

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

Тұртайбек Сабина Талғатқызы

Сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеулер

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Мамандығы: 5В070900 – Металлургия

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
«30» 05 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: «Сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеулер»

Мамандығы: 5В070900 – Metallurgy

Орындаған

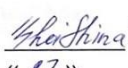
С.Т. Тұртайбек

Рецензент
РМК «ҚР МШКҚӨ ҰО»,
аға ғылыми қызметкері,
PhD докторы



 Ф.К. Малдыбаев
«27» 05 2022 ж.

Ғылыми жетекші
PhD докторы, ассистент-профессор

 Г.М. Қойшина
«27» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

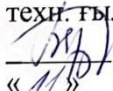
Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – «Металлургия»

БЕКІТЕМІН

МжПҚБ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

 М.Б. Барменшинова

«11» 01 2022 ж.

Дипломдық жоба орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Тұртайбек Сабина Талғатқызы

Тақырыбы: «Сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеулер»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы "23" мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Сидерит кенінің бастапқы мәліметтері

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) зерттеу әдістемелері;

б) зерттелген жұмыста қолданылған жабдықтар;

в) аппаратуралық сұлба.

Сызба материалдар тізімі: сидероплезит кенін өңдеу және конвертерде Fe-MgO композитті қолдану сұлбасы

Ұсынылатын негізгі әдебиет 20 атаудан тұрады

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	02.03.2022ж.	<i>Ғойшина</i>
Жалпы түсініктемелік жазба	17.03.2022ж.	<i>Ғойшина</i>
Зерттеу әдістемесі	01.04.2022ж.	<i>Ғойшина</i>
Технологиялық бөлім	30.04.2022ж.	<i>Ғойшина</i>
Қорытынды	17.05.2022ж.	<i>Ғойшина</i>

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілер мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Г.М. Қойшина, PhD докторы, ассистент-профессор	27.05.2022	<i>Ғойшина</i>
Норма бақылаушы	С.К. Джуманкулова PhD докторы	27.05.2022	<i>К. Джуманкулова</i>

Ғылыми жетекші _____ *Ғойшина* _____ Қойшина Г.М.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____ *Тұртайбек* _____ Тұртайбек С.Т.

Күні _____ "03" _____ 02 2022 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың көлемі 30 бет, 6 сурет пен 1 кестеден тұрады. Дипломдық жұмысты жазу кезінде 20 дереккөз пайдаланылды.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеу, құрамында аз және күрделі темір бар кендердегі металдардың көміртегімен редукциялану өнімдерін қарастыру.

Редукциялау механизмінің теориялық түсініктерін нақтылау үшін кендер мен жеке оксидтердің электрлік сипаттамаларын зерттеу нәтижелері келтірілген. Сидерит кендерін байыту және домналық балқытуда сидерит кендерін қолдану бойынша әдеби шолу, кендеріндегі металдардың қатты күйдегі көміртекті редукциялануы және жеке кремний және алюминий тотықтарындағы металдардың көміртекті редукциялануы бойынша салыстырмалы тәжірибелер жасалынды. Зертханалық жағдайда тәжірибе герметикалық пеште жүргізілді.

Түйінді сөздер: металды редукциялау механизмі, көміртекті редукциялау, қатты фазалық редукциялануы, оксидтердің кристалдық торы, иондық байланыс, металл байланысы, аниондық бос орындар, металл оксидінің материалы, кедей кендерді өңдеу, титаномагнетит кендерін өңдеу, сидерит кендерін өңдеу, темірді тікелей алу.

АННОТАЦИЯ

Объем диссертации состоит из 30 страниц, 6 рисунков и 1 таблицы. При написании диссертации было использовано 20 источников.

Цель дипломной работы - изучить восстановление железа из сидеритовых руд, рассмотреть продукты восстановления металлов углеродом в рудах, содержащих малое и комплексное железо.

Приведены результаты исследования электрических характеристик руд и индивидуальных оксидов для уточнения теоретических представлений о механизме восстановления. Обзор литературы по использованию сидеритовых руд при обогащении и доменной плавке сидерита, сравнительные опыты по восстановлению твердого углерода металлов в рудах и восстановлению углерода металлов в индивидуальных оксидах кремния и алюминия. В лаборатории эксперимент проводили в герметичной печи.

Ключевые слова: механизм восстановления металлов, восстановление углерода, восстановление в твердой фазе, кристаллическая решетка оксидов, ионные связи, металлические связи, анионные пустоты, металлооксидный материал, переработка слабых руд, титаномагнетитовые руды, сидеритовые руды, прямое извлечение железа.

ANNOTATION

The volume of the dissertation consists of 30 pages, 6 figures and 1 table. When writing the dissertation, 20 sources were used.

The purpose of the thesis is to study the reduction of iron from siderite ores, to consider the products of the reduction of metals with carbon in ores containing small and complex iron.

The results of a study of the electrical characteristics of ores and individual oxides are presented to clarify the theoretical concepts of the reduction mechanism. A review of the literature on the use of siderite ores in the beneficiation and blast-furnace smelting of siderite, comparative experiments on the reduction of solid carbon of metals in ores and the reduction of carbon of metals in individual silicon and aluminum oxides. In the laboratory, the experiment was carried out in a sealed oven.

Key words: metal reduction mechanism, carbon reduction, solid phase reduction, oxide crystal lattice, ionic bonds, metal bonds, anionic voids, metal oxide material, processing of weak ores, titanomagnetite ores, siderite ores, direct extraction of iron.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Сидерит кендерін өңдеудің заманауи әдістерін талдау	10
1.1 Сидеритті байыту	10
1.2 Домналық балқытуда сидериттерді қолдану	11
2 Зерттеу әдістемесі	15
2.1 Шихта құрамын есептеу	15
2.2 Шихтадағы газданған оттегінің мөлшерін анықтау	15
3 Теориялық зерттеу	18
3.1 Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері	19
3.2 Зерттеу нәтижелерін талқылау	20
Қорытынды	27
Қысқартулар мен шартты белгілер тізімі	28
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	29

КІРІСПЕ

Елімізде темір өндіру мен өңдеу өркендеп келеді. Темір кендерін өндіру көлемі бойынша Қазақстан Республикасы бірінші орындардың бірін алады. Қазақстан Республикасында қара металлургияның дамуы өте қарқынды процесс болғандықтан қара металдарды өндіру үнемі өсіп келеді.

Бағалы құрамдастардың пайызы бойынша кендер бай, кедей болып бөлінеді. Бай кендердің құрамында 58%-дан астам темір бар. Кедей кендерде кем дегенде 25% темір болуы мүмкін.

Темір, магнетит, гематит кендерін өндіруде қоңыр және сидеритті темір кендерінің маңызы зор.

Қазақстан Республикасында магнетит кендерінің Соколов, Сарыбай, Қашар кен орындары, Аят және Лисаков кен орындарындағы қоңыр темір кендерінің кен орындары игерілуде.

Қолданыстағы пирометаллургиялық және гидрометаллургиялық әдістер темір мен магний бар фазаларды ұтымды және тиімді бөлу мүмкін емес болғандықтан (темір және магний оксиді немесе темір кенінің концентраты және магний оксиді) экономикалық тиімді өндіруді қамтамасыз ете алмайды. Күрделі сидерит кенінен темірді тікелей өндіру технологияларын құрудың сәтсіз әрекеттері металды таза оксидтерден алу процестеріне негізделген дәстүрлі теориялық ережелермен байланысты.

Сидерит кенін жаппай өңдеудің экономикалық тиімді сұлбасының жоқтығы темір кенінің бағасының жаһандық төмендеуімен тау-кен басқармасында кен өндіру көлемінің төмендеуіне әкелді. Өндіріс деңгейінің төмендеуі қала құраушы кәсіпорынның банкротқа ұшырауына және осы моноқаланың өмір сүру сапасының күрт төмендеуіне әкелді.

Кез келген күрделі материалды өңдеу технологиясы ресурстарды үнемдеу және кенді дайындаудың минималды шығындарымен өндіріс тиімділігін арттыру үшін барлық құнды компоненттерді алуға бағытталуы керек, ал темірді өндіру кезінде тапшы және аз емес, тотықсыздандырғыш ретінде жылу көмірін (қымбат кокс) қолданған жөн.

1 Сидерит кендерін өңдеудің заманауи әдістерін талдау

1.1 Сидеритті байыту

Қазіргі уақытта сидерит кендерін өңдеудің бірден-бір енгізілген әдісі домналық балқыту болып табылады. Темір өндіру үшін пайдаланылатын сидерит кендерінің кен орындары бүкіл әлемде бар. Сидерит Чехия, Словакия, Польша және Америка сияқты бірқатар Еуропа елдерінде қолданылады - бұл АҚШ, Канада және т.б. [1].

Домна шихтасына енгізер алдында сидериттер байытылады. Әдістердің бірі - гравитациялық байыту. Мысалы: Эрцберг тау-кен байыту кәсіпорнында (Австрия) 6–2 мм фракциясы ауыр суспензиясы бар гидроциклондарда, ал 2–0 мм өлшемді ұсақ бөлшектер бұрандалы сепараторларда байытылған [2]. Демир Хисар (Македония) кәсіпорнында бөлшектерінің мөлшері 100-3 мм кенді ауыр орталарда байыту қолданылады [3].

Домналық балқытуға сидеритті дайындаудың тағы бір әдісі - күйдіру-магниттік байыту. Бұл әдіс шахталық пен айналмалы пештерде тотықтырғыш күйдіруді, одан кейін магниттік бөлуді қамтиды. Бұл әдіс Еуропаның бірқатар елдерінде кеңінен қолданылады. Мысалы: Трцинец (Чехия) және Рудняный (Словакия) металлургиялық зауыттарында, Рудобаня кен орнының фабрикасында (Венгрия), Нижняя Слана кен орнында [4] осы әдіспен құрамында 30%-ға жуық темір бар бастапқы кен алынған, темір мөлшері шамамен 50 % болатын концентрат.

Сабинов тау-кен металлургия кәсіпорнында (Польша) Клобутско-Ченстохова кен орнының сидерит кені біріктірілген күйдіру-магниттік-гравитациялық сұлба бойынша байытылады.

Бакальское кен орнында «Бакальский рудники» Ашық акционерлік қоғам (ААҚ) 1960 жылдары Челябі металлургия ғылыми-зерттеу институты әзірлеген әдісті қолданады. Әдістің мәні мынада: бөлшектерінің мөлшері 60-10 мм кенді шахталы пештерде 8-9 сағат, оның ішінде екі сағаттан астам күйдіру аймағында 900⁰С температурада күйдіреді. Орташа күйдіру жылдамдығы: 0,18 т/м³*сағ. Күйген кен 60-8 және 8-0 мм кластарға сүзіледі. 60-8 мм класы құрғақ магниттік сепарацияға ұшырайды. Магниттік бөлу концентратында 49-50% темір бар, шамамен 75% темірді қайтарады. Шикі сидерит өлшемі (10-0 мм) және күйген сидерит өлшемі (8-0 мм) агломерацияға ұшырайды. Агломерацияға арналған қоспа 67,7% сидерит ұсақтарынан, 24,8% қоңыр темір кенінің ұсақтарынан, 5,3% күйдірілген сидерит тұқымдарынан тұрады. Бастапқы сидерит пен күйдірілген концентраттың химиялық құрамы кестеде берілген.

1.2 Домналық балқытуда сидериттерді қолдану

Домналық балқытудың жоғары тиімділігінің негізгі шарттарының бірі шлақтың оңтайлы режимін таңдау болып табылады. Шойынды балқыту кезінде түзілетін соңғы домна шлактарына келесі талаптар қойылады: шлактардың ошақта және шығу орындарында тұтқырлығы төмен болуы керек (тиісінше <3-3,5 пуаз (1500°C) және <5 пуаз); балқығыштық (сұйық күйге өту температурасы 1300-1350°C); төмен кристалданудың басталу температурасы (<1500°C) [5].

Соңғы домна шлактарының маңызды сипаттамалары олардың балқығыштығы мен тұрақтылығы болып табылады. «Шлак тұрақтылығы» түсінігін В.Е.Васильев енгізген [6]. Оның мәні мынада: темір кенінің шихтасы мен кокстың химиялық құрамының ауытқуы, негізгі технологиялық режимнің бұзылуы және балқытуды жүргізудің басқа шарттары, тұтқырлық және кристалдану температурасы сияқты тұрақты шлактардың физикалық қасиеттері елеусіз өзгереді.

Авторлар жүргізген жоғары магнийлі домна шлактарының қасиеттерін зерттеу MgO мөлшері ~ 10-15% негізділігімен (CaO/SiO_2) = 0,8-1,0 шлактардың ең жоғары екенін көрсетті. Олар физика-химиялық қасиеттері бойынша тұрақты. Бұл шлак құрамы Бакал сидериттерінде домна пешінде балқыту үшін оңтайлы болып табылады.

Сол негізділікпен MgO концентрациясын 15-20%-ға дейін арттыру балқыту кезінде үлкен қиындық тудырмауы керек. Мұндай шлактар 1350°C төмен температурада кристалданады және тұтқырлығы төмен. Негізділік 1,0-ден жоғары болғанда шлактардағы MgO мөлшерінің 15% және одан да көп артуы олардың кристалдану температурасының жоғарылауына әкеледі. Шлак «қысқа» болады, бұл домналық балқыту жағдайларын нашарлатады. Күкіртсіздендіру қабілеті бойынша жоғары магнийлі шлактар қарапайым төмен магнийлі шлактардан кем түспейді.

Домна пештерінің шихтасында шикі сидерит, шахталы пеште күйдірілген концентрат, агломерат шихтасында сидерит ұсақтарының басқа үлесі бар агломерат қолданылады.

1.1 Кесте - Бастапқы сидерит пен күйдіру-магниттік байыту концентратының химиялық құрамы

Материал	Құрамы, %								
	Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	S	п.п.п
Кен	30,56	35,64	3,46	7,59	3,62	10,0	1,06	0,135	32,54
Концентрат	49,64	0,50	70,43	5,70	2,50	14,41	1,77	0,122	2,14

Кестеден көріп отырғанымыздай, концентраттағы темірді толық редукциялағаннан кейін қалған оксидтік фазада магний тотығының мөлшері 50%-дан асады [7] .

Кендегі магний тотығының жоғары болуы монохигте балқытуға мүмкіндік бермейді. Сидериттерді тек қоспа ретінде қолдануға болады, оның мәні негізгі шихтаның негізділігіне және ондағы магний мен алюминий тотықтарының құрамына байланысты. Мұндай қоспаның тиімділігі неғұрлым жоғары болса, соңғысында кремний тотығы көп болады. Бұл жағдайда магний тотығы кальций тотығының бір бөлігін алмастыратын флюсациялық компонент болады.

Шихтаны тандау соңғы домна шлактарының негізділігі 0,8-1,0, магний тотығының мөлшері 10-15%, алюминий тотығы 10-13% болатындай етіп жүргізіледі. Бұл құрам үлкен көлемдегі пештердің жұмысы үшін әбден қолайлы [8].

Өртүрлі домна пештерінің магнезитті шлактардағы жұмысын талдау келесіні көрсетті.

Еуропадағы барлық домна пештері құрамында 5,3-17,1% MgO, 8-12% Al_2O_3 бар магнезиялы-глиноземді шлактармен жұмыс істейді, негізділігі 0,96-1,18.

ТМД елдерінде әр жылдары сидериттер Орск-Халиловск металлургиялық комбинаты (ОХМК), Челябин металлургиялық комбинаты (ЧМК), В.И.Ленин атындағы Нижний Тагил металлургиялық комбинаты (НТМК) және басқа зауыттардың домна пештерінде қолданылған.

Ашинский және Саткинский металлургия зауыттарында қоңырлы домнада балқыту технологиясы жоғары домна пештерінің шихталық және шлақтық режимінде күйдірілген сидериттерді пайдаланатын темір кені магний тотығының мөлшері (18% дейін). Сидериттердің оңтайлы мазмұны туралы қорытынды жасалды, шихтада 50-55% сидерит бар. Бұл жағдайда пештердің жақсы жұмыс істеуі байқалды, шлактар өте сұйық болды [9]. Бұл шлактардың қасиеттерін зерттеу олардың физикалық қасиеттеріне сидериттерде болатын 1,5-2,0% марганец тотығының болуы қолайлы әсер ететінін көрсетті.

Челябинск металлургиялық зауытының үлкен көлемдегі (1710 м) домна пешінде Соколов-Сарыбай кен орнының кенін пайдалана отырып балқыту кезінде оның бір бөлігін сидеритпен (15%-ға дейін) ауыстыруға болады. Кенде алюминий тотығы жоғары, марганец тотығының мөлшері аз, сондықтан шлактағы магнезияның максималды мүмкін болатын мөлшері оның негізділігі 0,9-1,0 болғанда 13,5% құрайды.

1995 жылы В.И.Ленин атындағы Нижний Тагил металлургиялық комбинатында (НТМК) тәжірибелік балқыту жүргізілді, онда шойын балқыту кезінде (№1 домна пеші) шихта түйіршіктердің орнына күйдірілген сидерит (шойын 200 кг/т дейін) пайдаланылды. Шлактағы магний тотығының мөлшері коксты тұтытуда айтарлықтай өзгеріссіз (шойын 492,9-дан 493,5 кг/т) 9,0-ден 11,5%-ға дейін өсті.

1973 жылдан бастап шикі сидерит шлактағы MgO мөлшерінің шамалы жоғарылауымен (4,5-тен 5,5%-ға дейін) Орск-Халиловск металлургиялық комбинаты (ОХМК) домналық балқытуда аз мөлшерде қолданылады. 1989 жылдың қаңтарынан бастап күйдірілген концентратты пайдалану пештің

өнімділігін арттыру және кокс шығынын азайту кезінде магний тотығының құрамын 8%-ға дейін арттыруға мүмкіндік берді.

Шихтаға сидерит кендерін қосу арқылы домналық балқыту өнімділігінің салыстырмалы талдауы көрсеткендей, оларды дайындаудың әртүрлі нұсқалары, күйдірілген концентратты пайдалану тиімділігі шикі немесе агломерацияланған балқытуға қарағанда жоғары. Дегенмен, күйдірілген сидериттің үлкен кемшілігі бар - төмен беріктілігі. МЕМСТ 15137-81 бойынша беріктік көрсеткіштері: (+5 мм)-74,0%; (-0,5 мм)-17,0%. Тасымалдау және қайта тиеу кезінде концентраттың бұзылуы көп мөлшерде ұсақ шаңның түзілуіне әкеледі, бұл қоршаған ортаны күрт нашарлатады. Қоршаған ортаға әсер етеді және домна пешінде балқыту тиімділігін төмендетеді. Бұл металлургтердің шикізаттың осы түріне деген қызығушылығының төмендеуіне әкеледі. Мысалы, 1992 жылы күйдірілген сидеритті Орск-Халиловск металлургиялық комбинатына (ОХМК) жеткізу тоқтатылды. Бұл оны тікелей домна пештерінің бункерлеріне түсіруді ұйымдастыру мүмкін болмағандықтан, концентратты түсіру және қоймада ұзақ уақыт сақтау үлкен мөлшерде айыппұлдардың түзілуіне әкелді [10].

«Бакальский Рудники» Ашық акционерлік қоғам (ААҚ) шахталы пештерінде алынған күйдірілген сидеритті нығайту үшін, Металлургия ғылыми-зерттеу институты (МГЗИ) (Челябі) лигносульфонатты байланыстырғыштар мен күйдірілген әкті пайдалана отырып, алдын ала ұсақталған концентратты 50×50×30 мм өлшемдегі брикеттерге пресстеуді ұсынды. Ұсақтау үшін брикеттердің беріктігі 120-160 кг/см², түсіру үшін – 90% шамасында, брикеттен шаңның бөлінуі байқалмайды.

Төзімді кесек күйдірілген сидерит алу үшін Ресей ғылым академиясының Орал филиалы металлургия институты ауа ағынының ~ 0,8 жылдамдығында 30–50°С/мин жылдамдықпен күйдіргіш машинада декарбонизациялауды ұсынды. Күйдіру нәтижесінде МЕМСТ 15137-81 бойынша беріктік сипаттамалары бар концентрат алынды: (+5 мм) - 80,2%; (-0,5 мм) - 6,9%.

Бұл іс-шаралар үлкен күрделі шығындарды талап етеді. Дегенмен, олардың қажеттілігі күмән тудырады. Концентраттың беріктігінің жоғарылауымен оның негізгі кемшіліктері жойылмайды: темірдің төмен мөлшері және магний тотығының жоғары мөлшері.

Бакалдың тау-кен-геологиялық жағдайы жылына 25 миллион тоннаға дейін сидерит өндіруге мүмкіндік береді. Кәсіпорынның өндірістік қуаты жылына шамамен 4 миллион тонна кенді құрайды.

Сонымен бірге сидериттердің нақты өндірісі әлдеқайда аз, дегенмен [11] авторларының айтуы бойынша, Магнитогорск металлургиялық комбинаты (ММК) домна шлактарында магний тотығының мөлшері 8–9%, ал Челябинск металлургиялық комбинаты (ЧМК) мен Орск-Халиловск металлургиялық комбинаты (ОХМК) шлактарында 13,5%, сидерит тұтынуы шамамен 5 млн т/жыл болуы мүмкін.

Сонымен бірге, Оралдың қара металлургиясы темір кенінің өткір тапшылығын бастан кешіруде, оны еліміздің басқа өңірлерінен импорттау есебінен жабуда. Оңтүстік Оралда шойын, конверторлық және мартендік болат

өндірісі күрт азайып, металл балқытуды электр пештерінде жүргізу керек деген пікір айтылады. Осыған байланысты болат балқыту өндірісін жоғары сапалы металл шихтасымен қамтамасыз ету мәселесі туындайды. Прокат экспорты есебінен еліміздің металл қорының қысқару үрдісі байқалады, нәтижесінде металл сынықтарын жинау азайып, оның сапасы төмендейді. Сондықтан, электр пештері үшін шикізат ретінде тікелей редукциялау арқылы бакал сидериттерінен алынған темірді пайдалану мүмкіндігі айтарлықтай қызығушылық тудырады, әсіресе бастапқы шихтаның сапасы металл сынықтарынан жоғары болғандықтан және өткір әлеуметтік- «Бакальские рудники» Ашық акционерлік қоғам (ААҚ) қала құраушы кәсіпорын болып табылатын Бакал қаласының экономикалық жағдайы.

Сидерит кендерінің тұтынушылық сапасын арттырудың перспективті бағыты болат балқыту процестерінде қолдануға жарамды, құрамында аз ганга бар жоғары металданған концентрат алу болып табылады.

2 Зерттеу әдістемесі

2.1 Шихта құрамын есептеу

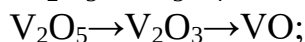
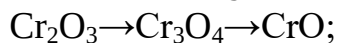
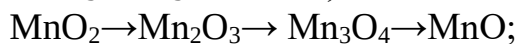
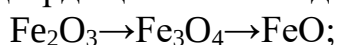
Шихтаны есептеу үшін 1.1 кестеде келтірілген кен материалдары пайдаланылды.

Жоғары металл тотықтарының – Fe, Mn концентрацияларын анықтаймыз:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,4285 \cdot (\text{Fe} - 0,777\text{FeO}) = 1,4285 \cdot (49,64 - 0,777 \cdot 0,5) = 70,35\%$$

$$\text{Mn} = 0,775 \cdot \text{MnO} = 0,775 \cdot 1,77 = 1,37\%$$

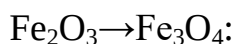
Шихтаны редукциялау, металдандыру және балқыту процесінде келесі тотықтардың оттегісі газданады:



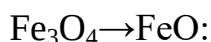
Аталған тотықтардың оттегісі CO_2 және CO түріндегі қатты көміртекпен әрекеттесу арқылы газданады. Пайда болған газдағы CO_2 мен CO қатынасы тотықтың редукциялау сатысына және процестің температурасына байланысты.

2.2 Шихтадағы газданған оттегінің мөлшерін анықтау

а) Темірді азайту кезінде. Ең алдымен шихтаның кен бөлігінің құрамына қарай жоғары және төменгі тотықтардың қатынасын бағалаймыз. Әрі қарай әдіс бойынша редукциялау кезеңдері бойынша газдандырылған оттегінің мөлшерін анықтаймыз:

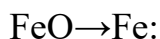


$$\Delta\text{O}_1 = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,111 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})} = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,111 \cdot 70,35 = 0,03 \text{ кг/кг шихта};$$



$$\Delta\text{O}_2 = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,222 \cdot \text{Fe}_{(\text{r})} = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,222 \cdot 70,35 = 0,07 \text{ кг/кг шихта}.$$

Азайған темір FeO түрінде қалады және соңғы қадамда ассимиляция дәрежесінің сәйкес мәніне көбейту арқылы есепке алуға болады, яғни:



$$\Delta O_3 = 10^{-2} \cdot \eta_{Fe} \cdot (0,4285 \cdot 0,667 \cdot Fe_{(r)} + 0,222 \cdot FeO) = 10^{-2} \cdot 0,98 \cdot (0,4285 \cdot 0,667 \cdot 70,35 + 0,222 \cdot 0,5) = 0,2 \text{ кг/кг шихта.}$$

Темірді редукциялау кезінде газданатын жалпы оттегі:

$$\Delta O_{Fe} = \Delta O_1 + \Delta O_2 + \Delta O_3 = 0,03 + 0,07 + 0,2 = 0,3 \text{ кг/кг шихта.}$$

б) *Марганецтің редукциялануы кезінде.* Барлық марганец тотығының бастапқы шихта құрамында $MnO = 1,77\%$, оның Mn түрінде:

$$Mn = 0,775 \cdot MnO = 0,775 \cdot 1,77 = 1,37\%$$

$$MnO \rightarrow Mn \Delta O_1 = 10^{-2} \cdot 0,80 \cdot 0,4363 \cdot 0,667 \cdot 1,37 = 0,32 \text{ кг/кг шихта.}$$

Марганецтің редукциялануы кезіндегі жалпы оттегі:

$$\Delta O_{Mn} = 0,32 \text{ кг/кг шихта.}$$

1150°C температурада редукциялаушы реагент ретінде көміртекті тұтынуды анықтау

Темірді редукциялау үшін:

$$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4: \quad \gamma_{01} = 190/(190+5) = 0,97; \quad \gamma_{02} = 5/(190+5) = 0,026;$$

$$Fe_3O_4 \rightarrow FeO: \quad \gamma_{01} = 110/(110+45) = 0,7096; \quad \gamma_{02} = 45/(110+45) = 0,2902;$$

$$FeO \rightarrow Fe: \quad \gamma_{01} = 50/(50+75) = 0,40; \quad \gamma_{02} = 50/(50+75) = 0,60.$$

$$g'_{C, Fe} = 0,75 \cdot 10^{-2} [Fe(0,4285 \cdot (1-0,5 \cdot 0,97) + 0,0489 \cdot (1-0,5 \cdot 0,7096) + 0,1527 \cdot (1-0,5 \cdot 0,4))] = 0,0028 \text{ кг/кг шихта.}$$

Марганецті редукциялау үшін:

$$MnO_2 \rightarrow Mn_3O_4: \quad \gamma_{01} = 200/(200+0) = 1; \quad \gamma_{02} = 0/(200+0) = 0;$$

$$Mn_2O_3 \rightarrow Mn_3O_4: \quad \gamma_{01} = 160/(160+20) = 0,88; \quad \gamma_{02} = 20/(160+20) = 0,111;$$

$$\text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}: \quad \gamma_{01} = 80/(80+60) = 0,57; \quad \gamma_{02} = 60/(80+60) = 0,4286;$$

$$\text{MnO} \rightarrow \text{Mn}: \quad \gamma_{01} = 16/(16+92) = 0,15; \quad \gamma_{02} = 92/(16+92) = 0,85.$$

$$g'_{\text{C,Mn}} = 0,75 \cdot [0,00867 \cdot (1-0,5 \cdot 1) + 0,02886 \cdot (1-0,5 \cdot 0,88) + 0,0577 \cdot (1-0,5 \cdot 0,57) + 0,01413 \cdot (1-0,5 \cdot 0,15)] = 0,056 \text{ кг/кг шихта.}$$

Көміртек реагентінің жалпы шығыны:

$$g'_{\text{C}} = g'_{\text{C, Fe}} + g'_{\text{C,Mn}} = 0,0028 + 0,056 = 0,058 \text{ кг/кг шихта.}$$

Көміртегінің бұл мөлшері көміртектің мөлшері 95,0% болатын көмір түрінде беріледі. Көміртегінің құрамын реттей отырып, біз көмірдің шығынын анықтаймыз:

$$g'_{\text{кп}} = g'_{\text{C}} / (10^{-2} \cdot C_{\text{эф}}) = 0,058 / 0,95 = 0,06 \text{ кг/кг шихта.}$$

Металдандырылған өнімнің шығуы

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

Металдың шығуы

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

3 Теориялық зерттеу

Кендерден темір алудың қазіргі заманғы негізгі технологиялық процесі домна пеші ғылымға дейінгі кезеңде жоғары калориялы отынды жағу үшін жағдайларды жақсарту арқылы температураның жоғарылауы есебінен қалыптасты. Дегенмен, домна пешіндегі редуциялау процестерінің мәні өзгерген жоқ - отын көміртегі оксидті оттегін байланыстырады және темірді редуциялайды. Дегенмен, температураның жоғарылауы өнімділіктің жоғарылауына ғана емес, сонымен қатар жағымсыз нәтижеге әкелді - шойынның түзілуімен темірдің көміртектенуі. Нәтижесінде шойын алудың бір сатылы үрдісінің орнына екі сатылы процесті меңгеру қажет болды – домна пеші арқылы шойын өндіргеннен кейін оны көміртекті алып тастау арқылы болатқа айналдыру қажет.

XIX ғасырдың екінші жартысында болат балқыту өндірісінің қалыптасуы, ғылымның қарқынды даму кезеңімен тұспа-тұс келді. Сондықтан болат балқыту процестері қазірдің өзінде ғылыми жетістіктерге, негізінен химияға негізделген. Сонымен бірге ғылым XX ғ. домна пешінде не болып жатқанын түсінуге ғана тырысты [12]. Осылайша, домна өндірісінде ғылым мен тәжірибенің өзара әрекеттесуі бастапқыда кері бағытта жүреді – өндіріс технологиясының дамуы үшін ғылыми жетістіктер емес, теорияның дамуын тәжірибе талап етті және әлі де талап етеді. Жиырмасыншы ғасырдың басында жақсы дамыған химияның жалпы ережелері – В.Оствальдтың химиялық реакциялар қадамдарының ережесін, адсорбция, химиялық кинетика және химиялық катализ заңдарын өткен ғасырдың ортасында негізінен отандық ғалымдар тұжырымдаған:

- темір тотықтарының редуциялану принципі (А.А. Байков қағидасы);
- тотықсыздандырудың адсорбциялық - автокаталитикалық теориясы Г.И. Чуфаров;

- С.Т. Ростовцев диффузиялық-кинетикалық теориясы.

Олар химияда басым болған қатты денелер арасындағы химиялық реакциялардың мүмкін еместігі туралы XIX ғасырдың аяғында айтылған идеяларға негізделген Л. Грюнердің СО газ тәріздес көміртегі тотығы темірдің редуциялануындағы шешуші рөл туралы гипотезасы.

Шетелдік әдебиеттерде де бар редуциялаудың жалпы теориясының бұл ережелері, мысалы, қолданыстағы өндіріс технологиясымен жүретін процестерді өте дұрыс көрсетеді, бірақ қолданыстағы технологияның айқын ғылыми сәйкессіздіктерін ашпайды [13] және кендерден металдарды алудың принципті жаңа жолдарын ашпайды. Температураның редуциялану жылдамдығына оң әсері адсорбциялық-автокаталитикалық теория шеңберіне сәйкес келмейтіні бірнеше рет атап өтілді, өйткені адсорбция температура жоғарылаған сайын азаяды. Теория көміртектің газдану реакциясы жүрмейтін төмен температурада бірқатар металдардың (Ag, Cu, Mn және т.б.) редуцияланытындығын, сондай-ақ белсенді металдар санының (Cr, Ti, Zr, Nb және т.б.) редуциялануын түсіндірмейді, бұл үшін СО жеткіліксіз күшті редуциялаушы реагент болып табылады.

Термодинамикалық шарттарға сәйкес редукцияның СО-ның қатысуымен түсіндіру мүмкін болмаған жағдайларда, редукционерлеуші реагенттің рөлі «қозған» CO_2 молекулаларына, әртүрлі газ радикалдарының (CH_4 (газ), CH_3 (газ), CH_2 (газ), CH (газ), C (газ), H (газ)) түзілуі және кейіннен ыдырауы тағайындалады. Мысалы, редукциялаушы көміртегін редукцияланушы бетке ерекше белсенді көміртектің, редукцияланушы оксидтердің буларының немесе нәтижесінде түзілетін төменгі тотықтардың буларының түзілуімен тотық бетіне тасымалдайтын C_3O_2 “тотықтары” олардың диссоциациялануы, олар тотықсызданған компонентті қатты тотықсыздандырғыштың бетіне өткізеді, онда тікелей редукциялану дамиды.

Қатты фазалық редукциялау теориясының басқа нұсқалары да ұсынылған, олардың сипаттамасын, мысалы, табуға болады. Сонымен бірге барлық нұсқаларда Л.Грюнер теориясының ережелері, А.А. Байкова, Г.И. Чуфаров пен С.Т. Ростовцев жанама редукциялау туралы күмән келтірмейді, бірақ олар осы теорияға сәйкес келмейтін көптеген фактілермен «келісуге» тырысады. Сондай-ақ, ұсынылған нұсқаларда, адсорбциялық-автокаталитикалық теорияның өзінде тотықты металға айналдырудан тұратын редукция мәні емес, бұл процеске сыртқы факторлар талқыланатынын атап өткен жөн:

- тотық молекуласынан оттегін қандай редукционер алады, яғни нақты редукциялаушы реагент дегеніміз не;
- редукциялаушы реагенттің тотық молекуласымен әрекеттесу реакциясы өтетін жер;
- редукциялаушы реагент немесе тотық молекулалары реакция бетіне қалай және қандай түрде жеткізіледі;
- бұл беттің ауданы қандай және т.б.

Әрбір нақты жағдайда бұл факторлардың жиынтығы айтарлықтай өзгеруі мүмкін болғандықтан, теорияның талқыланатын нұсқаларының саны да көп. Бұдан бірнеше рет, мысалы, [14] жалпы редукция механизмін іздеудің мүмкін еместігі және тіпті орынсыздығы туралы қорытындылар жасалды.

Авторлардың пікірінше, адсорбциялық-автокаталитикалық теорияның және оның көптеген кейінгі нұсқаларының негізгі кемшілігі мен қайшылықтарының көзі редукциялау процесін талдаудың «химиялық» тәсілінде жатыр. Қазіргі концепцияларға сәйкес, атомдар, молекулалар, микро- және макроденелер деңгейіндегі заттардың агрегациясы төрт іргелі әрекеттесулердің бірі – атомдар ядросы протондарының электрондармен электромагниттік әрекеттесуімен анықталады. Осыдан келіп «...химиялық процестердің механизмін әрекеттесуші молекулалардың қозғалысын сипаттайтын және электрондардың химиялық реакция актісін жүзеге асыратын физикалық теориялар негізінде ғана түсінуге болады» [15].

3.1 Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері

Әртүрлі кен орындарының кесек магнетит, сидерит, титаномагнетит кендеріндегі металдардың қатты күйдегі көміртекті редукциялануын зерттеу,

сондай-ақ жеке кремний және алюминий тотықтарындағы металдардың көміртекті редукциялануы бойынша салыстырмалы тәжірибелер зертханалық жағдайларда герметикалық пеште жүргізілді [16]. Кен үлгілері 1100 – 1400°C температурада 10 минуттан 4 сағатқа дейінгі аралықта қатты көміртегі бар материалмен жанасқанда немесе қатты көміртекпен тікелей байланыссыз редукциялық әсерге дейін және одан кейін рентгендік дифрактометрлерде зерттелді.

Бұл зерттеулерде алынған ең маңызды жаңа нәтиже - тотықтардың қатты көміртегімен әрекеттесуінің басталатын температурасының беттік диффузияның көлемдік диффузияға ауысатын температурасының сәйкес келуі. Өртүрлі кендердің үлгілеріндегі металл фазалық топографиясын салыстыру да үлкен мәнге ие болды. Кен тотықтарының құрамына байланысты металл фазасының бөлінуі тек қатты көміртектің кен тотықтарымен жанасу нүктелерінде ғана емес, сонымен қатар реакция бетінен айтарлықтай қашықтықта тотық көлемінде де жүретіні анықталды.

3.2 Зерттеу нәтижелерін талқылау

Осыларды, сондай-ақ авторлардың еңбектерінде, сондай-ақ басқа авторлардың көптеген зерттеулерінде [17] жан-жақты талқыланған басқа да бірқатар жаңа деректерді ескере отырып, редукцияланудың барлық жағдайлары, кристалдық тотық торының металл торға айналу процестері. Қатты денелер химиясы мен физикасының жетілмеген кристалдары туралы, кванттық механиканың металдардағы электрондардың таралуы мен қозғалысының ерекшеліктері және иондық жартылай өткізгіштер туралы идеяларына сүйене отырып, авторлар электронды оксидтердің кристалдық торындағы металдардың қатты күйдегі редукциялау теориясы. Теория редукция процесінің барлық белгілі нәтижелерін, бай моно-кендердің кесектерінің бетінде металдың түзілуін, металдың күрделі және нашар кендердің ішінен бөлінуін, субтотықтардың түзілуі мен булануын қамтиды.

Ол екі айқын болжамға негізделген.

- Кенде, кез келген конденсацияланған фазадағы сияқты, жеке тотық молекулалары болмайды. Тотықтағы кристалдық тордағы әрбір катион бірнеше оттегі аниондарымен, ал әрбір анион бірнеше катиондармен, көбінесе әртүрлі металдармен байланысады. Сондықтан редукциялаушы реагент әрқашан тотық молекуласымен емес, тотықтың кристалдық торының иондарымен әрекеттеседі.

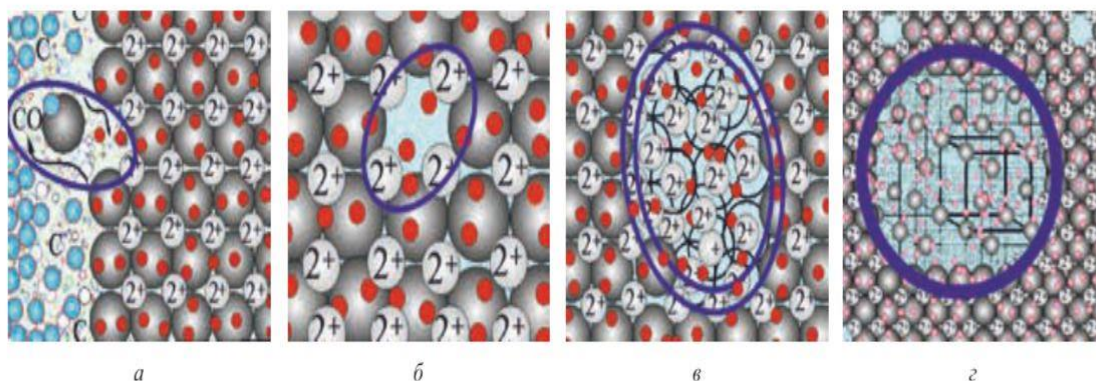
- Кез келген жүйеде элементар бөлшектердің – ион тасымалдаушылардың теңдігі әрқашан байқалады, яғни тотықта тұтас және оның кез келген бөлігінде, кез келген түрлендірулерде (фазалық өзгерісінде) электрондар саны протондар санына тең болады.

Әзірленген электрондық теорияның негізгі ережелері келесіге дейін қысқартылған.

- редукциялану мәні редукциялаушы реагент пен тотық арасындағы химиялық реакцияның көзі тотық көлеміндегі бос электрондардың пайда болуы мен қозғалысы болып табылады. Сондықтан қатты фазалық редукциялау тотыққан фазада электронды өткізгіштік пайда болған кезде ғана жүреді.

- редукциялаушы реагенттің рөлі тотық торында аниондық бос орын түзе отырып, тотық бетіндегі оттегі атомын және онымен байланысты екі «артық» электронды бөліп алу болып табылады (3.1 а Сурет). Пирометаллургиялық процестер кезінде дамыған иондардың жылулық қозғалысының арқасында тотықтың аниондық торында бос орындар мен электрондар шашыраңқы болады.

Металл фазасының түзілуі атомдардың түзілу сатысынсыз жүреді. Аниондық бос орындардың «артық» электрондары олардың ешқайсысымен тұрақты байланыс құрмай, бос орынға ең жақын барлық катиондармен бөліседі (3.1 б Сурет). Катиондар арқылы электрондардың әлеуметтенуі металдық байланыстың түзілу критерийі болғандықтан, аниондық бос жерде катиондар арасында бірден металдық байланыс пайда болады. Бос орындар бірігіп, бос орындарға «артық» электрондар жиналатындықтан, оксидті кристалдық тор металға айналады (3.1 в, г Сурет). Осылайша, металл фазасының тұнбасы тотықты фазаның ішінде бетінен айтарлықтай қашықтықта редукциялаушы реагент жеткізбестен және СО реакция өнімін алып тастамай-ақ пайда болуы мүмкін.



3.1 Сурет - Күрделі тотықтың бетіндегі кристалдық тордан оттегі аниондарын алу кезінде тотықтың металдық фазасындағы (в, г) аниондық бос орынның (а), бос орындағы металл байланысының (б) пайда болу реттілігі.

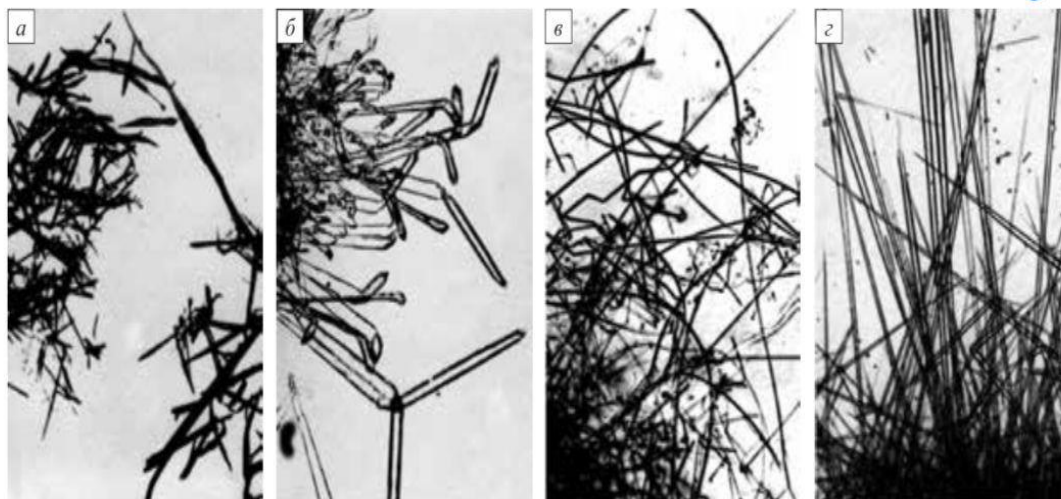
Редукциялау кезінде оттегінің тотыққа сырттан келуі жоққа шығарылса, «артық» бос электрондар аниондармен байланыса алмайды. Сондықтан екі электронмен зарядталған аниондық бос орын тотықтарда еру арқылы жойыла алмайды, тіпті бір зарядталған бос орын да термодинамикалық тұрақты металл ядросы болып табылады.

1. Зарядталған бос орындар тотық көлемінде иондық диффузия жылдамдығынан әлдеқайда жоғары жылдамдықпен шашырап, әртүрлі құрамдағы кристалдар мен тотық фазалары арасындағы шекараларды кесіп

өтеді. Түзілу жылдамдығы мен таралу жылдамдығының қатынасына байланысты бос орындардың бірігуі және металдың бөлінуі жер бетінде де (әдетте бай монокендерден металдарды азайту кезінде байқалады) және көлемде де тотықтардың (кешенге тән кендері) болуы мүмкін.

2. Металл фазасы тотық көлемінде бөлінгенде, металл мен редукциялаушы реагент арасында тікелей байланыс болмайды, сондықтан күрделі және нашар кендерден редукциялау кезінде редукциялаушы реагент қоспалары, соның ішінде металл көміртегі мен күкірт кіре алмайды. Сондықтан мұндай кендерден темірді редукциялау үшін сапасы төмен редукциялаушы реагент (мысалы, сапасы төмен термикалық көмір) қолданып, таза темір алуға болады.

3. Зарядталған катиондардың редукциялануы жағдайында ($Me^{3+} \dots 6+$) тотықтың беті бос орындармен қаныққан болуы мүмкін, бұл жағдайда сәйкес келетін кристалдық тордың төменгі тотықтар фрагменттерінің ажырау мүмкіндігі бар (3.2 Сурет). Соңғы жағдайда алюминий, кремний, ванадий, молибден және басқа да көпвалентті металдардың тотықтарына тән төменгі тотықтардың сублимациясының жоғарылауы байқалады.

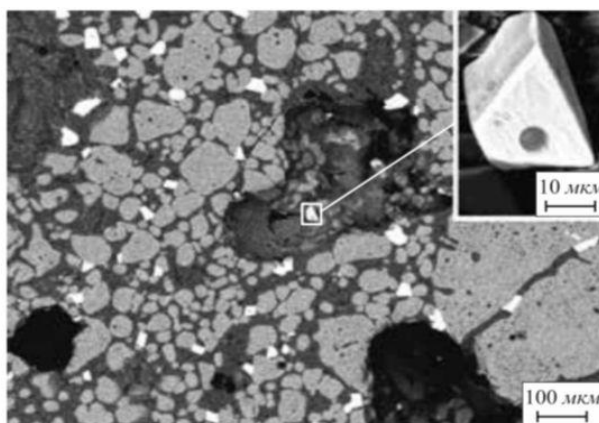


3.2 Сурет - $Al_2O_3 - x$ (а), Al_3O_4 (б), AlO (в) және Al_2O (г) құрамды төменгі алюминий тотықтарының кристалдары түріндегі конденсат – алюминий тотығынан көміртегімен редукциялану өнімдері.

4. Металлдық фазаның пайда болуының бастапқы кезеңінде оның қасиеттерінің тасымалдаушысы электрондармен зарядталған аниондық бос орындар – негізгі (оксидтік) фазаның кристалдық торындағы ақаулар болып табылады. Демек, бұл кезеңде Гиббс энергиясының ($\Delta G_{\Sigma} = \Delta G_V + \Delta G_F + \Delta G_{def.}$) өзгеруіне ΔG_F фазааралық энергияның үлесі нөлге тең. Негізгі тотық пен жаңа металл фазалары арасындағы интерфейс Гиббс энергиясының өзгеруінің көлемдік терминінің теріс мәні (ΔG_V) оң үлестен айтарлықтай асып кеткен кезде, ядроның салыстырмалы түрде үлкен мөлшерінде (3.2, г Сурет -ті қараңыз) (ΔG_F) фазааралық энергия қалыптасады. Демек, металдық фазаның ядролануы әдетте

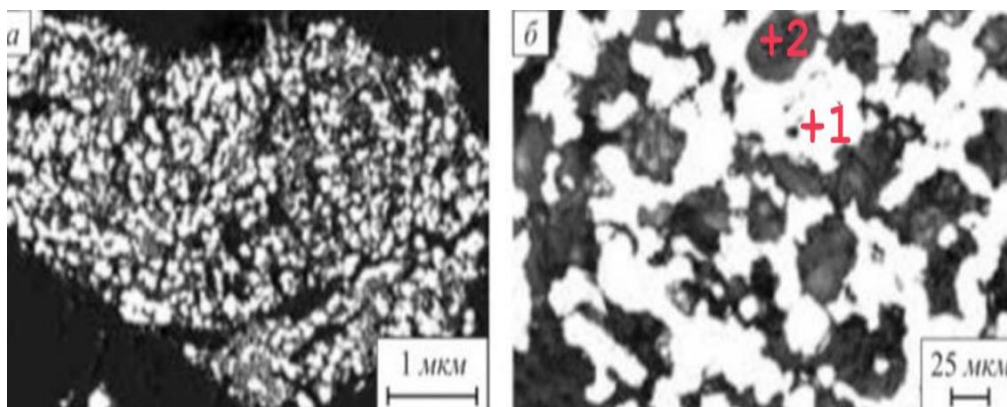
осындай процестерде байқалатын жаңа фазаның құрамдас бөлігінің негізгі фазаның аса қанығуын қажет етпейді және ядроның критикалық өлшемі болмайды. Осыған байланысты бөлшектердің өлшемдері мен металл фазасының таралуы тотықты фазалардағы редукцияланған металдың концентрациясымен анықталады. Редукцияланатын катиондардың концентрациясы неғұрлым төмен болса, соғұрлым металл бөлшектерінің тұнбасы соғұрлым майда болады.

5. Металл фазасының түзілуі наноөлшемді бос орындарды біріктіруде орын алады. Жүйенің Гиббс энергиясының өзгеруіне кристалдық тордың деформациясының үлесі нөлге тең. Нәтижесінде тұндырылған металл фазасының формасы тек ядроның қоректену жағдайларымен анықталады. Осыған байланысты эвдрлі металл кристалдарын қатты тотық фазасының ішінде алуға болады (3.3 Сурет), олар әдетте тек газ фазасынан немесе сұйылтылған ерітінділерден буларды конденсациялау арқылы өсіріледі.



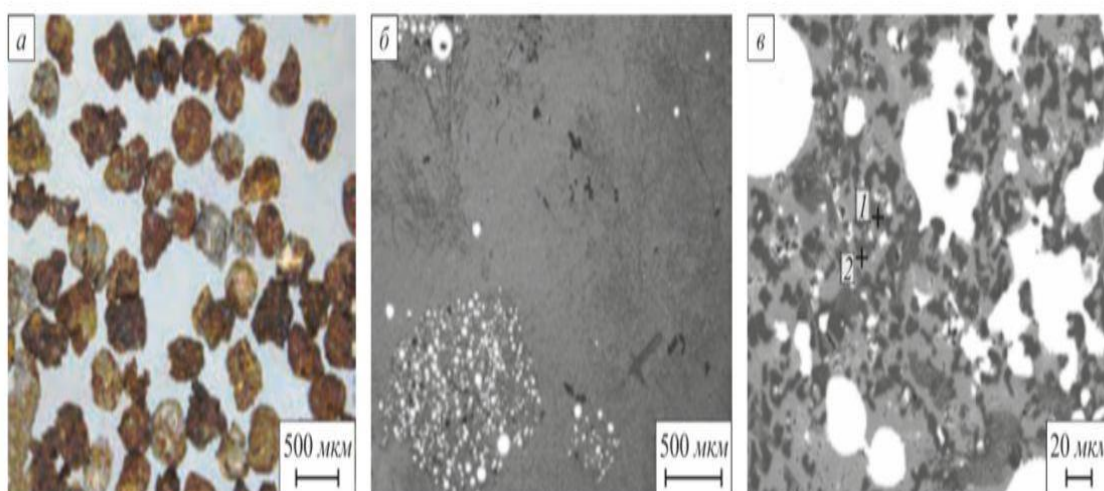
3.3 Сурет - Қатты ильменит кенінде түзілген идиоморфты темір кристалдары

Редукциялаушы реагент пен металл арасындағы электрондардың алмасуы кенді балқытпай және одан оттегін толық алып тастамай-ақ мүмкін болады, бұл қазіргі заманғы редукциялану теориясы бойынша болжанады. Бұл жағдайда металдың редукциялануы және металл фазасының бөлінуі металдың редукциялаушы реагентпен тікелей байланысынсыз, оттегі иондарымен қоршалған күрделі кен бөліктерінің ішінде жеткілікті жоғары жылдамдықпен жүреді. Осы процестің нәтижесінде құрамында таза темір және күрделі кен компонентінің тотық концентраты, шлак түзетін қоспалармен сұйылтылмаған титан, магний және т.б. тотықтары бар металл тотық композиция алынады (3.4 Сурет).



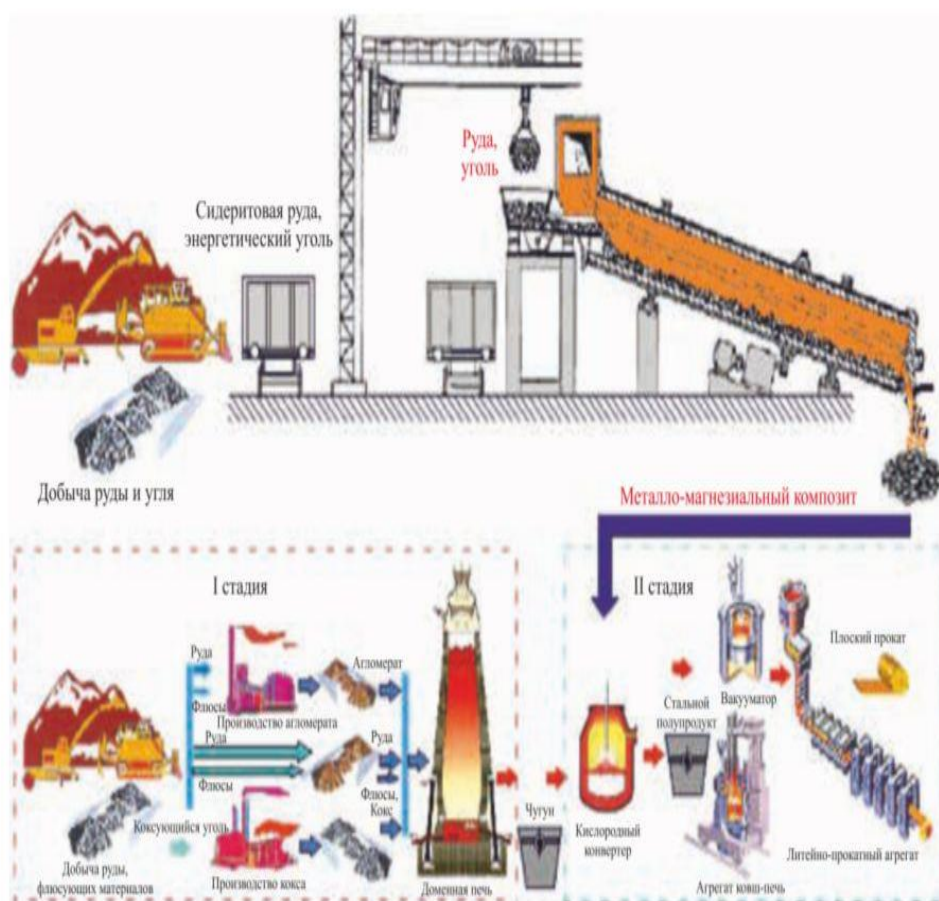
3.4 Сурет - Күрделі кендерден алынған металл тотығының композиттері – сидерит (а, б). Нүктелердегі фазалық құрамы, %: 1 – 100,00 Fe; 2 - 44,59 Mg; 37,66 O; 6,20 Fe; 11,54 Mn

Соңғы жылдары темірдің ғана емес, сонымен қатар хром, марганец және басқа кендердің қатты фазалық металдануын зерттеуге көп көңіл бөлінуде. Авторлар алған нәтижелер бойынша күрделі кендерді кесек күйінде металдануға болады, бұл ретте 10–20 мм өлшемдегі кен кесектерін қолданған жөн. Осылайша, сидерит кендеріндегі темірді редукциялану нәтижесінде алынған металл тотықтары композиттегі тотық фаза магнийдің отқа төзімді оксидтерімен берілген, сондықтан мұндай композиттерді балқыту өте қиын. Дегенмен, сусымалы композиттік материалды электр пешіне үздіксіз тиегенде, ол шлакта оңай ериді, металл металл ваннасына тамшы түрінде шөгеді және шлакта отқа төзімді тотықтар жиналады, бұл оның «жинақталуына әкеледі » (3.5 Сурет).



3.5 Сурет - Шлактағы бастапқы (а) Fe – MgO металл оксиді композитінің еруі (б) және шлак көлеміндегі оксидтік фазалардың құрамы (в), % (масса бойынша): 1 – 80,08 MgO; 0,59 Al₂O₃; 0,22 SiO₂; 0,29 CaO; 7,84 MnO; 10,98 FeO; 2 – 25,74 MgO; 0,80 Al₂O₃; 37,57 SiO₂ ; 26,74 CaO; 5,79 MnO; 3,35 FeO

Құрамында 80%-ға дейін MgO бар мұндай шлактарды жұмыс терезесі арқылы мәжбүрлеп шығару керек. Нәтижесінде күрделі кендерді болат пен екінші металдың оксидті концентратына өңдеудің технологиялық процесін жүзеге асыру үшін редуциялық қондырғы мен доғалы болат балқыту пешінен тұратын технологиялық кешен ең қолайлы болып көрінеді (3.5 Сурет).



3.6 Сурет - Сидероплезит кенін өңдеу және конвертерде $Fe - MgO$ композитті қолдану сұлбасы

Қолданыстағы технологиялық сұлбаны салыстыру және (3.6 Сурет) ұсынылған кешен күрделі және төмен сұрыпты кендерді өңдеуді ғана емес, сонымен қатар келесі бірқатар артықшылықтарға ие екенін көрсетеді:

- домна пеші және оттегі түрлендіргіші сияқты көлемі мен құны бойынша бірегей қондырғылар жоқ;
- кокс және агломерация өндірісі сияқты экологиялық қауіпті операцияларды қамтымайды [18-20];
- бастапқы материалдарға – кенге және редуциялаушы реагентке жоғары талаптар қоймайды;
- редуциялаушы реагент ретінде жылу көмірін қолдана алады.

Қатты фазалық редуция салыстырмалы түрде төмен температурада жүзеге асырылады, материалдарды балқытуды және флюстерді пайдалануды

кажет етпейді. Ыстық материалдарды редукциялық пештен электр пешіне үздіксіз жүктеу және редукциялық пештегі материалдарды қыздыру үшін электр пешінен шығатын газдардың жылуын пайдалану жылуды пайдаланудың жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда кеннен таза дерлік темір ғана алынбайды, сонымен қатар шлак түріндегі қалдықтардың орнына бағалы тотықтардың концентраты алынады.

Сондай кешеннің бірі жылына 100-300 мың тонна болат өндіруге қауқарлы. Тың шойын негізіндегі болат жартылай өнімін одан әрі жоғары сапалы болат дайындамасына немесе жоғары қосылған құны бар бұйымдарға – жұқа жолаққа, аморфты жолаққа, компьютерлік тәжірибені пайдалана отырып күрделі пішінді бұйымдарды өндіруге арналған темір ұнтағына айналдыру мақсатқа сай технология және т.б. Жағдайлар үшін пайдаланылуы мүмкін. Сидерит кендерін өңдеу кезінде алынатын металл-магнезия композициясы бөлінбеген күйде, бастапқы темірдің көзі ретінде оттегі конвертерлері мен доғалы болат балқыту пештерінде «ірі» металлургия пештерінде қосымша шихта материалы ретінде қаптаманың беріктігін арттыру үшін қосылатын магнезия ағыны пайдаланылуы мүмкін (3.6 Сурет).

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Сидерит кенін өңдеу мәселесі ұзақ уақыт бойы әртүрлі әдістермен шешілді, бірақ қазіргі кезде агломерация өндірісінде тек қоспа ретінде пайдаланылады.

2. Сидерит кен орындарының кені кешенді пайдаланумен металлургия өнеркәсібі үшін бағалы материал бола алады.

3. Сидерит кен орындарының кенінен концентрат алу технологиялары темір тотығы мен магний тотығын күйдіру, одан кейін ұсақтау және магниттік бөлу арқылы да, гидрометаллургия әдісімен де бөлуге мүмкіндік бермейді. Алынған концентратта магний тотығының мөлшері жоғары деңгейде қалады, бұл да бұл материалды домна процесінде қолдануға мүмкіндік бермейді.

4. Қазіргі уақытта темірді тікелей өндіру технологиялары белсенді түрде дамып келеді.

5. Металл темірдің таңдамалы қатты фазалық редукциялануы және тұнбаға түсуі электрохимиялық механизм бойынша оттегі аниондарымен қоршалған күрделі тотықтың көлемінде болатыны көрсетілген.

6. Редукциялану редукцияланбайтын металдардың катиондарынан түзілетін қалдық тотықтар бойымен редукцияланатын катиондарға редукцияланушы реагентпен электрондарды беру арқылы жүзеге асырылатыны анықталды.

7. Редукцияланған темірді тотық көлемінде окшаулау үшін металл фазасының бөлінетін орнына редукцияны беру де, одан редукциялық реагент өнімдерін алу да талап етілмейтіні көрсетілген.

8. Сидероплезит бөліктерінде темірдің жоғары жылдамдықпен таңдамалы қатты фазалық редукциялану мүмкіндігі тәжірибе жүзінде расталды. Темірдің тотық ішінде бөлінуіне байланысты темірдің көміртегімен және редукцияланушы реагент қоспаларымен ластануы жоққа шығарылады.

9. Күрделі материал – темір-магнезия ағынын алу арқылы кесек сидероплезит кенін өңдеудің қалдықсыз, шығыны аз ресурс үнемдейтін технологиясының технологиялық жабдық кешені ұсынылады.

Осылайша, әзірленген электронды редукциялау теориясы заманауи ғылыми жетістіктерге негізделген және металды редукциялаудың барлық белгілі нұсқаларын біртұтас көзқарастан сипаттауға мүмкіндік береді. Ол кендерден металды алу механизмі туралы бұрыннан бар идеяларды айтарлықтай түзетеді және қоршаған ортаны басқару, экологиялық қауіпсіздік және ресурстарды үнемдеу талаптарына толық жауап беретін жаңа технологиялық процестерді құру мүмкіндігін ашады.

ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН ШАРТТЫ БЕЛГІЛЕР ТІЗІМІ

ААҚ	Ашық акционерлік қоғам
ОХМК	Орск-Халиловск металлургиялық комбинаты
ЧМК	Челябі металлургиялық комбинаты
НТМК	В.И.Ленин атындағы Нижний Тагил металлургиялық комбинаты
МҒЗИ	Металлургия ғылыми-зерттеу институты
ММК	Магнитогорск металлургиялық комбинаты

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Жунев А.Г., Юрьев Б.П., Бланк М.Е. Сидерит кендерін күйдіру және агломерациялауды күшейту // Бұл. Орталық ғылыми-зерттеу институты хабарлайды. және тех.-экон. зерттеу қара металлургия. 1988. №3. С. 2-13.
- 2 Muhl O. Erlahrungsberichtüber die Scwertrübe - Lyklonge and Steirishen Erzberg // Berg und Hütten - mannische. 1981. Бд. 126. №8. С. 344-348.
- 3 Остапенко П.Е. Темір кендерін байыту. М., 1977. 272 б.
- 4 Шинкоренко С.Ф., Белецкий Е.П., Ширяев А.А. Қара металдар кендерін байыту бойынша анықтамадық. М.: Недра, 1980. 527 б.
- 5 Жило Н.Л. Домна шлактарының түзілуі және қасиеттері. М.: Металлургия, 1974. 120 б.
- 6 Васильев В.Е. Тұрақты шлактарда домна пешінде балқыту. Киев: Укртехиздат, 1956. 260 б.
- 7 Күрделі кендерді пирометаллургиялық өңдеу / ЛИ. Леонтьев, Н.А. Ватолин, С.В. Шаврин, Н.С. Шумаков. М.: Металлургия, 1997. 432 б.
- 8 Шихтадағы Бакальский сидериттерінің қатысуымен тәжірибелік балқыту / В.П. Вяткин, Л.Я. Гаврилюк, М.Я. Остроухови және т.б. // Домна пештерінің шлак режимі. М.: Металлургия, 1961. 350 б.
- 9 Жоғары магнийлі шлактарда домнада балқыту / Б.А. Савельев, А.Г. Жунев, А.М. Виноградов, А.И. Юферев // Бұл. TSNIIChM. 1962. № 10. С. 6-9.
- 10 Сидерит кендерін домналық балқытуда пайдаланудың тиімділігі мен болашағы / В.А. Красноборов, С.Л. Ярошевский, А.А.Денисов, В.С. Рудин, В.И. Бирючев, М.Ф. Полушкин. Донецк, 1996. 88 б.
- 11 Жунев А.Г., Шумаков Н.С., Братченко Л.Н. Бакал сидериттерін пайдалану және оларды домналық балқытуға дайындау туралы мәселе // Болат. 1966. N 3. S. 137-149.
- 12 Павлов М.А. Металлургтың естеліктері. 1, 2 бөлім. – М.: Металлургдат, 1943. – 288 б.
- 13 Павлов В. В. Металлургиядағы сәйкессіздіктер. - 3-ші басылым, қайта қаралған және қосымша - Екатеринбург: УСТУ баспасы, 2013. - 212 б.
- 14 Кольчин О.П. Металдарды олардың оксидтерінен көміртегімен тотықсыздандыру механизмдері туралы // Металдардың тотықсыздану механизмі және кинетикасы: сб. ғылыми тр. - М.: Наука, 1970. б. 40 - 48.
- 15 Жуховицкий А.А., Шварцман Л. А. Физикалық химия. – М.: Металлургия, 1976. – 520 б.
- 16 Рощин А. В., Рощин В. Е. Термиялық тотығу-тотықсыздану диссоциациясы және сублимация – оксидті тордың металл торға айналу кезеңдері // Орыс металлургиясы (металл). Т. № 2006 1. Б. 1 - 7.
- 17 Чернобровин В.П., Пашкеев И. Ю., Михайлов Г. Г. Теоретические основый процессов производства углеродистого феррохром из уралских руд. - Челябинск: СУМУ баспасы, 2004. - 346 б.

18 Quader M. A. т.б. Тұрақты жасыл темір және болат өндірісі үшін энергияны үнемдейтін CO₂ серпінді технологияларына жан-жақты шолу // Жаңартылатын және тұрақты энергия шолулары. 2015. том. 50. Б. 594 – 614.

19 Сон Х.Ю. Энергияны едәуір төмендететін және CO₂ шығарындылары бар аспалы үтік жасау технологиясы // Steel Times International. 2007 том. 31. 4. 68 -72 б.

20 Милфорд Р.Л., Паулиук С., Алвуд Дж.М., Мюллер Д. Б. Болат өнеркәсібінің CO₂ мақсаттарына жетудегі энергия мен материал тиімділігінің рөлдері // Қоршаған ортаны қорғау ғылымы және технологиясы. 2013. том. 47. №7. Б. 3455 - 3462.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

(жұмыс түрлерінің атауы)

Тұртайбек Сабина Талғатқызы

(студенттің аты жөні)

5B070900 – «Металлургия»

Тақырыбы: «Сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеулер»

Дипломдық жұмысты орындау барысында Тұртайбек Сабина Талғатқызы университет қабырғасында алған білімін толығымен пайдалана білді.

Зерттеліп отырған жұмыс тақырыпқа толықтай сәйкес келеді. Сондай-ақ жұмыста қажетті есептеулер толығымен жүргізіліп, барлық талаптарға сай орындалды.

Дипломдық жұмысты жазу барысында студент өзіне берілген тапсырманы жоғары дәрежеде орындап, жоғары теориялық дайындық, мақсатына талпынушылық, ғылыми зерттеу тақырыбын, қолданылатын әдістерді таңдауда дербестік көрсетті.

Тұртайбек Сабина Талғатқызының зерттеу жұмысын қорытындылай келе 5B070900 – «Металлургия» мамандығы бойынша дипломдық жұмыс талаптарына сәйкес жұмыс жасай білді.

Тұртайбек Сабина Талғатқызы осы мамандық бойынша бакалавр атағына лайықты. Дипломдық жобаның бағасы 95%.

Ғылыми жетекші

PhD докторы, профессор

Г.М. Қойшина

Г.М. Қойшина

«27» 05 2022 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС:

(жұмыс түрлерінің атауы)

Тұртайбек Сабина Талғатқызы

(студенттің аты жөні)

5B070900 – «Металлургия»

Тақырыбы: «Сидерит кендерінен темірді редуциялау бойынша зерттеулер»

Орындалды:

а) графикалық бөлім 8 парак

б) түсініктеме 28 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмыс бойынша келесі ескертулер бар:

1. Жұмыста кестеге сілтеме келтірілмеген;

2. Редуциялау процесстерінің температуралары көрсетілмеген

3. 1.2. Бөлімінде колданылған әдебиетке сілтеме көрсетілмеген

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Көрсетілген ескертулер дипломдық жобаның құнын түсірмейді. Ал, дипломдық жобаны орындаған студент Тұртайбек Сабина Талғатқызы 5B070900 - «Металлургия» мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесін алуға лайықты. Дипломдық жобаның бағасы 95%.

Рецензент

РМК «ҚР МШКҚӨ ҰО»,

аға ғылыми қызметкері,

PhD докторы



Ғ.К. Малдыбаев

(қолы) (аты жөні)

2022 ж

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тұртайбек Сабина Талғатқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 8

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата

30-05-2022

Заведующий кафедрой

МОН
Бермешипов М.Б.
(подпись)

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тұртайбек Сабина Талғатқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеу

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 3

Знаки из других алфавитов: 8

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

23.05.2022 г.

Қойшина

проверяющий эксперт

Қойшина Г.М.



Метаданные

Название

Сидерит кендерінен темірді редукциялау бойынша зерттеу

Автор

Тұртайбек Сабина Талгатқызы

Научный руководитель

Гүлзада Қойшина

Подразделение

Г_М_И

Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки. Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок). Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв		8
Интервалы		0
Микропробелы		3
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		0

Объем найденных подоби

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



25
Длина фразы для коэффициента подобия 2



4032
Количество слов



33028
Количество символов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КР1 №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 ("хриптоцитаты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

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

из базы данных RefBooks (0.00 %)



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

из домашней базы данных (0.00 %)



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

из программы обмена базами данных (0.00 %)



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

из интернета (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--------------	---

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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