

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

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

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Еркін Алмат Еркінұлы

«Лисаков гравитациялық-магниттік концентратының дефосфорациясы»

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Мамандығы: 5В070900 – Metallургия

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

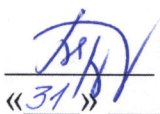
Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова
«31» 05 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Лисаков гравитациялық-магниттік концентратының
дефосфорациясы»

Мамандығы: 5B070900 – Metallургия

Орындаған

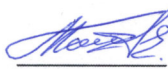
Еркін А.Е.

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



М.Б. Құрмансейтов
«31» 05 2022 ж.

Ғылыми жетекші
PhD докторы, сениор-лектор

 Е.Б. Тажиев
«30» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

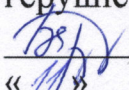
Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен-металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – Metallургия

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра меңгерушісі, техн. ғыл. канд.,

 М.Б. Барменшинова
«» 01 2022 ж.

Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Еркін Алмат Еркінұлы

Тақырыбы: «Лисаков гравитациялық-магниттік концентратының дефосфорациясы»

Университет Ректорының 2021 жылғы «24» желтоқсан № 489-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «23» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Лисаков гравитациялық-магниттік концентраттарының құрамы

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) теориялық зерттеулер;

в) тәжірибелік зерттеулер;

г) қорытынды.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс): ЛГМК дефосфорацияға арналған қондырғысы, Агломерациялық қондырғының схемасы
Ұсынылатын негізгі әдебиет 19 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	07.02.2022 ж.	
Әдеби шолу	14.03.2022 ж.	
Теориялық зерттеу бөлімі	04.04.2022 ж.	
Тәжірибелік зерттеу бөлімі	23.04.2022 ж.	
Қорытынды	16.05.2022 ж.	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Е.Б. Тажиев PhD докторы, Сениор-лектор	30.05.2022	
Норма бақылау	С.К. Джуманкулова PhD докторы	30.05.2022	

Ғылыми жетекші



Е.Б. Тажиев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



А.Е. Еркін

Күні

«03» 05 2022 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс теориялық және тәжірибелік зерттеулер нәтижелерінен тұрады. Әдебиеттер тізімі 19 атаудан құрылған.

Зерттеу нысаны: Лисаков гравитациялық магниттік концентраты.

Жұмыстың мақсаты – Лисаков гравитациялық магниттік концентратын дефосфорациялау процесін зерттеу.

Дипломдық жұмыста фосфорлы темір кендерін өңдеу процестері зерттелінген.

Жұмыстың тиімділігін анықтау үшін термодинамикалық есептеулер жүргізілді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из полученных результатов теоретического и экспериментального исследования. Список литературы содержит 19 наименований.

Объекты исследования: Лисаковский гравитационно магнитный концентрат.

Цель работы – изучить процесс дефосфораций Лисаковского гравитационно магнитного концентрата.

В дипломной работе исследована переработка фосфорсодержащих железных руд.

Для определения эффективности работы выполнены термодинамические расчеты.

ANNOTATION

The thesis consists of the obtained results of theoretical and experimental research. The list of references contains 19 titles.

Objects of research: Lisakovsky gravitational magnetic concentrate.

The purpose of the work is to study the process of dephosphorations of the Lisakovsky gravitationally magnetic concentrate.

In the thesis, the processing of phosphorus-containing iron ores is investigated.

Thermodynamic calculations were performed to determine the efficiency of the work.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Фосфорлы темір кені шикізатын металлургиялық өңдеу проблемасының жай-күйі	11
1.1 Фосфорлы темір кені ресурстарының сипаттамасы	11
1.2 Лисаков қоңыр темір кен орнының тау-кен техникалық және металлургиялық сипаттамалары	13
1.3 Лисаков темір кені шикізатын қайта өңдеу мәселесі	15
2 Зерттеу әдістемесі	18
2.1 Теориялық зерттеулер әдістемесі	18
2.2 Эксперименттік зерттеулер әдістемесі	22
2.2.1 ЛГМК-дан агломераттар алу	24
2.2.2 1200 °С кезінде күйдірілген флюстелген концентраттарды алу	27
3 Зерттеулер нәтижесі	30
3.1 Теориялық зерттеулер нәтижесі	30
3.2 ЛГМК асылдандыру эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері	35
4 Теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін талдау және оларды жалпылау	37
Қорытынды	42
Пайдаланылған әдебеттер тізімі	43

Кіріспе

Қазақстанда фосфор шикізатын (ЛГМК) тиімді қайта өңдеу проблемасы объективті түрде бар, өйткені магнетит кендерінің қоры ұдайы азайып келеді және болашақта оларға сенуге болмайды. Сонымен қатар, ≤ 5 мм фракциясының домендік коксын кондициялық емес електен өткізуді пайдалану проблемасы бар. Metallургиялық циклге кондициялық емес отынды тартуға мүмкіндік беретін тиімді технологияның болмауына байланысты оның жинақталуы орын алады. Оны өндіріске тартудың республиканың экономикасы мен экологиясы үшін маңызы зор. Лисаков фосфорлы концентраты 49,0% темір құрамының төмен болуына және 0,70-0,80% фосфордың жоғары болуына байланысты дайын өнім бірлігіне шаққандағы кокстың елеулі шығысымен сипатталатын металдарды жаппай өндірудің дәстүрлі технологиясы (домна – конвертер) бойынша тиімді қайта өңдеуге болмайды. Кокс шығынын азайту шикізаттың жоғары металлургиялық сипаттамаларына жеткенде ғана мүмкін болады (мөлшері, беріктігі, қалпына келуі, жұмсарту температурасы және т.б.). Агломерациялық шикі құрамда ағымдағы өндірістің лгмк үлестік қатысуы тек 15% - ға дейін, ал арнайы әдістермен жентектеу бойынша максимум 30% - ға дейін мүмкін. ЛГМК-нің 100 пайызын қайта өңдеу технологиясы бұрыннан игерілген, бірақ алдымен фосфорды қалпына келтіруге, содан кейін оны тотықтыруға көп энергия жұмсайды. Сұйық металдан фосфорды шығару қождың жоғары негізімен жүреді. Фосфорлы шойыннан (1,1 – 1,3% Р) болат (0,05–0,03% Р) өндіру кезінде қожды екі рет келтіруге тура келеді. Осының салдарынан Конвертердің астарының тез бұзылуы және оның пайдалану мерзімінің 15-20% – ға төмендеуі орын алады. Мұндай технологиялық схема, сонымен қатар, аз шығымдылығы бар, барлық жағынан тиімсіз. Бірлескен өңдеу (аглошихтадағы үлестік қатысу) сонымен қатар оңай өндірілетін қоңыр топырақ шикізатының үлкен қорларын пайдалануды арттыру мәселесін шешпейді. Көптеген зауыттардың фосфор концентратын тіпті төмен бағамен сатып алудан және қайта өңдеуден бас тартуына байланысты Lgosa-ның дамуы тежеледі. Шахта пеші – ДСП кешеніндегі кокссыз металл өндірісінің қазіргі процестері де өңделген шикізат пен газдың сапасына жоғары талаптар қояды. Айналмалы пештерде, реторттарда немесе туннель пештерінде көмірді немесе кокс шаңын тотықсыздандырғыш ретінде тікелей концентраттардан темір алу процестері бірдей тиімді емес және бастапқы шикізатқа қойылатын талаптармен шектелген. ЛГМК-ны басқа тәсілдермен өңдеу жолдарын зерттеу қажет. Бұл бірінші кезеңде концентраттан фосфорды ішінара алып тастау және фосфордың қалпына келуінің кідірісі (темір металдандыру сатысында), оны тотықтырғыш күйдіру сатысында қатты шлак түзетін қосылыстарға айналдыру көп сатылы процестің негізі болып табылады. Ең маңызды буын-бұл бастапқы отынды пайдалану коэффициенті жоғары қондырғыларда реагенттер ретінде Домна коксын шығаратын қондырғылардың қатысуымен оңтайлы қалпына келтіру режимін ұйымдастыру. Бұл процесс жеткілікті зерттелмеген және қосымша ақпаратты қажет етеді. Көп қабатты, күйдірілген материалдарды

дефосфорлау және металдандыру механизмі мен кинетикасын зерттеу және оларды кейіннен суық және ыстық күйінде балқыту бір жағынан қалдық фосфорды энергия шығыны едәуір аз қатты фазадағы шлак түзуші қосылыстарға барынша аударуға мүмкіндік береді, екінші жағынан, металл өнімдерінің сапасын сақтау немесе жақсарту кезінде шикізат пен отын базасын кеңейтуге мүмкіндік береді. Жаңа эксперименттік деректер ЛГМК-ны болатты тікелей алу әдісімен тиімді өңдеу мүмкіндігін объективті анықтауға мүмкіндік береді.

1 Фосфорлы темір кені шикізатын металлургиялық өңдеу проблемасының жай-күйі

1.1 Фосфорлы темір кені ресурстарының сипаттамасы

Темір рудасының барлық дерлік материалдарында белгілі бір дәрежеде фосфор бар. Құрамында фосфоры бар темір кендері тотықсыздандырғыш балқытудан немесе металдандырудан кейін құрамында фосфоры бар жоғары сапалы немесе жоғары сапалы болат алуға мүмкіндік береді. Мұндай кендер концентраттағы темірдің жоғары құрамымен байытылғаннан кейін 65% металдандырылған шекемтастар өндірісіне бағытталуы мүмкін.

Алайда, құрамында фосфор бар темір кендерінің массалық үлесі Қазақстанда ғана емес, әлемде фосфор бойынша таза кендердің үлесіне қарағанда едәуір көп. Мысалы, құрамында 0,1% фосфоры бар темір кендері 70%, ал құрамында 0,2% р 30-40% барланған темір кендерінің әлемдік қоры бар [1-3]. Сондықтан фосфор шикізатын өңдеу проблемасы әлемдік проблема болып табылады.

Белгілі кен орындарының көпшілігін білдіретін қышқыл бос тау жыныстары бар кендерде фосфор негізінен оливин $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ р түрінде темірмен байланысады, мұндағы Р - бос жыныстың оксидтері [4]. Бос жыныс негізгі оксидтерден тұратын Швед кендерінде фосфор $\text{Ca}_5\text{X}(\text{PO}_4)_3$ апатитін білдіретін қосылыстардың құрамына кіреді, мұндағы Х фтор, хлор немесе (oh) құрамын білдіреді. Бастапқы шикізатта фосфор бар қосылыстар келесі процестерді ұйымдастыру үшін маңызды [5].

Негізгі металлургиялық бөліністер барысында фосфор қозғалысының заңдылықтарын белгілеу, оның темір кендерінің бірқатар ірі кен орындарында едәуір шоғырлануын, сондай-ақ шикізаттың минералогиялық құрамы туралы егжей-тегжейлі ғылыми зерттеулердің болуын, металды дефосфорлау процестерінің кинетикалық ерекшеліктерін және басқа да әлеуетті мүмкіндіктерді ескере отырып, металды жаппай өндіру кезінде фосфорды жүйелі алу мен пайдаланудың негізіне алынуы мүмкін. Мысалы, Қазақстан Республикасының Лисаков және Әйет кен орындарының қоңыр темір кендерінің қорлары перспективалы кен орындарын ескере отырып, фосфордың орташа құрамы 0,5% болған кезде 9 млрд.т құрайды. Сонымен қатар, кен құрамында аз мөлшерде ванадий және басқа легірлеуші элементтер бар. Фосфор алу дәрежесі 0,9 болған кезде Лисаков және аят фосфорлы кендерін кешенді қайта өңдеу жүйесін енгізу, есептеу көрсеткендей, елдің фосфор бойынша әлеуетін 38,5 млн.т фосфорға немесе орташа құрамы 10% P_2O_5 болатын 885 млн. т фосфатшлакқа көтеруге мүмкіндік берер еді. Керч кеніндегі фосфордың жоғары мөлшері қазіргі уақытта болат балқытатын шлактарда 8-14% P_2O_5 алуға және оны ауыл шаруашылығы үшін тыңайтқыш ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [6]. Алайда, фосфорлы кендерді кешенді өңдеу үшін бастапқы кен материалындағы фосфордың белгілі бір мөлшері қажет. Фосфатшлакты тыңайтқыш ретінде пайдалану үшін фосфор ангидридінің

мөлшері оның ішінде >8% деңгейінде болуы керек. P_2O_5 -тің құрамында оның кен шикізатындағы бастапқы концентрациясы кезінде қож шығысына байланысты болады, оның мөлшері шикізаттағы қож түзуші қосындыға байланысты және оны (кг/кг кен) формула бойынша анықтауға болады:

$$e_{\text{шл}} = 0,01 \cdot [\eta_P \cdot P_2O_5 + \sum ((\text{ШО})_P + H_\Phi \cdot (\text{ШО})_\Phi + H_T \cdot (\text{ШО})_T)] \quad (1.1)$$

мұндағы Р-фосфорды шлакпен игеру коэффициенті: (ШО)Р, (ШО)Ф, (ШО)Т — шлакқа сіңіру коэффициенттерімен сәйкес кенді, флюсті және отынды шлак түзетін оксидтер, %; НФ, НТ — флюс пен отынның кен материалына тиісінше жүктемесі, кг/кг кен материалы; P_2O_5 — кен материалындағы фосфор пентаоксидінің құрамы, %. Ағын мен отын құрамында фосфор іс жүзінде жоқ.

Бірінші сатыда фосфорды тікелей қалпына келтірумен және қайта бөлудің екінші сатысында алынған металды дефосфорациялаумен байланысты ЖТМ металлургиялық қайта бөлуге арналған шығындарды ЖТМ металдандыру сатысында фосфордың қалпына келуін кідірту және оны берік шлак түзетін қосылыстарға ауыстыру жолымен ғана азайтуға болады. Нәтижесінде фосфорлы ЖРМ өңдеуге жұмсалатын энергия мен материал шығындарының күрт төмендеуі, сондай-ақ оларды кешенді пайдалану мүмкін.

Соңғы екі онжылдықта шойын мен болат өндіру әдістері домна пешіне балама ретінде жүзеге асырылды Корекс, Ромелт және Аусмелт процестер. Бұл процестер үздіксіз ваннада жүзеге асырылатын балқытуды ұйымдастырудың жалпы принципіне ие. Металды балқыту және сұйық фазалық қалпына келтіру бұрын болған теориялық позицияларға негізделген. Балқыту ваннасында кендер мен концентраттарды балқыту кезінде жылу энергиясынан басқа көміртегі реагентінің балансы маңызды. Балқытылған металдың құрамы мен сапасын тотықсыздандырғыш ретінде көміртегі балансын реттейтін механизммен реттеген жөн. Жоғарыда аталған жаңа процестер, сондай-ақ домендік процесс жылу және химиялық процестерге көміртектің қатысуын реттеу немесе шектеу механизміне ие емес.

Осыдан алынған металл өнімінде көміртегі құрамының 2,5-4,0%, марганец пен кремнийдің домна пешіне қарағанда төмен шегінде ауытқуы байқалады. Домна пешінде көміртегі мөлшері 4,3-4,5% тұрақты деңгейде сақталады және бұл одан әрі болат балқыту процесінің тұрақты режимін қамтамасыз етеді. Бұл ретте тұрақсыздық құрамының металдың алынатын қайта балқыту ваннасында, өзінің кері әсерін тигізуде арналған болат балқыту процесі. Алайда, темір кені шикізатының барлық түрлерін домендік процесс арқылы қайта өңдеуге болмайды. Қоңыр тасты шикізатты (құрамында 0,60-0,70% фосфор көп) домна пештерінде тиімді өңдеу мүмкін емес. Ұсынылған процесс балқытылған металдағы көміртегі мен зиянды қоспалардың құрамын реттеудің теориялық ережелеріне негізделген, яғни домендік процестің мүмкіндіктерінен асып түседі.

1.2 Лисаков қоңыр темір кен орнының тау-кен техникалық және металлургиялық сипаттамалары

A+B+C санаттары бойынша Қазақстан Республикасының Лисаков кендерін игеру туралы тарихи деректер 40,3% Темірдің орташа құрамымен 14773,9 млн.т құрайды, негізгі қорлары (5632,5 млн. т) Қостанай облысында шоғырланған.

Қоңыр теміртастар Қазақстан Республикасының кең таралған кендеріне жатады, олардың ескерілген қорлары темір кені шикізатының жалпы санының 67% - ын құрайды. Ең ірі кен орындары: Әйет – 7 млрд. т; Арал өңірі тобы – 2 млрд. т; Лисаков – 2 млрд. т. болып табылады.

Кен өндіру тұрғысынан Лисаков кен орны неғұрлым қолайлы болып табылады. Кен орны қуаттылығы 6-дан 26 метрге дейін және ендік бағытта жалпы ұзындығы 100 км-ден асатын 26 қабатты кен шоғырларымен ұсынылған. Лисаков кен орнының кендерінің басты минералдары оолитті гидрогетит (30-80%) және кварцит (15-45%) болып табылады, аз мөлшерде магнетит, гематит, далалық шпаттар, глауконит, кальцит және басқалар кездеседі. Лисаков кендеріндегі темір негізінен (85-95%) оолитті гидрогетпен (FeO сәт $n\text{H}_2\text{O}$, $n = 1$ сәт 1.5) және ішінара (3-12%) силикаттармен (хлорит, глауконит, бионит және т.б.) байланысты. Кристалдану ылғалының болуы 12,7-ден 26,7% - ға дейін кальцийлеу кезінде (ПМПП) салмақ жоғалтудың жоғары мәнін анықтайды. Кремний (80% - дан астам) бос кварцпен ұсынылған және тек бағынышты мөлшерде цементтің Силикат минералдарында және гидрогетитті оолиттерде кездеседі. Микроскопиялық зерттеулерде оолиттер орталығында өлшемі 0,05-тен 0,2 мм-ге дейінгі кварц құм түйірлерінен ядроларды байқауға болады.

Темірмен қатар, Лисаков кендерінде бес фосфор оксиді (1,9-2,5%), ванадий оксиді (0,15-1,2%) және глинозем (4,5-5,5%) бар, яғни күрделі кендер болып табылады, оның үстіне фосфор мен ванадий гидрогетитте (91-96%), ал глинозем алюминогель түрінде болады. Сондықтан байыту кезінде, әдіске қарамастан, темір мөлшері өскен сайын, концентраттағы ванадий мен фосфордың үлесі кварцтың едәуір төмендеуімен артады, ал глинозем мөлшері өзгеріссіз қалады.

Лисаков қоңыр темір кеніштері байытылуы қиын кендер болып табылады. Олардың басты ерекшелігі-кен және металл емес минералдар физикалық қасиеттері бойынша бір-бірінен аз ерекшеленеді. Нәтижесінде дәстүрлі әдістермен байыту кезінде минералдардың бөлінуі тиімсіз. Осы кендерден алынған концентратты сапалы жақсартуға қымбат арнайы байыту әдістерін қолдану арқылы ғана қол жеткізуге болады.

Темір кендерін байыту жөніндегі ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері негізінде және домендік балқытудың талаптарын ескере отырып, 1960 жылғы желтоқсанда 1961 жылы гравитациялық-магниттік байыту фабрикасының техникалық жобасын әзірлей отырып, шектеулі байыту схемасы бойынша Лисаков тау-кен байыту комбинатын салуға арналған жобалық тапсырма бекітілді. Бұл ретте фабриканың құрамында неғұрлым тиімді әдісті

түпкілікті әзірлеу үшін түрлі схемалар бойынша кенді байыта отырып, тәжірибелік секция салу көзделді.

Бүгінгі күні қуаты 8,7 млн. т шикі кен бойынша және 4,65 млн. т құрғақ концентрат бойынша гравитациялық-магниттік байыту фабрикасы өз құрамында үш секцияға ие: бірінші секция қатарға 1972 жылғы желтоқсанда енгізілді, екіншісі 1973 жылы және үшіншісі 1974 жылы енгізілді. Бұл ретте байытудың мынадай технологиялық көрсеткіштері бекітілді - концентраттағы темірдің мөлшері - 49,0% - бастапқы Кендегі темірдің мөлшері - 41,0% - концентраттағы Темірдің алынуы-71,9%.

Гравитациялық-магниттік концентрат-аз кварцы бар оолитті қоңыр тасты гидротетит кені. Концентраттағы темір мөлшері 49,0%, химиялық байланысқан су 12-13% деңгейінде. Бос тау жынысы кремниймен ұсынылған, олардың массалық үлесі сәйкесінше 10-12% және 4,5-5,0% құрайды, бұл металлургиялық қайта бөлу кезінде көп ағынды қоспаларды қажет етеді.

Ылғалды жағдайда гравитациялық-магниттік концентрат (ТМК) сусымалы массаға ие, механикалық жүктемелердің әсерінен оңай тығыздалады, ылғал мөлшері 3,5 – 4,5% болған кезде кептірілген күйде (қатудың алдын алуға байланысты) жоғары сусымалылыққа ие, ылғалдылығы 3-5% болған кезде табиғи еңіс бұрышы 30 салмақты құрайды, 11-12% - 39-40 С.С. Бұл сипаттамалар ТМК-ны басқа темір кені материалдарынан күрт ерекшелендіреді, бұл агломерациялық зауыттардың көп компонентті зарядымен агломерация алдында оны орташа бөлу технологиясын қиындатады. Концентраттың оолиттік құрылымы, оолиттер бетінің гидрофобты қасиеттері оның нашар бітелуін және тығыз қатаң төсеу қабілетін анықтайды.

1 кестеден көріп отырғанымыздай, Лисаков кен орнының қоңыр темір кендерінің барлық концентраттарында глинозем, фосфор және ванадий құрамы жоғары. Қазіргі ArcelorMittal Қарметкомбинатында Лисаков концентраттарын тәжірибелі балқыту бұл элементтерді алуды қамтамасыз ететін жеткілікті қолайлы технология болмаған кезде осы концентраттарды металлургиялық қайта өңдеу айтарлықтай экономикалық шығындарды талап ететінін көрсетті.

Лисаков темір кені шикізатын металлургиялық өңдеу мәселесі кен орнын игеру және КБК құрылысы басталғанға дейін болған. Оны Қарағанды металлургия комбинатының шикізат базасына айналдыру туралы үкіметтік шешім жеткілікті терең емес техникалық-экономикалық негіздемелерде қабылданды және комбинатта бірқатар технологиялық шешімдер қабылдау нәтижесінде ақталды.

"ArcelorMittal" Қазақстан Республикасының жалғыз ірі металлургиялық комбинаты, оның халық шаруашылығын дамытудағы рөлі кеңейді және Лисаков шикізатынан түрлі сұрыпталымдағы металл өндірісінің тиімсіздігі маңызды экономикалық проблемаға айналды.

Концентраттағы Темірдің төмен мөлшері – 49%, ал ТМД-ның ұқсас зауыттарында өңделетін концентраттардағы Темірдің орташа мөлшері 58-65% шикізат тиімділігінің төмендеуін көрсетті.

1 Кесте - Қазақстанның кейбір темір кені базаларының химиялық құрамы

Хим. қосылыстар	Материалдар				
	Лисаковтық ГОК		АГОК	ССГПО	
	ГМК	ОМК	Шахта кені	Концентрат	Окатыши
Fe _{жалпы}	49,10	61,80	46,50	65,50	62,56
FeO	0,82	30,08	11,85	25,28	1,37
SiO	10,46	6,18	15,44	4,01	3,94
Al ₂ O ₃	4,61	5,65	2,03	1,25	1,30
CaO	0,27	0,38	5,28	2,42	4,05
MgO	0,34	0,41	0,68	1,07	0,98
MnO	0,25	0,28	0,99	0,18	0,23
P ₂ O ₅	1,56	1,94	0,032	0,014	0,017
S _{общ}	0,015	0,020	0,817	0,300	0,072
TiO	0,145	0,154	0,48	-	-
WO	0,102	0,122	-	-	-
ППП	13,26	0,28	7,50	1,59	0,25

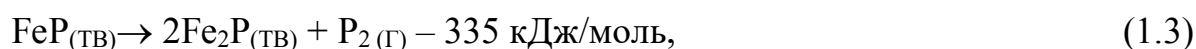
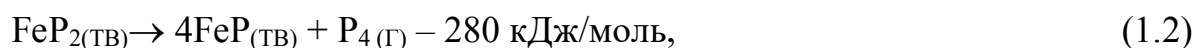
Қазіргі уақытта КБК – дан өнімнің бір ғана түрі шығарылады-бұл орташа темір мөлшері 49% гравитациялық-магниттік концентрат."ArcelorMittal" осы шикізатта ұзақ жұмыс істеу кезеңінде дайын металл өнімдерін шығара отырып, оны металлургиялық өңдеу технологиясын іс жүзінде меңгерді – тұтынушылардың техникалық талаптарын қанағаттандыратын прокат және қаңылтыр парақтары, бірақ экономикалық тұрғыдан алғанда, өнімнің өзіндік құны мен бағасы тек концентраттың төмен сапасы мен оны дәстүрлі технология бойынша өңдеудің күрделілігіне байланысты ТМД зауыттарында шығарылатын тиісті өнімдерден әлдеқайда жоғары. Сонымен бірге темір кені кен орнының бірегейлігі кен қоры ауқымында ғана емес – 3 млрд.тоннадан астам, игерудің ашықтығы, сонымен қатар химиялық құрамның кешенділігінде де бар.

1.3 Лисаков темір кені шикізатын қайта өңдеу мәселесі

Қазақстан, Сібір, Орал Металлургия зауыттарының шикізат базасын құруда Лисаков кен орнының қоңыр топырақты кендері маңызды орын алады. Қорлар (6,5 млрд. т) және олардың жатуының тау-кен техникалық жағдайлары қоңыр темір кендерін өндіруді жылына 70 млн.т дейін жеткізуге және Оңтүстік Орал мен Қазақстанның металлургия зауыттарын шикізатпен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Алайда, осы кендерді пайдалануға байланысты оларды қайта өңдеу проблемасы туындады. Бұл кендердің ерекшелігі, ең алдымен, фосфордың 0,9%-ға дейін және 3,0-3,5% - ға дейін глиноземмен байланысты. Сонымен қатар, оларды байыту концентраттағы глинозем құрамының 5,0-6,0% - ға дейін артуына әкеледі. Бұл кендердің оң сапасы-күкірттің тазалығы (0,02%). Осыған байланысты Лисаков темір кені шикізатын қайта өңдеу кезінде металды күкіртсіздендіру проблемасы туындамайды. Алайда шлактардан

фосфор мен глиноземді пайдалану мүмкіндігімен шикізатты дефосфор және кешенді өңдеу мәселесін шешу қажет.

Тотықтырғыш күйдіру кезінде, сондай-ақ агломерация және күйдірілген шекемтастарды өндіру жағдайларында Фосфор алынбайды. Барлық дерлік фосфор зарядта қалады деп саналады [8]. Шахтада күйдіру және тау-кен материалында балқыту тотықсыздану атмосферасында жүретін Домна пешінде фосфор толығымен қалпына келтіріліп, ерітінді мен химиялық қосылыстар түрінде металға өтеді. Фосфордың төрт химиялық қосылыстары Fe_3P , Fe_2P , FeP және FeP_2 фосфидтері деп аталады. Барлық осы қосылыстар шектеулі, бірақ өте кең аралықта – 28% дейін темірде ериді. Фосфидтердің түзілуі және бездегі бос фосфордың еруі жылу шығарумен бірге жүреді. Жоғарыда аталған фосфидтер қатарының пайда болуының стандартты жылуы сәйкесінше 47,37; 144,44; 104,66; 142,34 кДж/моль құрайды [9]. 1909 жылы Н.А. Константинов салған темір-фосфордың күй диаграммасынан Fe_3P қосылысы темірдегі фосфордың құрамына стехиометриялық коэффициент бойынша 15% P дейін сәйкес келетіні белгілі. FeP және FeP_2 қосылыстарының практикалық маңызы жоқ, біріншіден, қалпына келтірілген фосформен балқыманы мол қамтамасыз етудің нақты мүмкіндігінің болмауына байланысты, екіншіден, бұл қосылыстардың температураның жоғарылауы мен өзгеруіне тұрақсыздығы [10]:



Ван Везердің деректері бойынша 1050 С температурада с – Fe-де еруі мүмкін фосфордың ең көп мөлшері 2,8% - ды құрайды. Fe_3P температурасының жоғарылауымен 1166 ° С температурада инконгруэнтно бұзылады.көріп отырғанымыздай, сұйық Темірдің пирометаллургиялық өндірісі кезінде Темірдің ең тұрақты фосфиді Fe_2P болып қалады.

Темір кені материалдарын қайта өңдеу кезінде бастапқы металдағы фосфордың құрамы оның бастапқы шихта материалындағы мөлшеріне сәйкес келеді. Фосфорлы темір кені шикізатында фосфордың мөлшері 0,5-1,0% аралығында, Домна пешінде балқыту кезінде шойындағы фосфордың мөлшері 1,0-2,0% аралығында болады. Осы ауытқуға байланысты болат балқыту процесінің технологиясы фосфорлы шойынды қайта өңдеуге түбегейлі қайта құрылады.

Лисаков темір кен орны Қазақстан Республикасының солтүстік-батыс бөлігінде Қостанай облысының аумағында, Қостанайдан оңтүстік-батысқа қарай 140 км., Тобыл өзенінің оң жағалауында орналасқан. Кен орны батыстан шығысқа қарай жүз километрден астам созылған және ені 7-8 км. [12] баланстық кендердің қоры 3.0 млрд. т. артық., оның ішінде 37%, 63%, оның ішінде бай 25%, кедей 75% [13].

Темір мөлшері бойынша кендер үш сортқа бөлінеді: 1 - бай-38-42%; 2-кедей-30-38%; 3-баланстан тыс-20-30 %. Лисаков кен орны кендерінің химиялық құрамы 2-кестеде келтірілген

2 Кесте - Лисаков кен орнының кендеріндегі элементтердің мазмұны, %

Кен	Fe _{жалпы}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	P ₂ O ₅
Тотыққан							
I сорт	45,61	16,63	2,68	0,39	0,46	0,89	1,31
II сорт	33,08	32,14	6,51	4,15	0,45	0,71	0,52
Орташа	35,50	24,17	4,73	0,74	0,38	0,43	1,03
Тотықпаған							
I сорт	48,38	8,02	1,24	13,26	0,23	0,44	4,33
II сорт	34,31	32,96	4,40	3,09	0,26	0,37	1,12
Орташа	37,28	28,12	5,03	2,34	0,28	0,36	1,17

Болат маркаларының басым көпшілігі үшін фосфор зиянды қоспа болып табылады және оның құрамы көміртекті сапалы және жоғары сапалы болаттарда 0,030-0,035%, аспаптық болаттарда 0,030% - дан аспайды және терең ұстау үшін жұқа суықтай илемделген табактар өндірісінде 0,25% - дан кем болады.

2 Зерттеу әдістемесі

2.1 Теориялық зерттеулер әдістемесі

Лисаков темір кенінің концентраты сияқты құрамында фосфор бар шикізатты алдын ала өңдеу және кейіннен металлургиялық өңдеу процестерін зерттеу өте күрделі болып табылады және көп сатылы сипатқа ие. Осыған байланысты зерттеу жұмыстары теориялық және эксперименттік бөліктерге бөлінді. Зерттеу жұмыстары тиісті зерттеу әдістерімен жүргізілді.

Теориялық бөлімде нақты Лисаков гравитациялық-магниттік концентратының-ЛГМК құрамына, құрылымына және қасиеттеріне сүйене отырып, зерттеудің термодинамикалық әдістері пайдаланылды.

Бұрын жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша концентраттың химиялық және минералогиялық құрамы туралы сенімді мәліметтер алынды. Фосфордың әрекеті мен қозғалысының негізгі мәселесін шешу үшін Темкин-Шварцман әдісі бойынша термодинамикалық зерттеулер жүргізілді. Фосформен және бес оксидпен әрекеттескенде пайда болатын химиялық қосылыстардың Гиббс энергиясы анықталды.

Атап айтқанда, темір фосфидтері (FeP , Fe_2P , Fe_3P және т.б.), темір және кальций фосфаттары термодинамикалық талдаудан өтті.

Жоғарыда аталған химиялық қосылыстардың беріктігі, температураға байланысты олардың диссоциациялану мүмкіндігі зерттелді.

Теориялық зерттеулерде жаңа диссоциативті-адсорбциялық механизм негізінде сериялық фазалық түрлендіру әдісі де қолданылды. Диссоциациялы-адсорбциялық механизм бойынша болып жатқан масса алмасу процестерін талдау әдістемесі бастапқы металл оксидтерінің диссоциациялану энергиясын пайда болған газ тәрізді оксидтермен- CO_2 , H_2O және CO салыстыруға және редукциялық реакциялардың дамуы мен аяқталуын болжауға мүмкіндік берді.

Теориялық зерттеулердің аталған әдістерін қолдану - күтілетін нәтижелерді болжауға және эксперименттік зерттеулердің ұйымдастырылуы мен әдістемесін анықтауға мүмкіндік берді.

Теориялық зерттеу әдістері эксперименттерді жоспарлаудың белгілі әдісін қолданумен аяқталды.

Тотықсыздану процесінің кинетикасы тұтастай алғанда процестің жеке байланыстарының жылдамдығын анықтауға байланысты екені белгілі. Процестің әр буынының математикалық сипаттамасы жасалды. Олардың ішіндегі ең қарапайымы тәуелсіз параметрлерді анықтау тұрғысынан сыртқы диффузия болып табылады [15]. Сыртқы диффузия коэффициенті тікелей өлшеуге болатын газдың температурасы мен қысымымен анықталады. Кесекті кен материалдарын газбен қалпына келтіру кезінде ол процесті шектей алмайды [16-19].

Тотықсыздандырғыш газдың адсорбциясынан бастап реакция өнімдерін кері тасымалдауға дейін процестің барлық кезеңдері бөлшектердің ішінде жүреді. Процестің жекелеген сатыларының белгілі математикалық

сипаттамалары оларды ішкі процестің параметрлерін өлшеу мүмкін еместігіне байланысты практикалық есептерді шешуде қолдануға тырысқанда қиындық тудырады. Мысалы, процестің жоғарыда сипатталған кезеңдерін ескере отырып, бөлшектер қабатының ішіндегі металдың қалпына келу жылдамдығын анықтау үшін өлшеуге қол жетімсіз кемінде он параметрдің мәндері туралы ақпарат қажет: 1) кеуектердің тиімді радиусы; 2) арнаның орташа ұзындығы; 3) диффузия жолындағы газ қысымының ауытқуы; 4) тотықсыздандырғыш газдың парциалды қысымы; 5) нақты температура; 6) адсорбат беті; 7) фазалық шекаралардағы ақаулардың шоғырлануы; 8) темір концентрациясының айырмашылығы; 9) фазалар арасындағы оттегі; 10) диффузия түзілетін беттің ауданы; 11) қоспалардың концентрациясы.

Қазіргі заманғы зерттеулердің осы кезеңінде қалпына келтіру құбылыстарына адсорбциялық-катодтық процесс механизмі жеткілікті түсінік береді. Бұл теорияның таралуы мен кеңінен танылуына Л.Глюнер ұсынған және И.Т. Соколовтың, А.А. Байковтың және М. А. Павловтың еңбектерінде дамыған екі деңгейлі тізбектің тарихы айтарлықтай әсер етті. Газды қалпына келтіру кезінде процесс тұтастай алғанда екі деңгейлі схема аясында қанағаттанарлық түрде сипатталуы мүмкін. Бірақ тотықсыздандырғыш 100% қатты көміртек болған жағдайда немесе газ тотықсыздандырғышпен белгілі бір арақатынаста реакцияның тікелей учаскелері және қатты және газ тәрізді тотықсыздандырғыштардың мәні туралы белгісіздік пайда болады.

Көптеген жылдар бойы алынған эксперименттік нәтижелер қатты фазадағы қалпына келтіру процесінің механизміне қатысты жаңа міндеттер қойды.

Металды көміртекпен тікелей азайту себептерін түсіндіру үшін кейбір авторлар реактивтердің байланыс беттеріне тікелей әрекеттесуін қолданып, ал реакция өнімдерінің қатты қабаты пайда болғаннан кейін ол арқылы диффузияны қамтитын контактілі диффузиялық механизмді қолданды. Алайда бұл мәселе де бір ауыздан шешілмейді. Кейбір авторлар негізінен көміртектің диффузиясын, басқалары – оттегінің диффузиясын және темірді, ал басқалары көміртегі мен оттегінің өзара диффузиясын қарастырады. Бірақ, нақты процесті екі буынды және контактілі – диффузиялық тізбектер шеңберімен толық түсіндіруге болмайды. Сонымен қатар, оксидтердің ыдырауы және олардың сублимациясы нәтижесінде бөлшектердің берілу мүмкіндігін ескеру қажет. Хауффе ұшпа оксидтердің буларының жаппай берілуіне байланысты қатты реагенттердің бірінің бетінде шпинельдің пайда болу мүмкіндігін тәжірибе жүзінде дәлелдеді. И.С. Куликов магнетит пен вюститтің конвергентті диссоциация механизмін ашып, O , O_2 және FeO_y түрінде газ фазасын құра отырып, диссоциация механизмі арқылы қатты көміртекпен темірдің азаюын күшейтуге мүмкіндік береді.

Осылайша, әр түрлі авторлардың көзқарастары мен эксперименттік мәліметтерін талдай отырып, қатты көміртектің металл оксидтерімен өзара әрекеттесуінің бастапқы және соңғы нәтижелері арасында күрделі өзгерістер болады деп айтуға болады, олар туралы біз ұсынылған теориялардың

айырмашылығына байланысты процесті біржақты бағалау үшін жеткіліксіз ақпарат аламыз.

Қазіргі уақытта жүргізіліп жатқан зерттеулер заттарды түрлендірудің белгілі бес механизмі шегінде металдардың қатты фазалық қалпына келу заңдылықтарын ашуға бағытталған: 1) адсорбциялық-каталитикалық; 2) контактілі диффузиялық; 3) бу-оксидті; 4) газ-карбидті; 5) диссоциациялық.

Олардың ішінде бу оксиді және газ-карбидті механизмі көмекші рөл атқарады. Контактілі-диффузиялық механизм жалпыға бірдей танылған, бірақ процестің төмен жылдамдығына байланысты практикалық маңызы жоқ. Адсорбциялық-каталитикалық механизм ең кең таралған, ең тиімді механизм. Алайда, оның көмегімен бірқатар тәжірибелік мәліметтерді және қатты фазалық қалпына келтірудегі байқалған құбылыстарды түсіндіруге болмайды; темір көміртегі, әсіресе температура 1000°C -тан жоғары және 7000°C -тан төмен жерлерде. Диссоциация механизмінің ережелерін толықтырудың арқасында күшті темір - магнетит және вюстит оксидтерін азайту кезінде оксид пен қатты тотықсыздандырғыштың өзара әрекеттесу сипаты туралы қосымша ақпарат қажет. Көрсетілгендей жекелеген сатыларын тетігін қалпына келтіру темірдің көміртегімен, әсіресе өзгерген кезде табиғаттың аса әзірге анық емес. Оларды шешу жолы процесс барысы туралы жаңа ғылыми түсінік бере алатын және оны біздің еліміздің Лисаков және Аят кен орындарының, сондай-ақ басқа елдердің фосфорлы кен орындарының бай кендері мен концентраттарын ғана емес, сондай-ақ темірі бойынша кедей фосфорлы кендерін қайта өңдеу бойынша перспективалық технологиялық процестерді құру үшін пайдалануға мүмкіндік беретін эксперимент арқылы болмақ.

Кокс көміртегіне қайта есептеуде кальций фосфатынан фосфорды қалпына келтіру реакциясына жылу шығыны 2,08 (21175/10173) – 2,25 (22856/10173) кг/кг Р құрайды, мұнда 10173 – кокс көміртегінің тотығуының жылу әсері, кДж/кг с.

Сонымен қатар, фосфордың 2 атомына P_2O_5 -тен фосфорды қалпына келтіру процесі 5 көміртегі атомына жұмсалады, яғни. $12 \cdot 5 / (31 \cdot 2) = 0,96$ кг/кг Р. және көміртектің жалпы шығыны 3,04-3,21 кг / кг р. көріп отырғанымыздай, фосфорлы темір кендерін өңдеу кокстың едәуір артық шығынымен байланысты, бұл балқыту тиімділігін төмендетеді, шойынның құнын арттырады.

Қайта өңделген шойын – болатты жаппай өндіруге арналған негізгі шикізат. Фосфор негізінен шойыннан болат балқыту пештерінің қоспасына өтеді. Оның Болаттың сапасына зиянды әсер етуіне байланысты, ол суық сыну қасиетін бере отырып, дефосфор процесіне үлкен әсер етеді. Болаттағы фосфордың рұқсат етілген мөлшері қатаң реттеледі. Сапалы болатта фосфордың 0,04% – дан аспайтын, жоғары сапалы болатта – 0,01- 0,02% - дан аспайтын, қатардағы көміртекті болатта – 0,08% - дан аспайтын болуына жол беріледі. Болат балқыту пештеріндегі сұйық металдан фосфорды алу 1570-1600°C жоғары температурада және тотығу атмосферасындағы доменнен айырмашылығы болады. Фосфордың тотығуы металл-шлак бөлімінің бетінде

де, металл көлемінде де болуы мүмкін. Шлактың тотығу потенциалы ауаның оттегі әсерінен төменгі темірден жоғары темір оксидтерінің пайда болуы нәтижесінде артады.



Жапон авторларының бірқатар еңбектерінде сұйық металды дефосфорлау мәселесі құрамы бірдей емес ағындардың, шлактардың қосындысымен және сұйық металды араластырудың әртүрлі әдістерін қолдану арқылы қарастырылады.

Диффузия немесе механикалық араластыру арқылы жоғары оксидтер қалың қабат арқылы "металл-шлак" бөлімінің бетіне еніп, реакция арқылы темірмен қалпына келеді:



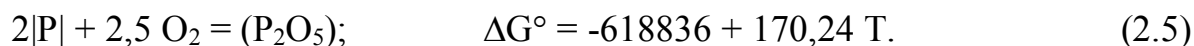
Вюстит темірде шектеулі еритін зат ретінде металға таралады және реакция арқылы фосформен әрекеттеседі:



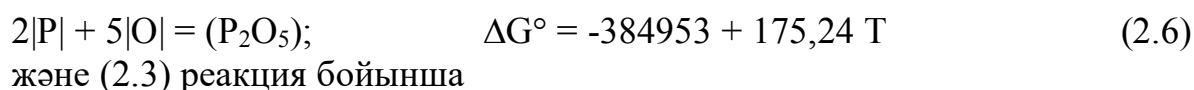
Фосфор ангидридi металлдан шлакқа таралады, онда кальций оксидімен біріктіріліп, күшті қосылысқа өтеді



Металл көлемінде фосфор үрлеу кезінде бос оттегімен тотығады және шлак қосындыларының бөлшектерімен – темір және кальций оксидтерімен біріктіріледі. Фосфордың тотығуымен жылу шығады, оның мөлшерлі металға оттегі қандай түрде енетініне байланысты болады. Фосфорды газ тәрізді оттегімен тотықтырған кезде жылудың максималды мөлшері шығарылады



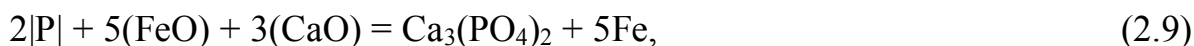
Металда ерітілген оттегімен тотыққан кезде



Металлдан фосфорды алу екі кезеңде жүреді. Біріншісінде, жоғарыда көрсетілгендей, фосфордың тотығуы жүреді. Екіншісінде фосфор ангидридін ең күшті және тұрақты қосылысқа байлап, оны шлакқа айналдыру керек:



Фосфорды байланыстыру және оны шлакқа айналдыру процесі мына реакция арқылы жүруі мүмкін

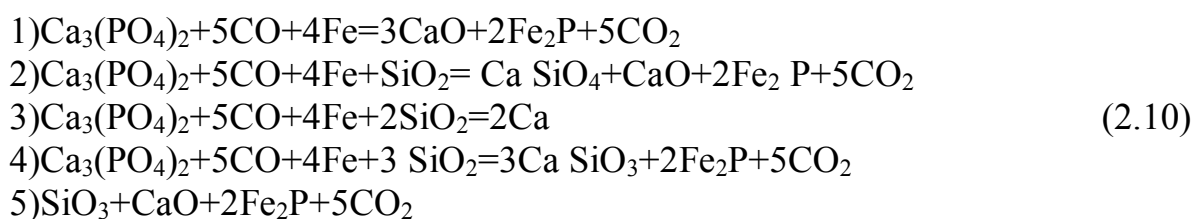


ол жоғары температурада (шамамен 1600 °C) қайтымды болып табылады.

2.2 Эксперименттік зерттеулер әдістемесі

Бұрын жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижелері фосфаттардың, атап айтқанда темір фосфатының диссоциация процесі фосфордың масса алмасуындағы байланыстардың бірі екенін көрсетті. Осы жағдайды ескере отырып, диссертацияда қойылған міндеттерді шешу үшін теориялық және эксперименттік зерттеу әдістері қолданылды.

Теориялық зерттеулер реакциялар бойынша масса алмасу мүмкіндігін термодинамикалық талдаудың белгілі әдісіне негізделген (2.10)



Эксперименттік зерттеулерді ұйымдастыру үшін теориялық зерттеулердің нәтижелері, экспериментті жоспарлаудың белгілі әдісі, зертханалық қондырғының түпнұсқа дизайны және эксперимент жүргізу әдістемесі, жүйенің атмосферасын реттеу қолданылды.

1 және 2-тарауларда бастапқы темір кені концентратында кездесетін фосфорлы ангидрид негізінен $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ вивианит минералы ретінде ұсынылған, ол қызған кезде ыдырап, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ темір фосфатына айналады.

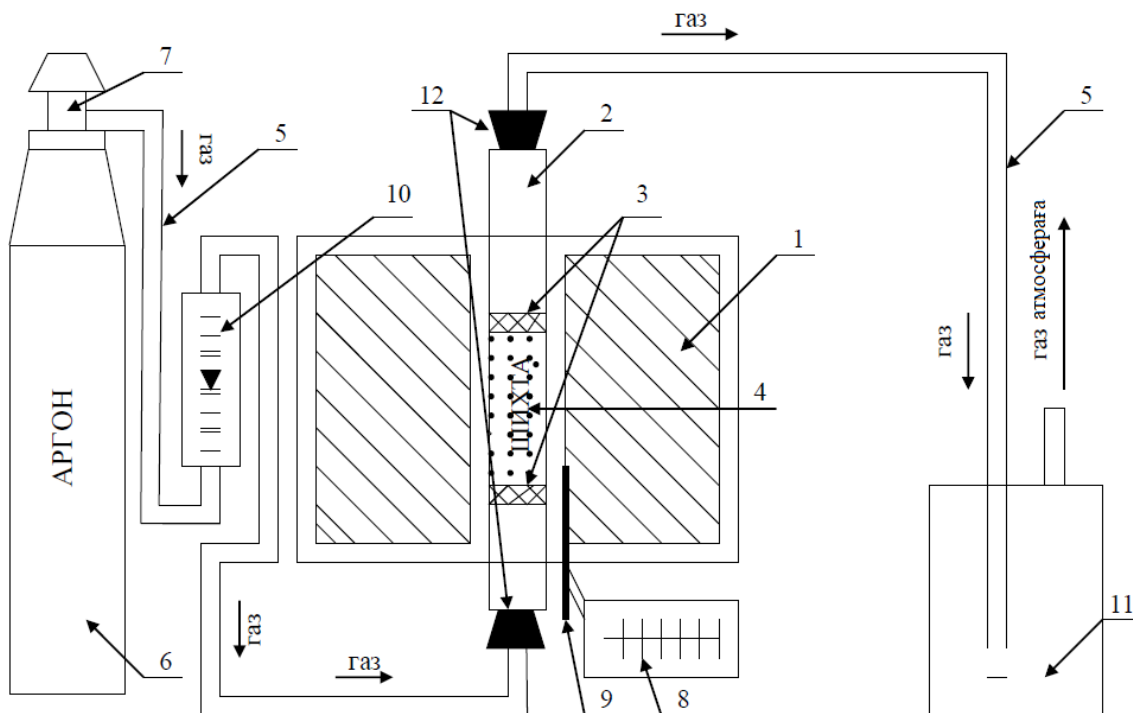
Термодинамикалық есептеулер темір фосфаты өте күшті қосылыс екенін көрсетті. Алайда, кальций – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ фосфатымен салыстырғанда оның беріктігі шамамен үш есе аз. Бұл шамамен 650-750°C төмен температурада темір фосфатынан фосфордың эксперименттік түрде қалпына келуін түсіндіреді.

Диссоциация – адсорбциялық теория принципі диссоциация сатысы арқылы қалпына келтіру реакциясының жүруін қарастырады. Осы принцип

негізінде процестің диссоциациялық байланысын локализациялау әдістемесін жасауға әрекет жасалды.

Темір фосфатының диссоциациясын локализациялаудың негізгі құралы ретінде конденсацияланған фазадан жоғары атмосфера қолданылды. Процестің диссоциациялық буынының бөлінуінің негізгі кедергісі темір мен фосфордың параллель қалпына келуі болды. Бұл процесті болдырмау үшін жүйенің атмосферасы CO_2 , H_2O және N_2 тұратын газды енгізу арқылы реттелді. Процесті жүзеге асыру үшін зертханалық қондырғы құрылды, оның схемасы 1 суретте көрсетілген.

1 суретте көрсетілген қондырғы темір кені концентратын рециркуляциялық ағын режимінде термоөңдеуге арналған шахталық агрегаттың бір секциясы болып табылады. Қондырғының жұмысы шахталық агрегат секциясының жұмысына ұқсас және келесі ретпен жүреді.



1 Сурет - ЛГМК дефосфорацияға арналған қондырғысы

1. Электр пеші СОУЛ -044 (вертикаль). 2. Реакциялық түтік. 3. Шамотты ауа өткізгіш төсемдер. 4. Шихта (ЛГМК+С). 5. Шлангілер (Құбыр). 6. Аргоны бар баллон 7. Редуктор.
8. Температура датчигі. 9. Термо бу ХА. 10. Ротаметр. 11. Газ анализаторы. ГХЛ-1. 12. Резеңкелі отқа төзімді тығындар.

1 - қондырғы корпусы СОУЛ-044 тік электр пеші болып табылады, оған 2 - реакция түтігі, реакция түтігіне 4 - ЛГМК + көміртегі зарядтары, 3 - екі шамот ауа өткізгіш тығыздағыштарының арасына орналастырылған. Реакция түтігінің шеттері 12 – резеңкелі отқа төзімді штепсельдермен тығыз жабылған, бұл

жүйенің герметизациялануын қамтамасыз етеді. Тиелетін материалдың мөлшері шамотты ауа өткізгіш төсемдер арасындағы көлемнің 80% - на сәйкес келуі тиіс. Әрі қарай, 1-пешке кернеу реттегіші арқылы электр желісінен жүктеме беріледі, содан кейін олар 7-цилиндрдегі 6-редукторды ашады, ол 5-құбырға қосылған. Әрі қарай, 10 - ротаметрарқылы газ шығынын анықтаңыз. 400⁰С температураға жеткенде жүйеге газ беріледі. Төменгі шамот тығыздағышынан өтетін газ ағыны 4 - шихтамен өзара әрекеттеседі және жоғарғы шамот тығыздағышынан 11-газ анализаторына өтеді. Бұл зарядтың жалған күйген күйін жасайды.

Рециркуляциялық қозғалыс кезінде концентрат қабаттары қызады. Жүйені жылыту электр трансформаторындағы жүктемемен реттеледі және біртіндеп 550-600-650-700-750-800 С⁰ дейінгі температураға жетеді. Осы температурада Р₂О₅ (г) газ фазасына шығарыла отырып, темір фосфатының диссоциациялануы болжалды.

Бастапқы үлгілер ретінде қоспадағы көміртектің орташа мөлшеріне сәйкес келетін мөлшерде көміртегі қосылған ЛГМК қолданылды массасы бойынша 3% дейін. Реакциялық камерада жоспарланған түрлендірулерді жүзеге асыру үшін жүйені герметизациялау маңызды болды, ол қамтамасыз етілді: біріншіден, газ атмосферасының шамадан тыс қысымы, екіншіден, резеңке штепсельдер мен шамот ауа өткізгіш тығыздағыштар көмегімен қосылыстардың тығыздығы.

2-реакциялық түтікке 5-құбыр арқылы газ беру 6-баллоннан редуктор-7 және ротаметр-10 арқылы жүзеге асырылды. Газ шығыны оның қозғалыс жылдамдығы 2 л/мин газ шығынына сәйкес келетін концентрат бөлшектерінің айналу жылдамдығына тең болатындай етіп орнатылды.

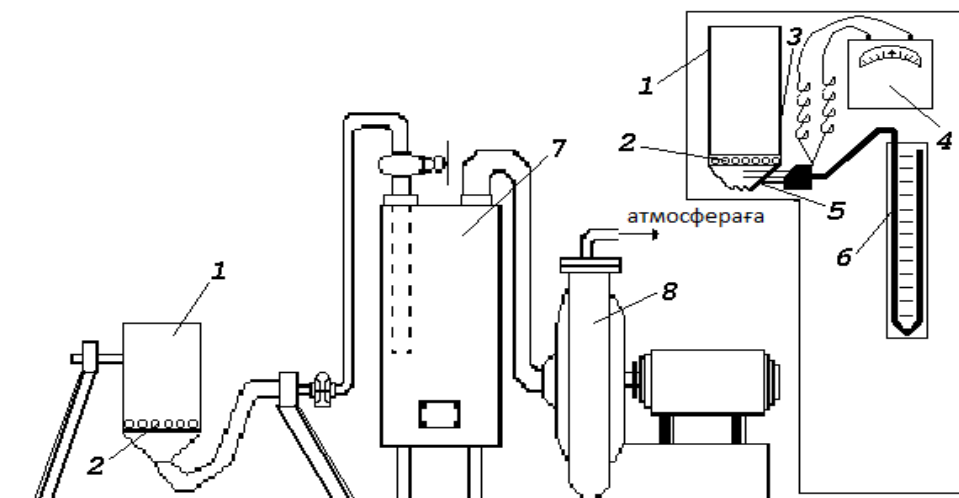
Реакциялық түтікте (камерада) болып жатқан физикалық-химиялық өзгерістерді бақылау үшін ГХЛ-1, МЕМСТ 7018-75 газ анализаторында тәжірибе барысы бойынша газ сынамаларын іріктеу жүзеге асырылды және эксперимент аяқталғаннан кейін материал сынамаларын алу жүзеге асырылады. Материалдың сынамалары химиялық және рентгенофазалық талдаулардан өтті. Газдар СО₂, СО, Н₂ құрамына талданды.

2.2.1 ЛГМК-дан агломераттар алу

Агломераттарды тәжірибелік қақтау металлургия зауыттарының зерттеу зертханаларында және институттарда кендер мен концентраттарды тәжірибелік жентектеуді жүргізу үшін қолданылатын диаметрі 200 мм, биіктігі 500 мм тостаған үлгісіндегі зертханалық қондырғыда жүргізілді. 2 суретте көрсетілген агломерациялық қондырғы 1 тостағаннан тұрады, оның төменгі бөлігінде 2 тор орналастырылған.

Агломерацияның шығатын газ тәрізді өнімдерінің температурасын өлшеу үшін оның астына 3 милливольтметрмен қосылған 4 хром-алюминий термопарасы орнатылды. 5-түтік арқылы тор астындағы разряд U-тәрізді су

монометрі 6 арқылы өлшенді. Тостаған газ тазарту ыдысына 7 құбырмен қосылған, онда агломерацияның газ тәрізді өнімдерімен бірге эксгаустер 8 соратын шаң жиналады.



2 Сурет - Агломерациялық қондырғының схемасы

1 - ыдыс; 2 - тор; 3- алюминий хром термопарасы;
4- милливольтметр; 5- түтік; 6- U- тәрізді су манометрі; 7 – газ тазалаушы бак; 8 – эксгаустер (су сорғысы РМК-3)

Шихта компоненттерінің кен бөлігіне химиялық талдау 3 кестеде келтірілген.

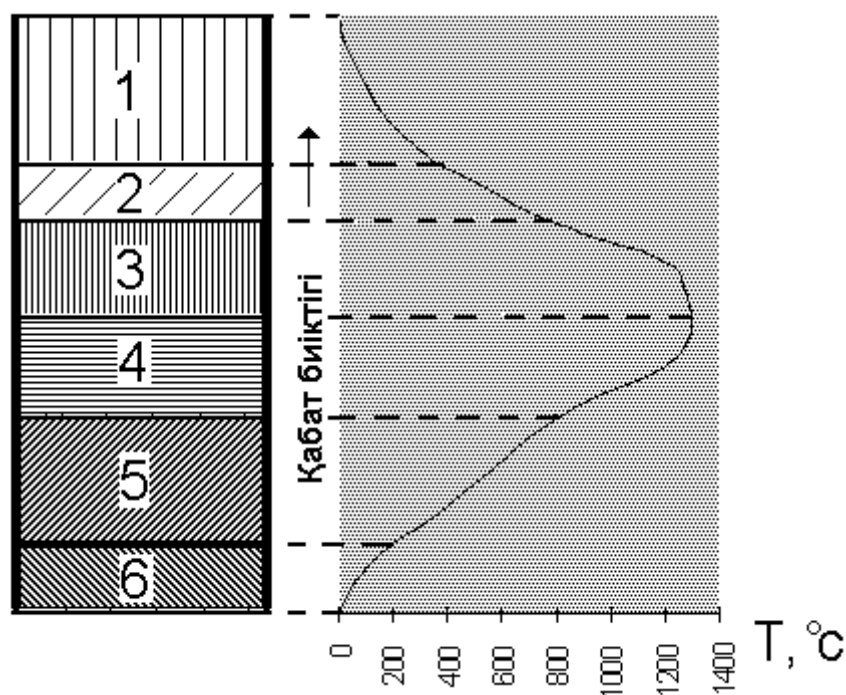
3 Кесте - Бастапқы химиялық құрамы, % шихта компоненттерінің (массасы бойынша)

Шихта компо- ненттері	Fe _ж	C	Mn _ж	P _ж	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	R ₂ O+ H ₂ O	П.п.п
ЛГМК	54,0	-	0,185	0,39	1,85	-	11,00	4,71	0,30	0,36	1,143	0,06	1,30
ССГПО концент- рат	62,01	-	0,11	0,08	22,82	53,82	8,00	2,18	0,18	2,42	0,25	-	2,80
Оңт.- Топар эктасы	0,38	-	-	0,02	-	-	2,00	0,35	54,00	0,55	-	-	43,50
Эктас	0,63	-	-	0,02	-	-	2,35	1,58	92,00	0,91	-	-	3,92
Коксик	1,6	85,0	-	-	-	-	7,00	3,00	1,49	0,30	-	-	0,66

Қақтау процессі шихтаның жану температурасына дейін қызған кездегі көміртектің жануынан (700-750 °С) жылу жану өнімдерінің жандырғыш

қоспалар арқылы, 40-45 секундтан кейін тұтану тұтандырғыш қоспалардың қалыптастырумен және жану аймағынан басталды.

3 суретте зарядтың сіңірілетін қабатының биіктігі бойынша температураның таралуы, сондай-ақ моменттердің бірінде әртүрлі аймақтардың орналасуы көрсетілген. Жанудың мұндай стандартты бағыты зарядтың төменгі ылғалданған қабаттарының төмен температурасынан туындайды. Жану аймағын төменге қарай жылжыту кезінде газтәріздес өнімдер шихтаның төменгі қабаттарын құрғатады. Алдымен зарядтан буланған ылғал торға жақын қабаттарда қайтадан конденсацияланады. Жану аймағынан жоғары агломерат қақтаудың стандартты әдісі кезіндегі одан өткен салқын ауа арқылы тотығады.



3 Сурет - Қақталған шихтаның биіктігі бойынша температураның таралуы және моменттердің бірінде әртүрлі аймақтардың таралу схемасы

1 - дайын агломератты салқындату аймағы; 2 - оның тотығу аймағы; 3- жану аймағы; 4- шихтаны алдын ала қыздыру аймағы; 5 - ылғалдың булану аймағы; 6 - ылғал конденсациясы аймағы.

Жану аймағында максималды 1300 - 1500⁰С температураға қол жеткізген кезде (торға қатысты отын шығынына және жану аймағының жағдайына байланысты) сейілетін газдар өзінің жылуын түгелімен беріп шихтаның төменгі қабаттарын қыздырады. Жану аймағындағы және жану аймағының астындағы шихтаның қызу бөлігіндегі көміртектің жануына байланысты кокс төменгі аймаққа дейін жетпейді.

Қақтау қабаты арқылы өтетін жану аймағының қозғалыс жылдамдығы қақтаудың вертикаль жылдамдығы деп аталады және қабаттың биіктігінің (Н, мм) сол қабаттың қақталуына кеткен уақытқа (мин) қатынасымен өлшенеді.

$$V = \frac{H}{\tau}, \text{ мм/мин} \quad (2.11)$$

Жану аймағы 17-20 минут ішінде беттен торға дейін қабаттың бүкіл биіктігін өтеді. Шығарылатын газдардың температурасы басында 50-60⁰С болады және 400⁰С температураға жетеді, яғни газ тәрізді жану өнімдерінің барлық жылуы толығымен шихтаны қыздыруға және тар аймақта ылғалды булануға жұмсалады.

Шығарылатын газдар температурасының төмендеуінің басталуы көміртегі зарядының толық жанып кетуін көрсетеді және агломерация процесін тоқтату сигналы ретінде қарастырылады. Жоғары күйдіру температурасы агломератты темір балқымасының кристалдану өніміне айналдырады. Балқыманың негізгі бөлігі магнетитпен (Fe₃O₄) берілген. Магнетит кристалдары соңғы рет қатып қалатын SiO₂ (CaO) (FeO)_{2-x} ферриттер мен кальций фосфаттары және темірлі шыны оливиндерімен бірге ұсталады.

2.2.2 1200 °С кезінде күйдірілген флюстелген концентраттарды алу

Жоғары температуралы тотығу кезінде алдымен Fe₃(PO₄)₂ темір фосфатының пайда болуы сөзсіз, содан кейін температура одан әрі жоғарылаған кезде оның P₂O_{5(г)} бөлінуімен диссоциациясы болады, ол өз кезегінде ағынмен байланысып, Ca₃(PO₄)₂ берік қосылысын құруы керек. Процестердің реттілігі және олардың аяқталу дәрежесі жану температурасына байланысты.

Жануды ұйымдастыруда P₂O₅ бөліну дәрежесін реттеу өте маңызды, оның зарядтағы реакциясы оның CaO -мен әрекеттесуіне байланысты, оның мазмұны Ca₃(PO₄)₂ түзілуінің қатты фазалық реакциясының ағымында да үлкен рөл атқарады.

Процесті жүзеге асыру үшін Оңтүстік топар кен орнының кеңейтілген ЛГМК және әктас пайдаланылды. Бұрын ДРОН-2 аппаратында концентраттың фазалық құрамы зерттелген. Бастапқы гравитациялық-магниттік концентратты талдау оның вививанит минералы Fe₃(PO₄)₂*8 H₂O құрамындағы фосфорды, сондай-ақ магнетит және гематит сияқты минералдарбар екенін көрсетті.

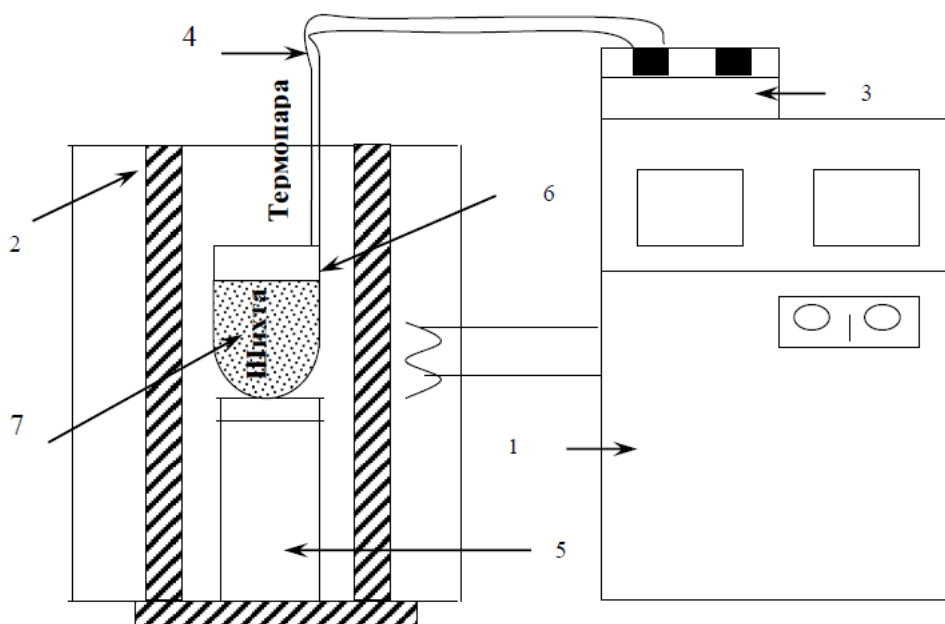
Жоғары температуралы тотығу кезінде алдымен Fe₃(PO₄)₂ темір фосфатының пайда болуы сөзсіз, содан кейін температура одан әрі жоғарылаған кезде оның P₂O_{5(г)} бөлінуімен диссоциациясы болады, ол өз кезегінде ағынмен байланысып, Ca₃(PO₄)₂ берік қосылысын құруы керек. Процестердің реттілігі және олардың аяқталу дәрежесі атыс температурасына байланысты.

Атуды ұйымдастыруда P₂O₅ бөліну дәрежесін реттеу өте маңызды, оның зарядтағы реакциясы оның ОАО-мен әрекеттесуіне байланысты, оның мазмұны Ca₃(PO₄)₂ түзілуінің қатты фазалық реакциясының ағымында да үлкен рөл атқарады.

Процесті жүзеге асыру үшін кеңейтілген ЛГМК және Оңтүстік Топар туған әктас пайдаланылды. Бұрын ДРОН-2 аппаратында концентраттың

фазалық құрамы зерттелген. Бастапқы гравитациялық-магниттік концентратты талдау оның құрамындағы фосфор құрамын көрсетті Вививанит минералы $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$, сондай-ақ магнетит және гематит сияқты минералдар.

Күшейтілген гравитациялық-магниттік концентрат пен ұнтақталған әктастардан негізділігі 0,21-ден 1,65-ке дейін жоғарылаған заряд жасалды. Жақсылап араластырғаннан кейін қоспасы кеуекті отқа төзімді тигельге жүктеліп, Тамман пешінің реакциялық түтігіне орнатылды. Температура біртіндеп 1200°C дейін көтерілді және қоспаны 18-20 минут күйдіріп, күйдіру уақытын концентраттың агломерация уақытына барынша жақындатты. Тигель газдан еркін өтті, бірақ концентрат пен әктас ұнтақтарының саңылауларына төгілуге және енуге жол бермеді. Тотығу күйдіру кезінде, әдетте, жоғарғы тығын алынып тасталды. Пеш минутына $45\text{-}50^\circ\text{C}$ жылдамдықпен қыздырылды. 1200°C дейін. Сонымен бірге олар концентраттың дисперстілігін мүмкіндігінше сақтауға тырысты, яғни. $1250\text{-}1270^\circ\text{C}$ басталатын қоспаның жұмсаруын болдырмау үшін. Қоспаны ауа атмосферасында қыздыру және ұстау реакцияның жүзеге асуына әкеледі деп болжанған (4 суретте күйдіру қондырғысының схемасы көрсетілген).



4 Сурет - 1200°C кезіндегі жақстартылған ЛГМК тотықтыра күйдіруге арналған зертханалық қондырғының схемасы

1-Тамман пешінің басқару блогы, 2-Тамман пеші, 3-Миливольтметр МР ГОСТ 9736-68, 4-Термопара ВР 5/20, 5-Көміртекті тұғыр, 6-Алундты тигель, 7- Шихта.

Реакциядан көрініп тұрғандай, P_2O_5 , CaO және FeO саны уақыт өте келе өзгермейді, сондықтан химиялық талдау арқылы болжамды реакцияның өту дәрежесін анықтау мүмкін емес. Реакция барысын алдын-ала дайындалған және күйдірілген зарядты металдандырғаннан кейін ғана бағалауға болады, өйткені

бұл жағдайда фосфордың кальций фосфатына қосылған бөлігі ғана қалпына келмейтіні белгілі.

Сондықтан бірінші жағдайда концентратты агломерациялаудан кейін және екінші жағдайда 1200⁰С температурада тотығудан кейін қатты тотықсыздандырғыштың температурасы мен мөлшерінің өзгеруімен әртүрлі офлюстелген агломераттар мен концентраттарды металдандыру бойынша эксперименттер сериясы жүргізілді.

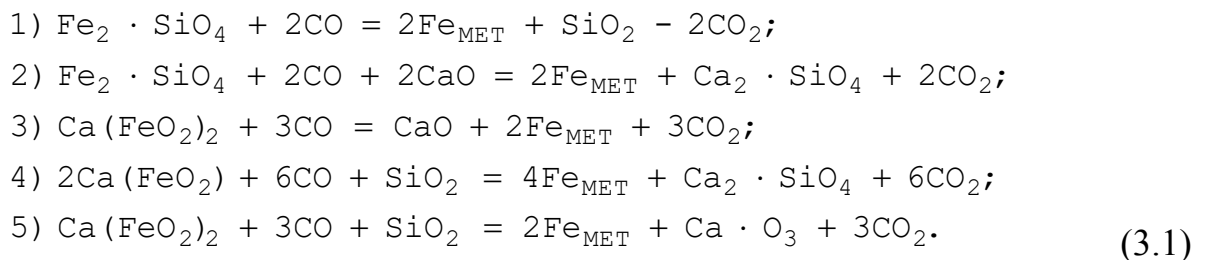
Газ шығару тоқтағаннан кейін жүйеге таза аргон беріліп, газ камерасын толтырып, бөлме температурасына дейін толық салқындағанша күтті. Аргонмен үрлеп, жүйені толығымен салқындағаннан кейін реакция түтігі баяу қозғалыспен пештен шығарылды. Металдандырылған өнімдерден алынған және алдын ала өлшенген сынамалар сертификатталған аспаптардағы химиялық зертханада Fe_{жалпы}, Fe_{мет}, FeO, P, CaO және т.б. компоненттеріне талданды.

3 Зерттеулер нәтижесі

3.1 Теориялық зерттеулер нәтижесі

ЖРМ-де темір Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO оксидтері түрінде болады және белгіленген принцип бойынша оны дәйекті түрде қалпына келтіру жоғары оксидтердің төменгі оксидтерге біртіндеп ауысуы арқылы жүреді. Термодинамикалық тұрғыдан алғанда, барлық темір оксидтері 400-800 °C аралығында орташа температурада CO және H_2 газдарымен қалпына келтіріледі.

Алайда, шихтаны аз (0,5-тен аз) және жоғары (1,5-тен көп) негізімен жағу және күйдіру кезінде $\text{Fe}_2\cdot\text{SiO}_4$ фаялит пайда болады және кальций оливиндері- $\text{Ca}_x\text{Fe}_{2-x}\cdot\text{SiO}_4$, мұндағы $x=0-1,1$, бұл күрделі қосылыстардан темірдің газдан қалпына келуіне қосымша қиындықтар туғызады. Осыған байланысты реакциялар бойынша көрсетілген күрделі қосылыстардан темірді толық қалпына келтірудің термодинамикалық мүмкіндігі зерттелді:



Термодинамикалық есептеу М.И. Темкин мен Л.А.Шварцманның теңдеулер негізіндегі әдістемесі бойынша жүргізілді:

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{298}^0 - T \cdot \Delta S_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta C_p \cdot dT - T \int_{298}^T \frac{\Delta C_p}{T} dT, \quad (3.2)$$

$$\ln K_{P,T}^0 = - \frac{\Delta G_T^0}{RT}, \quad (3.3)$$

мұндағы ΔG_T^0 — температура кезіндегі Гиббстің бос энергиясы T , K ;

$K_{P,T}$ - реакция теңдігінің константасы; ΔH_{298}^0 , ΔS_{298}^0 — реакция өнімдері мен бастапқы реакция беретін заттардың энтальпиясы мен энтропиясының стандартты мәндерінің айырмасы; ΔC_p — $C_p = a + b \cdot 10^{-3}T - c \cdot 10^5 T^{-2}$ теңдеуі бойынша анықталатын сол заттардың жылу сыйымдылығының айырмасы (әр зат үшін жеке).

Жоғарыда келтірілген 1-5–(3.1) реакциялар үшін Гиббс энергиясының келесі теңдеулері алынды:

$$1) \Delta G_T^0 = 16170 - 224,11T + 81,76T \cdot \lg T - 29,3 \cdot 10^{-3} T^2 - 3,35 \cdot 10^5 T^{-1}; \quad (3.4)$$

$$2) \Delta G_T^0 = 114756 - 279,93T + 109,53T \cdot \lg T - 40,9 \cdot 10^{-3} T^2 + 3,22 \cdot 10^5 T^{-1}; \quad (3.5)$$

$$3) \Delta G_T^0 = 38820 - 249,18T + 99,6T \cdot \lg T - 43,37 \cdot 10^{-3} T^2 + 10,36 \cdot 10^5 T^{-1}; \quad (3.6)$$

$$4) \Delta G_T^0 = -53297 - 569,4T + 226,88T \cdot \lg T - 98,34 \cdot 10^{-3} T^2 + 27,3 \cdot 10^5 T^{-1}; \quad (3.7)$$

$$5) \Delta G_T^0 = -60597 - 219,84T + 94,1T \cdot \lg T - 44,38 \cdot 10^{-3} T^2 - 20,75 \cdot 10^5 T^{-1}. \quad (3.8)$$

$$1) \lg K_{P,T}^0 = -\frac{844}{T} - 4,267 \lg T + 1,53 \cdot 10^{-3} T + 17,48 \cdot 10^3 T^{-2} + 11,698; \quad (3.9)$$

$$2) \lg K_{P,T}^0 = -\frac{5990}{T} - 5,7 \lg T + 2,135 \cdot 10^{-3} T - 16,8 \cdot 10^3 T^{-2} + 14,6; \quad (3.10)$$

$$3) \lg K_{P,T}^0 = -\frac{2026}{T} - 5,2 \lg T + 2,26 \cdot 10^{-3} T - 54 \cdot 10^3 T^{-2} + 13,0; \quad (3.11)$$

$$4) \lg K_{P,T}^0 = -\frac{2782}{T} - 1,84 \lg T + 5,13 \cdot 10^{-3} T - 142 \cdot 10^3 T^{-2} + 29,72; \quad (3.12)$$

$$5) \lg K_{P,T}^0 = -\frac{3163}{T} - 4,9 \lg T + 2,3 \cdot 10^{-3} T - 108 \cdot 10^3 T^{-2} + 11,47. \quad (3.13)$$

Есептеу формулаларын (3.4)–(3.8) және (3.9)–(3.13) шығару кезінде анықтамалық деректерден тиісті заттардың энтальпиясының, энтропиясының және жылу сыйымдылығының стандартты мәндері пайдаланылды. Термодинамикалық шамаларды есептеу нәтижелері 5-кестеде келтірілген.

Бөлінген кремнезем кальций силикаттарымен байланыспаған кезде көміртегі оксидімен реакция (3.1) арқылы фаялиттен темірдің тотықсыздануы әлсіз жүретінін көруге болады. Осыған қарамастан, 700–927°C температура диапазонында қол жеткізуге болатын 0,39–0,5 тепе-теңдік константалары кезінде фаялиттен темірді азайтудың нақты мүмкіндігі бар. Бос кальций оксидінің болуы бөлінген кремнеземді байланыстырып, реакцияны күрт оңға жылжытуы мүмкін (4 кестені қараңыз).

(3.1)-3 реакциясы бөлінген кальций оксидінің зарядтың оксидтерімен әрекеттесуінсіз кальций ферритінің тотықсыздануын сипаттайды. Кестеден көріп отырғанымыздай, берілген температура диапазонында реакцияның тепе-теңдік константасы $2,329 \cdot 10^{-2}$ – $2,212 \cdot 10^{-2}$ өте аз мәнге ие. (3.1)-4 және (3.1)-5 реакциялары дикальций силикатының және волластониттің түзілуімен жүреді. Бұл жағдайда сәйкес реакциялардың тепе-теңдік константалары 200–300-ге дейін артады, бұл кальций ферриттерінен темірдің қарқынды тотықсыздану мүмкіндігін көрсетеді. Шынайы жағдайларда шихта құрамында кальций ферриттерін қалпына келтіру кезінде фаялит пен кальций оксиді тотықсыздану кезінде кремнеземмен әрекеттесе алатын оксидтер болғандықтан, темірдің көміртегі тотығымен тотықсыздану процестері қатты денелер арасындағы қайталама реакциялар кезінде сәтті жүруі мүмкін. оксидтер.

4 Кесте - Температураға байланысты реакциялардың термодинамикалық шамаларының мәндері (3.1).

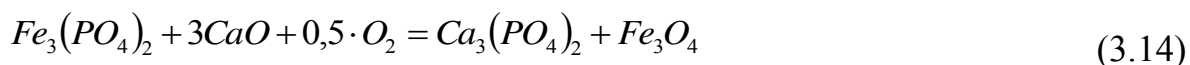
Реакция нөмірі	T, К	ΔG_T^0 , кДж/моль	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	$K_{P,T}^0$
(3.1)-1	900	7,7566	-7,2119	0,3549
	1000	7,7110	-9,3044	0,3957
	1200	6,8772	-15,2105	0,5021
(3.1)-2	900	-108,2287	-123,7128	$1,891 \cdot 10^6$
	1000	-106,6630	-120,7682	$3,692 \cdot 10^5$
	1200	-104,5690	-112,3904	$3,534 \cdot 10^4$
(3.1)-3	900	45,3970	37,3320	$2,329 \cdot 10^{-3}$
	1000	46,1046	41,0180	$3,922 \cdot 10^{-3}$
	1200	46,2364	51,1078	$9,747 \cdot 10^{-3}$
(3.1)-4	900	-39,1549	-56,2329	186,540
	1000	-37,6770	-48,0054	92,599
	1200	-37,5974	-25,3453	43,198
(3.1)-5	900	-41,8847	-56,8158	268,61
	1000	-40,4235	-52,9309	128,80
	1200	-38,8605	-42,2678	49,00

Сутегі 1100К жоғары температурада көміртегі тотығына қарағанда күшті қалпына келтіргіш болып табылады. Материалдың жеткілікті жоғары кеуектілігінде, мысалы, агломерациядан үлкен кеуектілігі бар түйіршіктерді қалпына келтіргенде, сутегі 1100 К-тан төмен температурада да көміртегі тотығынан белсендірек болады.

Нақты агломерат 1,2-ден 1,5-ке дейінгі негізділікке ие. Термодинамикалық мәндер бойынша темір бос оксидтерден де, олардың мүмкін болатын қосылыстарынан да СО және Н₂ газдарымен 900-1200К температура диапазонында толық (0,95-0,98 тотықсыздану дәрежесіне дейін) тотықсыздануы мүмкін.

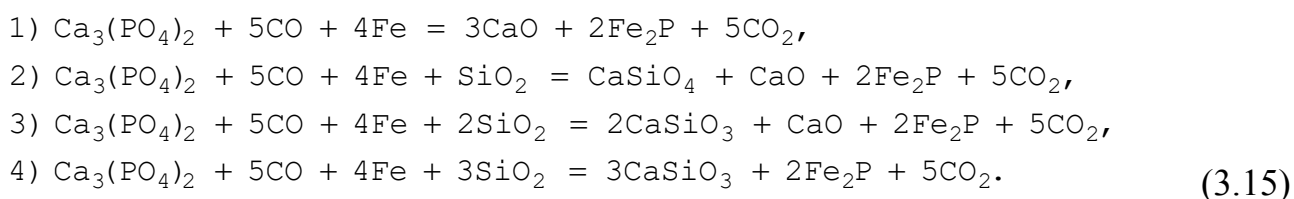
1-тарауда көрсетілген температура диапазонында темір мен фосфордың темір фосфатынан бірдей газдармен сәтті тотықсызданатыны көрсетілген, яғни 600-900°C. Алайда, А.И.Климович фосфор кальций оксидімен әртүрлі Са₃(РО₃)₂, Са₂Р₂О₇, Са₃(РО₄)₂ тұздары түрінде күшті қосылыс түзетіні белгілі. Фосфаттардан фосфорды газ тәріздес тотықсыздандырғыштармен тотықсыздандыру әрекеті тек метанмен 1373 К және сутегі және көміртегі тотығымен 1473 К температурада ғана байқалатын процестің басталуын көрсетті. Температураның 1300°C дейін көтерілуімен процесс жылдамдығы артады, төрт сағатта фосфордың сутегімен тотықсыздану дәрежесі 2,6%, көміртегі оксиді 1,2% құрайды. Кремний диоксиді болған жағдайда сутегімен тотықсыздану дәрежесі 11,7%-ға, көміртек тотығымен 5,9%-ға дейін өсті. Бұл эксперименттік деректер фосфор пентоксиді үшқальций фосфаттарымен толық байланысу шартында жүйе температурасының 900–1200 К шегінде фосфордың төмендеуін жою мүмкіндігін болжайды, яғни. фосфордың темір фосфат

қосылысынан кальций фосфатты қосылысына ауысуы. Мұндай түрлендіру мүмкіндігі алғаш рет тәжірибелік жұмыста сипатталған. Бұл процестің термодинамикалық талдауы (3.14) реакцияға негізделген.



Әлбетте, реакция (3.14) тотығу күйдіру кезінде жүреді. Сондықтан темір фосфатының ыдырауы кезінде бөлінетін FeO гематитке қарағанда жоғары температурада тұрақты болғандықтан, 1000-1400°C күйдіру температурасында атмосфералық оттегінің әсерінен магниттік оксидке дейін тотығады. Бірақ анықтамалық материалдарда темір фосфатының термодинамикалық сипаттамаларының болмауы, бұл есептеуді орындауды қиындатқаны бұл қосылыстың өте нашар зерттелгенін көрсетеді. Бұл, ең алдымен, табиғи минералдарда, атап айтқанда темір рудасында дисперсті болуына байланысты темір фосфатында химия өнеркәсібінің практикалық қажеттілігінің болмауымен түсіндіріледі. Металлургия өнеркәсібінде фосформен күрес металл өндірісінің соңғы сатысында көрінді, мұнда ол фосфидтер және ерітінді түрінде болады. Тотықсыздандырғыш атмосферадағы фосфордың әрекеті және болат балқытудағы дәлелденген фосфорсыздандыру технологиясының болуы туралы жақсы қалыптасқан идеялар шихтадағы физикалық және химиялық өзгерістер кезінде темір фосфатының әрекетін елемеуге әкелді. Қазіргі уақытта шикізатты дайындау кезіндегі темір фосфатының мінез-құлқына қызығушылық құрамында фосфоры бар шикізатты кешенді өңдеу қажеттілігіне байланысты көрінеді.

Іргелі көздерде темір фосфатына арналған стандартты термодинамикалық деректердің болмауына байланысты нәтижелері және $3FeO$ және P_2O_5 қосымша орташа жылу сыйымдылықтары есептеуге қабылданған. Темір фосфатының кальций фосфаттарына айналуының және олардың тотықсыздануының термодинамикалық сипаттамалары реакцияларға қатысты анықталды:



(3.15) кремнеземнің артық мөлшерінің кальций силикаттарының түзілуіне әсері көрсетілген. Фосфидтердің және кальций оксидінің кремнеземмен әр түрлі дәрежедегі қосылыстарының силикаттарға айналуы фосфордың кальций фосфатынан тотықсыздануына әртүрлі жолдармен әсер етеді. Температураны анықтау үшін фосфордың тотықсыздануының басталуы, (3.15)-1-4 реакцияларының термодинамикалық сипаттамалары да зерттелді. Температураға байланысты реакциялардың Гиббс энергиясын, энтальпиясын және тепе-теңдік константаларын есептеу нәтижелері кестеде берілген. тоғыз.

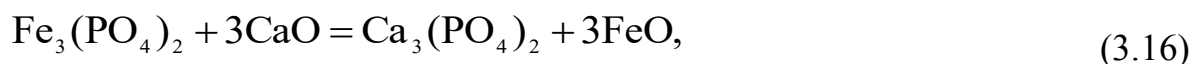
4 кестедегі мәліметтер (3.14) реакцияның жылу энергиясының бөлінуімен жүретінін және реакция тепе-теңдік константасының алынған өте үлкен мәндеріне сәйкес бүкіл температурадағы процестің қайтымсыз барысын бағалауға болатынын көрсетеді. зарядты атуға болатын диапазон. Жүйенің қатты дене күйінде процесті іс жүзінде барынша үнемді түрде жүзеге асыруға болатындықтан, темір фосфаты мен кальций оксиді арасындағы әрекеттесу тек өзара әрекеттесетін заттардың активтену энергиясына сәйкес келетін жылу энергиясы жүйеге хабарланғанда ғана іске қосылуы мүмкін.

5 Кесте - Кальций фосфатынан фосфорды қалпына келтіру реакцияларының термодинамикалық сипаттамасы

Реакция нөмірі	T, K	ΔG_T^0 , кДж/моль	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	$K_{P,T}^0$,
(3.14)	900	-439,484	-511,869	$3,0900 \cdot 10^{25}$
	1000	-431,483	-512,204	$3,3220 \cdot 10^{22}$
	1200	-415,255	-513,326	$1,1534 \cdot 10^{18}$
(3.15)-1	900	426,241	455,322	$1,9019 \cdot 10^{-25}$
	1000	423,302	449,352	$8,0294 \cdot 10^{-23}$
	1200	419,518	432,714	$5,6472 \cdot 10^{-19}$
(3.15)-2	900	282,120	324,423	$4,3432 \cdot 10^{-17}$
	1000	277,681	319,310	$3,2043 \cdot 10^{-15}$
	1200	273,928	305,152	$1,2153 \cdot 10^{-12}$
(3.15)-3	900	237,573	267,030	$1,6649 \cdot 10^{-14}$
	1000	234,584	261,462	$5,6924 \cdot 10^{-13}$
	1200	230,561	245,974	$9,3552 \cdot 10^{-11}$
(3.15)-4	900	150,344	172,872	$1,9075 \cdot 10^{-9}$
	1000	148,114	167,501	$1,8570 \cdot 10^{-8}$
	1200	145,537	152,585	$4,6709 \cdot 10^{-7}$

Кальций фосфатын қалпына келтіру қиын. Бірақ температураның жоғарылауымен фосфордың фосфаттан тотықсыздануы артады. Силикатты қосылыстар түзілу реакциясының (3.15)-1-4 термодинамикалық сипаттамалары 1600K (1327°C) температураға дейін кальций фосфатынан фосфор көміртек оксидімен іс жүзінде тотықсызданбайтынын көрсетеді. Алынған реакция өнімдері реакцияның оңға ығысуына ықпал ететін (3.15)-4 реакциясы 1600 K-де кальций фосфатының біршама жоғары термодинамикалық тұрақтылығын растайды. Осыған сүйене отырып, 900–1200 K температурада темір шихтадағы барлық ықтимал қосылыстарынан сәтті тотықсызданған кезде, егер зарядқа ұшыраса, фосфорды CO және H₂ газдарымен тотықсыздандыру мүмкіндігі іс жүзінде жоққа шығарылады деп болжауға болады. (3.14) реакцияны пайдалана отырып, темір фосфатының кальций фосфатына толық айналуына әкелетін алдын ала тотықтырғыш немесе әлсіз қалпына келтіретін күйдіру.

Реакция (3.14) екі кезеңнен тұрады:



Олардың ішінде (3.16) реакцияның шешуші маңызы бар, сондықтан ол термодинамикалық талдауға ұшырады. Бұл жағдайда темір фосфатының түзілу жылуы стандартты сулы ерітінді арқылы есептеу арқылы анықталды, ол 519 кДж/моль құрады. (3.17) реакцияға қатысты термодинамикалық есептерді жалпы қабылданған әдіс бойынша шешу Гиббс энергиясы мен реакцияның тепе-теңдік константасы, кДж/моль үшін келесі теңдеулерді шығаруға мүмкіндік береді:

$$\Delta G(473 - 1373) = -285,41 - 17,94 \cdot 10^{-3}T, \quad (3.18)$$

$$\ln K_{\text{р.т.}}^0 = 34345 / T + 2,15. \quad (3.19)$$

500-1400К температура диапазонында кальций фосфатының түзілуінің қатты фазалық реакциясы термодинамикалық мүмкін болатынын көруге болады, оның аяқталуы температура 1400К дейін көтерілген кезде фосфордың тотықсыздануын болдырмайды.

3.2 ЛГМК асылдандыру эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері

Эксперименттік зерттеулер бірнеше кезеңде жүргізілді. Тәжірибенің бірінші кезеңі ЛГМК сұйық күйдіру режимінде жүргізілді, яғни. құйылған қабат, шихтадағы 10% көміртегі қатынасында, 600⁰, 650⁰, 700⁰, 750⁰С температурада ұстау уақыты 15 минут. Бастапқы материалдарды талдау 6 кестеде берілген.

6 Кесте - Шихта компоненттерінің химиялық құрамын талдау

Шихта компоненті	C	Fe _ж	FeO	P	Mn	SiO	N ₂ O	CaO	MgO	п.п.п
ЛГМК	-	48,7	1,5	0,70	0,25	11,2	3,62	0,8	0,72	12,2
Кокс шаңы	85,0	1,60	-	-	-	7,00	3,40	1,49	0,30	0,66

Бүкіл эксперимент кезінде материал реакция камерасында болды. 300 °С-тан бастап 5 минутқа созылған будың мол шығуы болды. Температура 500 °С деңгейіне жеткенде будың бөлінуі байқалмады, тек құрғақ массаның қайнауы болды. 15 минут әсер еткеннен кейін реакция ұяшығы қыздыру пешінен шығарылды және атмосферада салқындатылды, бірақ CO₂ газының қысымымен, тіпті бөлме температурасына дейін салқындағаннан кейін де концентраттың магниттік күйін қамтамасыз етті. Химиялық талдау үшін сынама алу салқындатылған концентраттың массасынан жүргізілді. Химиялық талдау нәтижелері 7 кестеде келтірілген.

7 Кесте - Қатты фазалық фосфорсыздандырудан кейінгі ЛГМК химиялық талдауы

Температура °С	Химиялық құрамы, %										
	Fe _ж	FeO	MnO	V ₂ O ₅	P	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	п.п.п
600	56,92	17,92	0,26	0,12	0,43	0,04	13,65	3,58	0,51	1,12	0,48
650	58,74	28,61	0,28	0,13	0,40	0,05	12,20	3,62	0,48	1,15	0,52
700	56,97	28,61	0,29	0,13	0,38	0,05	13,25	3,61	0,45	1,12	0,61
750	57,10	28,50	0,27	0,13	0,37	0,04	13,45	3,68	0,46	1,14	0,75

Жанудың айналым режимінде эксперименттік зерттеулер сериясы жүргізілді. Тәжірибелердің әрбір сериясы температура, уақыт, көміртегі тотықсыздандырғышты тұтыну сияқты параметрлердің өзгеруімен жүргізілді. Әрбір тәжірибеден және жүйені CO₂ атмосферасында бөлме температурасына дейін салқындатқаннан кейін химиялық талдау үшін материал үлгілері алынды. Үлгілер вибраторда 0,074 мм өлшемге дейін өңделді. Шихтадағы көміртегі мөлшері 7% және 30 минуттық тазалау кезінде температураның өзгеруі материалдар үлгілеріне химиялық талдау нәтижелері 8 кестеде келтірілген.

8 Кесте - Қатты фазалы фосфорсыздандырудан кейінгі концентраттың химиялық құрамы

№/пп	t°С	Fe _{жалпы}	FeO	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	ппп
1	610	55,28	7,65	0,48	12,00	3,92	0,52	1,12	1,32
2	630	56,72	8,25	0,47	11,92	3,84	0,55	1,15	1,50
3	650	57,36	8,92	0,44	11,57	3,52	0,62	1,16	1,55
4	670	56,63	7,66	0,38	11,37	3,48	0,75	1,18	1,55
5	690	56,82	7,75	0,36	11,33	3,56	0,76	1,18	1,56
6	710	55,92	7,25	0,34	12,67	3,66	0,78	1,15	1,62
7	720	55,94	7,32	0,35	12,65	3,63	0,79	1,17	1,63
8	740	55,98	7,39	0,39	12,40	3,61	0,80	1,16	1,64
9	760	56,04	7,52	0,41	12,38	3,59	0,81	1,15	1,65
10	780	56,10	7,68	0,45	12,25	3,55	0,81	1,14	1,67

4 Теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін талдау және оларды жалпылау

8 кестеден көріп отырғанымыздай, барлық тәжірибелерде темір, темір оксиді және шлак түзетін оксидтердің құрамы тұрақты болып қалды. 1,32-1,67 шегінде кестеде ұсынылған қыздыру кезіндегі шығындарды концентрат үлгілерін ұяшықтан түсіргеннен кейін атмосферадан ылғалдың қайталама сіңірілуі ретінде қарастыруға болады. Бұл жеке эксперименттердің Vlk-500 таразыларынан тоқтатылған арнайы жасушаларда, үлгілердің массалық жоғалуын үздіксіз тіркеумен дәлелденеді. Содан кейін 600-700 °C температурада масса жоғалуы концентрат үлгісінен АҰҚ-ның толық шығарылуына сәйкес келетіні анықталды. Бұл үлгілерді салқындағаннан кейін 1-ден 20 тәулікке дейін өлшеу үлгінің массасы 1,5-тен 2,0% - ға дейін, яғни аздап гидротацияны көрсетті.

Күйдіру кезінде өзгеруге ең сезімтал элемент-фосфор. Егер бастапқы концентратта фосфор мөлшері 0,75% болса, содан кейін ол 0,37-0,48% дейін төмендеді. Шикізатты металлургиялық өңдеу технологиясы үшін жүз пайыз маңызды болғандықтан, процестің параметрлеріне байланысты көрсетілген шектердегі фосфор концентрациясының өзгеруі назар аударуға тұрарлық. Процесс газ фазасының қатысуымен, оның тасымалымен және концентрат қабатындағы физика-химиялық өзара әрекеттесуімен жүреді. Газдың құрамы тотығу бойынша $RO_2 + N_2 = 100\%$ - дан $RO_2 + RO + N_2 = 100\%$ - ға дейін немесе $ro_2 / (RO_2 + RO + N_2) \geq 0,22$ шегінде реттеледі. $RO_2 / (RO_2 + RO + N_2)$ қатынасы 0,22-ден аз, біріншіден, вюститтің массалық үлесінің артуымен шектеледі, бұл реакция арқылы диссоциация процесін тежейді:



Екіншіден, Темірдің қатты фазада қалпына келу мүмкіндігі, бұл соңғысының жойылуына жол бермейді. $RO_2 / (RO_2 + RO + N_2)$ қатынасы 0,22-ден асады, тіпті газ құрамы айтарлықтай өзгерсе де, металл фазасы мен металл фосфидінің пайда болуын болдырмайды. Көрсетілген шектердегі газдың тотығуының өзгеруі темір оксидтерінің вюститтен гематитке айналу фазасына сәйкес келеді. Газдың тотығуы атмосфералық ауадан $ro_2 / (RO_2 + RO + N_2) \geq 0,22$ қатынасына дейін өзгеруі мүмкін. Газдың максималды тотығуы атмосфералық ауаның құрамына сәйкес келеді, минималды тотығу – құрамы: $H_2O + CO_2 = 22,0\%$; $(CO + H_2) = 78\%$. Газдың жоғары тотығуы 500...t нв және вюститтік фазадағы жоғары температураға сәйкес келеді, ал аз тотығу температураның төменгі шегі мен гематит фазасына сәйкес келеді. Қатты тотықсыздандырғыш қабатына енгізу фосфорлану процесін күшейту үшін қажет. Қатты тотықсыздандырғыш темір фосфатының ыдырау тепе-теңдік реакциясын реакция арқылы бес тотықты фосфорды газдандыру жағына ауыстырады (4.1).

Мысал 1. Темір фосфатында $Fe_2(PO_4)_2$ қосылысы түрінде екі валентті темір, оттегі және фосфор бар, ол реакция арқылы ыдырайды (4.1).

Көрсетілген температура аралығында қатты С (т) тотықсыздандырғыштың болуы реакция бойынша фосфор ангидридін реформалайды:



Осылайша, бөлшектердің бетіне жақын жерде P_2O_5 концентрациясы төмендейді, бұл реакцияны (4.1) солдан оңға қарай жылжытады.

Мысал 2. 1-мысалдағы реакция тепе-теңдігінің ығысуына (4.1) газдың құрамы да әсер етеді. Егер қатынас $\text{RO}_2/(\text{RO}_2 + \text{RO} + \text{N}_2) < 0,22$ болса, содан кейін белгілі термодинамикалық мәліметтерге сәйкес Темір оксидтерін вюститке дейін азайту және реакция арқылы вюститті металға ішінара азайту мүмкіндігі бар:



Бұл кейіннен темір фосфидінің пайда болуына әкеледі



осылайша фосфордың жойылуына жол бермейді.

Егер $\text{CO}_2/(\text{CO} + \text{CO}_2) > 0,22$ қатынасы болса, онда тотығу жүреді



реакцияны (4.1) оңға, яғни газ фазасына фосфор пентоксидінің пайда болуы мен жойылуына қарай жылжытады.

Мысал 3. Процесті эксперименттік растау. Бастапқы материал ретінде құрамында 0,70% Р, 49,0% Fe бар Лисаков гравитациялық-магниттік концентраты пайдаланылды. Фосфорды газдандыру және оны газ ағынына шығару 500...1000 °С температура аралығында қатты тотықсыздандырғышпен қоспада концентратты күйдіру кезінде эксперименталды түрде анықталды. Температура $t_{\text{нв}} = 900-1000$ °С вюститті қалпына келтіру және концентратты жұмсарту басталуына сәйкес келеді.

Концентраттан фосфордың шығарылу дәрежесінің келесі мәндері алынды

9 Кесте - $\text{CO}_2/(\text{CO}_2 + \text{CO}) = 0,18$ қатынасы кезінде

t °С	400	500	600	700	900	1000
ρ	0,08	0,15	0,28	0,22	0,18	0,12
Рост	0,600	0,550	0,420	0,507	0,533	0,572

10 Кесте - $\text{CO}_2/(\text{CO}+\text{CO}_2) = 0,25$ қатынасы кезінде

t °C	400	500	600	700	900	1000
ρ	0,015	0,090	0,214	0,325	0,221	0,071
Рост	0,685	0,610	0,486	0,375	0,479	0,630

11 Кесте - $\text{CO}_2/(\text{CO}+\text{CO}_2) = 0,5$ қатынасы кезінде

t °C	400	500	600	700	900	1000
ρ	0,121	0,270	0,220	0,355	0,270	0,210
Рост	0,579	0,430	0,480	0,345	0,430	0,500

12 Кесте - Атмосфералық ауаны үрлеу кезінде

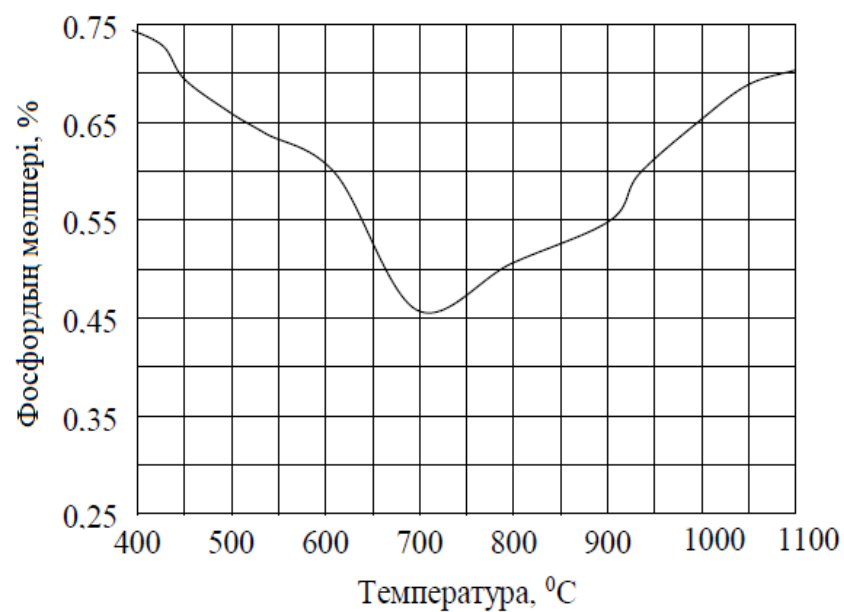
t °C	400	500	600	700	900	1000
ρ	0,141	0,270	0,241	0,358	0,245	0,080
Рост	0,559	0,430	0,459	0,342	0,455	0,620

мұндағы ρ-концентраттан фосфордың шығарылу дәрежесі;

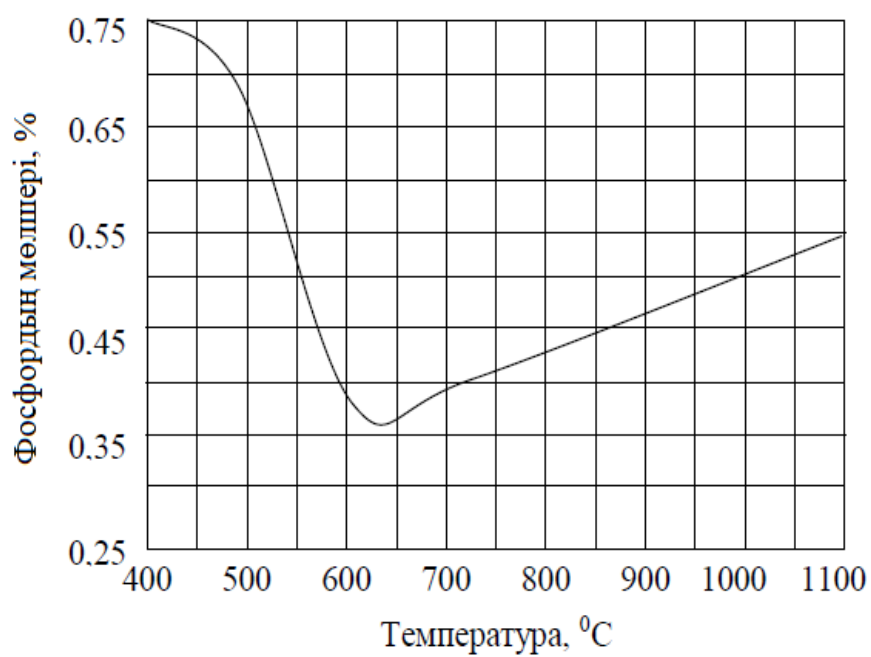
Өсім-өңдеуден кейін концентраттағы фосфордың қалдық мөлшері, %

Көріп отырғанымыздай, $\text{CO}_2/(\text{CO}+\text{CO}_2)$ қатынасының 0,22-ден жоғары жоғарылауы фосфордың шығарылу дәрежесін жоғары температура мен темірдің төмен тотығуына қарай кеңейтеді, темір фосфатының диссоциациясы өнімінің газ фазасына P_2O_5 шығарылуын тездетеді. Оның 0,22-ден төмен төмендеуі газдың қалпына келу потенциалының жоғарылауына әкеледі және металл мен концентраттағы фосфорды сақтайды. Деректер 5 суретте көрсетілген.

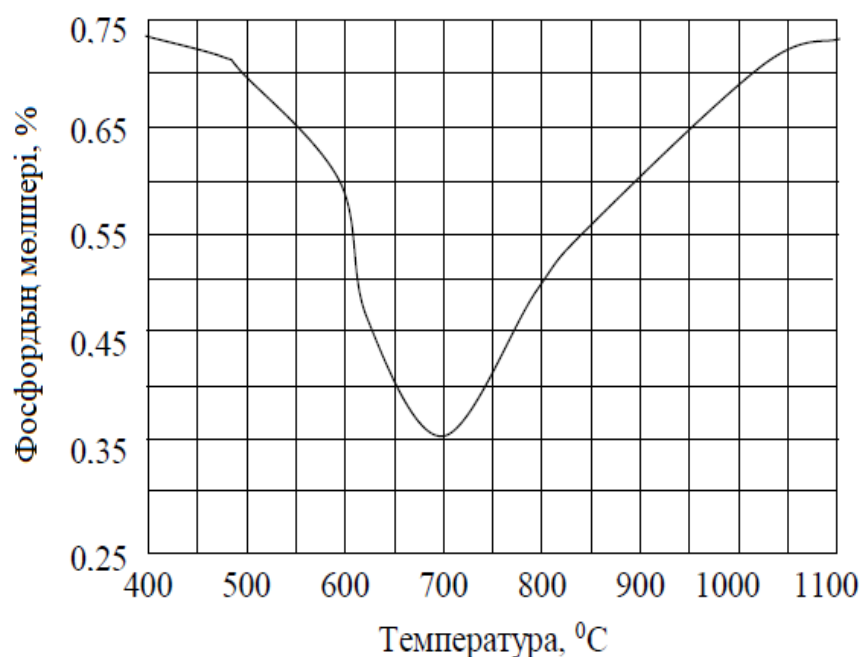
6 суретте өңделген үлгідегі фосфор концентрациясының өзгеруінің Кокс ұнтағының 7% құрамындағы температураға және концентрат айналымының 15 минуттық ұзақтығына тәуелділігі көрсетілген.



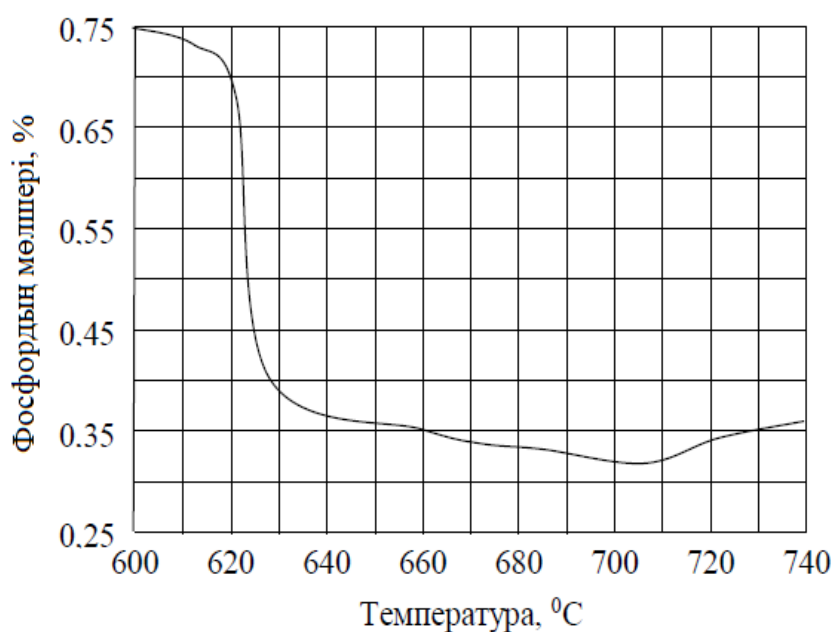
5 Сурет - Шихтаға 3% С енгізу кезінде фосфордың алынуының күйдіру температурасына тәуелділігі. Үрлеу уақыты 15 минут



6 Сурет - Шихтаға 7% с енгізу кезінде фосфордың алынуының күйдіру температурасына тәуелділігі. Үрлеу уақыты 15 минут



7 Сурет - Шихтаға 7% С енгізу кезінде фосфордың алынуының күйдіру температурасына тәуелділігі. Үрлеу уақыты 30 минут



8 Сурет - Шихтаға 10% С енгізу кезінде фосфордың алынуының күйдіру температурасына тәуелділігі. Үрлеу уақыты 30 минут

Жақсы нәтижелер концентраттағы Кокс ұнтағының құрамында 7-ден 10% - ға дейін, ұяшықта 30 минут Үрлеу кезінде алынды. 20 және 21-суретте бұл тәуелділіктер көрсетілген. Қисықтардың өзгеру сипатын салыстыра отырып, ең қолайлы температура $t_{0c} \sim 700-7200c$, үрлеу уақыты 30 минут, РҮ-7-10% лгмк-ден фосфорды 35-40% алып тастау үшін жеткілікті деп айтуға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыста келесі мәліметтер алынды:

1. Теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері:

- Оңтайлы режимде ЛГМК ішінара фосфорсыздандыруды жүргізу.

- Фосфорды темір фосфатынан кальций фосфатына, оның асылдандырылған ЛГМК-дағы құрамына сүйене отырып, ең көп аудару үшін тотығудың оңтайлы негізділігі мен температурасын таңдаңыз.

2. Анықталған: ЛГМК-ны тотықтырғыш күйдіруге (агломерацияға) дайындаудың бірінші кезеңінде ішінара жақсарту үшін оңтайлы температура, уақыт және көміртегі шығыны.

3. Тотықтырғыш күйдіру кезіндегі шикі құрамның температурасы мен негізділігінің қатты фазадағы алмастыру реакциясының өту дәрежесіне әсері анықталды: $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{CaO} + 0,5\text{O}_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4$.

ПАЙДАЛАНЫЛҒЫН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 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
- 2 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.
- 3 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.
- 4 Тлеугабулов С.М. Лукин Г.П., Абишев Ж.Н. Механизм твердофазной дефосфорации железорудного концентрата. – Алматы. Гылым. КИМС, 1994, №5. – С. 60-65.
- 5 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.
- 6 Тлеугабулов С.М., Кусаинов Д.М., Литкин Д.В. Пути повышения металлургической переработки ЛГМК в электропечах. «Вестник ИАН», №6, 1999, - С.99-100.
- 7 Мирко В.А., Кабанов Ю.А., Найденов В.А. Современное состояние развития месторождений бурых железняков Казахстана // Промышленность Казахстана. 2002г. №1. С.79-82.
- 8 Ким В.А. Тайшегиров С.Т. Развитие технологии обогащения бурожелезняковых оолитовых руд. Темиртау: РНЖ «Технология производства металлов и вторичных металлов», № 15, КГИУ, 2009г.
- 9 Термодинамические константы веществ: Справочник под редакцией В.П. Глушко. М.: Наука, 1972. Вып. 6. -367 с.
- 10 Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н., Юсфин Ю.С. Металлургия чугуна. М.: Металлургия, 1978. -479 с.
- 11 Куликов Я.П. Подготовка сырых материалов к доменной плавке. Использование керченских руд. Донецк: Донбасс, 1969. -175 с.
- 12 Тлеугабулов С.М., Абишев Ж.Н. Исследование твердофазной реакции образования фосфата кальция в металлургическом процессе. Сталь, 1984, №4. С.17-21
- 13 Голиков И.Н., Губин Г.В., Кархлит А.К. и др. Перспективы развития технологии черной металлургии. М.: Металлургия, - 1973. - С. – 658
- 14 Пирометаллургическая переработка комплексных руд / Леонтьев Л.И., Ватолин Н.А., Шаврин С.В. и др.- М.: Металлургия, 1997.- 232 с.

15 Кобелев В.А., Иванова С.В., Леонтьев Л.И. и др. Анализ процессов образования и восстановления фосфатов и ферритов кальция//ДАН СССР, 1977.-Т. 244.-№7.-С. 902-904.

16 Максимов Е.В., Такенов Т.Д., Кабанов Ю.А. и др. К вопросу удаления фосфора из бурожелезняковых оолитовых руд. Караганда // Труды университета (КарГТУ). – 1998. – С. 86-91.

17 Дымов А.М. Технический анализ. – М.: Металлургия, 1964. – 420 с.

18 Султамурат Г.И., Боранбаева Б.М., Исанова Б.Х., Актаева Н.А., Асауова А.Е., Шакаримов М.Ж., Минуарбеккызы Ф. Дефосфорация конвертерного шлака методом выщелачивания с целью дальнейшего рециклинга в металлургическом переделе // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12 – С. 56-60

19 Патент 2001124892 RU. МПК C22B 3/06, C22C 33/00. Способ дефосфорации минерального сырья / Котов Ю. А. Смирнов Л. А. Борисков Ф. Ф. и др. Опубликовано: 27.06.2003.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Еркін Алмат Еркінұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Лисаков гравитациялық-магниттік концентратын дефосфорациялау

Научный руководитель: Елеусиз Тажиев

Коэффициент Подобия 1: 0.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

Дата

31-05-2022

Заведующий кафедрой

М.О.М.
Бэрметшинов М.Б.
[Подпись]

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Еркін Алмат Еркінұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Лисаков гравитациялық-магниттік концентратын дефосфорациялау

Научный руководитель: Елеусиз Тажиев

Коэффициент Подобия 1: 0.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

☐ Обоснование:

Дата

24.05.2022 г.

Мамбет

проверяющий эксперт

Тажиев Э. Б.



Метаданные

Название

Лисаков гравитациялық-магниттік концентратын дефосфорациялау

Автор

Еркін Алмат Еркінұлы

Научный руководитель

Елеусиз Тажиев

Подразделение

Г_М_И

Список возможных попыток манипуляций с текстом

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

Замена букв		9
Интервалы		0
Микропробелы		1
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		0

Объем найденных подобиий

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



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

4711

Количество слов



КЦ

35414

Количество символов

Подобия по списку источников

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

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	http://www.gregthatcher.com/Chemistry/BalanceEquation/F	7	0.15 %
2	http://www.gregthatcher.com/Chemistry/BalanceEquation/F	6	0.13 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



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

из домашней базы данных (0.00 %)



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

из программы обмена базами данных (0.00 %)



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

из интернета (0.28 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	http://www.gregthatcher.com/Chemistry/BalanceEquation/F	13 (2)	0.28 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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