

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті КеАҚ

Ө. Байқоңыров атындағы тау-кен және металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы

Дипломдық жұмыстың
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «Феррохром өндіру технологиясы»

6B07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы

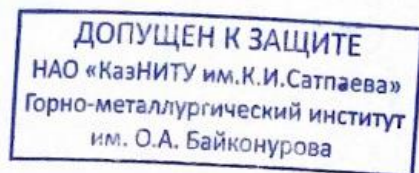
Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті КеАҚ

Ө. Байқоңыров атындағы тау-кен және металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы



Дипломдық жұмыстың
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «Феррохром өндіру технологиясы»

6B07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы

Орындаған

Жұмабек О.Ж

Пікір беруші
Инженер-технолог цеха гидрометаллургии
и ВЮХ,
АО "ФИК "Алел"
Құрмансейтов М.Б.
« 9 » сентябрь 2023 ж.

Ғылыми жетекші
PhD докторы, қауымдастырылған
профессор
Койшина Г.М.
« 09 » 06 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті КеАҚ

Ө. Байқоңыров атындағы тау-кен және металлургия институты

«Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасы

6B07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы



Дипломдық жұмысты даярлауға

ТАПСЫРМА

Білім алушыға Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы

Жұмыстың тақырыбы «Феррохром өндіру технологиясы»

Университеттің № 408-П/Ө «23» қараша 2022 ж. бұйырығымен бекітілген

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «13» маусым 2023 жыл.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері феррохром өндіру технологиясын зерттеу үлгі ретінде берілген кенді шихтасын есептеу

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны

а) феррохром өндіру технологиясын танымал процестерін талдау, технологиялық схеманы таңдау және негіздеу, режимдік параметрлері мен көрсеткіштерін белгілеу, металлургиялық есептерді орындау;

б) жұмыста экономикалық есептеулер орындалды


Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): PowerPoint форматындағы слайдтар (технологиялық схема, негізгі және қосымша жабдықтар)

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 16 атау

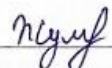
Дипломдық жұмысты даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Әдебиетке шолу	26.02.23-17.03.23	
Технологиялық схеманы таңдау және негіздеу	19.03.23-24.03.23	
Металлургиялық есептер	26.03.23-07.04.23	
Слайдтарды дайындау	09.04.23-14.04.23	

Дипломдық жұмыстың және оған қатысты диплом жұмыстың бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Технологиялық бөлімі	Г.М. Койшина PhD доктор, қауымдастырылған профессор	10.05.2023	
Қалып бақылаушы	С.К. Джуманкулова PhD доктор, аға оқытушы	12.06.2023	К.Джуманкулова

Ғылыми жетекшісі  Г.М. Койшина

Тапсырманы орындауға білім алушы  О.Ж. Жұмабек

Күні «22» сәуір 2023

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 29 беттік компьютерлік теруден, 3 сурет, 9 кестеден тұрады. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 16 атаудан құралған.

Жұмыстың мақсаты: феррохромды өндіру технологиясын зерттеу.

Үлгі ретінде хромит шикізаты (Бірінші май) кен орындарынан алынған күрделі кендер алынды, олардың химиялық құрамы мен массалық қатынасы анықталды.

Бұл жұмыста хромның физикалық және химиялық қасиеттері баяндалған, және феррохром өндіретін отандық феррокорытпа зауыттарының технологиясына талдау жасалып, зерттеу мәліметтер негізінде хромның технологиялық көрсеткіштерін болжайды, сонымен қатар металл оксидінің фазалық өзгеруінің тізбегі есептелген.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из задания, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы. Работа состоит из 29 страниц компьютерного набора, 3 рисунков, 9 таблиц. Список использованной литературы состоит из 16 наименований.

Цель работы: изучение технологии производства феррохрома.

В качестве образца были получены сложные руды из месторождений хромитового сырья (Первомайское), определен их химический состав и массовое соотношение.

В данной работе изложены физические и химические свойства хрома, проведен анализ технологии отечественных ферросплавных заводов по производству феррохрома, исследование прогнозирует технологические показатели хрома на основе данных, а также рассчитана последовательность фазового изменения оксида металла.

ANNOTATION

The thesis consists of a task, an introduction, the main part, a conclusion and a list of references. The work consists of 29 pages of a computer set, 3 figures, 9 tables. The list of references consists of 16 titles.

The purpose of the work: to study the technology of ferrochrome production.

As a sample, complex ores were obtained from deposits of chromite raw materials, their chemical composition and mass ratio were determined.

In this paper, the physical and chemical properties of chromium are described, the technology of domestic ferroalloy plants for the production of ferrochrome is analyzed, the study predicts the technological parameters of chromium based on data, and the sequence of phase changes of metal oxide is calculated.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Феррохром процесінің сипаттамасы	8
1.1	Феррохромның құрамы	8
1.2	Феррохромның қасиеттері мен сипаттамалары	9
1.2.1	Феррохромның қасиеттері	9
1.2.2	Феррохромның сипаттамасы	10
1.3	Қорытпаның құрылымы	11
2	Феррохром өндірісі	14
2.1	Кен-термиялық пештің құрылысы	14
2.1.1	Ваннаға арналған қаптама	16
2.1.2	Ваннаға арналған электр пешінің футеровкасы	17
2.1.3	Өздігінен пісірілетін электродтар	17
2.2	Жоғары көміртекті феррохромның технологиясы	18
2.3	Жоғары көміртекті феррохромның электротермиясы	20
3	Феррохромды балқыту кезінде шихтаны есептеу	25
3.1	Тотықсыздандырғыштың мөлшерін есептеу	29
3.2	Шлактың мөлшері мен құрамын есептеу	29
	Қорытынды	33
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	34

КІРІСПЕ

Өндірістің жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштері және ең жоғары қасиеттері бар металды алу мүмкіндігі болат балқытудағы электрометаллургия рөлінің үздіксіз өсуіне себеп болды. Сонымен қатар электроферроқорытпа процестерінің іргелі теориялық және тәжірибелік зерттеулері одан әрі дамытылды, өндіріске ферроқорытпаларды өндіру мен өңдеудің принципті жаңа технологиялық процестері енгізілді, ферроқорытпа өнімдерінің жаңа стандарттары енгізілді, шикізатты кешенді пайдаланудың бірқатар мәселелері шешілді. материалдар мен қоршаған ортаны қорғау мәселелері шешілді.

Сапалы металл бұйымдарын шығару көлемін ұлғайту, балқытылатын болат ассортиментін кеңейту ферроқорытпалардың әртүрлі түрлерін өндіруді жеделдетіп дамытуға, жоғары тиімділік аз қалдықты технологияларды құруға, өндіріске өндіріске тартуға тікелей байланысты. өндіріске жаңа материалдар, отандық минералдық-шикізат базасын кеңейту.

Хром ең маңызды легіріленген металдардың бірі болып табылады. Оның коррозияға қарсы ерекше қасиеттері бар, легіріленген және жоғары легіріленген болат маркалары мен қорытпаларының, соның ішінде темір емес негіздегі қоспалардың құрамында легірлеуші элемент ретінде қосылады. Болаттағы хром концентрациясы болаттың тағайындалуына және оған қойылатын талаптарға байланысты және оннан 30-40% дейін өзгереді.

Феррохром мен металдық хромның әртүрлі маркалары жоғары берік құрылымдық, қышқылға және ыстыққа төзімді, тот баспайтын, аспаптық (жоғары жылдамдықты) және басқа болаттарды өндіруде қолданылады. Ең үлкен ассортимент коррозияға төзімді болаттармен ұсынылған: хром, хром-никель және хром-марганец. Құрамында хром бар болаттардың әртүрлі ассортименті феррохромның әртүрлі маркаларын қолдануды талап етеді, олардың құрамында С мөлшері 0,01-ден 8,0% -ға дейін өзгереді, Р, S және түсті металл қоспаларының концентрациясы минималды.

Конверсиялаушы феррохром ферросилихромды, конвертерлі орташа көміртекті феррохромды және төмен көміртекті азотталған феррохромды балқытуға арналған.

Феррохром жеткілікті бай (жоғары хром оксиді және жоғары хром оксидінің темір оксидіне қатынасы) хром кендерін (немесе концентраттарын) көміртекті тотықсыздандырғышпен (әдетте кокс) қалпына келтіру арқылы өндіріледі [1].

Металлургияда ферроқорытпалардың кеңінен қолданылуы олардың физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты – ферроқорытпалардың балқу температурасы таза металдың балқу температурасынан төмен, бұл оның еруін жеңілдетеді және жетекші элементтің қалдықтарының азаюына әкеледі. Осылайша, ферроқорытпаның жетекші элементінің оксидтерінің тотықсыздануы төменірек температурада, тезірек, толық және аз энергия шығындарымен жүреді.

1 Феррохром процесінің сипаттамасы

1.1 Феррохромның құрамы

Жоғары көміртекті феррохромның екі түрі МЕСТ 4757-91 бойынша тауарлық және конверсиялық ретінде шығарылады, ферроқорытпа зауыттарында ферросилихромды, конверторлы феррохромды, азотталған феррохромды балқыту үшін, сонымен қатар хромы бар болаттарды балқыту үшін қолданылады аргон-оттекті тазарту, газ-оттекті тазарту және т.б. тот баспайтын болат өндірісінің өсуіне байланысты конверсиялық феррохром өндірісінің көлемі үнемі өсуде [2, 3].

Жоғары көміртекті феррохром – тиісті шикізатты немесе олардың концентраттарын тотықсыздандыру арқылы алынатын ең аз хром мөлшері салмағы бойынша 65,0 % және максимум 75,0 % дейін темір мен хромның легіріленген қорытпасы. Ол металлургия және құю өнеркәсібіне болат пен қорытпа өндірісінде легірлеуші қоспа ретінде жеткізіледі.

Тауарлы және коммерциялық жоғары көміртекті феррохром өндірісі хром кендерінен хром және темір оксидтерін көміртегімен тотықсыздандыруға негізделген. МЕСТ 4757 (ISO 5448) бойынша жоғары көміртекті феррохром 2-кестеде көрсетілген пайызбен келесі химиялық құрамға ие болуы керек.

2-кесте– Жоғары көміртекті феррохромның химиялық құрамы

Бренд	Хром, % аз емес	Көміртек	Кремний	Фосфор	Күкірт
		%, артық емес			
ФХ 800 А	65,0	8.0	2.0	0,03	0,06
ФХ 800 В	65,0	8.0	2.0	0,05	0,08
ФХ 850 А	65,0	8.5	2.0	0,03	0,05
ФХ 850 В	65,0	8.5	2.0	0,05	0,08
ФХ 900 А	65,0	9.0	2.0	0,03	0,04
ФХ 900 В	65,0	9.0	2.0	0,05	0,06

Жоғары көміртекті феррохром 3-кестеде көрсетілген пайызбен келесі химиялық құрамға ие болуы керек.

3-кесте– Жоғары көміртекті феррохром

Бренд	Cr, кем емес	C	S	Si	P
ФХП	65	-	-	-	0,04
ФХП850	65	8.5	0,07	2.0	0,04
ФХП850А	65	8.5	0,06	2.0	0,04
ФХП900	65	9.0	0,06	2.0	0,04

«Қорытпа» металын сынамалау процесінде қолмен таңдалған феррохром түзіледі шлақтың көп мөлшеріне және оны металдан бөлу мүмкін еместігіне байланысты бір бөлігін сұрыптау мүмкін емес. Бұл металды ШҚӨ-да тауарлық

феррохром күйіне келтіруге болады және «қосымша өңдеуге жататын өнімдер» ретінде жіктелуі керек.

Жоғары көміртекті феррохромды өндіру процесінде пештің технологиялық ретсіздігі нәтижесінде МЕСТ сапа сипаттамаларына және сату тапсырыстарына сәйкес келмейтін металды алуға болады (құрамында хром мөлшері аз, кремний және қоспалар көп т.б.). Бұл металды ШҚӨ-да феррохромды шихта күйіне келтіруге болады және «қосымша өңдеуге жататын өнімдер» ретінде жіктелуі керек.

1.2 Феррохромның қасиеттері мен сипаттамалары

Ферроқорытпалар және олардың қолданылуы негізінен болатты легірлеу үшін қолданылатын темір негізіндегі немесе оның қатысуымен қосылыстардың категориясы деп айтуға болады. Мұндай қорытпаларға сұраныстың екі себебі бар. Біріншіден, технологиялық тұрғыдан ферроқорытпалармен легірлеу таза металдарды пайдаланудан арзанырақ. Екіншіден, алынған темір қорытпалары болатты легірлеу процесін жеңілдететін төмен балқу температураларымен сипатталады.

Оның себебі – кендер құрамында тотықсыздандырылатын элемент оксидтерінің жоғары пайызы. Керісінше, ферроқорытпалар металлургиясы темір және балқитын металдар шикізат ретінде кен концентраттарын пайдаланады. Бұл пайдалы элементтердің төмен концентрациясына байланысты. Тиімділікті арттыру үшін одан қажетті оксидтің концентратын алу үшін кенді алдын ала байытады.

Ферроқорытпаларды өндіру тотықсыздану реакциясына негізделген. Бұл реагенттерді таңдауға белгілі талаптарды қояды:

1. Тотықсыздандырғыш зат қалпына келтірілетін затқа қарағанда оттегімен химиялық үйлесетін элемент болуы керек.

2. Темірдің, оның оксидтерінің қатысуымен реакцияның жүруі.

Екінші жағдай темірдің элементтердің белсенділігін төмендетуге, атап айтқанда олардың тотығуына жол бермеу қабілетіне байланысты [4].

1.2.1 Феррохромның қасиеттері

Жоғары көміртекті феррохром (6 – 8% С) кенді қалпына келтіру пештерінде, орташа көміртекті (0,8 – 1,5% С), төмен көміртекті (0,1 – 0,5% С) және көміртегісіз (0,01 - 0,06% С) феррохромды – силикотермиялық әдіспен электр пештерінде тазартады. Орташа көміртекті феррохромды арнайы конвертерлі жоғары көміртекті феррохромда алады.

Феррохром маркаларын белгілеуде (МЕСТ бойынша) әріптер мынаны білдіреді: F - темір, X - хром, N - азот. А және В әріптері фосфордың массалық үлесіндегі айырмашылықты көрсетеді. Сандар төмен, орташа және жоғары

көміртекті феррохром сорттарындағы көміртегінің максималды құрамын және азотталған феррохром сорттарындағы ең аз азот мазмұнын көрсетеді.

Жоғары көміртекті феррохромды салмағы 30 кг-нан аспайтын құймаларда немесе салмағы 20 кг-нан аспайтын кесектерде өндіруге рұқсат етіледі. Феррохром маркалы ГНР максималды өлшемі 50 мм болатын түйіршіктер түрінде немесе 5–25 мм өлшемдегі ұсақталған және електен өткен бөлшектер түрінде жеткізіледі.

Феррохром кесектерінің бетінде және сынауында шлак, құм және басқа бөгде материалдардың айқын қосындылары болмауы керек. Бөлшектердің бетінде оксидті пленка және жабыспайтын материалдардың іздері рұқсат етіледі.

Феррохромның қасиеттері:

- көміртекті феррохромның балқу температурасы – 1470 – 1540 °С,
- көміртегісіз феррохромның балқу температурасы – 1600 – 1640 °С,
- феррохромның бір бөлігі ретінде болатқа хром қосылса, ол болат түйірінің мөлшерін азайтады;
- соңғы болат пен қорытпалардың қызып кету үрдісін азайтады,
- соңғы болат пен қорытпалардың беріктігін арттырады;
- күйдіру және қатаю температурасын арттырады,
- соңғы болат пен қорытпалардың қаттылығын, қаттылығын, тозуға төзімділігін және беріктігін арттырады, соның ішінде жоғары температурада,
- болаттың жоғары температурада тотығуға төзімділігін арттырады,
- соңғы болат пен қорытпаның ыстыққа төзімділігін арттырады.

Ферроқорытпаларға шартты түрде құрамында тек қоспалар түріндегі темірі бар кейбір қорытпалар (мысалы, силикомарганец, силикокальций) және сонымен қатар, кейбір металдар мен техникалық таза күйдегі бейметалдар (металл марганец, металл хром, кристалды кремний) жатады [5].

1.2.2 Феррохромның сипаттамасы

Ферроқорытпалар үшін маңызды рөлді қосылыстардың қасиеттері жетекші элемент деп аталатын құрамның негізгі компоненті атқарады. Оның қалпына келу дәрежесіне қарай қосынды алу технологиясы және оның тиімділігі әзірленеді.

Құрамы, дәлірек айтсақ жетекші элементі де ферроқорытпаларды сипаттайтын физика-химиялық қасиеттерде шешуші рөл атқарады. Атап айтқанда, конфигурациясының модификациясы балқу температурасының өзгеруіне әкелетін электрондық қабаттардың құрылымы маңызды. Бұл сипаттама ферроқорытпалардың бірқатар салаларда легірлеуші және тотықсыздандырғыш қосылыстар ретіндегі мақсатын анықтайтын ерекше маңызды.

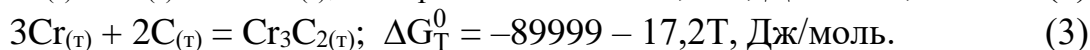
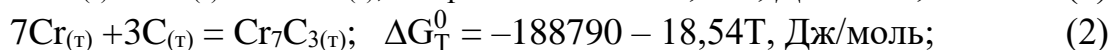
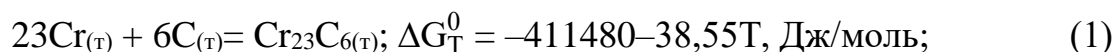
Феррохроммен болатқа енетін хром соққы беріктігін төмендету арқылы оның қаттылығын, өздігінен қатаюын, созылу және аққыштық беріктігін

арттырады. Хром кремниймен бірге болаттың ыстыққа төзімділігін береді. Құрамында көміртегі жоғары болғандықтан, хром тозуға және тозуға төзімділікті арттырады. Құрамындағы хромның болат қасиеттеріне әсері: дән мөлшері-азайтады; қызып кету үрдісі-біршама төмендетеді; шындалуы-артады; күйдіру, қалыпқа келтіру, қаттылық пен беріктік-арттырылады; икемділігі - 1,5%-ға дейін төмендемейді; жоғары температурада тотығуға төзімділік-артады; жоғары температураның беріктігі-көтеріледі [6].

1.3 Қорытпаның құрылымы

Cr-Fe жүйесі. Хром темірмен бірге қатты және сұйық ерітінділердің үздіксіз қатарын құрайды. 30% Fe + 70% Cr қорытпасы үшін қатты заттың температурасы 1580 °С, ал сұйықтың температурасы 1640 °С. Аймақ γ -фаза 13% Cr кезінде толығымен тұйықталады. $t \leq 820$ °С интервалында 25-65% Cr қатты және сынғыш σ -фаза бар [7].

Cr-C жүйесі. Хром көміртегімен $Cr_{23}C_6$; Cr_7C_{23} және Cr_3C_2 сәйкесінше 5,58, 13,3 және 9,0% C, карбидтерін түзеді, жаңа деректер бойынша CrC 18,75% C. Cr-C жүйесіндегі CrC монокарбиді 1500–2100 К интервалында тұрақты, карбид түзілу энтальпиясы $\Delta H_{298}^0 = -10,9$ кДж/моль. 1500–2000 К интервалында төменде берілген реакциялар үшін келесі тәуелділіктер қолданылады: $\Delta G_T^0(T)$:



Көміртек қатты хромда аз мөлшерде ериді. Хромдағы көміртегінің ерігіштігінің температураға тәуелділігі мына теңдеумен анықталады:

$$\lg[C] = -9887/T = 4,3 \text{ (973-1673 K)}. \quad (4)$$

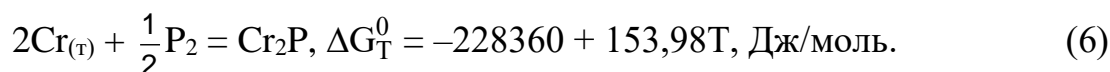
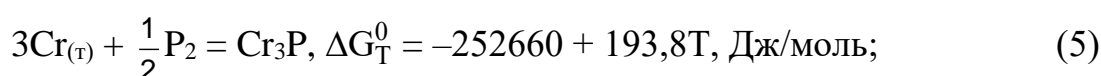
Cr-Fe-C жүйесі. Бұл жүйенің келесі кезеңдері бар: α -көміртектің хромдағы қатты ерітіндісі (МК), карбидтер $(Cr, Fe)_{23}C_6$; $(Cr, Fe)_7C_3$; $(Cr, Fe)_3C_2$ және FeCr (σ -фаза). 70% Cr-Fe-C жүйесінде көміртегі концентрациясының жоғарылауымен сұйықтың температурасы 0% C кезінде 1640 °С-тан 3–3,2% C кезінде 1400 °С-қа дейін төмендейді, содан кейін 8% C кезінде көтеріліп, 1700 °С-қа жетеді..

Cr-Si жүйесі. Cr-Si жүйесінде термодинамикалық күшті силицидтер Cr_3Si , Cr_5Si_3 , CrSi және $CrSi_2$ түзіледі. Силицидтер Cr_3Si және Cr_5Si_3 сәйкесінше 1770 °С және 1720 °С температурада конгруентті балқиды, CrSi 1475 °С температурада конгруентті емес түрде балқиды. Бірдей температурада $CrSi_2$ силициді конгруентті түрде балқиды. Хромды сұйық кремниймен араластырудың алғашқы парциалды энтальпиялары $\Delta H_{Cr}^\infty = -82,0$ және

кремнийді сұйық хроммен $\Delta H_{Si}^{\infty} = -135,0$ кДж/моль. Cr-Fe-Si үштік жүйесінде темір-хром силицидтері $(Cr, Fe)_3Si$; $(Cr, Fe)_5Si_3$; $(Cr, Fe)Si_2$ түзіледі.

Cr-Si-C жүйесі. Cr-Si-C жүйесіндегі құрылымдық компоненттер хромдағы кремний мен көміртектің қатты ерітіндісі, $Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3 және Cr_3C_2 карбидтері; силицидтер Cr_3Si , Cr_5Si_3 , $CrSi$, $CrSi_2$; α - және β - SiC және үштік силикокарбидті қосылыс $Cr_5Si_3C_x$ модификациялары (Новотный фаза). Күрделі силикокарбидтер Cr-Fe-Si-C үштік жүйесінде түзіледі.

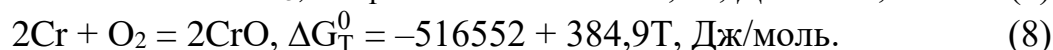
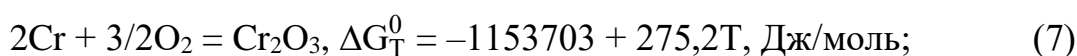
Cr-P жүйесі. Жүйеде фосфидтер Cr_3P , Cr_2P , CrP , CrP_2 т.б түзіледі. Фосфор қатты хромда аз мөлшерде ериді және қорытпалардың кристалдануы кезінде фосфидтер түрінде бөлінеді. 1350–1680 К интервалында Cr_3P және Cr_2P түзілу реакцияларының Гиббс энергиясының өзгеруін есептеуге арналған теңдеулер келесі түрде болады:



Фосфоры бар хром темірге қарағанда күшті фосфидтер түзеді. Сондықтан хром қорытпаларын тотықтырғыш әдіспен фосфорсыздандыру (болат ваннасынан фосфорды кетіру сияқты) тиімсіз.

Cr-S жүйесі. CrS , Cr_3S_4 және Cr_2S_3 , тұрақты сульфидтері, сонымен қатар метастабилді Cr_7S_8 және Cr_3S_6 бар. Температураға (1375–1507 К) байланысты элементтерден моносульфид түзілу реакциясының Гиббс энергиясының өзгеруі (Дж/моль) $\Delta G_T^0 (CrS) = -202312 + 56,0T$ өрнекпен сипатталады.

Cr-O жүйесі. CrO_3 , Cr_2O_3 , Cr_3O_4 , CrO оксидтері белгілі. Белгілі бір температура мен оттегінің парциалды қысымы интервалында Cr_2O_3 және Cr_3O_4 болуы мүмкін; оның үстіне Cr_3O_4 1650–1705 °С өте тар температура интервалында. Cr_2O_3 және CrO түзілу реакцияларының Гиббс энергиясының өзгеруінің температуралық тәуелділіктері мына түрде болады:



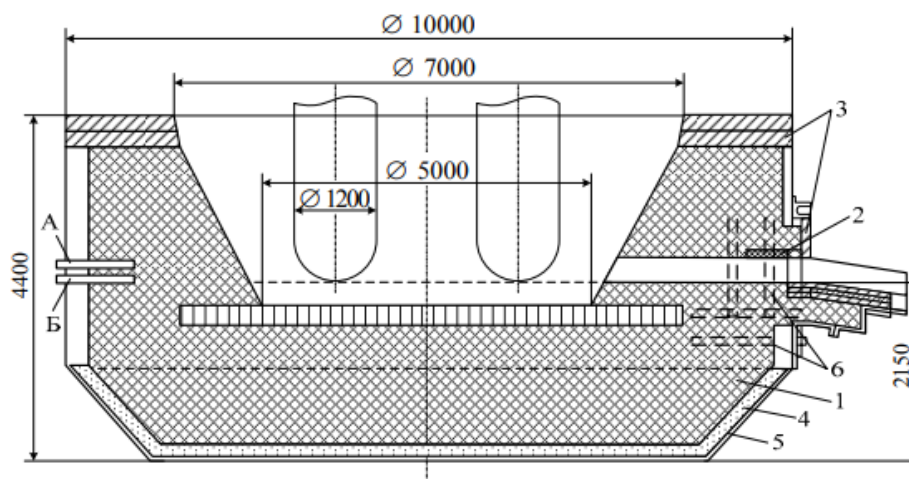
CaO-Cr₂O₃ жүйесі. Жүйеде балқымасы $t = 1774$ °С кальций хромитохроматы $9CaO \cdot 4CrO_3 \cdot Cr_2O_3$ және перитектикалық реакция арқылы ыдырайтын $CaCrO_4$ хроматы түзіледі. Жүйедегі ерекше күшті қосылыс кальций хроматы $CaO \cdot Cr_2O_3$ болып табылады. Тотығу жағдайында $CaO-Cr_2O_3$ жүйесінде бірқатар балқитын қосылыстар түзіледі. Жүйенің бұл ерекшелігі пештен тыс кенді-әкті балқыманы ферросиликохроммен, феррохром алудың алюминотермиялық әдісінде әк-хром балқымасын араластыру арқылы силикотермиялық феррохромды балқыту кезінде әкпен хром оксиді Cr_2O_3 балқымасын алу үшін қолданылады. Құрамында 30–60% Cr_2O_3 болғанда, $CaO-Cr_2O_3$ жүйесіндегі сұйықтықтың температурасы 1773°С-тан аспайды.

CrO–SiO₂ жүйесі. Жүйеде бір қосылыс түзіледі, хром ортосиликат $2\text{CrO}\cdot\text{SiO}_2(\text{Cr}_2\text{SiO}_4)$, ол перитектикалық реакция арқылы ыдырайды. Хром оксиді CrO таза күйінде төмен температурада термодинамикалық тұрақсыз және ауада диспропорциялы: $3\text{CrO} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cr}$. Кремний тотығы CrO-ны тұрақтандырады, хром ортосиликатын түзеді. CrO түзілу жылуы мен энтропиясының өзгеруі $\Delta H_{298}^0 = -399,9$ Дж/моль және $S_{298}^0 = 58,28$ Дж/(моль·К).

2 Феррохром өндірісі

2.1 Кен-термиялық пештің құрылысы

Жоғары көміртекті феррохромды балқыту магнетитті отқа төзімді заттармен қапталған пештерде жүргізіледі (1-сурет).



1 - магний кірпіш; 2 - магнезиялы қаптама; 3- алюмосиликатты кірпіш; 4 - магнезия ұнтағы;
5 - парақ асбест; 6 - катушкалар

1-сурет – Феррохром балқытуға арналған қуаттылығы 16,5 МВА пештің ванналық футеровкасы

Кенді қалпына келтіретін электр доғалы пеш (бұдан әрі – электр пеші) балқыманы кезеңді түрде бөлетін тотықсыздандырғыш ретінде құрамында көміртегі бар әртүрлі материалдарды пайдалана отырып, кен шикізатынан үздіксіз процесс арқылы бірқатар ферроқорытпаларды өндіруге арналған.

Электр пеші деп жабық электр доғасы бар аралас доғалы пештерді айтады [8].

Электр пешінде тотықсыздандыратын химиялық реакциялар шихтаның астында газ қуысында (тигельде) электр доғасының жануынан да, шихтаның әсерінен бөлінетін Джоуль жылуынан да пайда болатын жылуды сіңірумен жүреді ол арқылы электр тоғы өтеді.

Қазіргі уақытта кремний ферроқорытпаларын балқыту үшін электр пештері қолданылады: екі сатылы шлаксыз (төменгі шлак) процесс арқылы ферросиликохромның әртүрлі сорттары, ферросилицийдің әртүрлі сорттары, шлак қатынасы бар шлак процесі арқылы жоғары көміртекті феррохромның әртүрлі маркалары. 1,0-1,3.

Электр пештері конструкциясы бойынша мыналарға бөлінеді:

– ашық - құю машиналары немесе құбырлар арқылы шихтаны тікелей электр пешінің жоғарғы жағына тиеу;

– жабық - электродтардың айналасында орналасқан қойманың шұңқырлары арқылы түтіктермен шихтаны тиеу.

Электр пештерінің конструкциялық ерекшеліктері:

– пешті электрмен жабдықтау үш фазалы пеш трансформаторынан жүзеге асырылады;

– үш фазалы электр пештерінде дөңгелек цилиндр пішінді стационарлық (бекітпейтін) ваннасы болады;

– тең бүйірлі үшбұрыштың төбелерінде орналасқан үш өздігінен сіңетін электродтардың болуы;

– қысқа желіге қосылу схемасы: «электродтардағы үшбұрыш»;

– электродтарды жылжыту әдісі – электромеханикалық;

– электр қуатын реттеу – автоматты;

– пульті бар пневматикалық типті электродтарды айналып өтуге арналған құрылғы.

Барлық электр пештері бір розеткамен (кран тесігі) жабдықталған.

Электр пешінің техникалық сипаттамалары 4-кестеде келтірілген.

4-кесте – Жабық электр пешінің техникалық сипаттамалары мен параметрлері

Параметрлердің аты	Бірлік рев.	Мән
1. Пеш трансформаторының түрі (ПТ)		ЕТСР 23450/10
2. Төлқұжат күші ПТ	кВА	16500
3. Бастапқы кернеу (жоғары тұрақты ток)	IN	10500
4. Екіншілік кернеу (төмен жағы), сызықтық	IN	210 - 140
5. Екінші кернеу қадамдарының саны		5
бірінші кезең	IN	210
соңғы қадам	IN	140
6. Жоғары жағы номиналды жұмыс тоғы	A	952
7. Төмен жағындағы жұмыс тоғы	A	60700 - 45250
8. Ванна қабықшасының диаметрі: жоғарғы аккорд/төменгі аккорд	мм	9500/9500
9. Ваннаның қабықшасының биіктігі	мм	5560
10. Ваннаның балку кеңістігінің өлшемдері		
- ошақ деңгейіндегі диаметр	мм	6000
- ваннаның тереңдігі	мм	3000
11. Өздігінен пісірілетін электродтардың диаметрі	мм	1200
12. Электродтың ыдырау диаметрі	мм	3300
13. Электродтың жұмыс жүрісі	мм	1100 - 1200
14. Жем шұңқырларының диаметрі	мм	2000
15. Доға астындағы шұңқырларды тереңдету	мм	340
16. Қабықтың биіктігі	мм	500

«Электр пеші және оның жабдықтары» тізіміне келесі жабдықтар кіреді [9]:

- а) Электр пешінің өзі, мыналардан тұрады:
 - пеш ваннасы (қаптау, футеровка);
 - электрод ұстағышы және оның суспензиясы;
 - өздігінен күйдіретін электродтар, электродтарды жылжыту және айналып өту механизмдері. Оларды үрлеу жүйесі;
 - электрод массасын өздігінен күйдіретін электродтарға жүктеу жүйесі;
 - қойма және газ шығару орындары (дымқыл газды тазалауды пайдаланатын жабық пеш жағдайында);
 - контактілі щекке ток беру жүйесі бар «қысқа желі»;
 - электр пешінің тораптары мен құрылымдық элементтеріне арналған суды салқындату жүйесі;
 - ойықты жағуға және оны жабуға арналған құрылғылар;
 - электр пешіне шихтаны тиеу жүйесі (пештің шихтасын сақтайтын бункерлер, вибрациялық қоректендіргіштер, дозаторлар, мөлшерлегіш арбалар, пеш қалталары, түтік құбырлары, құю машиналары);
 - пеш қолшатыры, газ сору және желдету құрылғылары;
 - электродтарды айналып өту, шихтаны мөлшерлеу электр пешінің электрлік режимін басқару пульті;
 - бақылау-өлшеу аспаптары (БӨА), коммутациялық және қорғаныс құралдары.
- ә) Пештің төмендеткіш трансформаторы.
- б) Шөміш шаруашылығы.
- в) Түйіршіктеу қондырғылары (үлкен цистерналар, қабылдағыштар, аралық науалар, саптамалары бар мониторлар, қисайтқыштар, түйіршіктеу процесін басқару пульттері).
- г) Ауыстырылатын жабдық (құю науалары, шлак цистерналары).
- ғ) Шөміштерді тазалауға және олардың футеровкаларын бұзуға арналған машиналар.
- д) Шөміштер мен шлак цистерналарына арналған тасымалдағыш арбалар, олардың қозғалысына арналған жүкшығырлар, домалату жолдары.
- ж) Лас газ шамдары және жабық электр пештерін ылғалды газбен тазалау.
- з) Ашық электр пештеріне арналған қап сүзгілерімен құрғақ газды тазалау.

2.1.1 Ваннаға арналған қаптама

Ваннаның қаптамасы ондағы отқа төзімді футеровканы жинауға, оған қаптаманың және футеровканың қызып кетуін азайтатын құбырлы арматураны, сыртқы және ішкі тоңазытқыштарды бекітуге, сондай-ақ футеровканың температуралық режимін бақылау үшін термопараларды орнатуға арналған ошақ пен бүйір қабырғалары. Корпус қалыңдығы 20 мм жұқа болаттан және қалыңдығы 30 мм дәнекерленген түбінен жасалған бүйір қабырғалардан (қималардан) тұрады. Ваннаның түбі параллель бір аралықтарға орнатылады

және қаптаманың түбінің қызып кетуіне жол бермеу үшін бір уақытта табиғи немесе мәжбүрлі ауа айналымына жағдай жасау үшін бетонға құйылады.

Корпустың дизайны мыналарды қамтамасыз етуі керек:

- қаптаманың салмағын, шихтаның салмағын, сондай-ақ оның термиялық кеңею процесіндегі қаптаманың қысымын ескере отырып, оның механикалық беріктігі мен қаттылығы;

- ауаның ағып кетуін (қабаттың көмір бөлігін тотығудан және мерзімінен бұрын тозудан қорғау) және ылғалдың енуін (магнезиттік қаптаманы мерзімінен бұрын бұзудан қорғау) болдырмау мақсатында оның герметикалығы.

Барлық электр пештерінің қаптамасының бүйір қабырғаларында астыңғы қаптаманың температуралық режимін бақылау үшін термопарларды орнату үшін үш саңылау және бүйір қабырғаларының температуралық режимін бақылау үшін термопарлар үшін алты тесік бар.[10]

2.1.2 Ваннаға арналған электр пешінің футеровкасы

Ваннаның футеровка электр пешінің балқыту кеңістігін құрайды, онда жоғары температураны қалпына келтіру процестері жүреді және шығыстар арасында берілген химиялық құрамның балқымасы жиналады. Электр пешінің ваннасын футеровкалау үшін жылу оқшаулағыш, байланыстырғыш және отқа төзімді материалдар қолданылады.

Электр пешінің ваннасының футеровкасын ауыстыру оның 10 жылдық жұмыс кезеңінен кейін жылы мезгілде электр пешінің кезекті күрделі жөндеуі кезінде міндетті болып табылады.

2.1.3 Өздігінен пісірілетін электродтар

Толтырылған өзін-өзі күйдіретін электрод массасымен толтырылған болат цилиндрлік корпус болып табылады және электрод ұстағышының жанасу жақтарынан электродтың кокстелген бөлігі арқылы ферроқорытпа пешінің жұмыс кеңістігіне электр тоғын беру үшін қызмет етеді.

Өздігінен күйдіретін электродтарға айтарлықтай жоғары талаптар қойылады: жоғары электр өткізгіштік, жеткілікті механикалық беріктік, жоғары термиялық тұрақтылық, тотығу басталуының жоғары температурасы; электрод пен жанасатын щек арасындағы сенімді жанасуды қамтамасыз ету үшін электродтың пішіні геометриялық түрде дұрыс болуы керек.

Электродтың жану жылдамдығы маңызды көрсеткіш болып табылады, өйткені ол кокстелетін электродтың механикалық беріктігіне, ыстыққа төзімділігіне, кеуектілігіне, тотығу қабілетіне және электрлік кедергісіне әсер етеді.

Кокстеу электродтары процесі жоғары сапалы электродтың түзілуін қамтамасыз етуі керек. Балқыту процестерінің электрлік режимі электродтардың тұрақты орналасуын қамтамасыз етуі керек. Көмір шайырын байланыстырғышы бар көміртегі негізіндегі өздігінен агломерленген электродтар пешті өшірмей үлкен диаметрлі электродтарды өсіруге мүмкіндік береді.

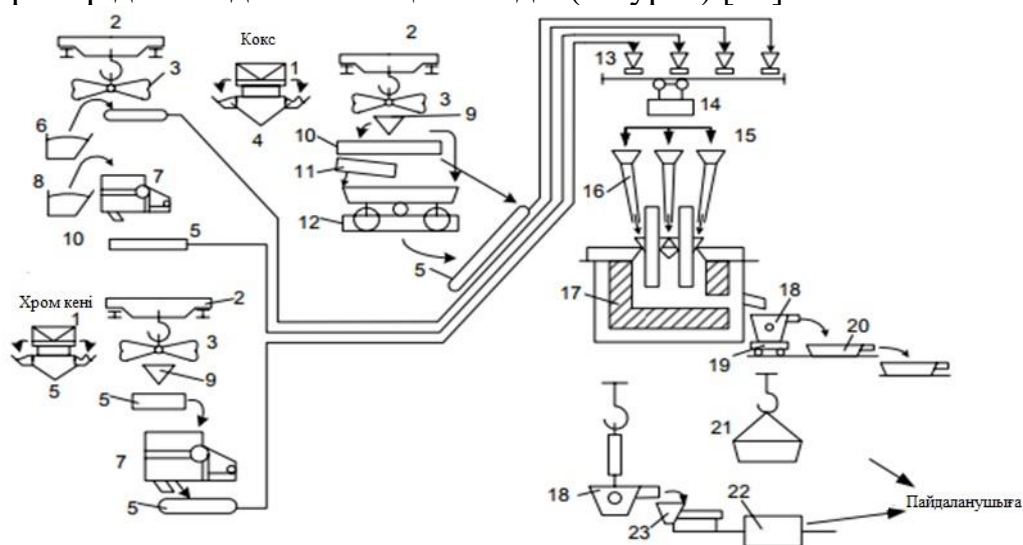
Әр ауысым сайын электродтардың жұмыс ұштары жанып кеткендіктен, олар электр қуатының алынуына байланысты мерзімді түрде айналып өтеді. Ауысым кезінде әрбір электродтың жалпы айналып өту мәні 250 мм-ден аспауы керек.

Сапалы күйдірілген электродтың тығыз және берік монолитін алудың шешуші факторы бүкіл электрод бағанасында оңтайлы, біркелкі және тұрақты температура режимін құру болып табылады.

Пештің өнімділігі, балқытылған қорытпаның сапасы мен құны көбінесе өздігінен күйдіретін электродтың сапасына және оның жұмыс режиміне байланысты.

2.2 Жоғары көміртекті феррохром технологиясы

Қуатты кенді қалпына келтіретін жабық электр пештерінде конверсиялық феррохром үздіксіз әдіспен балқытылады (3-сурет) [11].



1 - теміржол вагоны; 2 - аспалы кран; 3 - ұстап алу; 4 - жәшіктер; 5 – пластиналы жібергіш; 6 – кварцитті жою; 7 - иекті ұсақтағыш; 8 - меншікті кірістер; 9 - бункер; 10 - екі еселенген шу; 11 - жою; 12 - екі орамды ұсақтағыш; 13 - қоректендіргіші бар мөлшерлеу бункері; 14 - мөлшерлегіш арба; 15 - пештің бункерлері; 16 құбырлар; 17-пеш; кен өндіру; 18 - қорытпаны қабылдауға арналған шөміш; 19 - арба; 20 - шлак; 21 - қорап; 22 - қорытпаларды түйіршіктеуге арналған резервуар; 23 - арық

3-сурет – Көміртекті феррохромды өндірудің технологиялық схемасы

Феррохромды балқытуда темірлі цементі бар ұсақ, жеңіл алынатын хром кендері қолданылады. Бастапқы $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ қатынасы кем дегенде 2,5 болуы керек. Бұл қорытпаны балқыту кезінде кен қабаты жасалмайды, өйткені қорытпадағы кремний мөлшерінің жоғарылауы қажет. Балқыту 140 - 160 В кернеуде жүзеге асырылады. Технологиялық жағдайға сәйкес шлақтың балқу температурасы шамамен 1923 К болуы мүмкін. Үштік диаграммаға сәйкес мұндай шлақтың құрамында 30 - 32 % SiO_2 ; 35 - 38 % MgO ; 20 - 23 % Al_2O_3 болуы керек.

Балқудың қалыпты барысы төбенің бүкіл бетіне ашық сары жалынның шығуымен сипатталады. Тотықсыздандырғыштың артық болуымен электродтардың жоғары сәйкестігі байқалады. Үстіңгі жалын көздің жауын алатындай аппақ, фистулалар жиі жарылып кетеді, шығарылған кезде металл суық болады, ол толығымен өшпейді. Тотықсыздандырғыштың жетіспеушілігімен электродтар терең отырады, жалынның түсі қою сары, шлақтағы хром оксидінің мөлшері жоғарылайды, металл аз кремнийлі, босатылған кезде жарқырайды. Шығарылған кездегі шлак сұйық және суық, шлақтың шамадан тыс қышқылдығын көрсетеді. Бұл жағдайда шлақтың температурасы қалыптыдан төмен, бұл пештің «салқындауына» әкеледі; қышқыл шлак пештің гарнисажы мен футеровкасын бұзады.

Пештің жұмысын дұрыс бағалау үшін балқымаға түсетін шихта материалдарын талдауды, сонымен қатар алынған металды және шлактарды талдауды жүйелі түрде бақылау қажет. Ауысымына үш рет метал мен шлак футеровкалы шөмішке төгіледі, ал шөміштегі артық шлак жақын жерде тұрған шойын шлак резервуарларына ағызылады. Шөмішке жіберілген конверсиялық феррохром түйіршіктеуге ұшырайды.

Шөміші бар арба құю аралағына жеткізіледі. Шөмішті арбадан алып, түйіршіктеу қондырғысының науасына әкеледі, еңкейтеді немесе шөміш түбінен тесік ашады. Ағып жатқан металл ағыны судың қуатты жазық ағынымен бөлінген және алынған түйіршіктер ағынды судың бассейніне түседі. Шынжырларға ілінген жалпақ темір жәшік тереңдігі шамамен 7 м, беті шамамен 3x2 м болатын бассейнге түсіріледі. Қораптың түбі мен қабырғалары суды төгуге арналған ойықтармен жабдықталған. Металлдың шығу жылдамдығын бақылау үшін түйіршіктеу қондырғысының шұңқырында 30x60 мм нүктесі бар отқа төзімді қалқа болады.

Түйіршіктеу жылдамдығы 20 - 25 кг/с.

Әрбір операциядан кейін қорап бассейнен шығарылады және түйіршіктелген қорытпа банкаға құйылады.

Түйіршіктің түбіне шөгетін түйіршіктерді ұстау үшін бассейнің жанына шұңқыр орнатылған. Шлакпен бірге шлак резервуарына қосылған немесе шөміш түбінде қалған металды да алып тастап, ұсақтап, түйіршікпен бірге тапсырады. Ферросилихромды өндіру үшін кесек түріндегі феррохром да қолданылады [12].

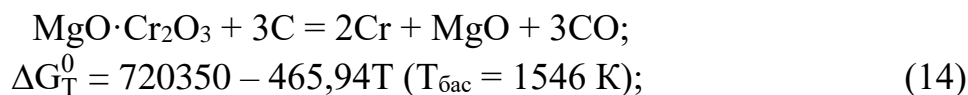
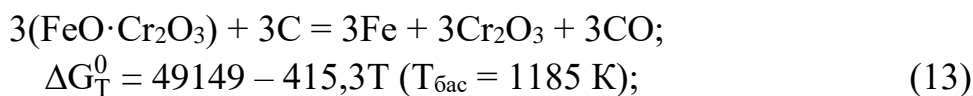
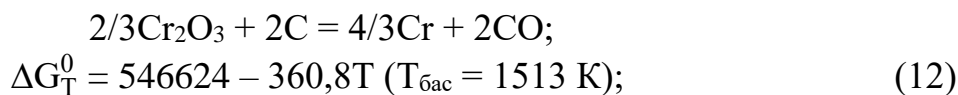
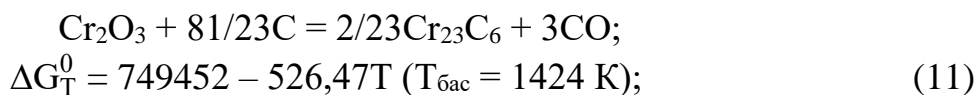
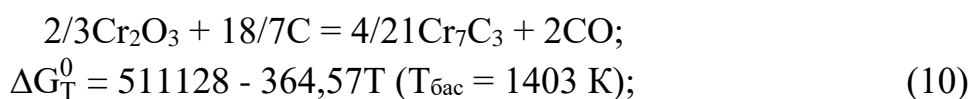
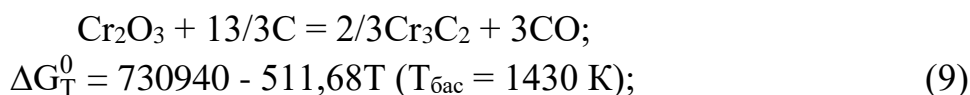
Тауарлы және конверсиялық көміртекті феррохром өндірісінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері 5-кестеде көрсетілген.

5-кесте – Тауарлы және конверсиялық көміртекті феррохром өндірісінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Материалдардың шығыны, кг:	Көміртекті феррохром	
	Қайта өңдеу	Тауар
хром кені (50% Cr ₂ O ₃)	2050	1900
хром шлактары (30% Cr ₂ O ₃)	-	100
кокс	415	450
кварцит	67	40
электрод массасы	32	33
Электр энергиясын тұтыну, кВт/сағ	3300	3400
Хромды алу, %	86	83

2.3 Жоғары көміртекті феррохромның электротермиялық процесі

Хром оксидтерінің көміртегімен тотықсыздануының негізгі реакциялары. Төменде $PCO_x = 100$ кПа және $\Delta G_T^0 = 0$ болатын Гиббс энергиясы мен температурасының теңдеулері берілген:



FeO·Cr₂O₃-тің графитпен әрекеттесуі темірдің көміртегімен түзілуіне әкеледі, содан кейін Cr₂O₃ азаяды. Қорытпада хромның көп мөлшері бар. Кейіннен бұл элементтердің екеуі де легірленген цементитке (Fe,Cr)₃C және карбид (Cr,Fe)₇C₃ айналады. MgO·Cr₂O₃ -тен хромды тотықсыздандыруды бастау үшін ең жоғары теориялық температура 1546 К. Хром оксидінің карбидке дейін тотықсыздануы таза хромға қарағанда төмен температурада жүреді, сондықтан хром кенін кокспен тотықсыздандыру нәтижесінде, жоғары

- көміртекті феррохром (ФХ800 және ФХ650) алынады. Cr_2O_3 үшін негізгі тотықсыздандырғыш - қатты көміртек. Хром оксиді мен қатты көміртегінің әрекеттесуі хром карбидтерінің түзілуімен жүреді. Соңғысы Cr_2O_3 -пен тікелей байланысады да, карбидтердің сублимациялануы және оксидтер бетіне шөгуі нәтижесінде де әрекеттеседі.

Бұл кезде кеннен басқа оксидтердің ішінара алынуы орын алады. Темір оксидтерінің тотықсыздануы балқу процесін жеңілдетеді, өйткені қорытпаның балқу температурасы төмендейді, жүйеде қолайлы энергетикалық жағдайлар жасалады, ал қорытпадағы хром концентрациясының төмендеуі реакция тепе-теңдігін хром мен тотықсыздану жағына жылжытады. оның қалпына келуін арттырады.

А.Н. Морозов Fe-Cr-O жүйесінің хромы мен темірі шпинельдерден бір мезгілде 1323 - 1423 К тотықсыздана бастайтынын көрсетті, алайда, төмен температурада темірдің тотықсыздану жылдамдығы хромға қарағанда жоғары болады; нәтижесінде $(\text{Fe,Cr})_3\text{C}$ типті карбид және металл темір түзіледі. Жоғары температурада реакция өнімі $(\text{Cr,Fe})_7\text{C}_3$ типті карбид болып табылады. Бұл жүйенің шпинельдері бірдей температурада таза хром оксидіне қарағанда тезірек және толық қалпына келеді. Хром кендеріндегі магний мөлшерінің жоғарылауымен жоғары температурада (1523 К және одан жоғары) төмендеген хром мөлшері артады. Хром кендерін кремнийлі және темірлі цементпен тотықсыздандыру 1173 - 1373 К-ден басталады. 1473 К-қа дейін қыздыру үлгілердің бетінде және жарықтарда екі типтегі кендерде металл бөлшектерінің пайда болуына әкеледі,

1973 - 2073 К-да жер бетінен орталыққа қарай кеннің азаю дәрежесінің төмендеуі байқалады. Тотықсыздану жылдамдығы кен түйіршіктерін қарқынды агломерациялау есебінен төмендейді, бұл тотықсыздандырғыш газды кен бөлігінің негізгі бөлігіне тасымалдау жағдайларының нашарлауына әкеледі. Массивті хром кендерінің тотықсыздану жылдамдығының күрт өсуі хром шпинель дәндерінің балқуының және шлактардың пайда болуының басында байқалады 2173–2273 К. Сондықтан хром кендерінің толықтығы мен тотықсыздану жылдамдығы олардың химиялық және гранулометриялық құрамы, температурасы мен экспозиция ұзақтығы және кендердің құрылымы. Темір оксидтерінің тотықсыздануы хром оксидтерінің барлық температура аралықтарында және хром кендерінің барлық түрлерінде тотықсыздануынан асып түседі, бірақ әртүрлі кең шектердегі әртүрлі кендер үшін.

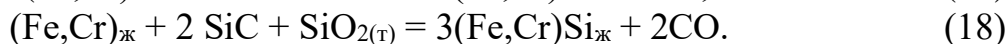
Қолайлы жағдайларда (оңай алынатын кендерді пайдалану, тотықсыздандырғыштың артық болуы және флюс ретінде кварцитті пайдалану) кремний тотықсыздану реакциясы да айтарлықтай дамып, қорытпадағы кремний мөлшері 2–4% жетеді, бұл феррохром өндірісінде қолайлы. Кремний диоксиді тотықсыздануы бұрын қарастырылған схемалар бойынша қатты көміртегі арқылы жүзеге асырылады. Реакция [15]



калыпты температурада (1858 К-ден төмен) кремний хромның тотығуы нәтижесінде қорытпаға өтуі мүмкін. Мұндай реакция көрінеді



Бұл түрдегі реакциялар үшін де мүмкін



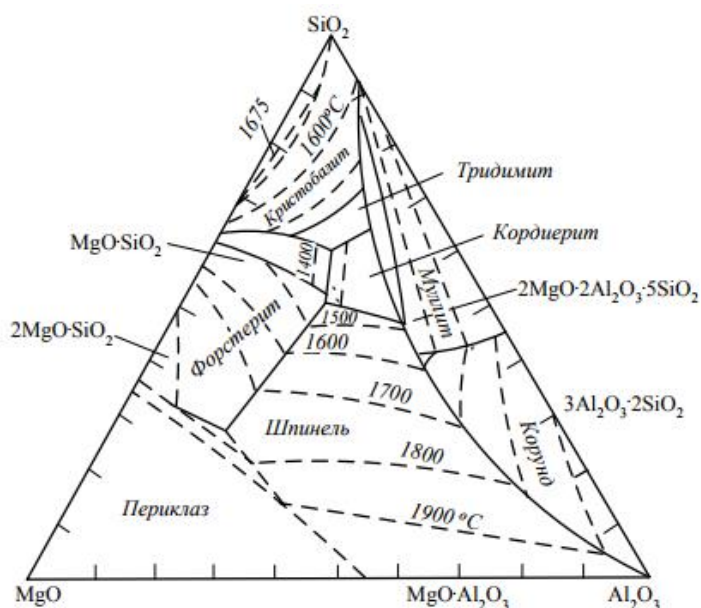
Темірдің болуы SiO_2 азаюының жағдайын жақсартады.

Көміртек пен кремнийден қорытпаны тазарту оның үстінде жартылай балқытылған кен кесектерінің шлакпен қоспасы болып табылатын кен қабатын жасау арқылы жүзеге асырылады. Жоғары температурада осы қабат арқылы өтетін қорытпаның тамшылары көміртек пен кремнийден ішінара тазартылады, мысалы, реакциялар арқылы.



Бұл мақсатқа жету үшін шихтадағы мөлшері 50%-дан жоғары болуы керек кесек хром кені (70 - 100 мм) пайдаланылады. Шихтада кесек кеннің жетіспеушілігімен кен қабаты хром және темір оксидтерімен сарқылып, металды көміртек пен кремнийден тазарту қабілеті төмендейді. Кесекті хром кендерінің едәуір артық мөлшері кезінде шлак-металл шекарасында балқымаған хром кенінің көп мөлшері жиналады. Нәтижесінде электродтар көтеріледі, бұл хром және темір оксидтерімен байытылған аймақтардағы температураны төмендетеді және бұл кен қабатының металды тазарту қабілетін төмендетеді. Я.И.Островский, Х.Н. Кадарметов жоғары көміртекті феррохромды балқытатын пешке арналған шихтадағы өзгерістердің келесі суретін келтіреді. Шихтаның беткі қабатында (жоғарғы бетінен шамамен 600 мм тереңдікте) материалдар айтарлықтай өзгерістерге ұшырамайды, негізінен материалдардың кебуі орын алады. 600-ден 1000 - 1200 мм-ге дейінгі тереңдікте материалдар 1273 - 1473 К дейін қызады, жартылай төмендеген кен бөліктері жойылады. Материалдардың агломерациялануы байқалады, бастапқы шлак қабаттарының түзілуі, металл фазасында 67–71% Cr және 6,2–7,5% C бар хром 75-81%, ал темір 84-90% төмендейді. Металда кремний пайда болады, кремний карбидімен қапталған кокс бөліктері кездеседі. Зонаның төменгі бөлігінде қалыңдығы шамамен 50 мм болатын жартылай балқытылған массаның тұтқыр қабаты бар. Бұл кен қабаты құрамында хром оксидтері және тотықсызданбаған кен бөліктерінде басқа элементтер бар, кокс онда жоқ. Кендегі хром және шлақтың астында орналасқан кен қабаты хром карбидтерімен одан әрі тотықсызданады. Кен қабатының астында металл қабаты жатыр. Жоғары көміртекті феррохромды балқытудың температуралық режимі шлақтың балқу

температурасымен анықталады, өйткені жабық үстіңгі қабатта балқыту жағдайында оның пеште ұсталуын арттыру арқылы қорытпаны қыздыру мүмкін емес. Құрамында 65 - 70% Cr және 6 - 8% С бар жоғары көміртекті феррохромның балқу температурасы шамамен 1823 К, сондықтан шлақтың балқу температурасы шамамен 1923 К болуы керек. Флюстің қажетті мөлшері балқу диаграммасынан анықталады. SiO_2 - MgO - Al_2O_3 үштік жүйесі (4-сурет). Жоғары көміртекті (конверсиялық) феррохромды балқыту кезінде шлақтың оңтайлы құрамы келесідей, %: SiO_2 27 - 33 (34 - 36); MgO 30 - 34 (33 - 38); Al_2O_3 26 - 30 (20 - 26); $\text{Cr}_2\text{O}_3 < 8$ (3 - 6).



4-сурет - SiO_2 - MgO - Al_2O_3 жүйесі күйінің диаграммасы

Шлақтың тұтқырлығы мен электрлік кедергісі оның құрамы мен температурасына байланысты ерекше мәнге ие, өйткені шлак процестерінде шлак пештің белгілі бір аймағын қажетті жылытуды қамтамасыз ететін жұмыс кедергісінің бөлігі рөлін атқарады. ванна. Н.Л. Жило құрамында 35 % SiO_2 , 30 - 35 % MgO және 30 - 35 % Al_2O_3 бар шлақты ұсынады. Оның балқу температурасы 1833 - 1953 К, ал тұтқырлығы 0,3 - 7 Па·с. [14]

MgO жоғары (50%-дан астам) құрамында 32% SiO_2 бар және негізінен форстерит пен шпинельден тұратын шлактар температура мен құрамының өзгеруімен ең тұрақты физикалық қасиеттерге ие. Хром оксидінің мөлшерінің жоғарылауымен шлактардың кристалдану температурасы жоғарылайды және шпинель $\text{MgO} \cdot (\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_3$ түзілуіне байланысты тұтқырлығы жоғарылайды. Шлактардың негізгі минералогиялық құрамдастары өзгермелі құрамды шыны, форстерит ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) және глиноземді-магнитті шпинель ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), кордиерит ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$), муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) және т.б. Шлактағы хромның жоғалуы қалдық хромшпинелид мөлшерінің жоғарылауымен $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ қатынасының жоғарылауы. Шлақтың құрамын әртүрлі кендерді пайдалану арқылы таңдаған дұрыс; флюс әдетте кварцит, ферросилихром

өндірісінің шлактары және азырақ боксит болып табылады. Соңғы шлактар хром және темір оксидтерінің толық тотықсыздануын қамтамасыз етуі, берілген құрамдағы қорытпаны алуы, сұйықтықтың жеткілікті қозғалғыштығын қамтамасыз етуі, электродтардың жақсы орналасуын қамтамасыз етуі және қағу, құю кезінде және қалыптарда қорытпадан жақсы ажыратылуы керек. Шлактардың қатынасы 0,8 – 1,3, хром кендерінен шлак түзетін оксидтердің үлесі 90%-ға жетеді. [15]

Алынған феррохром карбидтердегі максималды мөлшеріне дейін көміртеппен қанықпайды. Cr_3C_2 карбидіндегі көміртектің теориялық массалық мөлшері 13,33%, Cr_7C_3 -те - 9%, $Cr_{23}C_6$ -да - 5,68%. Шихтаның жоғарғы қабаттарында оксидтерді тотықсыздандырғанда көміртекті металдың жоғары балқымасы алынады. Төменде көміртекті феррохромды балқытуға арналған пештен әртүрлі партиялық горизонттардан алынған металл үлгілеріндегі көміртегі мөлшері берілген.

Шихтаның бетінің арақашықтығы, мм	300	400	500	700	800
Мазмұны С, %	6,70	7.00	10.7	12.1	10.08

Феррохромда 70% Cr болғанда карбид $(Cr,Fe)_7C_3$ құрамында 8,8% С бар және негізінен алынған металға өтеді.

Берілген көміртегі бар металды алуда температуралық жағдайлар маңызды рөл атқарады.

Кесек хром кендерінің тотықсыздану процесін зерттеулер көрсеткендей, темір цемент кені магний цемент кеніне қарағанда тез тотықсызданады, онда бастапқы темір цементтен емес, хром шпинельдерінен қалпына келтіру өнімі ретінде алынады. 1600 - 1700 К дейін болатын кесек кендерде қатты фазалық процестер бастапқы құрамдас бөліктер (кен, кокс) әлі қатты күйде болған кезде температураның одан әрі жоғарылауымен (металл) ауыстырылады. және шлак) сұйық күйде болады. 2173–2273 К температурада тотықсыздану негізінен сұйық фазада жүреді.

3 Феррохромды балқытуға арналған шихтаны есептеу

Біз қорытпаның келесі шамамен құрамын белгілейміз: 7% C; 4% Si; 69% Cr; 20% Fe.

Шихта материалдарының құрамы б-кестеде келтірілген.[16]

100 кг хром кенін есептейміз.

Практикалық деректерге сүйене отырып, біз қабылдаймыз:

а) хромды пайдалану 94%; 6% хром шлакқа түседі;

б-кесте – Шихта материалдарының құрамы

Материал	Құрама, %									
	Cr ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	б.б.б.	C	күл
Ақтөбе кені	50	12 Fe ₂ O ₃	6	15	15	1	0,02	0,98	—	—
Күлді кокс	—	19	49,7	1,5	24,5	5	0,3	—	—	—
Кварцит	—	0,6	96	0,6	0,7	0,5	0,05	1,1	—	—
Кокс								5	85	10

б) темірді пайдалану 98%; 2% темір шлакқа өтеді;

в) кокстың 10% үстіңгі жағында жанады;

г) кварцитті темір шлакқа өтеді;

д) шлактағы хром CrO түрінде болады;

е) Фосфордың 60% қорытпаға, 20% шлакқа, 20% ұшып кетеді.

Шихтадан металға өтеді:

хром

$$\frac{50 \cdot 104 \cdot 0,94}{152} = 32,16 \text{ кг}$$

темір

$$12 \cdot \frac{56}{72} \cdot 0,98 = 9,15 \text{ кг}$$

Қорытпадағы хром мен темірдің қосындысы $100 - (7 + 4) = 89\%$ болғандықтан, феррохром осы шихтадан алынады.

$$\frac{32,16 + 9,15}{0,89} = 46,42 \text{ кг}$$

Қорытпаның құрамында, кг:

кремний

$$46,42 \cdot 0,04 = 1,86$$

көміртек

$$46,42 \cdot 0,07 = 3,25$$

Шихтадағы газданған оттегінің мөлшерін анықтау

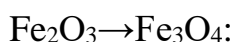
а) Темір қалпына келтіру кезінде. Ең алдымен шихтаның кен бөлігінің құрамына қарай жоғары және төменгі оксидтердің қатынасын бағалаймыз.

Жалпы темір концентрациясы туралы мәліметтер $Fe = 9,33\%$ және темір оксиді $FeO-12\%$ оттегінің мөлшерін біржақты бағалауға мүмкіндік береді

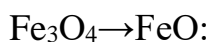
Fe_2O_3 және FeO ;

$$Fe_{(r)} = Fe - 0,777 \cdot FeO = 9,33 - 0,777 \cdot 12 = 0,006\%.$$

Әрі қарай әдіс бойынша газданған оттегінің мөлшерін оксидтік фазалардың тотықсыздану кезеңдері бойынша анықтаймыз:

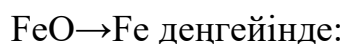


$\Delta O_1 = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,111 \cdot Fe_{(r)} = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,111 \cdot 0,006 = 0,0002856$ кг/кг шихта, мұндағы $Fe_{(r)}$ – гематит күйіндегі темірдің концентрациясы, %.



$\Delta O_2 = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,222 \cdot Fe_{(r)} = 10^{-2} \cdot 0,4285 \cdot 0,222 \cdot 39,3 = 0,0005706$ кг/кг шихта.

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



$$\begin{aligned} \Delta O_3 &= 10^{-2} \cdot \eta_{Fe} (0,4285 \cdot 0,667 \cdot Fe_{(r)} + 0,222 FeO) = \\ &= 10^{-2} \cdot 0,999 \cdot (0,4285 \cdot 0,667 \cdot 0,006) = 0,0266 \text{ кг/кг шихта.} \end{aligned}$$

Темірді тотықсыздандыру кезінде газданатын жалпы оттегі:

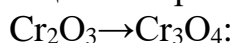
$\Delta O_{Fe} = \Delta O_1 + \Delta O_2 + \Delta O_3 = 0,002856 + 0,0005706 + 0,0256 = 0,0274$ кг/кг шихта.

б) Хромды қалпына келтіру кезінде. Бастапқы шихтада барлық хром оксиді

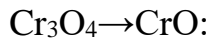
$Cr_2O_3 = 50\%$, оның Cr түрінде:

$$Cr = 0,684 \cdot Cr_2O_3 = 0,684 \cdot 50 = 17,1\%.$$

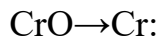
Әрі қарай әдіс бойынша тотықсыздану сатылары бойынша газданған оттегінің мөлшерін анықтаймыз:



$$\Delta O_1 = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,111 \cdot Cr = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,111 \cdot 17,1 = 0,00875 \text{ кг/кг шихта,}$$



$$\Delta\text{O}_2 = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,222 \cdot \text{Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,222 \cdot 17,1 = 0,0175 \text{ кг/кг шихта,}$$



$$\Delta\text{O}_3 = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,667 \cdot \text{Cr} = 10^{-2} \cdot 0,4615 \cdot 0,667 \cdot 17,1 = 0,0526 \text{ кг/кг шихта.}$$

Хром оксидтерінің газданған оттегінің жалпы мөлшері:

$$\Delta\text{O}_{\text{Cr}} = \Delta\text{O}_1 + \Delta\text{O}_2 + \Delta\text{O}_3 = 0,00875 + 0,0175 + 0,0526 = 0,1576 \text{ кг/кг шихта.}$$

Кремнийді қалпына келтіру кезінде. Біз шамамен 1 кг $l = 0,6$ шихтасынан металдың шығуын және ондағы кремнийдің мүмкін мөлшерін қабылдаймыз $[\text{Si}] = 2,8\%$.

Содан кейін кремний тотықсыздандудың газдандырылған оттегінің мөлшері

$$\Delta\text{O}_{\text{Si}} = [\text{Si}] \cdot 10^{-2} \cdot \ell_M \cdot 1,1428 = 10^{-2} \cdot 2,8 \cdot 0,6 \cdot 1,1428 = 0,1578 \text{ кг/кг шихта}$$

Шихта газдандырылған оттегінің жалпы мөлшері

$$\Delta\text{O}_{\text{ш}} = 0,0274 + 0,1576 + 0,0191 = 0,2041 \text{ кг/кг шихта}$$

Ұшпа шихталарды анықтау

Ұшпа шихталар карбонаттар мен гидраттардан оқшауланған және ұсынылған ретінде CO_2 , және H_2O (біріктірілген RO_2). Олардың массалық саны

$$g_1 = 10^{-2} \cdot L = 10^{-2} \cdot 3,514 = 0,0351 \text{ кг/кг шихта}$$

1150°C температурада тотықсыздандырғыш ретінде көміртекті тұтынуды анықтау

Үш сатылы түрлендіру кезінде әрбір кезеңдегі газдандырылған оттегінің мөлшері барлық үш кезеңде газдандырылған оттегінің таралу коэффициенттерін анықтау болып табылады. 1100 температурада газдалған оттегінің оксидтердің фазалары бойынша таралу коэффициенттерін анықтау. °C. Газдандырылған оттегінің үш түрлендіру сатысында таралу коэффициенттері сәйкесінше болады.

Темірді қалпына келтіру үшін:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4: \quad \gamma = 190/(190+5) = 0,974; \quad \gamma = 5/(190+5) = 0,026;$$

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO}: \quad \gamma = 110/(110+45) = 0,7096; \quad \gamma = 45/(190+45) = 0,2904$$

$$\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}: \quad \gamma = 50/(50+75) = 0,4; \quad \gamma = 50/(50+75) = 0,6.$$

Темірді тотықсыздандыру үшін көміртегінің шығыны мына формуламен анықталады:

$$g'_{C}=0,75*\Sigma[(\Delta O_{мен}(1-0,5\gamma_{oli})].$$

Газдалған оттегінің оксид деңгейі бойынша мәндері:

$$g'_{C, Fe}= 0,75[0,002856\cdot 0,513+ 0,005706\cdot 0,6452+0,0256\cdot 0,80] = 0,0217 \text{ кг/кг шихта.}$$

Хромды қалпына келтіру:

$$g'_{C, Cr}=0,80[0,0875\cdot 0,5+0,0175\cdot 0,0019+0,0526]=0,0758 \text{ кг/кг шихта.}$$

Кремнийді қалпына келтіру:

$$g'_{Si}= 0,75\cdot \Delta O_{Si}=0,191=0,0143 \text{ кг/кг шихта.}$$

Реагент-көміртегінің жалпы шығыны:

$$g'_{C}= g'_{C, Fe}+ g'_{C, Mn}+g'_{Si} = 0,0217+0,0143+0,0758 = 0,3071 \text{ кг/кг шихта}$$

Көміртектің бұл мөлшері кокс ұсақ түрінде беріледі, оның құрамында көміртегі 85% және темір оксидтері 1,24% құрайды. Көміртектің бір бөлігі өз темірін қалпына келтіруге жұмсалады. Осының арқасында Кокс тривиясындағы көміртектің тиімді концентрациясы Сэф деңгейіне дейін төмендейді,

$$C_{эф} = C-0,75\cdot Fe_{кп}[0,1426(1-\Omega'Fe)+0,286(0,5-\gamma_{01}+\gamma_{01})]= \\ = 85-0,75-1,24[0,1426+0,286(0,2 + 0,6)]=85-0,57 = 84,43\%.$$

Көміртегі құрамын түзете отырып, біз кокстың ұсақ реагентінің шығынын анықтаймыз:

$$g'_{кп} = g'_{C}/10^{-2}C_{эф} = 0,3071/0,8343 = 0,3680 \text{ кг/кг шихталар.}$$

Металл шығымын анықтау

Металдың негізгі компоненттері-Fe,Cr,Si. Алайда, балқыманы алғанға дейін металдандырылған өнімнің (МӨ) құрамы қалыптасады.

МӨ шығымдылығын массаның жоғалуы мен формуласы арқылы оңай анықтауға болады

$$I_{MӨ} = 1 - 0,2041 - 0,0351 = 0,7608 \text{ кг/кг шихта.}$$

3.1 Тотықсыздандырғыштың мөлшерін есептеу

Шихта құрамында көміртегі болуы керек:

а) реакция арқылы хромды қалпына келтіру

$$\begin{aligned} \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{C} &= 2\text{Cr} + 3\text{CO} & (21) \\ \frac{32,16 \cdot 36}{104} &= 11,13 \text{ кг} \end{aligned}$$

б) реакция арқылы хромды қалпына келтіру

$$\begin{aligned} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{C} &= \text{CrO} + \text{CO} & (22) \\ 100 \cdot 0,50 \cdot 0,06 \frac{12}{152} &= 0,24 \text{ кг} \end{aligned}$$

в) реакция арқылы темірді тотықсыздандыру үшін

$$\begin{aligned} \text{FeO} + \text{C} &= \text{Fe} + \text{CO} & (23) \\ \frac{9,15 \cdot 12}{56} &= 1,96 \text{ кг} \end{aligned}$$

г) реакцияға сәйкес кремнийді қалпына келтіру

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 + 2\text{C} &= \text{Si} + 2\text{CO} & (24) \\ \frac{1,86 \cdot 24}{28} &= 1,59 \text{ кг} \end{aligned}$$

д) 3,25 кг металды карбюризациялау үшін.
Жалпы көміртегі қажет

$$11,13 + 0,24 + 1,96 + 1,59 + 3,25 = 18,17 \text{ кг.}$$

Тотықсыздандырғыштың 10% артық мөлшерімен кокс қажет

$$18,17 \cdot 1,10 = 20,00 \text{ кг.}$$

3.2 Шлактың мөлшері мен құрамын есептеу

Феррохромның балқытуға арналған шлактың мөлшері мен құрамын есептеу 7-кестеде келтірілген. Осы шлактың балқу температурасын анықтау үшін SiO_2 , MgO және Al_2O_3 қосындысын 100% алып, оның құрамын қайта есептеп, шартты түрде CaO қосамыз. және CrO -дан MgO -ға дейін.

Шлактың үш компонентінің салмағы:

$$3,18 + 15,035 + 2,68 + 1,12 + 15,58 = 37,60 \text{ кг.}$$

$$\text{SiO}_2 = \frac{3,18 \cdot 100}{37,60} = 8,46 \%$$

$$\text{MgO} = \frac{(15,035 + 2,68 + 1,12) \cdot 100}{37,60} = 50,10 \%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{15,58 \cdot 100}{37,60} = 41,44 \%$$

Күй диаграммасына сәйкес (4-сурет) бұл құрамның шлактары шамамен 2000 °С балку температурасына ие, бұл рұқсат етілмейді. Балку температурасы шамамен 1650 °С шлақты алу үшін кремний диоксиді концентрациясын 40% дейін арттыру керек. Осы мақсатта қоспаға кварцит енгізіледі. Шлақтағы барлық оксидтердің қосындысы минус SiO₂ 100 - 40 = 60% болуы керек болғандықтан, шлақтың салмағы

$$(37,60 - 3,18) : 0,60 = 57,37 \text{ кг.}$$

Демек, шлақтағы SiO₂ жалпы мөлшері

$$57,37 - 34,42 = 22,95 \text{ кг.}$$

SiO₂ қосу керек

$$22,95 - 3,18 = 19,77 \text{ кг}$$

немесе кварцит

$$19,77 : 0,96 = 20,59 \text{ кг}$$

7-кесте – Феррохромның балқытуға арналған шлақтың мөлшері мен құрамы

Табыс көзі	Шлакқа айналады, кг		
	CrO	FeO	SiO ₂
Хром кені	$100 \cdot 0,50 \cdot 0,06 \times \frac{136}{152} = 2,68$	$100 \cdot 0,12 \cdot 0,02 = 0,24$	$100 \cdot 0,6 = 6,0$
Кокс күлі*	—	2*	$2,35 \cdot 0,497 = 1,17$
Табиғи шлак, кг	2.68	0,24	$7,17 - 3,99 = 3,183^*$
%	7.08	0,63	8.4

* Кокс күлі $23,51 \cdot 0,10 = 2,35$ кг қосады.

2* Fe₂O₃ темірге дейін тотықсызданады; темір металға айналады $2,51 \cdot 0,19 \cdot \frac{112}{160} = 0,33$ кг.

3* SiO₂ кремнийге дейін тотықсызданған $= 1,86 \cdot \frac{60}{28} = 3,99$ кг.

Шлакқа айналады, кг					
	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	жалпы
	$100 \cdot 0,15 = 15,0$	$100 \cdot 0,15 = 15,0$	$100 \cdot 0,01 = 1,0$	$100 \cdot 0,0002 \cdot 0,2 = 0,004$	39,92
	$2,35 \cdot 0,015 = 0,035$	$2,35 \cdot 0,245 = 0,58$	$2,35 \cdot 0,05 = 0,12$	$2,35 \cdot 0,0003 = 0,0007$	1,91
	15,035	15,58	1,12	0,005	37,84
	39,73	41,17	2,96	0,13	100,00

Соңғы салмақ және қорытпаның құрамы

Қорытпаның салмағын кокс күлінен алынған темірдің салмағына (0,33 кг), ал электродтардың қаптамаларынан және тесуге арналған өзектерден алынған темірдің салмағына (100 кг хром кендеріне 0,2 кг) көбейтеміз.

Металлдың құрамы келесідей:

	кг	%
Хром	32,16	68,50
Темір (9,15 + 0,33 + 0,19)	9,67	20,60
Кремний	1,86	3,96
Көміртек	3,25	6,92
Фосфор (100·0,0002·0,6)	0,01	0,02
Барлығы	46,95	100,00

Соңғы шлақтың мөлшері мен құрамы 8-кестеде көрсетілген.

Шлактың болжалды қатынасы

$$\frac{58,09}{46,95} = 1,24$$

8-кесте – Соңғы шлақтың саны мен құрамы

Оксид	Шлакқа айналады, кг				Соңғы шлақтың құрамы, %
	кен	кокс күлінен	кварцит	Барлығы	
SiO ₂	$6,0 - 3,99 = 2,01$	1,17	$20,59 \cdot 0,96 = 19,77$	22,95	39,51
MgO	15,00	0,035	$20,59 \cdot 0,006 = 0,12$	15,16	26,10
Al ₂ O ₃	15,00	0,58	$20,59 \cdot 0,007 = 0,14$	15,72	27,06
CrO	2,68	—	—	2,68	4,61
FeO	0,24	—	$20,59 \cdot 0,006 \cdot \frac{144}{160} = 0,11$	0,35	0,60
CaO	1,00	0,12	$20,59 \cdot 0,005 = 0,10$	1,22	2,10
P ₂ O ₅	0,004	0,0007	$20,59 \cdot 0,0005 = 0,010$	0,01	0,02
			Барлығы:	58,09	100,00

9 және 10 кестелерде негізгі есептеу нәтижелері көрсетілген.

9-кесте – Материалдық баланстың балқуы

Берілген, кг:		Алынған, кг:	
Хром кені	100.00	Қорытпа	46,95
кварцит	20.59	Шлак	58.09
Кокс	23.51	Ұшып кету (айырма бойынша)	39.26
Темір қаптар мен шыбықтар	0,20		
Барлығы	144.3	Барлығы	144.3

10-кесте – Бір тонна қорытпаға шихта материалдарының шығыны

Материал	69% Cr, кг қорытпаға есептелген шығын	60% Cr қорытпаға жұмсалатын шығын, кг
Хром кені (50% Cr ₂ O ₃)	100:46,95 · 1000=2130	2130:69·60= 1852 ж
оның хромы бар	$21,30 \cdot 0,50 \cdot \frac{104}{152} = 728,7$	728,7:69·60=634
Кварцит	20.59:46.95·1000=439	439:69·60=382
Кокс	23.51:46.95·1000= 501	501:69·60= 436

Хромды алу

$$\frac{1000 \cdot 0,69 \cdot 100}{728,7} = 94,6 \%$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада феррохромның балқытуға арналған шығынды есептеу орындалды.

Болат балқытудағы электрометаллургияның рөлі үнемі артып келеді, сондықтан электроферроқорытпа процестері дамып, жоғары сапалы ферроқорытпалар өндірісі ұлғаюда, ассортименті кеңейіп, отандық минералды-шикізаттық базаның кеңеюімен жаңа технологиялар жасалуда. Бұл жағдайда ферроқорытпа зауыттарында ферросиликохромды, конвертерлік феррохромды, азотталған феррохромды балқыту үшін, сонымен қатар құрамында хромы бар болаттарды балқыту үшін қолданылатын конверсиялық феррохромды қоса алғанда, феррохромның әртүрлі маркалары қолданылады.

Жоғары көміртекті феррохром МЕСТ 4757 (ISO 5448) бойынша сәйкес шикізатты немесе олардың концентраттарын қалпына келтіру арқылы алынады.

Бірінші тарауда феррохромның қасиеттері және оның сипаттамалары, Cr–Fe, Cr–C, Cr–Si жүйелеріндегі қорытпаның құрылымы және т.б.

Феррохром өндірісін сипаттайтын екінші тарауда жоғары көміртекті феррохромды балқытуға арналған кен-термиялық пештің конструкциясы берілген, техникалық сипаттамалары мен параметрлері және жылуды сіңіру кезінде жүретін химиялық реакцияларды қалпына келтіру. Сондай-ақ ваннаның қабығы мен футеровкасы, өздігінен күйдіретін электродтардың құрылымы мен жұмысы, көміртекті феррохромды өндірудің технологиялық схемасы және қолданылатын шихта материалдары сипатталған. Кестеде тауарлық және конверсиялық көміртекті феррохром өндірісінің техникалық-экономикалық көрсеткіштері көрсетілген.

Үшінші тарауда феррохромын балқыту ақысы есептеледі.

Есептеу нәтижелері:

Балқыту үшін 18,17 кг көміртек немесе 23,51 кг кокс қажет.

Шлактың салмағы 57,37 кг болады.

SiO₂ 19,77 кг немесе кварцит 20,59 кг қосу керек

Металдың құрамы келесідей, %: хром-68,50; темір-20,60; кремний-3,96; көміртек-6,92; фосфор-0,02.

Соңғы шлактың мөлшері мен құрамы, %:

CrO – 4,61; FeO – 0,60; SiO₂ – 39,51; MgO – 26,10; Al₂O₃ – 27,06; CaO – 2,10; P₂O₅ – 0,13.

Балқудың материалды балансы аяқталды, 69% Cr қорытпаға есептелген шығын қорытпаның тоннасына, кг: хром кені - 2130; кварцит - 439; құрғақ кокс – 501. Хром алу – 94,6%.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Мысык М.Ф., Жданов А.В. Электроферрокорытпа цехтарын жобалау және жабдықтау. Оқу құралы. - Екатеринбург: УрФУ, 2014. - 526 б.
2. Быкова П.О. – Металлургиядағы объектілер мен процестерді модельдеу. Оқу құралы. Пермь, 2010. - 132б.
3. Михайловский В.Н., Ковалев П.В. Электрометаллургия және феррокорытпалар өндірісі. Балкудың техникалық көрсеткіштерін анықтау әдісі – Петербург: Политехникалық университет баспасы, 2011 ж. – 140 с.
4. Абдулабеков Е.Е., Қаскин Қ.Қ. және басқалар. Хром қорытпаларын алу теориясы мен технологиясы. 5B070709 «Металлургия» мамандығының бакалаврларына арналған оқу құралы. - Алматы: Республикалық оқу-әдістемелік әдебиеттер баспасы. 2010. - Б.280.
5. Глаголев К.В., Морозов А.Н. Физикалық термодинамика. Серия: Техникалық университетте физика. Оқу құралы / Баспа: МТУ им. Н.Е.Бауман, 2014 ж.
6. Metallургиялық пештердің термотехникалық есептері. – М.: Metallургия, 2015 ж.
7. Мысык В.Ф., Жданов А.В., Павлов В.А. Феррокорытпалардың металлургиясы: технологиялық есептеулер. Оқу құралы. - Екатеринбург: Ресейдің тұңғыш президенті атындағы Орал федералдық университеті Б.Н. Ельцин, 2018. - 536 б.
8. Дашевский В.Я. Феррокорытпалар: теория және технология. Оқу құралы. - Мәскеу: NUST MISiS, 2014. - 362 б.
9. Ақсу феррокорытпалар зауытының пайдалану жөніндегі нұсқаулығы - 2-цех пеш 21. KZ3-E9S-4400-001. 2015. - 67 б.
10. <http://dereksiz.org/vtorichnie-energeticheskie-resursi-klassifikaciya-vtorichnih-e.html>
11. <https://hardcorecase.ru/data/perevod/sebestoimost-produkcii.html>
12. <https://www.metaltorg.ru/knigi-po-metallurgii.htm>
13. <https://en.wikipedia.org/wiki>.
14. <http://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazakhstana/tverdye-poleznye-iskopaemye/item/>
15. <https://metallurgy.zp.ua/syrye-materialy-ih-podgotovka-k-plavke/>
16. Эднерал Ф.Б. Болат пен феррокорытпалардың электрометаллургиясы: Metallургия, 2010. - 641 б.

ПІКІР

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы

(студенттің Т.А.Ж.)

6B07203 – Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту

(мамандық шифры, атауы)

Тақырыбына «Феррохром өндіру технологиясы»

Орындалды:

а) графикалық бөлім 9 парақ

б) түсіндірме жазбасы 29 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Орындалған дипломдық жұмыс Феррохром өндіру технологиясын зерттеуге арналған. Дипломдық жұмыста берілген тапсырмаға қатысты шешілетін барлық сұрақтар толығымен орындалды. Үлгі ретінде хромит шикізаты (Бірінші май) кен орындарынан алынған күрделі кендер алынды, олардың химиялық құрамы мен массалық қатынасы анықталды.

Бұл жұмыста хромның физикалық және химиялық қасиеттері баяндалған, және феррохром өндіретін отандық ферроқорытпа зауыттарының технологиясына талдау жасалып, зерттеу мәліметтер негізінде хромның технологиялық көрсеткіштерін болжайды, сонымен қатар металл оксидінің фазалық өзгеруінің тізбегі есептелген. Сондай-ақ түсініктеме жазбада қажетті есептеулер мен жабдықтар таңдау жолдары толық келтірілген. Жұмыста экономикалық есептеулер орындалды.

Пікірге ұсынылған дипломдық жұмысқа қойылған талаптарға сәйкес орындалған.

Дипломдық жұмыста грамматикалық қателіктер кездеседі және қолданылған әдебиеттер тізімінде ескі әдебиеттер пайдаланылған. Бұл ескерту орындалатын жұмыстың маңыздылығына әсер етпейді.

ЖҰМЫСТЫ БАҒАЛАУ

Дипломдық жұмыс жеткілікті жоғары деңгейде орындалған, және "өте жақсы" (90%) деп бағалауға болады. Дипломдық жұмыстың авторы Жұмабек Орынғали «6B07203-Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесіне сай атағы берілуіне болады.

Ресейден
РФ докторы, АҚ «Алел» қаржы-инвестициялық
корпорациясының инженер-технологы

Құрмансейтов М.Б.

«06» 2023 ж.

Ф КазННТУ 706-17. Пікір

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

(жұмыс түрлерінің атауы)

Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы

(студенттің аты жөні)

5B070900 – «Металлургия»

Тақырыбы: «Феррохром өндіру технологиясы»

Дипломдық жұмысты орындау барысында Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы 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.

Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы зерттеу жұмысын қорытындылай келе 6B07203 – «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» білім беру бағдарламасы бойынша дипломдық жұмыс талаптарына сәйкес жұмыс жасай білді.

Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы осы мамандық бойынша бакалавр атағына лайықты. Дипломдық жобаның бағасы 95%.

Ғылыми жетекші

PhD докторы, қауымдастырылған профессор



Г.М. Қойшина

«09» 06 2023 ж.



Метаданные

Название

«Феррохром өндіру технологиясы»

Автор

Жұмабек Орынғали Жұмабекулы

Научный руководитель / Эксперт





Гүлзада Қойшина

Подразделение

Г_М_И

Список возможных попыток манипуляций с текстом

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

Замена букв		94
Интервалы		0
Микропробелы		5
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)	a	40

Объем найденных подобию

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



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



5924

Количество слов



43679

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 ("критицитаты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://tvsif.at.ua/page29.html	48	0.81 %
2	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	40	0.68 %
3	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	28	0.47 %
4	https://studfile.net/preview/5226158/	26	0.44 %

5	https://studfile.net/preview/5226158/	25	0.42 %
6	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	25	0.42 %
7	https://studfile.net/preview/5226158/	23	0.39 %
8	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	19	0.32 %
9	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	19	0.32 %
10	https://tvsif.at.ua/page29.html	19	0.32 %

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 (2.84 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	115 (7)	1.94 %
2	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	53 (2)	0.89 %

из интернета (4.59 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://studfile.net/preview/5226158/	146 (12)	2.46 %
2	https://tvsif.at.ua/page29.html	126 (6)	2.13 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: «Феррохром өндіру технологиясы»

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 7.4

Коэффициент Подобия 2: 3.2

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 94

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
30.05.2023 ж.

Заведующий кафедрой

М.О.М.
Берменшиков М.Б.


Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жұмабек Орынғали Жұмабекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: «Феррохром өндіру технологиясы»

Научный руководитель: Гүлзада Қойшина

Коэффициент Подобия 1: 7.4

Коэффициент Подобия 2: 3.2

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 94

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
30.05.2023 ж.

Shoi Shina *Койшина Г.А.*
проверяющий эксперт

