдын-ала термиялық өңдеу жүргізуді, ал ары қарай шаймалауды 60-80°C температурада 2-3 сағ. уақыт бойы күкірт қышқылымен өткізуді ұсынды. Мұндай технологияның кемшілігі ерітіндіге фосфордың төмен бөлінуі болды.

Орыс зерттеушілері [21] концентраттың алдын-ала термиялық өңделуін 800-1000°C температурада 1 сағат уақыт бойы жүргізуді, ал ары қарай күйдірілген концентраттан фосфордың шаймалануын күкірт қышқылымен 20-50°C температурада және Қ:С=1:(1-2) қатынасында жүзеге асыруды ұсынды. Ұсынылған технология, өнеркәсіптік масштабта оның жүзеге асырылуын қиындататын негізделген кемшіліктерге ие. Көрсетілген деректерден концентратты күйдірудің оңтайлы температурасы айқын емес. Күйдіру режимін қалыптауға және оны бақылауға мүмкіндік беретін, күйдіру сапасының көрсеткіштері жоқ. Күйдірудің оңтайлы ұзақтығы айқын емес. Қарастырылып отырған технологияда фосфорды шаймалау концентрациясы жоғары (49%) күкірт қышқылымен жүргізіледі және күкірт қышқылының

оңтайлы концентрациясы жөніндегі мәселе айқын емес. Ұсынылып отырған технология күйдіру және шаймалау көрсеткіштерін өзара оңтайландыру сұрағы, сонымен қатар осы өңделімдердің механизмі жөнінде шешім бермейді.

Бельгия зерттеушілері суда еритін фосфаттардың түзілуімен және ары қарай суда шаймалаумен [22], алдын-ала күйдіруді сілтінің қатысында жүргізуге ұсыныс берді, бұл ауқымды сілті шығынын талап етеді.

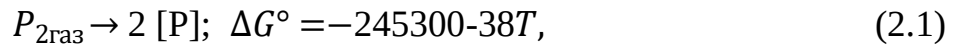
Қазақ патентінде, [23] жоғарыда қарастырылған орыс патентіне екі нақтылық енгізілген: концентратты алдын ала күйдіру температурасы 1000-1200°C құрайды. Мұндай қазақ патенті айтарлықтай жүзеге асырылмайды, себебі көрсетілген температурада концентраттың пісірілуі жүреді және күйдіру агрегатында технологиялық режим толығымен бұзылады. Екінші қазақ патентінде [24] концентратты күйдіру алдында, оны акустикалық немесе радиациялық өңдеу жүргізу ұсынылған, салдарынан авторлар пікірі бойынша, күйдіру температурасын төмендетуге болады.

Ресейлік зерттеушілер [25] концентратты редукциялау ортасында 1350-1450°C температурада күйдіруді ұсынды. Мұндай шарттарда пісірінділер түзіледі және мұндай процесті өнеркәсіпте жүзеге асыру мүмкіндігі төмен.

2 Дефосфорация әдістемесі

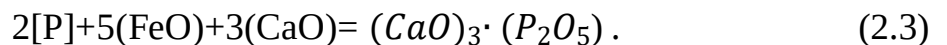
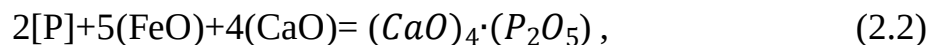
2.1 Дефосфорация

Темірдің құрамында фосфор белгілі бір мөлшерде ериді. Фосфорды еріту кезінде біраз жылу бөлінеді:



Фосфор әдетте болаттың құрамында зиянды қоспа болып саналады және оны жоюға көп көңіл бөлінеді. Металдың құрамындағы фосфорды жою үшін, шлақтың құрамындағы P_2O_5 –тің активтілігін төмендету керек. Бұл процеске әк (немесе әктас) қосылған негізгі шлақты қосу арқылы қол жеткізіледі. Әктас - CaO негізгі құрамдас бөлігі P_2O_5 пен әрекеттесіп, берік күрделі қосылыстар түзіледі. Олар $(CaO)_4 \cdot (P_2O_5)$ және $(CaO)_3 \cdot (P_2O_5)$.

Темір және кальций тотықтары бар шлакпен металдың өзара әрекеттесуі кезінде реакция өтеді:



Жоғары температурада, металдың құрамындағы фосфор жою міндетті болып саналады, себебі шлак бір мезгілде тотыққан және жоғары негізді болуы қажет болып саналады. Қышқылды шлактармен жұмыс істегенде шлақтың құрамындағы фосфорды жою мүмкін емес. Сондықтан қышқылды процестерде шихта өте таза болуы керек. Шлактағы P_2O_5 белсенділігін азайтып, сол арқылы фосфорды жою реакциясын солдан оңға қарай шлакта ауыстыруға тура келеді. Металлмен тепе-теңдікке жақын фосфор мөлшері бар шлақты агрегаттан шығарылады, ал оның орнына құрамында фосфор жоқ қоспалар көмегімен жаңа шлақты салады. Мұндай операциядан кейін тепе-теңдікке жақын жағдай орнағанша металдың құрамындағы фосфордың кейбір мөлшері жаңа шлаққа ауысады. Шлақты тасымалдау операциясы және жаңа шлакпен ауыстыру операциясын металда фосфор өте аз қалғанға дейін бірнеше рет жүргізуге болады. Мұндай әдіс металда фосфордың өте төмен концентрациясын алу үшін қолданылады.

Негізгі осы жағдайлар (металдың дефосфорациясын жүргізуге) мүмкіндік береді.

Бұл шарттар қамтамасыз етуден тұрады:

- а) тотықтырғыш орта, шлактағы темір тотықтарының жоғары белсенділігі;
- б) шлақтың өте жоғары негізділігі;
- в) шлактардың болуы, құрамында аз мөлшерде фосфордың аз болуы, шлақтың тасымалдануы;

г) жоғары емес температура.

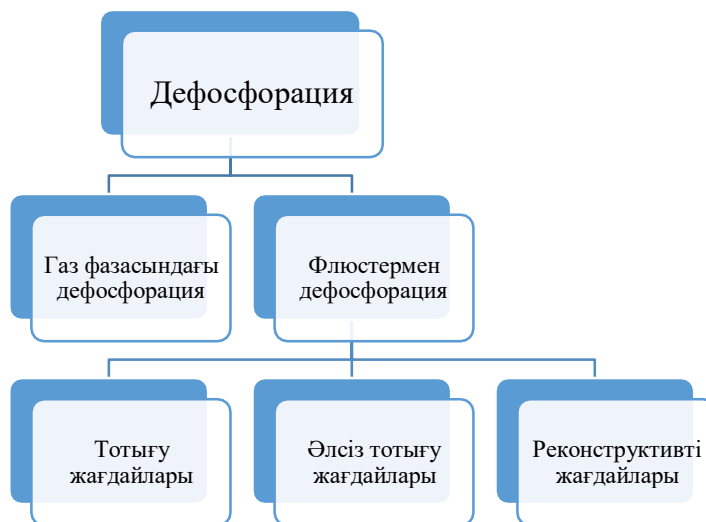
Егер белгілі бір жағдайда осы шарттар сақталмаса, бұрын тотыққан фосфордың металға қайта қалпына келуі мүмкін.(Рефосфорация)

Егер металл мен шлактың температурасы жеткілікті жоғары болса және шлактар сұйық қозғалатын және белсенді болса, онда балқытудан кейін ковш құю кезінде шлак футеровканың ковшымен өзара әрекеттесетін болады. Шамотты футеровкасы ковштың SiO_2/Al_2O_3 тұрады.

Нәтижесінде металмен жанасудағы шлактың тотығуы аз болады және бір мезгілде оның негізділігі төмендейді. Егер шлакта фосфор көп болса, онда мұндай шлактар фосфор қалпына келтіріле бастайды және металға ауысады және балқыту жарамсыз болуы мүмкін. Сондықтан да балқытудың соңында металдағы фосфордың мөлшері аз болмаған жағдайларда да үшін рефосфорация болдыртпау үшін барлық шараларды қолданады [26].

2.2 Дефосфорация тәсілдерін теориялық талдау

Қазіргі уақытта дефосфорацияның екі бағыты қарастырылуда: арнайы флюстердің көмегімен осы бағытқа көп көңіл бөлінеді және фосфорды газ фазасына алып тастау жарияланымдардың шектеулі саны.



1 Сурет – Дефосфорацияның жіктелуі

Өз кезегінде P_{O_2} жүйесінің тотығуына байланысты арнайы флюстермен дефосфорация: тотығу, аз тотығу және реконструктивті болып бөлінеді.

Тотығу жағдайларында жоғары қоспаланған болаттар мен қорытпаларды балқыту кезінде дефосфорацияны қолдану оттегіге үлкен ұқсас қоспалаушы элементтердің қарқынды тотығуы салдарынан мақсатқа сай емес.

Жұмыста флюстік дефосфорацияның қазіргі әдістері талданып, әр үдерістің күшті және әлсіз жақтары бағаланды. Дефосфорлық қабілеттілікті

әмбебап бағалаумен фосфордың таралу коэффициентінің жүйенің тотығу тәуелділігі қабылданды. Нүктелі сызықпен хром оксидімен тепе-тең тотығу мәні, яғни $P_{O_2} = 10^{-12}$ сәйкес келетін сыни мәні көрсетілген. Барий және сода оксидтерінің негізіндегі флюстердің фосфордың таралу коэффициентінің жоғары мәні және P_{O_2} гидрототығу неғұрлым төмен мәні бар, бірақ легирлеуші элементтердің мүмкін болатын шығындарын жоққа шығармайды.

Барий қосылыстары жеткілікті қымбат болып келеді, бұл болаттың өзіндік құнының едәуір өсуіне әкеледі. Кальций мен кальций карбидін қолданатын флюстер фосфордың жоғары таралу коэффициенттерінен басқа балқыманың тотығуының ең төменгі мәнін қамтамасыз етеді, бұл қоспалаушы элементтердің тотығуы мен жоғалуын болдырмайды. Мұндай флюстердің елеулі кемшілігі-металлургиялық процестердің температурасы кезінде кальцийдің қарқынды булануы және оның пайдалану коэффициенті өте төмен. Одан әрі зерттеу үшін өте перспективті және аз зерттелген әдіс – реконструктивті жағдайларында кальций карбиді негізіндегі флюстер көмегімен дефосфорация таңдалды.

Альтернативті нұсқа ретінде фосфорды газ фазасына алып тастау әдісі қарастырылды, ол принципті жаңа және аз зерттелген тәсіл болып табылады, бірақ жеткілікті үміт күттіретін және перспективті. Кальций карбиді көмегімен реконструктивті жағдайларында жоғары қоспаланған болаттардың дефосфорация процесі қазіргі уақытқа дейін жеткілікті толық емес, оның ішінде Ресей ғалымдары өнеркәсіптік жағдайларда зерттелген.

Бұл тәсілдің көрінетін артықшылықтары оны металлургияны дамыту үшін жеткілікті тиімді, бірақ неғұрлым егжей-тегжейлі зерттеуді қажет етеді. Кальций карбидін қолдану арқылы реконструктивті жағдайларында легирленген балқыманы дефосфорациялау процесі келесі реакциямен сипатталуы мүмкін:



$$\Delta G^\circ = -79044 - 10,12T. \quad (2.5)$$

Карбидтің балқымада ерітілген фосформен өзара әрекеттесуі нәтижесінде кальций фосфиді түзіледі және металда еритін көміртегі бөлінеді. (8) өрнегін талдай отырып, осы реакцияға әсер ететін негізгі факторларды анықтауға және дефосфорация процесінің өтуінің оңтайлы шарттары бойынша ұсынымдар беруге болады.

Кальций карбидімен дефосфорация үдерісіне әсер ететін негізгі факторлар:

- а) фосфор активтілігі;
- б) хром белсенділігі;
- в) көміртегі активтілігі;
- г) процесс температурасы.

Фосфордың тепе-тең болуына оның балқымадағы өзіндік құрамы аз әсеретеді. Фосфордың құрамы балқыманың басқа компоненттерінің белсенділігіне, сондай-ақ өз белсенділігіне әсер етпейді.

Вант-Гофф изобаралық теңдеу талдауы $d\ln \frac{K}{dT} = \frac{\Delta H_0}{RT^2}$ реакция энтальпиясының өзгеруінің мәні кезінде константаның температурасының жоғарылауы кезінде нөлден азайғанын және реакция аз толықырақ жүретінін көрсетті.

Егер температура жоғарыласса, жүйеде жылу жұту мен қатар жүретін процесс жүреді. Бұл жағдайда бұл процестің кері ағуына сәйкес келеді. Яғни термодинамика заңдарына сәйкес реакция төмен температураларда неғұрлым толық жүреді. Қорытпаның дефосфорация процесіне негізгі әсер көміртегі белсенділік бар. Кальций карбиді менде фосфорация кезінде металды біртіндеп көміртектендіру жүріп жатқанын және көміртегі белсенділігінің айтарлықтай ұлғаюына тап өту қажет. Термодинамикалық есептер балқымадағы көміртегі мөлшері 1,3 %-дан жоғары болған кезде фосфордың тепе-тең құрамы бастапқы деңгейге (0,04-0,05 %) жақындап, дефосфорация процесі тоқтатылып, рефосфорация басталуы тиіс екенін көрсетті [27].

2.3 «АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялау өндірісінің сеппелі материалдары

Сусымалы күйінде шикізатты домна пештерінде балқыту мүмкін емес, сондықтан алдын ала кесектеуді талап етеді. «АрселорМиттал Темиртау» АҚ металлургия комбинатында домна пештерінде балқытуға арналған шикізатты дайындау технологиясы кесектеудің дәстүрлі әдісі агломерация арқылы қамтамасыз етіледі. Домна шикізаттарын дайындаудың негізгі мәселесі темір кенді және басқа да аглошихтаның сусымалы материалдарын кесектеудің қиындылығымен байланысты агломерациялық машиналардың төмен меншікті өнімділігі болып табылады. Сусымалы материалдарды кесектеудің технологиясы және тиімділігі олардың физикалық және химиялық қасиеттерінен тәуелді. Өндірістік материалдардың гранулометриялық және химиялық қасиеттерінен тәуелді. Өндірістік материалдардың гранулометриялық және химиялық құрамы туралы ақпарат жұмыс деректерінде келтірілген. Шикізаттың негізгі физикалық және химиялық сипаттамалары бағаланған.

«АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялау өндірісінің шихтасы ірілігі әртүрлі сеппелі материалдардың [28] дисперсті жүйесі болып келеді. Оны ұнтақ тәрізді, кесекті және түйіршікті бөлшектер жиынтығының механикалық қоспасы ретінде, сонымен қатар шаң түрінде қарастыруға болады. Шаң тәрізді күйінде сеппелі материал бөлшектерінің өлшемі әдетте 0,05 мм кем, ұнтақ тәрізділерге бөлшектер өлшемі шамамен ($0,05\text{мм} < d < 0,5\text{мм}$), ұсақ түйіршіктіге – ($0,5\text{мм} < d < 2\text{мм}$), ірі түйіршіктіге – ($2\text{мм} < d < 10\text{мм}$), кесектіге –

10мм жоғары болатын материалдарды жатқызады. Агломерациялық шихта компоненттері пішіні әртүрлі қатты бөлшектерден тұрады: ЛГМК ($d < 3\text{мм}$) оолит пішінді бөлшектермен, ССКӨБ концентраты ($d < 1\text{мм}$) және кен қоспасы ($d < 10\text{ мм}$) дұрыс емес пішінді бөлшектермен көрсетілген. Оған қоса, агломерациялық өндірістің сеппелі материалдарына ірілігі 4 мм кем флюстер және ірілігі 3 мм кем кокс майдасы түрінде қатты отын кіреді. Берілген бөлшектердің бір бірімен байланысы әртүрлі, ол бөлшектер өлшеміне, олардың пішініне және сеппелі материалдардың өзге қасиеттеріне тәуелді болады [29]. Кендер мен концентраттарды кесектеу теориясына бағытталған ауқымды жұмыстар санына [30,31] қарамастан, әртекті сеппелі материалдарды араластыру және кесектеу аз зерделенген физикалық процесс болып келеді. Негізгі себебі әртекті сеппелі өнімдер қасиетінің сандық туындауын қате анықтау болып келеді. Олардың шығу тегі ғана айқын анықталады.

Сеппелі материалдар қасиеттері «АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялау өндірісінің кейбір материалдары үшін анықталды: Лисаков гравитациялық-магниттік концентраты (ЛГМК), Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігінің концентраты (ССКӨБ), кен қоспасы, комбинирленген флюс және кокс майдасы. Химиялық, гранулометриялық құрамы мен дербес физикалық қасиеттері бойынша ерекшелене отырып, олар кесектеу процесіне және осылайша, агломашиналардың меншікті өнімділігіне әртүрлі әсерін тигізеді.

1 Кесте - Агломерациялық шихта компоненттерінің фракциялар бойынша гранулометриялық құрамы

Материал	Фракциялар бойынша агломерациялық шихта компоненттерініңгранулометриялық құрамы (%) (мм)											Бөлшектердің орташа өлшенген диаметрі мм / г
	>10	7-10	5-7	3-5	1-3	0.5-1	0.25-0.5	0.125-0.25	0.063-0.125	0.045-0.063	<0.045	
Концентрат ЛГМК	-	-	-	0,19	3,11	64,61	28,71	2,99	0,23	0,04	0,1	0,66
Кеңқоспасы	8,26	9,95	9,53	16,09	15,88	9,42	10,06	10,86	7,41	1,57	0,99	2,5
Кокс ұнтақ	-	-	3,07	24,02	30,77	22,47	17,16	2,25	0,18	0,04	0,04	1,95
Концентрат ССКӨБ	-	-	-	-	-	2,17	2,72	9,47	55,32	21,23	9,04	0,12
Комбинерленген флюс	5,07	2,12	4,53	16,73	24,2	11,66	8,31	7,34	6,91	4,10	9,07	1,73

2 Кесте - Сеппелі материалдардың фракциялар бойынша химиялық талдауы

Шикізат	Фракция, мм	Құрамы, %						
		$Fe_{ж}$	FeO	CaO	SiO_2	P	Al_2O_3	MgO
ЛГМК	3-1	41,05	1,46	0,62	20,14	0,41	2,95	< 0,5
	1-0,5	47,56	0,6	< 0,5	10,97	0,66	4,36	< 0,5
	0,5-0,25	46,58	0,46	< 0,5	9,71	0,67	4,58	0,5
	<0,25	43,22	3,69	< 0,5	25,08	0,51	3,97	< 0,5
Комбинерленген флюс	5-0,5	1,27	—	40,73	1,37	—	0,38	9,89
	< 0,5	3,39	—	39,02	3,66	—	1,29	10,34
ССКӨБ	0,5-0,125	53,32	19,73	1,77	11,44	—	—	—
	<0,125	67,81	28,83	< 0,5	3,68	—	—	—
	> 10	49,95	10,87	5,26	9,95	—	—	—
	10-7	54,73	20,19	5,13	11,03	—	—	—
Кең қоспасы	7-4,5	51,69	17,13	6,77	11,73	—	—	—
	4,5-1	48,21	16,07	8,44	12,63	—	—	—
	1-0,25	46,04	13,76	7,99	13,04	—	—	—
	< 0,045	44,74	14,99	8,44	11,53	—	—	—

Оның гранулометриялық құрамы айтарлықтай сүйір бұрышты бөлшектермен көрсетілге және жентектелетін түйіршіктерден тұрады, олар кесектеу кезінде «ұрық» бетіне иленеді. Витюгин шкаласы бойынша ССКӨБ концентраты жақсы жентектелетін материалға жатады [32].

Електік құрамы бойынша ерекшеленетін, «Атансор», «КенТобе», «Атасу» кен орындарының темір кенді материалдарынан тұратын кен қоспасының гранулометриялық құрамының дифференциалдық қисығы бөлшектер өлшемі бойынша фракциялардың қалыпты таралуынан ауытқиды, себебі ол физикалық қасиеттері әртүрлі кен қоспасының жалпыланған сипаттамасы болып табылады.

Химиялық талдау көрсетуі бойынша сеппелі материалдарда темір, кальций, фосфор, кремний мен өзге элементтердің мөлшері сеппелі материалдар фракциясының ірілігіне тәуелді.

ЛГМК құрамында темірдің жоғары мөлшері, концентраттың оолит бөлшектерімен келтірілген, 1-0,25 мм фракциясына сәйкес келеді. ЛГМК өзге фракцияларында темір мөлшері төмен, және олардың кездесуі дайын концентрат сапасын төмендетеді. 0,25 мм кем және 1,0 мм жоғары фракцияларда кремнезем мөлшерінің деңгейі 1,12 тең концентраттағы орташа мәнінен жоғары. Бұл деректер, байыту сапасын қолданыстағы технология бойынша жақсарту мүмкіндігін көрсетеді.

3 кестеде физикалық қасиеттер деректері келтірілген – агломерациялық шихта компоненттерінің сеппелі массасы және шынайы тығыздығы.

3 Кесте - Шихта компоненттерінің физикалық сипаттамалары

Шикізат	Шынайы тығыздық, г/см ³	Үйінді масса, г/см ³ (Y _γ)
ЛГМК	3,178	1,91
Кен қоспа	3,676	2,23
Коксты ұнтақ	1,815	0,71
ССКӨБ	4,006	2,52
Комбинерленген флюс	2,709	1,89
Әктас	2,346	0,71

3 кесте деректерінен көрініп тұрғандай, шығайы тығыздықтың аса жоғары мәні темір мөлшері төмен болатын кен мен концентраттарға тән. Себебі агломерациялық шихтаның теміркенді бөлігінде ЛГМК шығынының жоғарылауы флюс шығынының ұлғаюына әкеледі, бұл аглошихтаның сеппелі салмағының, демек агломашинаның бірлік ауданынан агломерат шығуының төмендеуіне әкеледі.

2.4 «АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялық өндірісінің сеппелі материалдарының қорытындысы

«АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялық өндірісінің сеппелі материалдарының физикалық қасиеттері бойынша көрсеткіштері әртекті болып келеді. ЛГМК сеппелі массасы 1,91 г/см³, басым бөлігі 0,25-1 мм аралығында болатын, мөлшері 92-94 жоғары оолит пішінді бөлшектерге ие.

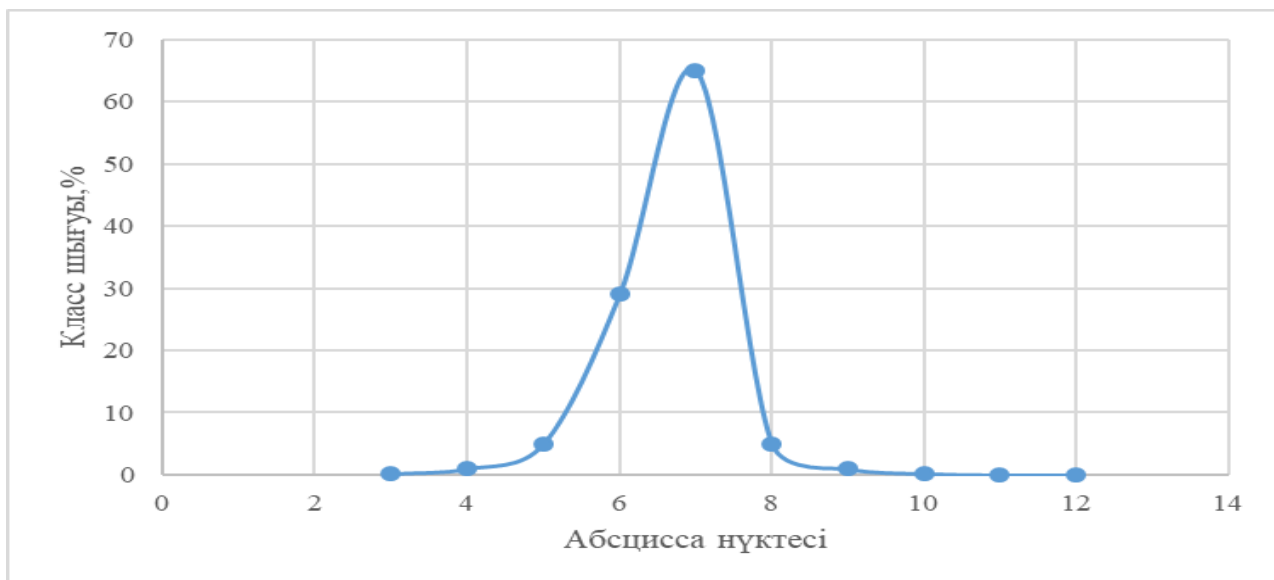
ССКӨБ концентраты айтарлықтай 0,074 мм төмен фракциялармен көрсетілген, ал кен қоспасының 95-ы сеппелі массасы 2,23 г/см³, классы 10 мм төмен дұрыс емес пішінді бөлшектермен көрсетілген. Оған қоса, агломерациялық өндірістің сеппелі материалдарына ірілігі 4 мм кіші флюстер (сеппелі массасы 1,89 г/см³) мен ірілігі 3 мм кіші кокс майдасы түріндегі қатты отын (сеппелі массасы 0,71 г/см³) кіреді.

Құрамында ЛГМК кездесетін шихтаны пісіру кезінде агломерациялық машиналардың төмен меншікті өнімділігі аглошихтаның әртүрлі сеппелі материалдарын кесектеу қиындықтарымен және агломерациялық шихтаның сеппелі массасының төмендеуімен байланысты.

Мұндай әртекті сеппелі материалдарды кесектеу технологиясы мен тиімділігі олардың физикалық және химиялық қасиеттеріне тәуелді. Өзінің табиғаты және дисперстік құрамы бойынша әртекті сеппелі материалдарды араластыру және кесектеу механизмі аз зерделенген процесс болып келеді. Кесектеу мен агломерациялауға материалдар қабілеттілігін бағалаудың әмбебап әдістемелерінің жоқ болуы, оларды тиімді кесектеу тәсілін және жабдық

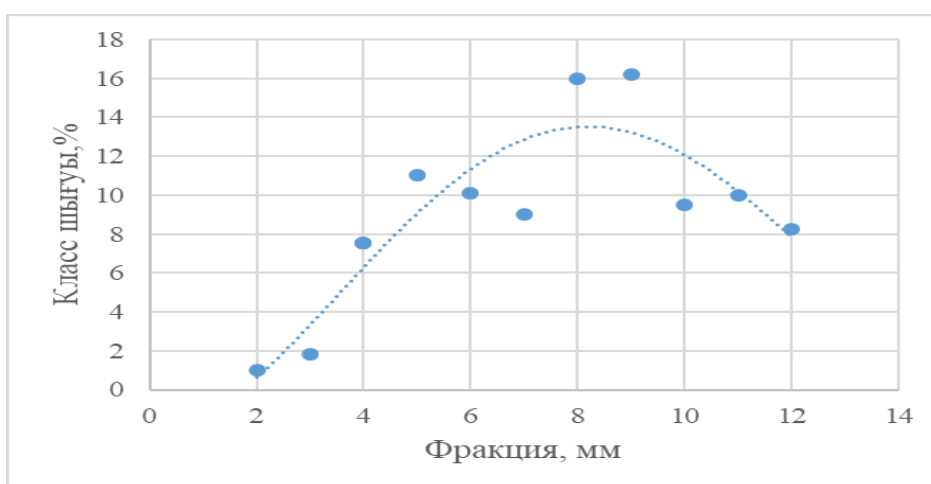
жұмысының технологиялық режимін таңдауды қиындатады.

Сеппелі материалдарды кесектеудің аса тиімді жолын жасақтау, араластыру (орташалау) және кесектеу процесінің механизмдерін зерттеуді талап етеді.

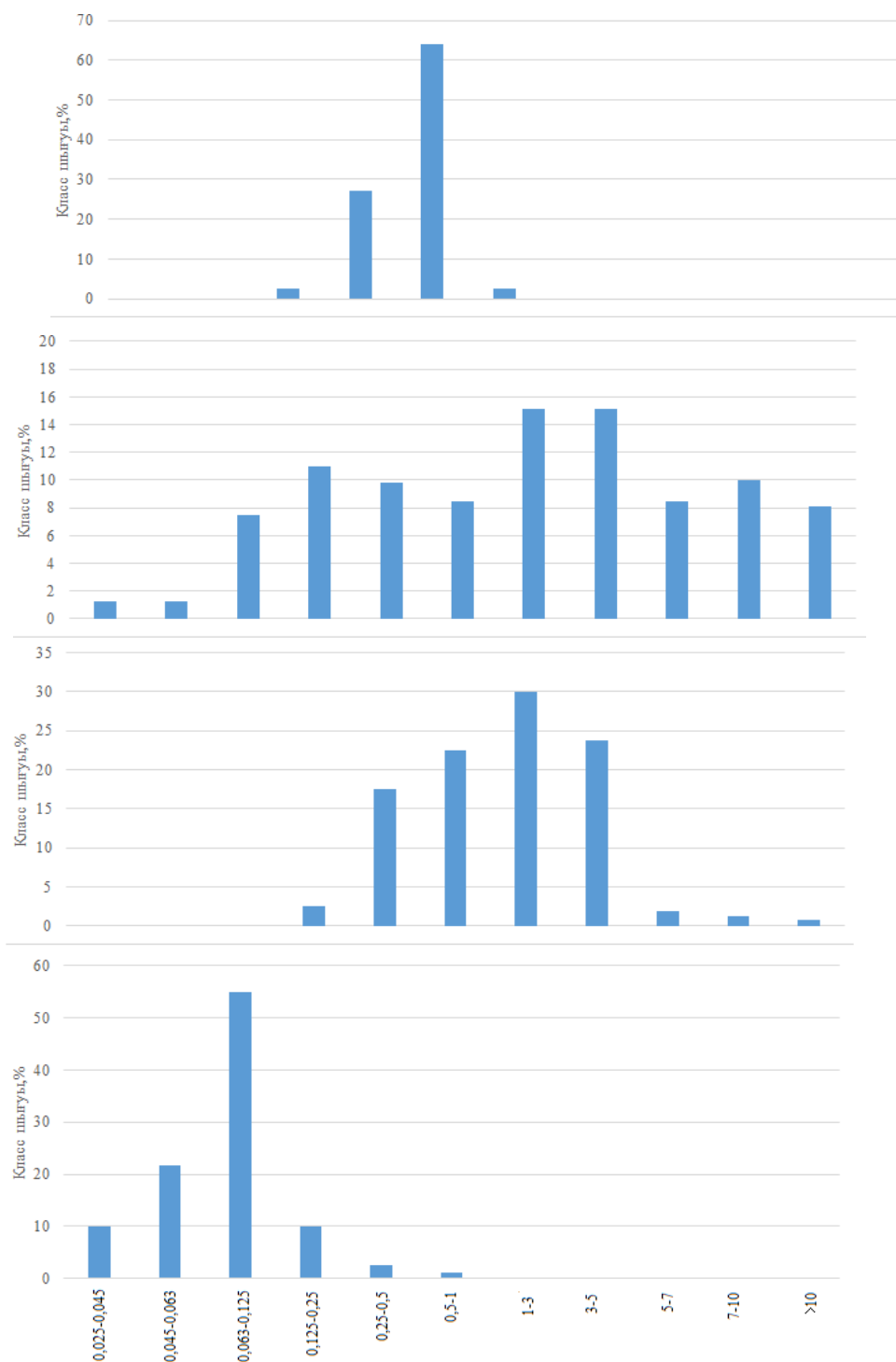


Абсцисса нүктесі	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Орташа өлшем											
Фракциялық бөлшектер	0,025	0,054	0,094	0,188	0,375	0,75	2	4	6	8,5	12

2 Сурет - Координаталардың жартылай логарифмдік жүйесінде ЛГМК концентраты гранулометриялық құрамының дифференциалды қисығы



3 Сурет - Координаталардың сызықтың жүйесінде кен қоспасы гранулометриялық құрамының дифференциалды қисығы



- а) ЛГМК концентрат;
- б) кең қоспасы;
- в) кокс түйіршігі;
- г) ССКӨБ концентрат

4 Сурет - «АрселорМиттал Темиртау» АҚ агломерациялық шихта компоненттерінің фракциялық бөлшектер өлшемі бойынша таралу сызбасы

3 Тәжірибелік зерттеулер

3.1 ЛГМК негізінде шихтаның фракциялық және химиялық құрамын қалыптастыру үшін зертханалық кешенді дайындау

Алдын ала зерттеу нәтижелеріне сәйкес тотыққан минералдардың сипаттамалары, олардың құрылымдық түзілімдері, масса алмасу процестерінде олардың термодинамикалық және кинетикалық түрленулерінің көрсеткіштері орнатылды. ЛГМК пирометаллургиялық өңдеудің күтілетін режимдері жөніндегі болжамдардың көрсетуі бойынша оны екі бағытта дайындау қажет:

1) ЛГМК фракциялық құрамына тәуелді темір мен фосфорды селективті редукциялау процестерін зерттеу, бұл қатты бөлшектердің әртүрлі өлшемдеріне дейін оның ұнтақталуын ұйымдастыруды талап етеді; 2) әртүрлі редукциялаушы реагенттердің пайдаланылуымен күйдіру және редукциялау процестерінің температуралық режимдеріне тәуелді фосфорды селективті бөліпалу.

Осы талаптарға сәйкес зертханалық қондырғылар мен жабдықтар сатып алынды және дайындалды. «Дірілді уатқыш – ИВ1» сатып алынды және жұмысқа даярланды, ол бастапқы шихта компоненттерін және ірілігі $\leq 3,0$ мм ЛГМК 0,1 мм дейін ұнтақтауға мүмкіндік береді.

Жұмыс істеу принципі. Дірілді уатқыш платформасы (ондағы бекітілген ыдыспен бірге) көлденең жазықтықта айналмалы тербелістер жасайды. Бұл кезде сақина ыдыс қабырғалары бойынша, ал ролик- сақина қабырғалары бойымен айналады. Материал ыдыс пен сақина қабырғалары арасында, ролик пен сақина арасында, сонымен қатар – роликтің, сақинаның төменгі жақтары мен ыдыс түбінің сақина, роликтің жоғарғы жақтары мен қақпақ арасында уатылады.

ЛГМК және оның негізіндегі шихтаны пирометаллургиялық өңдеу қатты фазалы күйде температуралар $1000-1100^{\circ}\text{C}$ облысында, және металданған өнімдерді балқыту - 1500°C температурада жүзеге асырылады. Мұндай температуралық режимдерде тәжірибелік зерттеулер жүргізу үшін СУОЛ-044 12-М2 қыздыру пеші және қыздыру элементі кремний карбиді SiC болып табылатын «Nabertherm RHTC 80-230/15/B410» күйдіру-балқыту құбырлы пеші дайындалды.

RHTC 80-230/15 - RHTC 80-710/15 модельдік қатарының негізгі сипаттамалары:

- максималды температурасы 1500°C ;
- корпусы тат баспайтын болаттан жасалған құрылымдық жаймалар;
- жоғары сапалы талшықты оқшаулау;
- төмен беттік температуралары үшін корпусстың белсенді суытылуы;
- S типті термоэлемент;
- жартылай өткізгіш релесі бар қыздыру жүйесінің төмен шулы жұмысы;
- сумен суыту фланецтері бар жұмысшы құбырларды орнату үшін дайындалған;

- С 799 сапалы керамикалық құбыр.

Сипатталған негізгі зертханалық қондырғылардан басқа, көмекші агрегаттар мен жабдықтар дайындалды. Оларға шихта компоненттері үшін зертханалық бункерлер, мөлшерлеуіш құрылғылар, қоюландырғыш, чашалы түйіршіктегіш, кептіру камерасы электронды таразы және бақылау-өлшеу аппаратурасы жатады. Барлық аталған зертханалық пештер, көмекші агрегаттар мен жабдықтар өзара байланысқан және толық зертханалық кешен болып келеді.

Тәжірибелік зерттеулер үшін қажетті ЛГМК және қажетті шихта компоненттерінің: әктас, ағаш және сапалы көміртегі құрамды редуционер массалары зертханаға жеткізілді және сәйкес шихта даярлау үшін дайындалды.

Осылайша, бірінші тоқсан бойынша күнтізбелік жоспарға сәйкес жоспарлаған жұмыс көлемі толығымен орындалды.

3. 2 ЛГМК термиялық өндеу бойынша тәжірибелік зерттеулер

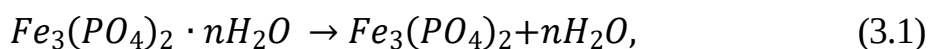
Тәжірибелік зерттеулер жүргізу үшін химиялық құрамы 4 кестеде көрсетілген «АрселлорМиталл Темиртау» АҚ комбинатынан шығарған ЛГМК үлгілері алынды.

4 Кесте - Қолданылған ЛГМК химиялық құрамы, %

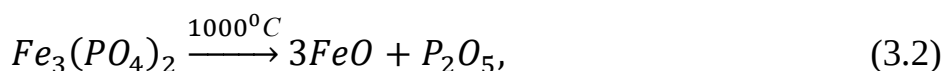
Fe	FeO	MnO	Zn	Pb	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	BaO	S	P	ппп
49,34	0,55	0,23	0,02	0,012	11,14	4,72	0,26	0,26	0,22	0,021	0,772	11,58

Кестеде элементтер мен тотықтар шын мәнінде күрделі химиялық қосылыстар түрінде көрсетілген. Онда фосфор P₂O₅ түрінде көрсетілген және Fe₂O₃·P₂O₅·nH₂O вивианит минералына қосылған.

(500°C) және (1000°C) күйдіру кезінде құрамында фосфор бар минералдар өзгеріске ұшырайды, яғни вивианит темірфосфатына:

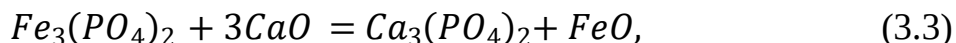


және темір фосфаты тотықтарға ыдырауы жүреді:



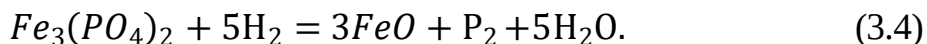
Салқындатылғаннан кейін ЛГМК күйдірілген үлгілердің салмағы ұшқыш және гидратты ылғалдың салмағының жоғалуына байланысты 176 граммға дейін азайған. Күйдірілген үлгілердегі темір мен фосфат концентрациялары Fe =56,06%: P=0,89%. Ары қарай күйдіру үшін және темір фосфатын кальций фосфатына өзгерту үшін екі фракциядағы 2,0-3,0 мм, және 3,0-5,0 мм әктің үлгілері алынды. 20,0гр/100гр, яғни 35,2гр/176 граммға әктің

қоспасы қосылған күйдірілген ЛГМК қоспасымен екі тәжірибе жүргізілді: 1) 2,0-3,0 мм: 2) 3,0-5,0 мм. Қоспалардың үлгілері 1100°C температурада герметикалық ұяшықта күйдірілді және мына реакция жүрген:



Әк қоспасы қосылған ЛГМК күйдірілген қоспасы тесігінің көлемі 2,0 мм және 3,0 мм елек арқылы өткізілді. Бірінші електен 2,0 мм түйіршіктер, екінші елек арқылы 3,0 мм түйіршіктер сүзілді. Себудің жоғарғы және төменгі түйіршіктерін өлшеу, 211,2 гр бір үлгінің жиынтық массасынан бірінші електе 14,85-15,75 гр қалған; ал төменгі фракция 195,45-196,35 гр құраған. Елегінің көлемі 3,0 мм екінші електе жоғары фракция 17,0-19,0 гр құраған. Төменгі фракция масасы 192,0-194,0 гр құраған.

Темір фосфатынан алынған фосфор:



реакция бойынша төмен температурада тотықсыздана бастайды.Тәжірибе ультрадисперсті ЛГМК пайдалану арқылы жүргізілді. Кварцты түтіктен реакциялық герметикалық ұяшық дайындалды.Түтікті пештің реакциялық аймағы 600°C дейін қыздырылды және төменде 4 шланг және 3 патрубок арқылы минутына 2,0-3,0 л деп есептеп отырып балоннан сутегіберілді.

Сутегінің газ ағыны концентраттың ұнтағын ілестіріп кете отырып түтіктің төменгі бөлігіне қарай өтті. Осылайша, 500-600°C температурада ыстық концентрат шахтадан орталық түтікке және одан кері шахта ұяшыққа рециркуляцияланды. Бұл режимде (19) реакция орындалды.

Рециркуляциялық күйдіру режимі аяқталған кезде ұяшық пештен алынды, күйдірілген ұнтақ салқындатылып және талдау жасалды. Өңделген төменгі фракцияның химиялық талдауы фосфор концентрациясының 0,89% - дан 0,70 және 0,74% - ға дейін төмендегенін көрсетті. Төменгі фракцияларда енгізілген және ұсақталған әк 50÷55,0% - ға дейін қалды. Күйдірілген материалдардың химиялық құрамы 5-кестеде көрсетілген.

ЛГМК+СаО күйдірілген қоспасында темір фосфатының кальций фосфатына өзгеруін ескере отырып, әдістеме бойынша металдандыру және балқыту бойынша жүйелі зерттеулер жалғастырылды. Эксперимент жүргізу үшін салмағы 150 гр отсевті үлгілер алынды. Металданған өнімнің салмағы екі жағдайда да 142,0 граммға тең болды. Металданған өнімді талдау 6-кестеде көрсетілген. Талдау нәтижесінде, темір металл жағдайына дейін 98% көміртегімен қалпына келді, ал фосфор P_2O_5 түрінде қалды, бұл оның кальций фосфатына берік байланысты екенін көрсетеді. Балқытылған металл құймасы құрамында 0,13-0,15% көміртегі бар болат болып табылады. Күкірт пен фосфордың зиянды қоспаларының концентрациясы сапалы болат алудың техникалық шарттарына сәйкес келеді.

5 Кесте - Күйдірілген материалдардың химиялық құрамы, %

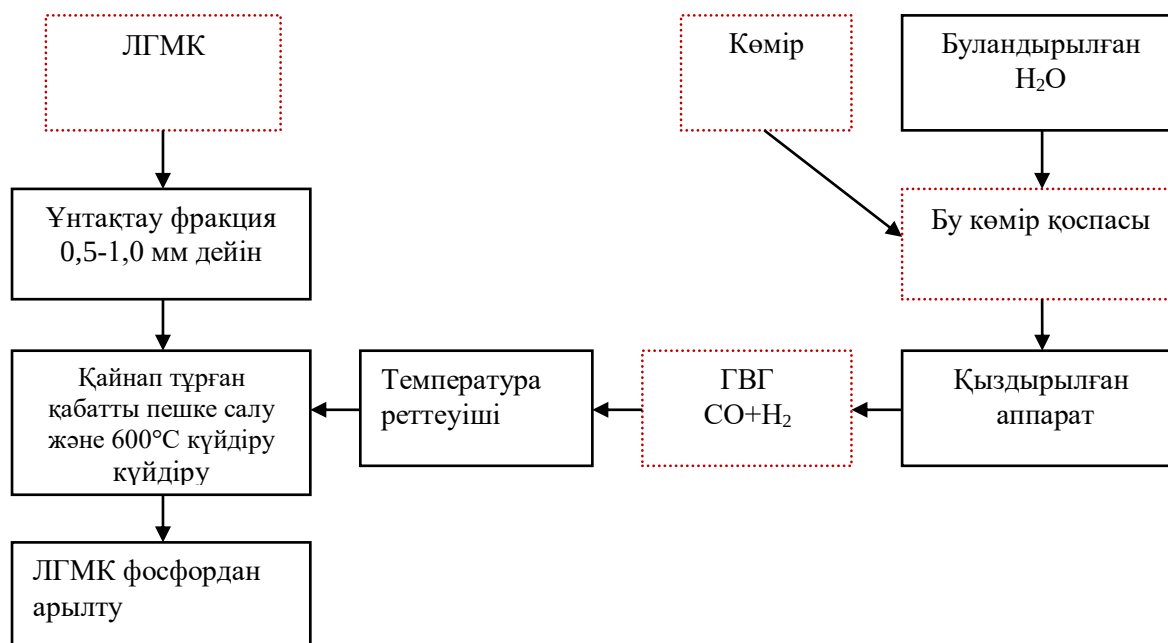
Минерал атауы	Fe	FeO	MnO	Zn	Pb	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P
Күйдірілген ЛГМК	56,06	0,65	0,26	0,015	0,015	12,66	5,35	0,30	0,29	0,024	0,89
Күйдірілген қоспа ЛГМК+CaO	50,5	0,58	0,23	0,014	0,014	11,40	4,80	9,47	0,56	0,022	0,80
1-Үлгі											
2-Үлгі	51,12	0,59	0,24	0,010	0,011	11,55	4,88	8,10	0,53	0,022	0,82

6 Кесте -Металдандырылған өнімнің химиялық құрамы, %

Металлданған өнім	Fe	Fe _{мет}	FeO	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	S	P ₂ O ₅	C
1-Үлгі	58,11	56,95	1,50	0,26	13,12	10,9	0,64	0,026	2,11	0,12
2-Үлгі	58,9	57,70	1,52	0,28	13,30	9,35	0,61	0,026	2,17	0,11

7 Кесте - Балқытылған металл құймаларының химиялық құрамы, %

Алынған металл	[C]	[Si]	[Fe]	[Mn]	[S]	[P]
1-Үлгіден	0,15	0,10	99,25	0,11	0,028	0,032
2-Үлгіден	0,13	0,08	99,45	0,09	0,027	0,035



5 Сурет - ЛГМК термиялық өңдеу бойынша тәжірибелік зерттеудің технологиялық сұлбасы

3.3 Дефосфорлау процесіне ЛГМК дайындау технологиясын жасақтау

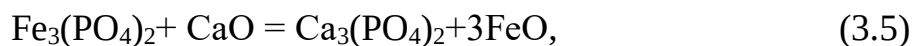
Фосфор құрамды минералды темір фосфатына алдын ала түрлендірумен және темір фосфатынан ары қарай фосфор редукциясымен Лисаков концентратын даярлау және пирометаллургиялық өндеудің теориялық және тәжірибелік зерттеулері орындалды.

Берілген сатыда 15М5910 сканерлеуші электронды микроскоптың пайдаланылуымен Лисаков гравитациялы-магниттік концентратының (ЛГМК) микроқұрылымын және физика-химиялық қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулер орындалды. ЛГМК оолит кен жыныстары болып келеді, мұнда темір гидрогетитті ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) және силикатты минерал түрінде байланысқан. Концентратта кездесетін фосфор мен ванадийдің аз ғана концентрациясы негізінен оолиттер гидрогетитімен пентатотықтар P_2O_5 және V_2O_5 түрінде байланысқан. Фосфорлы темір кені шикізатын даярлау және өндеу дүниежүзілік мәселе болып табылатындығы мәлім. Аймақтарында фосфорлы темір кенінің кен орындары орналасқан кейбір еуропалық мемлекеттер, оларды барлаудан бас тартады және фосфор мөлшері төмен темір кені шикізатын шетелден импорттайды. Мұндай тәсілдеме Қазақстан үшін тиімді емес, себебі Лисаков кені және фосфор кенінің Аят кен орындарымен қосындысы Қазақстанның барлық теміркені кен орындарының жартысынан көп бөлігін алып отыр [33]. Сондықтан Қазақстан тәрізді шикізатты экономикалық мемлекеті үшін ең бастысы Лисаков гравитациялық-магниттік концентратын дефосфорлаумен жақсарту және оны тауарлы өнімге түрлендіру бірінші дәрежелі маңызды мәнгеие.

Дәстүрлі технологияда металл дефосфорлауды әдетте балқытылған болат массасын тотықтырғыш шлак балқымаларымен немесе техникалық оттекті үрлеумен жүзеге асырады [34-36]. Қатты фазалы күйде ЛГМК фосфорсыздандыру үлкен мәселе болып келеді.

Осы мәселенің шешілуіне ұсынылып отырған жұмыс арналған. Қазіргі уақытта гидрометаллургиялық тәсілдердің пайдаланылуымен, мәселен қышқыл ерітіндісімен фосфорды шаймалаумен ЛГМК фосфорсыздандыру технологиясын жасақтау бойынша ұсыныстар бар [37-39]. Мұнда бірден айта кету керек, гидрометаллургиялық тәсіл заманауи металлургиялық комбинаттарда шойын мен болатты жаппай өндіру қажеттіліктерін шикізатпен қамтамасыз ете алмайды.

Жасақталып отырған ЛГМК даярлау және өндеу технологиясында пирометаллургиялық бағыт қабылданған. Технология негізіне минералдар құрылымы мен фосфордың редукциялаушы реагенттермен және фосфор ангидридін жұтқыштар мен әрекеттесу механизмдері жөнінде зерттеу нәтижелері алынған. Редукциялаушы реагент ретінде ауа қатысынсыз алдын ала күйдірілген, көміртегі мөлшері $\text{C}=80-82\%$ және фракциясы $< 1,0$ мм болатын Шұбаркөл көмірі пайдаланылды. Флюстенген шихтаны дайындау барысында орнатылғандай, кальций фосфатының түзілуімен темір фосфаты $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ кальций тотығымен жақсы әрекеттеседі.



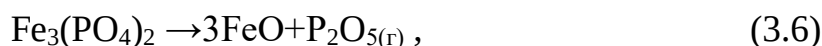
Мұнда фосфор қиын редукцияланатын болады және тек 1200 °С кезінде редукциялана бастайды.

Шихтаның қатты компоненттерін араласпайтын қабаттармен төменнен жоғары қарай рет ретімен көмір, концентрат пен әктасты сәйкесінше 8,0; 40,0; 10,0 гр. массалық қатынаспен керамикалық науада орналастырады.

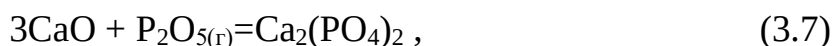
Қабатпен орналасқан шихта компоненттері бар науаны түбі жабық кварцты түтікшеден дайындалған герметикалық ұяшыққа енгізеді және СУОЛ-044-12М құбырлы электрпешіне орналастырады, герметикалық ұяшықтың ашық жағы келтекұбыр арқылы бөлінетін газ тәрізді өнімнің жинақтаушымен-газгольдермен байланыстырылған, одан мерзімді түрде газды талдауға алады. Пештің жұмысшы кеңістігінің температурасын жоғарылатады және 900 °С, 950 °С, 1000 °С кезінде 30, 60, 90 мин уақыт бойы ұстап тұрады.

Жүйенің герметикалылығын ұстап тұрып, әрбір сынақтан кейін оны бөлме температурасына дейін суытады. Концентрат пен әктас қабаттарын бөліп алады және химиялық талдауға ұшыратады. Концентрат пен әктастың қозғалыссыз және араласпайтын қабаттары арасында концентраттан әктас қабатына ауқымды фосфор тасымалы анықталды. Концентратта фосфор мөлшері 0,38 – 0,45 % деңгейіне дейін төмендеді, ал әктаста 0,208 – 0,306 % дейін жоғарылады.

Жүйені күйдіру температурасының жоғарылауы темір фосфатының диссоциациясына оң әсерін тигізеді.



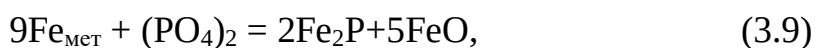
Газ фазасындағы фосфор пентатотығы P_2O_5 әктаспен келесі реакция бойынша жұтылуы мүмкін:



Осы уақытта металды темір редукциясына және түзілуіне температураны бір уақытта жоғарылату қажет



Бұл да фосфор жұтқышы болып табылады,

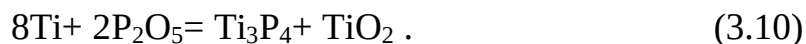


(16) реакция бойынша түзілетін кальций фосфаты араласпайтын әктас қабатында жойылуы мүмкін, ал концентрат қабатында түзілетін темір фосфиді қалады. Қабаттар арасында фосфордың мұндай таралуында, температураға тәуелді оның концентраттан жойылу және концентраттың металдану дәрежелері орнатылды, кесте.

Газ фазасы арқылы фосфордың масса тасымалдау механизмін орнату үшін тәжірибелік зерттеулердің еркін нұсқасы ұйымдастырылды. Керамикалық науаға көмір (төменгі) мен концентрат (жоғарғы) компоненттерінің екі қабаты орналастырылды. Реакцияның газ тәрізді өнімін бұру үшін екі қабатты шихтадан 3,0 см қашықтықта науаға суретте көрсетілгендей металды титан ұнтағы себілді.

950 °C кезінде күйдіру процесінде реакцияның газ тәрізді өнімдері металды титан орналасқан жағынан бұрылды. 60 мин ұстап тұрғаннан кейін пешті суытады және ұнтақ тәрізді титанды бөліп алып, талдайды. Химиялық талдау нәтижелерінің көрсетуі бойынша, бір жағдайда фосфор концентрациясы 0,162 %, екіншісінде 0,183 %.

ДРОН-3 аппаратында түсірілген рентгенограмманың қосымша талдауы титан негізінде Ti_3P_4 қосылыстарының ауқымды көлемін көрсетті. Титан, күшті редуционер ретінде келесі реакция бойынша фосфид түзеді.



Көрініп тұрғандай, екішек бар: бір жағынан, темір фосфатының диссоциациясын қарқындылайды, екінші жағынан темірдің металды күйге дейін редуциялану дәрежесін жоғарылатады, бұл концентраттың фосфордан жойылуына кедергі жасайды.

Термодинамикалық талдау көрсетуі бойынша, фосфор вивианит 34 фосфор құрамды минералдарынан және темір фосфатынан салыстырмалы 500-600 °C төмен температурада редуциялануы мүмкін. Алайда ол үшін дисперсті жүйенің реакциялық-жанасу бетінің 0,5-1,0 мм фракциясынан төмен ұнтақталуымен және сутегі концентрациясы басым болатын БІРГ пайдаланылуымен активтендірілуі қажет. Жұмыста, суретте сұлба түрінде көрсетілген, шихта мен редуционер газды дайындау технологиясын ұйымдастыру жүйесі жоспарланған.

БІРГ ағынында ұнтақталған ЛГМК-ның күйдіру температурасын 600 °C дейін төмендету оң эффектін береді. Біріншіден, 600 °C температурада фосфор сутегімен жақсы редуцияланады, ал металды күйге дейін темір редуциясы шектелген. Сондықтан концентраттың фосфорсыздану дәрежесі энергияның аз шығынында айқын жоғарылайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста Лисаков гравитациялық магниттік концентраттың құрамындағы фосфор мөлшерін төмендету жұмыстарына бірнеше талдаулар жүргізілді. Талдау жұмыстарының бірі пирометаллургиялық технологияның ұйымдастырылуымен ЛГМК фосфорсыздандыру процесін тотыққан түрінен редукциялау процесінің жүзеге асырылуы мүмкіндігін қарастырылды. ЛГМК құрамында темір тотығы мен фосфор пентатотығы қосылыста болатындықтан, редукциялап күйдіру кезінде әдетте бір уақытта темір мен фосфор редукциясы және соңғысының металды темірде еруі жүргендіктен редукциялап балқыту кезінде фосфор шихтадан айтарлықтай жойылмады.

Жүргізілген эксперименттік жұмыстардың нәтижесінде концентрат пен әктас қабаттарын бөліп алады және химиялық талдауға ұшыратады. Концентрат пен әктастың қозғалыссыз және араласпайтын қабаттары арасында концентраттан әктас қабатына ауқымды фосфор тасымалы анықталды. Концентратта фосфор мөлшері 0,38 – 0,45 % деңгейіне дейін төмендеді, ал әктаста 0,208 – 0,306 % дейін жоғарылады. Өңделген төменгі фракцияның химиялық талдауы фосфор концентрациясының 0,89% - дан 0,70 және 0,74% - ға дейін төмендегенін көрсетті. Талдау нәтижесінде, фосфор $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$ түрінде қалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Роль фосфора в сталеплавильных процессах//Электронная версия на сайте <https://steeltimes.ru/books/theory/tomp/151/151.php>
- 2 Эльвира Джантуреева. Железо и марганец. - В: Недропользование 2000– 2013. Запасы, добыча, инвестиции // Kazakhstan : журнал. - 2014. - № 3. - С.40.
- 3 Е. А. Козловского. Лисаковский горно-обогатительный комбинат // Горная энциклопедия. - М.: Советская энциклопедия, 1984-1991. - ISBN5-85270-007-X.
- 4 Коллектив авторов. Казахстан // Республики Закавказья. Республики Средней Азии. Казахстан / Жданко Т. А.. - иллюстрированное. - М.: Мысль, 1984.
- С. 371. - 381 с. - (Страны и народы). - 180 000 экз.
- 5 Лисаковский горно-обогатительный комбинат // Казахстан. Национальная энциклопедия. - Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005. - Т. III. - ISBN 9965-9746-4-0.
- 6 В. С. Белецкого. Горный энциклопедический словарь = Гірничий енциклопедичний словник. - Донецьк: Східний видавничий дім, 2004. - Т. III. - 752 с. - 1000 экз. - ISBN966-7804-78-X.
- 7 Лисаковский филиал ТОО «Оркен» //Электронная версия на сайте <https://www.arcelormittal.kz/index.php?id=340>
- 8 Компания«АрселорМиттал» // Электронная версия на сайте <https://www.arcelormittal.kz>
- 9 Ким В.А., Тайшегиров С.Т. Физико-химические свойства концентратов бурожелезняковых руд Лисаковского месторождения. Труды V-Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии» Темиртау 15-16 октября 2009 г. С.322.
- 10 Балапанов М.К., Мухамбекова М.К., Рахимов А.Р., Балтынова Н.З. Повышение качества концентратов из руд Лисаковского месторождения. Труды Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии» г. Темиртау, КарМетИ, 2003, С.159-162.
- 11 Тлеугабулов С.М., Литкин Д.В., Клаузер И.В. Разработка технологии выплавки качественной стали из Лисаковского гравитационно-магнитного концентрата // Труды международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии» г. Темиртау, КарМетИ, 2003, С.182-190.
- 12 Тлеугабулов С.М., Лукин Г.П., Абишев Ж.Н. Механизм твердофазной дефосфорации железорудного концентрата. - Алматы. Гылым. КИМС, 1994, №5.
- 13 Тлеугабулов С.М., Литкин Д.В. Разработка технологии получения конструкционного материала из Лисаковского концентрата прямым восстановлением. КарМетИ, «Технология производства металлов и вторичных материалов». №2, 2002, -С.29-37.
- 14 Тлеугабулов С.М., Кусаинов Д.М., Литкин Д.В. Пути повышения

металлургической переработки ЛГМК в электропечах. «Вестник ИАН», №6, 1999,- С.99-100

15 Мирко В.А., Кабанов Ю.А., Найденов В.А. Современное состояние развития месторождений бурых железняков Казахстана // Промышленность Казахстана. 2002 г. №1.С.79-82.

16 Ким В.А. Тайшегиров С.Т. Развитие технологии обогащения бурожелезняковых оолитовых руд. Темиртау: РНЖ «Технология производства металлов и вторичных металлов», № 15, КГИУ, 2009 г.

17 Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н., Юсфин Ю.С. Металлургия чугуна. М.: Металлургия, 1978. - 479с.

18 Куликов Я.П. Подготовка сырых материалов к доменной плавке. Использование керченских руд. Донецк: Донбасс, 1969. -175с.

19 Тлеугабулов С.М. Высокотехнологичный восстановительно-плавильный процесс производства стали // ж. Сталь, 2011, №4. - С.14-19.

20 Тлеугабулов С.М., Абишев Ж.Н. Исследование твердофазной реакции образования фосфата кальция в металлургическом процессе. Сталь, 1984, №4. С.17-21.

21 Патент 2184158 РФ. Способ очистки железнорудного концентрата от примеси фосфора/ В.В.Беликов, В.Б. Огородов, А.О. Ядрышников и др. Приор.23.05.2001.

22 Ионков К., Гайдарджиев С., Бастин Д., Армандо Кореа деАраухо. Извлечение фосфора из железной руды посредством кислотного выщелачивания с применением щелочного обжига (КВЩО)(ARAL) // Труды научно-практической конференции с международным участием и элементами школы для молодых ученых «Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР».- Екатеринбург, 2013.-С. 380-388.

23 Предварит. Патент РК № 2003/0525.1. Способ извлечения пустой породы фосфора из железнорудного сырья/ М.П. Сингх, В.А. Найденов, Г.Кокал. Приоритет от 16 апреля 2003. Бюл. изобр.2005.№6.

24 Предварит патент РК № 2002/0525.1. Способ обогащения оолитовых бурожелезняковых руд/ Б.Л. Левинтов, О.А.Пчелинцева. В.М. Зейфман, Ю.В.Кабанов. Приоритет от 5 марта 2002. Бюл.изобр.2003.№3.

25 Патент 2449031 РФ. Способ получения обесфосфоренного концентрата оолитовых железных руд/ В.И.Лунев, А.И.Усенко. Приор.17.03.2011.

26 Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Учебник для вузов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 2000. - 104с.

27 Ю. Ю. Зубков, А. Е. Семин, Л.В. Степанова, А.Я.Стомахин. Восстановительная дефосфорация легированного металла карбидом кальция. // Известия вузов чёрной металлургии, №5, 2007 г, стр. 62-65 Электронная версия на сайте https://misis.ru/files/-/cf863fe2730903d69036930043bfa5b8/Zubkov_Yuriiy.pdf

28 Гусев Ю. И., Карасев И.Н., Кольман-Иванов Э.Э. и др.

Конструирование и расчет машин химических производств/ Учебник для машиностроительных вузов.- М.: Машиностроение,1985.-480с.

29 Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа.- М.:Машиностроение,2009-220с.

30 Вегман Е.Ф. Окускование руд и концентратов.-М.:Металлургия,1976.-224с.

31 Коротич В.И., Фролов Ю.А., Каллун Л.И. Теоретические основы технологии окускования металлургического сырья. Агломерация / Учебное пособие. - Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ»,2009.-416с.

32 Витюгин В.М., Богма А.С. Оценки комкуемости мелкозернистых материалов// Известия вузов. Черная металлургия.-1969.№4-С.18-22

33 Ким В.А., Тайшегиров С.Т. Физико-химические свойства концентратов бурожелезняковых руд Лисаковского месторождения. Труды V-Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии» Темиртау 15-16 октября 2009 г. С.322.

34 Балапанов М.К., Мухамбекова М.К., Рахимов А.Р., Балтынова Н.З. Повышение качества концентратов из руд Лисаковского месторождения. Труды Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии» г. Темиртау, КарМетИ, 2003, С.159-162.

35 Тлеугабулов С.М., Литкин Д.В., Клаузер И.В. Разработка технологии выплавки качественной стали из Лисаковского гравитационно-магнитного концентрата // Труды международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии» г. Темиртау, КарМетИ, 2003,С. 182-190.

36 Тлеугабулов С.М., Лукин Г.П., Абишев Ж.Н. Механизм твердофазной дефосфорации железорудного концентрата. - Алматы. Гылым. КИМС, 1994,№5.

37 Тлеугабулов С.М., Литкин Д.В. Разработка технологии получения конструкционного материала из Лисаковского концентрата прямым восстановлением.

38 Тлеугабулов С.М., Кусаинов Д.М., Литкин Д.В. Пути повышения металлургической переработки ЛГМК в электропечах. «Вестник ИАН», №6, 1999, - С.99-100.

39 Мирко В.А., Кабанов Ю.А., Найденов В.А. Современное состояние развития месторождений бурых железняков Казахстана // Промышленность Казахстана. 2002 г. №1.С.79-82.

А қосымшасы

А.1 Зертханалық кешендердің сипаттамасы

	Сипаттама Ұсынылған модельдің басты ерекшеліктері: -сыртқы жағында корпусың полимерлік жабыны; -қыздыру процесін электронды реттеу; -сандық дисплейде берілген және ағымдағы температураның көрсеткіштерін көрсету; -жылудың біркелкілігін қамтамасыз ету үшін таспалы желдету жүйесін орнату; -артық ылғалды шығару және қосымша желдету үшін тесіктердің болуы; -сөрелерді орналастыру биіктігін реттеу мүмкіндігі; -қарау терезесінің болуы; -қызып кетуден қорғау; -кажетті температураға қол жеткізудің жоғары жылдамдығы – ең жоғарғы мәнге дейін жарты сағатқа жуық өтеді.
---	---

А.1 Сурет- SNOL 67/350 Кептіру пеш

	Сипаттама Шихтаны дайындау (бункерлік әдіс) әдіс шихталық материалдарды жеке бункерлерде сақтауды көздейді, олардың есептік мөлшерге сәйкес олар тасымалдау таспасына қабаттап мөлшерленеді. Шихтаның компоненттерін араластыру, әдетте, материалдарды тасымалдағыштан тасымалдағышқа тиесілін орындарда жүргізіледі. 1-шығымбункері; 2-қуаткөзі; 3-таспалы траспортер; 4,5-концентрат; 6-концентрат; 7-айналымматериалдары; 8-кварцфлюс; 9- флюстенген әк; 10-шихта;
---	---

А.2 Сурет- Шихта компоненттері үшін зертханалық бункерлер

А қосымшасының жалғасы

	Сипаттама Шикізатты түйіршіктеудің жоғары сапасы чашалы түйіршіктеуіштерде қол жеткізіледі. Чашалы түйіршіктегіштің негізгі бөлігі айналмалы диск болып табылады, оның еңісі 35-тен 60° - қа дейін өзгеруі мүмкін. Диск 6-30 мин жылдамдықпен (диаметрге байланысты) электр қозғалтқыштың көмегімен, оған редуктор — және осьтік білікке отырғызылған тісті берілісі арқылы қосылған. Берілген өлшемдердің түйіршіктерін алуға аппаратты теңшеу дискінің еңі, шеткі борттың биіктігін өзгертумен және материал мен су беру орнын таңдаумен жүзеге асырылады. Аппараттың жұмыс бетінде материалдың жабылуын болдырмау үшін ол бортта орналасқан қозғалмайтын тазалау пышағымен және дискінің жұмыс бетін тазалау үшін қозғалатын пышақпен жабдықталған.
---	--

А.3 Сурет- Чашалы түйіршіктегіш.

	Сипаттама Ұнтақтау механизмі: Аспаптың платформасы оған бекітілген тостағанмен бірге көлденең жазықтықта дөңгелек тербелістерді жасайды. Бұл ретте сақина тостағанның қабырғалары бойынша, ал ролик - жылжымалы элементтердің қабырғалары арасында түсетін материалды сүртіп шығыршықтың қабырғалары бойынша домалайды. Процестің аяқталуы материалмен қажетті дисперсиялыққа қол жеткізгеннен кейін эксперименталды жолмен анықталады. Артықшылықтары: - сенімділік; - жұмыс барысында шаңның болмауы; - сұйық ортада материалды сүрту мүмкіндігі; - таймердің болуы белгілі бір уату уақытын қоюға мүмкіндік береді; - тұрақты коррозияға қарсы жабын; - тірек құбырымен жеткізу мүмкіндігі; - қосымша бекітпесіз орнату жеңілдігі; - төзімділік.
---	---

А.4 Сурет- Вибрациялық қоюландырғыш ИВ -1

А қосымшасының жалғасы

	Сипаттама Электр пеші қыздыру камералары мен басқару блогы орналасқан жұқа қабатты болаттан жасалған тікбұрышты корпус болып табылады. Қыздыру камерасы жылытқыштан, қорғаныс құбырынан және екі керамикалық фланецтен тұрады. Қыздырғыш керамикалық құбыр түрінде жасалған, онда кедергі қорытпасынан жасалған сым жоғары топырақты сылаумен бекітілген. Жылыту құбырының ішкі беті электр пешінің жұмыс кеңістігін құрайды. Басқару блогы техникалық сипаттамаларда көрсетілген дәлдікпен берілген Температураны автоматты түрде ұстап тұру үшін қызмет етеді. Жұмыс камерасының бүйірлік саңылаулары арқылы жылу шығынын азайту үшін соңғылары керамикалық тығынмен жабылады.
---	--

А.5 Сурет- Құбырлы зертханалық электр пеші СУОЛ-044/12-М2

	Сипаттама Шихта араластырғышы минералды шикізаттың, концентраттардың, өнеркәсіп өнімдері мен технологиялық өндірістердің қалдықтарының сынамалы талдауларының жаппай өндірісінде сынамаларды балқыту үшін шихта дайындауға арналған құрғақ сусымалы материалдарды араластыруға арналған.
---	--

А.6 Сурет- Шихта араластырғыш

А қосымшасының жалғасы



Сипаттама RHTC 80-230/15 - RHTC 80-710/15

модельдік қатарының негізгі сипаттамалары:

- максималды температурасы 1500°C;
- корпусы тат баспайтын болаттан жасалған құрылымдық жаймалар;
- жоғары сапалы талшықты оқшаулау;
- төмен беттік температуралары үшін корпусстың белсенді суытылуы;
- S типті термoeлемент;
- жартылай өткізгіш релесі бар қыздыру жүйесінің төмен шулы жұмысы;
- сумен суыту фланецтері бар жұмысшы құбырларды орнату үшін дайындалған;
- C 799 сапалы керамикалық құбыр.

А.7 Сурет- Nabertherm RHTC 80- 230/15/B410» күйдіру-балқыту құбырлы пеші