

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Сейсенбаев Абылай Ибраимұлы

«Хромды тікелей редуциялау процесін зерттеу және  
феррохром үлгілерін алу»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B070900 – Металлургия мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

*М.Б. Барменшинова*

« 15 » 05 2019 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Хромды тікелей редукциялау процесін зерттеу және феррохром үлгілерін алу»

5B070900 – Металлургия

Орындаған

Сейсенбаев Абылай Ибраимұлы

Ғылыми жетекші

PhD, лектор

*Г.М. Койшина* Койшина Г.М

« 15 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

5B070900 – Металлургия



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Сейсенбаев Абылай Ибраимұлы

Тақырыбы: «Хромды тікелей редукциялау процесін зерттеу және феррохром үлгілерін алу»

Университет Ректорының 2018 жылғы «8» қазандағы № 1113-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2018 жылғы «20» мамыр 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Дон ТКБК хром кені қалдықтарының химиялық құрамы және зерттеу әдістемесі

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Әдебиеттерге шолу;

б) Тәжірибелік зерттеу жұмыстары;

в) Зерттеу жұмысының нәтижесін талдау;

г) Технология бойынша болжамдық экономикалық және экологиялық жетістіктер.

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)


Сызба материалдарының \_\_\_\_\_ слайдта көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 18 атаудан

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	11.03.2019 ж.	
Әдеби шолу	25.03.2019 ж.	
Зерттеу жұмыстары	08.04.2019 ж.	
Қорытынды	22.04.2019 ж.	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Г.М. Қойшина PhD, лектор	14.05.2019	

Ғылыми жетекші

 Г.М. Қойшина

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 А.И. Сейсенбаев

Күні

«14» қаңтар 2019 ж.

## АНДАТПА

Қазақстанда тек темір кені шикізатының танымал кенорындары ғана емес, оған қоса хром кенінің ірі кенорындары да орналасқан. Қазақстанда алынатын хром кенінің негізінде феррохром өндірісінің ірі өнеркәсіптік кешендері жұмыс істейді. Алайда аталған ферроқорытпа өндірісінің технологиясы, шет елдерде тәрізді, кесекті сұрыпталған кен мен металлургиялық кокстың пайдаланылуына негізделген және электртермиялық пештерде жүзеге асырылады. Сондықтан Дон ТКБК-де хромит шикізаты сұрыпталады. Ірі кесекті кен ферроқорытпа зауыттарына жіберіледі, ал хром кенінің майда қалдықтары үйіндіде жиналады да, әрбір үйіндіде миллиондаған тоннаға жетеді. Қолданыстағы технология бойынша ферроқорытпалар өндірісі үшін мұндай майда қалдықтардың пайдаланылуы шектелген, себебі, техникалық шарттар бойынша агломерация немесе жентектер өндірісі әдісімен олардан қайта тотыққан кесекті материалдар алыну қажет, бұл ауқымды энергия шығындарына және материалдар шығынына байланысты. Сондықтан жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ететін, майда қалдықтарды тікелей металлургиялық өңдеудің жаңа технологиясын жасау өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыстың мақсаты – қалдықтардан феррохром үлгілерін алу және жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ететін технологиялар жасау, сонымен қатар қозғалмайтын қалдықтардың балластық қорын тауарлы өнімге түрлендіру.

Зерттеу міндеттері:

Келесі ретпен қойылған және олардың шешілуі орындалған тәжірибелік жұмыстар көлеміне енгізілген.

а) Дон ТКБК-да хром кенін байытудың майда қалдықтарының көрнекі сынамаларын алу;

б) майда хром қалдықтарының химиялық және минералогиялық құрамын анықтау;

в) металдарды – хром қалдықтарынан темір мен хромды көміртегімен тікелей редуциялауға қажетті көміртегіқұрамды редуциялау реагентінің стехиометриялық шығынын анықтау;

г) дайындалған кенкөмір қоспасын араластыру және ұнтақтау, одан кенкөмір жентектерін алу;

д) кенкөмір жентектерін кептіру және редуциялап күйдіру, металданған жентектер үлгілерін алу;

е) металданған жентектерді редуциялап балқыту, нормаланған көміртегі концентрациясымен феррохром үлгілерін балқыту.

## АННОТАЦИЯ

Казахстан располагает не только известными месторождениями железорудного сырья, но и крупными месторождениями хромовых руд. На базе добываемых хромовых руд в Казахстане работают крупные промышленные комплексы по производству феррохрома. Однако технология производства указанного ферросплава, как и в зарубежных странах, основана на использовании кусковой сортированной руды и металлургического кокса и реализуется в электротермических печах. Поэтому на Донском ГОКе хромитовое сырье сортируется. Крупные кусковые руды отправляются на ферросплавные заводы, а мелкие отсеvy хромовых руд накапливаются в отвалах, которые на каждом отвале достигли миллионные тонны. Использование этих мелких отходов для производства ферросплавов по существующей технологии весьма ограничено тем, что по техническим условиям из них должны быть получены снова оксидные окаткованные материалы по методу агломерации или производства окатышей, что связано с значительными расходами энергии и материальными затратами. Поэтому разработка новой технологии прямой металлургической переработки мелких отходов, обеспечивающей высокие технико-экономические показатели, является актуальной проблемой.

Цель работы получение образцов феррохрома из отходов и разработка технологии, обеспечивающей высокие технико-экономические показатели, а также преобразование балластных запасов недвижимых отходов в товарную продукцию.

Задачи исследования:

Поставлены в следующей последовательности и решение их введены выполненный объем экспериментальных работ.

а) отбор представительных проб мелких отходов от обогащения хромовых руд на Донском ГОКе;

б) определение химического и минерального состава мелких хромовых отходов;

в) определение стехиометрического расхода углеродсодержащего восстановительного реагента на прямое восстановление металлов углеродом – железа и хрома из хромовых отходов;

г) смешивание и измельчения составленной рудоугольной смеси и получение из нее рудоугольных окатышей;

д) сушка и восстановительный обжиг рудоугольных окатышей, получение образцов металлизированных окатышей;

е) восстановительная плавка металлизированных окатышей, выплавка образцов феррохрома с нормированной концентрацией углерода.

## ANNOTATION

Kazakhstan has not only known deposits of iron ore, but also large deposits of chrome ores. On the basis of the mined chrome ores in Kazakhstan, large industrial complexes for the production of ferrochrome are operating. However, the production technology of this ferroalloy, as in foreign countries, is based on the use of lumpy sorted ore and metallurgical coke and is implemented in electrothermal furnaces. Therefore, at Donskoy GOK, chromite raw materials are sorted. Large lumpy ores are sent to ferroalloy plants, and little things of chrome ores accumulate in the dumps, which reached millionths of tons at each dump. The use of these small wastes for the production of ferroalloys according to the existing technology is very limited by the fact that, according to the technical conditions, they should be used to obtain oxide okuskovany materials again by the method of sintering or pellet production, which is associated with significant energy costs and material costs. Therefore, the development of a new technology for the direct metallurgical processing of small waste, which provides high technical and economic indicators, is an urgent problem.

The purpose of the work is to obtain samples of ferrochrome from waste and to develop technology that ensures high technical and economic indicators, as well as the conversion of ballast reserves of immovable waste into marketable products.

Objectives of the study:

Delivered in the following sequence and solving them entered the completed amount of experimental work.

a) taking samples of small waste from the enrichment of chrome ores at Donskoy GOK;

b) determining the chemical and mineral composition of small chrome waste;

c) determination of the stoichiometric consumption of carbon-containing reducing agent for the direct reduction of metals iron and chromium from chromium wastes — with carbon ;

d) mixing and grinding the compiled ore-coal mixture and obtaining from it ore-coal pellets;

e) drying and roasting of ore-coal pellets, obtaining samples of metallized pellets;

f) recovery smelting of metallized pellets, smelting of ferrochrome samples with normalized carbon concentration.

## МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	9
1 Өндіріс технологиясы	10
1.1 Өндірістің физика-химиялық негіздері	10
1.2 Шихта материалдарына қойылатын негізгі талаптар	16
1.3 Көміртекті тотықсыздандырғыштар	17
1.4 Флюстеуші материалдар	17
1.5 Айналмалы және металлқұрамды қалдықтар	18
1.6 Шығарылатын өнімге қойылатын негізгі талаптар	18
1.7 Беттік ластанулар	19
1.8 Негізгі технологиялық жабдықтың сипаттамасы	19
2 Процесті жүргізу тәртібі	21
2.1 Зерттеу жұмыстарына шихта дайындау	21
2.2 Эксперименттік жұмыстарды ұйымдастыру	28
3 Құрамында хром бар ферроқорытпаларды алу технологиясының техникалық-экономикалық көрсеткіштері	34
4 Процесс ұйымдастыру кездегі туындайтын қолайсыз жағдайлар	38
4.1 Пеш жүрісінің технологиялық бұзылу себептері және оларды жою тәсілдері	38
5 Экологиялық көзқарас тұрғысынан жетістіктер	42
ҚОРЫТЫНДЫ	45
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	46



## КІРІСПЕ

Ферроқорытпалар – темірдің әртүрлі элементтермен (хром, никель, кремний, марганец, вольфрам, молибден, ванадий, кальций және т.б.) қорытпалары немесе арнайы термиялық қондырғыларда (тазалау және тотықсыздандыру, индукциялық, тигельді және плазмалық пештер), сонымен қатар домна пештерінде балқытылатын бірнеше жетекші элементтер қорытпалары (силикокальций, силикомарганец, ферромарганец, силикохром).

Ферроқорытпалар зауыттары ферроқорытпалардың кең сұрыптамасын шығарады, оның өндірісі үшін шикізатты пирометаллургиялық және гидрометаллургиялық өңдеудің әртүрлі әдістері пайдаланылады. Сондықтан ферроқорытпалардың әрбір зауыты және тіпті әрбір цехы өзге зауыттардың қарапайым қайталануы болып табылмайды, ол шығарылатын өнім ерекшелігі және тізімдемесі, техникалық жинақталуы мен жабдықталуы бойынша ерекшеленеді. Бұл ферроқорытпалар зауыттарында қолданылатын жабдықтардың сан түрлілігін анықтайды. Ферроқорытпалар – қиын балқитын қорытпалар, олардың өндірісі жоғары жылу шығындарымен және жоғары температурамен жүреді. Ферроқорытпаларды домна және электр пештерінде, сонымен қатар арнайы футерленген ошақтарда (пештен тыс тәсілі) балқытады. Электрпештерінде ферроқорытпалар балқуын үздіксіз және мерзімді процестермен жүзеге асырады. Бұл кезде шихта материалдарын электродтар зонасында шихта балқығанда және оның деңгейі төмендегенде пешке тиейді. Пеш табанында сұйық металл мен шлақтың жинақталуына байланысты, қыздырылған отқатөзімді футеровкасының ашылуынсыз оларды пештен шығарады. Мерзімді өндірісте пешке барлық шихта материалдарын тиейді, олардың толық балқуынан және берілген құрамда металл мен шлақтың белгілі бір мөлшері алынғаннан кейін балқымаларды шығарады және пешті қайта шихтамен тиейді. Мерзімді процестердің бір түрі қиын балқитын металдар өндірісі болып табылады. Пеште металдың белгілі бір көлемі жиналғаннан кейін пешті тоқтатады, суытады және одан жиналған металл блогын бөліп алады (блокқа балқыту).

Ферроқорытпалар өндірісінің үздіксіз процесі, мерзімдімен салыстырғанда аз жылу жоғалымымен жүреді, себебі бірінші жағдайда жоғары температуралармен металлургиялық реакциялар зонасы қатты шихта қабатымен жабылған. Мерзімді процесте шлак температурасы 1400-1800 °С және көп мөлшерде жылу бөледі. Электрпештерінде ферроқорытпалар алу процесін шлақты және шлақсыз деп бөледі. Шлақты қорытпаларды, шлак еселілігімен, яғни пештен шығарылған шлак массасының шығарылған металл массасына қатынасымен сипаттайды. Шлак еселілігі кенде пайдалы тотық концентрациясына, осы тотықтың тотықсыздану дәрежесіне, шихтаға тиелетін флюстер көлеміне, сонымен қатар тотықсыздандырғыш сипатына және пайдалану дәрежесіне тәуелді [1].

# 1 Өндіріс технологиясы

## 1.1 Өндірістің физика-химиялық негіздері

Жоғарыкөміртекті феррохром. Процесс хром кенінде кездесетін хром және темір тотықтарын көміртегімен тотықсыздандыруға негізделген.

Термодинамикалық сипаттамасы.

1 Кесте – Хром тотығын көміртегімен тотықсыздандыру реакцияларының  $\Delta G_0$  өзгерісі

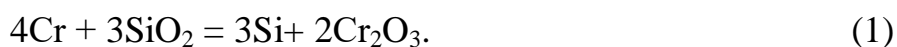
Реакция	кДж/моль	Температура d кезінде ° t = 0, k.
$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 13/3\text{C} = 2/3\text{Cr}_3\text{C}_2 + 3\text{CO}$	730 940-511,68 T	1430
$2/3\text{Cr}_2\text{O}_3 + 8/7\text{C} = 4/21\text{Cr}_7\text{C}_3 + 2\text{CO}$	511 128-364,57 T	1403
$2/3\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{C} = 4/3\text{Cr} + 2\text{CO}$	546 624-360,8T	1513
$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Cr} + 3\text{CO}$	786 523-523,3 T	1500
$3 (\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3) + \text{C} = 3\text{Fe} + 3\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{CO}_3$	491 490-415,3 T	1185
$\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Cr} + \text{MgO} + 3\text{CO}$	720 350-520,8T	1546

Хром тотығының карбидке дейін көміртегімен тотықсыздануының бастапқы температурасы 1130 °С тең, ал элементарлы хромға дейін 1240 °С, сондықтан хром тотығын көміртегімен тотықсыздандыру кезінде карбидтердің түзілуі салдарынан қорытпаның көміртектенуін алдын алу мүмкін емес. Біруақытта кеннен басқа тотықтардың бір бөлігінің тотықсыздануы жүреді. Темір тотықтарының тотықсыздануы балқыту процесін жеңілдетеді, себебі қорытпаның балқу температурасы төмендейді; жүйеде аса тиімді энергетикалық шарттар құрылады, ал қорытпада хром концентрациясының төмендеуі реакция тепе-теңдігін хромды тотықсыздандыру жағына ығыстырады және оның бөлінуін жоғарылатады.

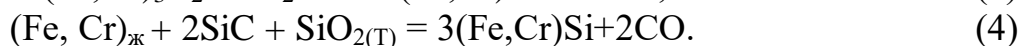
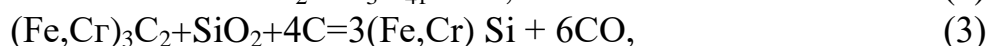
А. Н. Морозов көрсетуі бойынша, Fe-Cr-O жүйесінде хром мен темір шпинельден 1050-1150 °С кезінде біруақытта тотықсыздана бастайды, алайда төмен температурада темірдің тотықсыздану жылдамдығы хромнан жоғары, нәтижесінде  $(\text{Fe,Cr})_3\text{Cr}$  типті карбидтер және металды темір түзіледі. Аса жоғары температурада реакция өнімі  $(\text{Cr,Fe})_7\text{C}_3$  типті карбид болып табылады. Бұл жүйенің шпинельдері, осы температурадағы таза хром тотығымен салыстырғанда, аса жылдам және толық тотықсызданады. Хром кенінде магний мөлшері жоғарылаған сайын, жоғары температуралар облысында (1250 °С және жоғары) тотықсызданатын хром мөлшері ұлғаяды. Хром кенінің кремнийлі және темір цементімен тотықсыздануы 900-1100 °С кезінде басталады. 1200 °С дейін қыздыру, кенде үлгілер бетінде металды бөлшектердің екі түрінің кездесуіне әкеледі және жарықшақтарда хромшпинелид түйіршіктерінің ішінде 1300-1400 °С дейін қыздырудан кейін анықталады [2].

1700-1800 °С кезінде кеннің тотықсыздану дәрежесінің бетінен ортасына қарай төмендеуі байқалады. Тотықсыздану жылдамдығы кен түйіршіктерінің қарқынды пісірілуі салдарынан төмендейді, бұл газ-тотықсыздандырғыштың кен кесегінің көлеміне тасымалдану шарттарының нашарлауына әкеледі. Массивті хром кенінің тотықсыздану жылдамдығының күрт ұлғаюы хромшпинелид түйіршіктерінің балқуы басында және 1900-2000 °С кезінде сұйық шлақтың түзілуі кезінде байқалады. Демек, хром кенінің толық тотықсыздануы мен жылдамдығы олардың химиялық және гранулометриялық құрамымен, ұстап тұру температурасымен және ұзақтығымен, кен бітімімен және құрылымымен анықталады. Темір тотықтарының тотықсыздануы хром тотықтарының тотықсыздануынан барлық температура аралығында және барлық хром кенінің түрінде озып түседі, алайда әртүрлі кендер үшін әртүрлі және кең аралықта болады. Жалпы түрде С.С. Лисняк және Н.Ф. Евсеевпен ұсынылған хром кенінен темір мен хромды көміртегімен тотықсыздандыру сұлбасын қабылдауға болады.

Тиімді шарттарда (жеңіл тотықсызданатын кен пайдалануда, тотықсыздандырғыштың артық мөлшерінде және флюс ретінде кварцитті пайдаланғанда) кремнеземнің тотықсыздану реакциясы ауқымды дамуға ие, мұнда қорытпада кремний мөлшері 2-4 % жетеді, бұл шекті феррохром өндірісі үшін тиімді. Кремнезем тотықсыздануы ертеректе қарастырылған сұлбалар бойынша қатты көміртегімен жүзеге асырылады. Сонымен қатар, реакциясы жүруі мүмкін:



Қалыпты температурада (<1585 °С) хромның тотығуы нәтижесінде кремний қорытпаға өтуі мүмкін. Деректер бойынша, мұндай реакция келесі түрге ие:

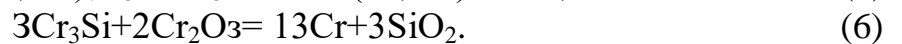


Темір кенде  $\text{SiO}_2$  кездесуі тотықсыздану шарттарын жақсартады.



1 Сурет–Хром кенінен темір мен хромды көміртегімен тотықсыздандыру сұлбасы

Көміртегі мен кремнийден қорытпаны тазарту, балқытылған кен кесектерінің бір бөлігінің шлакпен қоспасы болып келетін, аталмыш кен қабатын құру нәтижесінде жүзеге асырылады. Қорытпа тамшылары жоғары температурада осы қабат арқылы өте отырып, оның бір бөлігі көміртегі мен кремнийден тазартылады, мысалы келесі реакциялар бойынша



Көміртегі карбидінің көмірқышқыл газымен тотығуы да жүруі мүмкін. Я.И. Островский, Х.Н. Кадарметов жоғары көміртекті феррохром балқыту пешінде шихтада орын алатын түрленулер көрінісін береді. Шихтаның беттік қабатында (колошник бетінен 600 мм тереңдікте) материалдар маңызды өзгерістерге ұшырамайды, негізінен материалдың кептірілуі жүреді. 600 мм-ден бастап 1000-1200 мм дейін тереңдікте материалдар 1000-1200 °С дейін қыздырылады, бір бөлігі тотықсызданған кен кесектері ыдырайды. Материалдардың пісірілуі, біріншілей шлак қатпарларының түзілуі байқалады. Металды фазаның құрамында 67-71 % Cr және 6,2-7,5 % C кездеседі. Тотықсыздандыру процестерінің негізгі бөлігі 1200-2000 мм тереңдікте өтеді. Мұнда материалдар температурасы 1400-1600 °С дейін жоғарылайды. Хром 75-81 %-ға, темір 84-90 %-ға тотықсызданады. Металда кремний туындайды. Кремний карбидімен жабылған кокс кесектері анықталды. Зонаның төменгі бөлігінде қалыңдығы 50 мм жартылай балқытылған массаның тұтқырлы қабаты бар. Бұл толық тотықсызданбаған кесектер құрамында хром тотығы мен өзге элементтер кездесетін кен қабаты, мұнда коксик айтарлықтай жоқ.

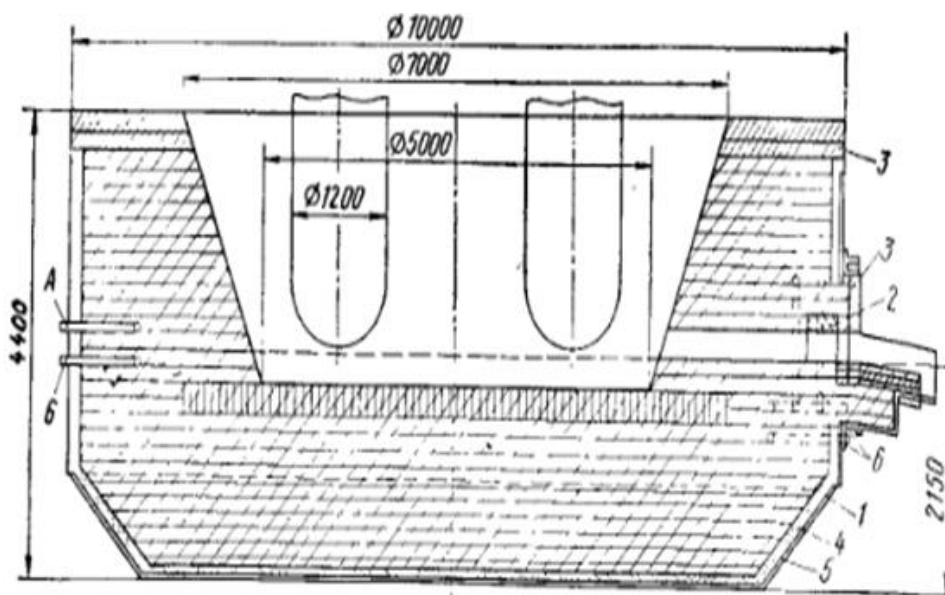
Шлактан төмен орналасқан кен және кен қабатындағы хром ары қарай хром карбидімен тотықсызданады. Кен қабатынан төмен металл қабаты орналасқан. Жоғарыкөміртекті феррохром балқытудың температуралық режимі шлақтың балқу температурасымен анықталады. Себебі жабық колошникпен балқыту шарттарында оны пеште ұстап тұруын ұлғайта отырып, қорытпаны қыздыру мүмкін емес. Құрамында 65-70 % Cr және 6-8 % C болатын жоғары көміртекті феррохромның балқу температурасы 1550°C құрайды. Сондықтан шлақтың балқу температурасы 1650 °C болу қажет. Қажетті флюс көлемін SiO<sub>2</sub>-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> үштік жүйесінің балқығыштық диаграммасы бойынша анықтайды. Жоғарыкөміртекті феррохром балқыту кезінде шлақтың оңтайлы құрамы келесідей, %: SiO<sub>2</sub> 27-33 (34-36); MgO 30-34 (33-38); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 26-30 (20-26); Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub><8 (3-6).

Құрамы мен температураға тәуелді болатын шлақтың тұтқырлығы мен меншікті электркедергісі ерекше мәнге ие, себебі шлактану процестерінде шлак жұмысшы кедергінің бір бөлігі ретінде орын алады, бұл пеш ваннасында белгілі бір зонаның қажетті қыздырылуын қамтамасыз етеді. Н.Л.Жило құрамы 35 % SiO<sub>2</sub>, 30-35 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> және 30-35 % MgO болатын шлақты ұсынады. Оның балқу температурасы 1560-1680 °C, ал тұтқырлығы 0,3-7 Па·с [3].

MgO (>50 %) жоғары мөлшерінде температура мен құрамының өзгерісінде аса тұрақты физикалық қасиеттеріне құрамында 32% SiO<sub>2</sub> болатын және негізінде фарстерит пен шпинельден тұратын шлактар ие болады. Хром тотығының мөлшерін ұлғайтқан кезде шлақтың кристалдану температурасы жоғарылайды және MgO·(Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> шпинель түзілуінің салдарынан тұтқырлығы ұлғаяды. Шлактардың негізгі минералогиялық құрамдастары құрамы айнымалы шыны, форстерит (2MgO·SiO<sub>2</sub>) және алюминий магнезий шпинелі (MgO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) болып табылады. Кордиерит (2MgO·2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5SiO<sub>2</sub>), муллит (3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>) және т.б. кездесуі мүмкін. Қалдық хромшпинелид мөлшерінің ұлғаюымен және MgO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> қатынасының жоғарылауымен шлакта хром жоғалымдары артады. Шлак құрамын әртүрлі кенді пайдалана отырып таңдаған дұрыс, флюс ретінде әдетте кварцит, ферросиликохром өндірісінің шлактарын, сирек бокситті пайдаланады. Қорытынды шлактар хром және темір тотықтарының толық тотықсыздануын, берілген құрамды қорытпаның алынуын қамтамасыз етуі, жеткілікті сұйықтай қозғалғышына ие болу, электродтардың жақсы отырғызылуын қамтамасыз ету және шығару, құймақалыптарға тарата құю кезінде қорытпалардан жақсы бөлінуі қажет. Шлак еселілігі 0,8-1,3 құрайды, хром кенінен шлактүзуші тотықтар үлесі 90 % жетеді.

Жоғарыкөміртекті феррохром балқытудың қуаты 115 МВт болатын ашық және жабық пештерде жүргізеді. Пеш футеровкасы магнезийлі. Жоғары көміртекті феррохром өндірісі үшін кесекті кендер және ұнтақталған кен қоспасын пайдаланады. Чардж-хром өндірісінде төмен сұрыпты хром кенін пайдаланады. Кейде шихтада, орташа көміртекті феррохромның флюссіз өндірісінде алынатын бай шлақты (27-32 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) немесе конвертор шлактарын пайдаланады. Кейбір жағдайда қорытпада күкірт мөлшерін

төмендету үшін, шихтаға марганец кенін немесе ферромарганец қосады. Соңғы уақытта пеш қуатының ұлғаюына және бай кесекті кен қорының таусылуына байланысты кен майдасын кесектеу және шихтаны алдын-ала тотықсыздандыру мен қыздыру маңызды мәнге ие болды. Шихтаны есептегенде 92 % хром және 95 % темір пайдаланылуын, ашық пештер үшін 6-10 % және жабық пештер үшін 1-2 % тотықсыздандырғыштың артық мөлшерін қабылдайды. Шихта колошасының құрамы келесідей: 700 кг хром кені, 160-170 кг коксик, 20-30 кг ферросиликохром өндірісінің шлактары және 50-100 кг қайтымды шлактар [4].



1 – магнезитті кірпіш; 2 – магнезитті нығыздағыш; 3 - алюмосиликатты кірпіш; 4 – магнезитті порошок; 5 – асбест; 6 – суытқыш

2 Сурет – Қайта өңделетін феррохромды балқытуға арналған қуаты 16,5 МВА ваннаның футеровкасы

Жоғарыкөміртекті феррохром балқытуды, күкірт ұшуын ұлғайту үшін ыстық колошникпен жүргізеді. Шихтаның 1 т кен бөлігін балқытуға жұмсалатын электрқуаты 5580-5950 МДж (1550-1650 кВт·сағ) құрайды. Технологиялық процестің қалыпты жүрісі шихтаның біркелкі балқуымен, электродтардың тұрақты және терең отырғызылуымен, колошниктің барлық беті бойынша ашық сары жалын тілінің бөлінуімен және пештен сұйықтай қозғалғыш қорытпа мен берілген құрамдағы шлақтың еркін шығуымен сипатталады. Технологиялық процесс бұзылуына аса тән белгілері келесідей сипатталады. Тотықсыздандырғыш жетіспеушілігі электродтарда шлактанумен, олардың шихтаға аса терең батырылуымен, шлакта  $Cr_2O_3$  жоғары мөлшерімен және қорытпада көміртегі мен кремний мөлшерінің төмендеуімен сипатталады. Тотықсыздандырғыштың артық мөлшері электродтардың биік отырғызылуымен, құйымдар түзілетін шихтаның опырылуымен, колошникте

ақ алаудың бөлінуімен сипатталады, қорытпада кремний мөлшері жоғарылайды;  $MgO/Al_2O_3$  қатынасы жоғарылағанда коксикпен қиындатылған қою шлакпен шлактануы байқалады. Ол колошникте берік монолитті қабық түзеді, көміртегінің артық мөлшері хромның жоғары жоғалымын тудырады. Шлакта жоғары  $SiO_2$  мөлшерін, сұйық және суық шлак, пештің қара колошникі, көміртегі мөлшері жоғары суық қорытпа көрсетеді. Шлакта  $SiO_2$  жетіспеушілігін қорытпаның жоғары шығару температурасы, қорытпа королектарының ауқымды санымен қиын балқитын, пештен нашар шығатын тұтқырлы шлактар, электродтар айналасында шлак қақтарының түзілуі мен ақ түтіннің бөлінуі сипаттайды. Шихтада кремнезем мен көміртегі кемшілігін,  $SiO_2$  мөлшері төмен қиын балқитын және тұтқырлы шлактар мен қорытпада көміртегінің төмен мөлшері, электродтардың жоғары отырғызылуы көрсетеді. Кварциттің артық мөлшерінде коксик жетіспеушілігі  $SiO$ ,  $Cr_2O_3$  және  $FeO$  мөлшері жоғары болатын суық және тұтқырлы шлактардың түзілуін тудырады. Электродтар отырғызылуы төмен, қорытпада көміртегі мөлшері жоғары және кремний төмен,  $SiO_2$  ауқымды артық мөлшерінде электродта сұйық шлак айнасының түзілуімен колошник ашылуы мүмкін. Шихтада коксик пен кварциттің артық мөлшері қорытпада көміртегі мен кремний мөлшерінің жоғарылауын тудырады; шлактанған кокс астаудан шығады, электродтар отырғызылуы тұрақсыз. Шлакта  $SiO_2$  жетіспегенде коксиктің артық мөлшері электродтардың жоғары отырғызылуымен сипатталады, құйымдар түзіледі, тигельден коксик тасталынады. Хром тотығының мөлшері төмен шлактар ыстық, алайда тұтқырлы және пештен үнемі шықпайды. Шлакта  $Al_2O_3$  артық мөлшері электродтарда шлактануды, олардың тұрақсыз отырғызылуын тудырады; суық қорытпа, көбікті шлактар. Шлактану режимінің бұзылуы гарнисаж қирауына және пештің апаттық күйіміне әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, футеровка күйімі, хром, көміртегі мөлшері төмендегенде қорытпаның сұйықтай аққыштығының ұлғаюы немесе оның қатты қызуы нәтижесінде орын алуы мүмкін. Жабық пештерде жоғары көміртекті феррохром өндірісі ойдағыдай игерілуде. Пештің қалыпты жұмысында күмбез асты қысымы 10 Па және газдар температурасы 100-200 °С. Газ құрамы шамамен келесідей мәнді көрсетеді: 70-90 %  $CO$ , 8 % дейін  $H_2$  және 1,0 % дейін  $O_2$ . Газдың жану жылуы 10000-11000 кДж/м<sup>3</sup> дейін жетеді. Газ тазалағышқа кіру кезінде газ шаңдануы 10 г/м<sup>3</sup> құрайды, шаңда 18-21 %  $Cr_2O_3$  кездеседі. Балқытуға шихтаны мұқият дайындау қажет. Жабық пештер гранулометриялық және химиялық құрамы бойынша біркелкіленген хром кенімен және ылғалдылығы тұрақты (4-6 %) коксикпен жұмыс істеу қажет. Кесекті немесе 80-10 мм фракциясына кесектелген хром кенінің мөлшері 80 % болу қажет.

Жабық пештерде қорытпа өндірісінде оларды эксплуатациялау үшін тән, процесс жүргізудің барлық ерекшеліктерін (белгілі бір газ құрамы, газтазалауға су шығыны және т.с.с.) қадағалау қажет. Қатты күйде хром кенін алдын-ала тотықсыздандырумен жоғары және орта көміртекті феррохром өндірісінің сұлбасы «Шова Денко» (Жапония) фирмасымен жасалған. Күйдіру пештерінде 60 % дейін хром және 80 % дейін темір тотықсыздануына қол жеткізіледі.

Ыстық жентектерді жабық кен тотықсыздандыру пешіне береді. Процесс жоғары техника-экономикалық көрсеткіштердің алынуын қамтамасыз ете отырып, салыстырмалы кедей және ұнтақ тәрізді хром кенін өңдеуге мүмкіндік береді. Мәселен, 55-65 % Cr, 8 % C және 3 % Si болатын феррохром өндірісінде төменде келтірілген көрсеткіштер (сол пеште, сол кенмен жүргізілетін қарапайым процеспен салыстырғанда) алынды.

Меншікті шығыны:

электрқуаты, МДж/т (кВт·сағ/т) 7850 (2200)/15200 (4300)

хром кені, кг/т 1900/2100

кокс, кг/т 600/500

отын, кг/т 200/—

Ескерту. Алымы – БКС процесі үшін, бөлімі–қарапайым процесс үшін.

Кен өлшендісінде тұрақты кен қабатын алу үшін кемінде 60% кесекті хром кені болу керек. Оған қоса, хром мен темір карбидтерін ойдағыдай көміртексіздендіру үшін процестің жоғары температурасы қажет. Оған оңтайлы шлак құрамын таңдау арқылы қол жеткізеді. Хром кені тотықтарынан алынған шлак, жоғары балку температурасына және тұтқырлығына ие болады. Мұндай шлак пеш ваннасынан нашар жойылады және металдың қызып кетуіне әсер етеді. Шлактың балку температурасы мен тұтқырлығын төмендету үшін шихтаға кварцит қалдықтары түрінде флюстер немесе өзге кремнеземқұрамды материалдар (ферросиликохром өндірісінің шлактары, шамотты кірпіш сынықтары және т.б.) қосады. Соңғы шлактың оңтайлы химиялық құрамы болуы үшін келесідей болу керек (массалық үлесі %):  $\text{SiO}_2$ – 28-33,  $\text{MgO}$  – 38-45,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ –17-19. Шлакта  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  мөлшері 6,0 % жоғары болмау қажет [5].

## 1.2 Шихта материалдарына қойылатын негізгі талаптар

Жоғарыкөміртекті феррохром өндірісі үшін шихта материалдарының келесі түрлері пайдаланылуы мүмкін:

- хромқұрамды шикізат: хром кені мен концентраттары, хром кенді брикеттер мен жентектер, газтазалау шаңдары;
- көміртекті тотықсыздандырғыштар: кокс жаңғағы, арнайы кокс, жартылай кокс, көмір;
- флюстеуші материалдар: кварцит немесе оның ферросиликохром өндірісінің шлактары, шамотты кірпіш сынықтары және т.б.;
- өзіндік өндірістің қайтымды қалдықтары;
- металлқұрамды қалдықтар: металлоконцентрат, металл құрамды брикеттер.

Зауытқа түсетін шихта материалдарының сапасы берілген нұсқаулықтың бөлімдерінде көрсетілген техникалық шарттар немесе шарттар талаптарына сәйкес келу қажет.



### 1.3 Көміртекті тотықсыздандырғыштар

Көміртекті тотықсыздандырғыштардың сапалық құрамы 2-4 кестерде көрсетілген талаптарға сәйкес келуі қажет.

2 Кесте – Кокстың сапалық құрамы

Жеткізу-шілер	Күл, (A)	Ұшқыштар, (V)	Күкірт, (S)	Фосфор, (P)	Ылғал, (W)	Ірілігі, мм	Фракциялық құрамы, %	
							10мм кем, артық емес	25мм жоғары, артық емес
	Артық емес, %							
РФ	15,0	2,0	0,5	0,05	20,0	10-25	10,0	10,0
КНР	15,0	3,0	0,5	0,015	20,0	10-50	10,0	10,0

3 Кесте–Тас көмірдің сапалық құрамы

Күл, (A)	Ұшқыштар, (V)	Күкірт, (S)	Фосфор, (P)	Ылғал, (W)	Ірілігі, мм	Фракциялық құрамы, %	
Артық емес, %						13 мм кем, артық емес	80ммжоғары, артық емес
38,0	18	0,35	0,008	10,0	13-80	8	10

4 Кесте– Шұбаркөл арнайы кокстың сапалық құрамы

Күл, (A)	Ұшқыштар, (V)	Күкірт, (S)	Фосфор, (P)	Ылғал, (W)	Ірілігі, мм	Фракциялық құрамы, %	
Артық емес, %						10 мм кем, артық емес	
15,0	12,0	0,6	0,02	20,0	10-60	15	

Балқыту цехына көміртекті тотықсыздандырғыштарды дайындау мен жіберуді, келесі сатылардан тұратын технологиялық нұсқаулыққа сәйкес жүргізеді:

- ШДЦ қоймаларында тотықсыздандырғыштарды техникалық және фракциялық құрамы бойынша қоймаландыру;
- қажет болғанда елеуішпен және білікті ұсақтағышпен жабдықталған кокс ұсақтау ғимаратында елеу және ұсақтау жүргізіледі.

### 1.4 Флюстеуші материалдар

Флюстеу материалдары ретінде 0,25 мм фракциялы кварцит қалдықтары немесе 25-80 мм фракциялы ұсақталған кварцит, сонымен қатар ферросиликохром, металды хром өндірісінің шлактары немесе 0-80 мм фракциялы шамотты кірпіш сынықтары қолданылады. Флюстеу материалдарын дайындау кешендерде жүргізіледі.

## 1.5 Айналмалы және металлқұрамды қалдықтар

Айналмалы және металлқұрамды қалдықтар (фракциясы 0-80 мм) балқыту цехына жіберіледі. Мұнды айналмалы қалдықтарды дайындау (ұсақтау) кешендерде жүргізіледі.

## 1.6 Шығарылатын өнімге қойылатын негізгі талаптар

Сыртқа тұтынушыға тиелетін жоғары көміртекті феррохром МЕСТ 4757 (ИСО 5448-81) немесе келісім шарт талаптарына жауап беру қажет. Жоғарыкөміртекті феррохромның МЕСТ 4757 (ИСО 5448-81) бойынша химиялық және фракциялық құрамы 6-кестеде көрсетілген.

6 Кесте – Жоғарыкөміртекті феррохромның химиялық құрамы

Маркасы	Массалық үлесі, %				
	Cr	C	Si	P	S
	Кем емес	Артық емес			
ФХ 650 А	65	6,5	2,0	0,03	0,06
ФХ 650 Б	65	6,5	2,0	0,05	0,08
ФХ 800 А	65	8,0	2,0	0,03	0,06
ФХ 800 Б	65	8,0	2,0	0,05	0,08
ФХ 850 А	65	8,5	2,0	0,03	0,05
ФХ 850 Б	65	8,5	2,0	0,05	0,08
ФХ 900 А	65	9,0	2,0	0,03	0,04
ФХ 900 Б	65	9,0	2,0	0,05	0,06

7 Кесте – Жоғарыкөміртекті феррохромның фракциялық құрамы

Ірілік класы	Кесектер өлшемі (бөлшек)	Партияда өнімнің массалық үлесі, % артық емес	
		Топ үсті	Топ асты
1	50 - 200	10	10
2	5 - 200	5	5
3	5 - 100	10	10
4	20 - 50	10	10
5	5 - 50	10	10
6	5 - 20	10	10

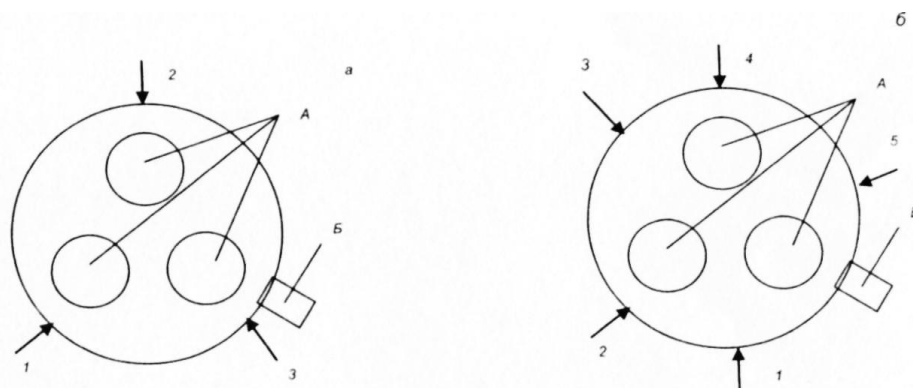
Цехта силикотермиялық тәсілмен орташа көміртекті феррохром өндірісі үшін өңделмелі жоғары көміртекті феррохром РК 306792590005 АО-55-2005 «Орташа көміртекті феррохром өндірісі үшін өңделмелі феррохром» талаптарына сәйкес келу қажет [6].

## 1.7 Беттік ластанулар

Феррохром кесектерінің беті және сынықтарында шлак, құм мен басқа бөтен материалдардың көптеген қосындылары болмау қажет. Кесектер бетінде зеңдер мен күйдірмейтін материал ізінің кездесуіне рұқсат беріледі.

## 1.8 Негізгі технологиялық жабдықтың сипаттамасы

Жоғарыкөміртекті феррохромды 3-фазалы ашық стационарлы шахталы типті электрпештерінде балқытады. Мұнда электродтар тең қабырғалы үшбұрыш төбелері бойынша орналасады. Футеровканың бойлық қимасында бірінші (а) және екінші (б) деңгейлі термопараның орналасу сұлбасы 3-суретте көрсетілген.



а – электродтар, б – науа, 1-5 – термопара номері

3 Сурет– Футеровканың бойлық қимасында бірінші (а)және екінші (б) деңгейлі термопараның орналасу сұлбасы.

Пештер қуаты 7650 кВт-тан 9200 кВт-қа дейін үш бірфазалы трансформаторлармен жабдықталған. Жұмысшы кернеу сатыларын пеш жұмысының нақты шарттарына байланысты таңдайды: пеш ваннасының күйі, жоғарғы жағында кернеу шамасы, қорытпа мен шлактың химиялық құрамы.

Әрбір пеште сыйымдылығы 32 м<sup>3</sup>-тан 63 м<sup>3</sup>-қа дейін шихта бункерлері бар. Шихта материалдарын мөлшерлеу және өлшеу реті берілген нұсқаулықта келтірілген. Ваннаға шихта беру үшін пеш, пеш қалталарымен және науалары бар құбырағыстарымен жабдықталған. Жоғарыкөміртекті феррохром балқытатын пеш ванналары бекітілген сызба бойынша магнезитті кірпішпен футерленеді. Пеш табанына бір қатар көмір блоктарын қоюға рұқсат етіледі. Бұл кезде көмір блоктарынан тұратын қалау, ауамен тотығуын алдын алу үшін, магнезитті немесе шамотты кірпіш футеровкасымен жақсы оқшаулануы қажет. Пеш ваннасының жылуоқшаулау қабаты шамотты кірпішпен футерленеді. Пеш

ваннасының белсенді зоналарын суыту үшін ванна қаптамасын сумен сулау орнатылады (ваннаны сулай жаз мезгілінде сәуір-қыркүйек айларының аралығында жұмыс істейді). Қажетті жағдайларда (ванна қаптамасының қызаруы) сумен суытудың мыстан жасалған келтеқұбырларын орнату қарастырылған. Ванна түптері ауамен үнемі үрленеді. Пештен балқыманы шығару үшін сыйымдылығы 1,75-2,3 м<sup>3</sup> шөміштер пайдаланылады. Ковштар шамотты кірпішпен бекітілген сызба бойынша футерленеді. Шөмішті кептіру және қыздыру үшін, пеш аузынан шыға беріс алдында газбен қыздыру жанарғылары орнатылған. Пештен шығарған кезде шлакты қабылдау үшін сыйымдылығы 1,75-2,93 м<sup>3</sup> дейін шлак жинағыштар пайдаланылады. Шөміш пен шлак жинағышты тесікке келтіру және балқыманы шығарғаннан кейін технологиялық ыдысты тесіктен шығару үшін, жүккөтергіштігі 12,0 т электрлі жүкарбалармен іске қосылатын арбаларды пайдаланады. Құймаға металды тарата құю үшін, жоғарыкөміртекті феррохром қалдықтарымен және Ақсу ферроқорытпалар зауыты мен өзінің аспирациялық шандарымен толтырылған, өлшемі 900·2000 мм құйылған немесе өлшемі 3000x11000 мм пісірілген құймақалыптар пайдаланылады.

ФХ 950 балқытатын пештерде аспирациялық шаң пайдаланбайды.

Шөміш астауының бөлінуі жүргізілетін, балқытушының жұмыс орнында стационарлы қорғаушы экран орнатылу қажет. Металл құймаларын қоймаландыру үшін жүккөтергіштігі 5-10 т дейін болаттан жасалған қорап пайдаланылады.

Ошақ құралдары мен саймандары:

- ағаш сабы бар қалақшалы болат күрек;
- ағаш сабы бар массасы 6-8 кг болат зілбалға;
- болат сынықтары, диаметрі 25 мм және  $L = 1,5$  м;
- болат табан  $L = 1,5$  м;
- арқанды ілу үшін ілмек  $L = 1,0-2,0$  м;
- металл мен шлак сынамасын алу үшін металды қасық;
- тесікті тазалау үшін болат қырғыш  $L = 4,0$  м кем емес;
- $L = 6$  м ( $L_{\min} = 3,0$  м) тесік саңылауын күйдіру үшін диаметрі 25 мм болат шыбық;
- тесік саңылауын күйдіру үшін пистолеті  $L = 0,6$  м болатын оттекті шланг;
- жүккөтергіштігі 1,0-3,0 т, 3 мүйіді болат тістеуік, табандығы мен құймақалыптан металл құймаларын бөліп алу үшін-сынақ жүргізу жөнінде биркасымен;
- ілмек  $L = 2,0$  м, шөмішті түсіру үшін - сынақ жүргізу жөнінде биркасымен;
- астауды толтыру үшін болат нығыздауыш  $L = 4,0$  м кем емес;
- астау саңылауын өңдеу, көсеу және астауда жұмыс істеу үшін диэлектрлік (ағаш, шамотты кірпіштен) торап [7].

## 2 Процесті жүргізу тәртібі

### 2.1 Зерттеу жұмыстарына шихта дайындау

Шойын, болат және ферроқорытпалар өндірісіне байланысты металлургия саласының үш негізгі бөлімдерінен соңғысы аса көп энергияны қажет ететін болып саналады. Ферроқорытпалар, конструкциялық болаттың құрамы мен сапасын реттейтін ең басты компонент ретінде дүние жүзінде сұранысқа ие. Феррохром кеңінен таралған. Олардың өндірісі хром және марганец кенінің кенорнына негізделеді. Хромды ыстық редуциялау газымен (БІРГ) - CO, H<sub>2</sub> металды күйге дейін редуциялау мүмкін емес, себебі олардың редуциялау потенциалы жеткіліксіз. Сондықтан ферроқорытпаларды өндіру технологиясы редуциялау реагенті ретінде қатты көміртегінің пайдаланылуына жан-жақты негізделген. Феррохромды бір технологиялық сұлба бойынша өндіреді. Дәстүрлі технология кесекті кен, кокс және флюс пайдаланылуына негізделген, оларды араластырады және электртермиялық пешке тиейді, мұнда шихтаны қыздыру мен редуциялап балқытуға тек электрқуатын ғана жұмсайды [8].

Кесекті кен мен кокстан тұратын шихтаны дайындау және тиеу шарттарында металдарды кокс көміртегісімен қатты фазада редуциялау мүмкін емес, себебі реакциялық жанасу беті (РКП-РЖБ) шектеулі болып келеді. Редуциялау процесі тек шихтаның кенді бөлігінің балқуынан басталады, мұнда, яғни 1250 – 1350 °С облысында кокс саптамалары қабаты арқылы тотықты балқыманың сүзілуі мен кокс кесектерінің РЖБ шайылуы жүреді. Демек, бұл электрқуатының тек ауқымды шығыны емес, оған қоса, тиімсіз пайдаланылуын білдіреді. Нәтижесінде мақсатты металдардың — хромның бөліну дәрежесі жеткіліксіз болады, жоғары көміртекті ферроқорытпалар (6 – 8 % көміртегі мөлшерімен) алынады, сонымен қатар өнімнің өзіндік құны жоғары болады.

Теориялық және тәжірибелік зерттеулер [9-11] кенкөмір қоспасын дайындауға және индукциялық пештің, сонымен қатар конвертер типті балқыту агрегаттарының пайдаланылуымен екі сатыда ары қарай балқытуға арналған. Мұнда бірінші конвертерге кесекті кенкөмір қоспасын көмірдің артық мөлшерімен тиейді және қабатты оттегімен үрлейді. Көмірдің артық шығынында, редуциялау ортасының түзілуінде және жоғары температурада темірдің толық редуциясы жүреді, ал шлак балқымасы мақсатты металдар — хром тотықтарымен байытылады. Екінші конвертерге хром тотықтарының мөлшері жоғары шлактарды тиейді және қабатты көмірдің ауқымды артық мөлшері болатын оттекті-көмір қоспасының ағынымен үрлейді, және жоғары көміртекті феррохром балқытады. Технологияның жүзеге асырылуы қымбат электрқуатын отын энергиясымен алмастыруға мүмкіндік береді. Алайда көмірдің жоғары артық мөлшері шлак пен атмосфераға газ шығуының ұлғаюына байланысты, бұл аудан экологиясын нашарлатады.

Электртермиялық пеште, сонымен қатар конвертерлі типті агрегатта редуциялап балқыту технологиясы кесекті кен, кокс пен көмірден тұратын шихтаны дайындау мен тиеуде және топохимиялық режимде шихтаның кенді бөлігінің балқуы кезінде металдардың редуциялану шарттарымен ерекшеленбейді. Дәстүрлі және ұсынылған технологияны қарастырған кезде, металдардың қатты көміртегімен редуциялану механизмі мен кинетикасы мүлдем талқыланбайды, негізгі көңіл электрқуатының шығынын төмендету және коксты көмірмен алмастыруға бөлінеді. Осыған байланысты айта кету керек, процестің топохимизмі кокс пен көмір кесектерінен көміртегінің тотықты балқыма қабатына диффузиялық тасымалдануымен шектеледі.

Жаңа теориялық ережелер негізінде [12, 13] металдардың көміртегімен қатты фазада редуциялану тиімділігі басты көрсеткішке – өзара әрекеттесетін қатты бөлшектер қабатында реакциялық жанасу бетіне (РКП-РЖБ) тәуелді болады. Әрбір шынайы бөлшекті радиусы  $R_r$  және бөлшек беті ауданының геометриялық тегіс шар бетінен ауытқуын ескеретін, пішін коэффициенті  $k_\phi$  болатын шар түрінде көрсетуге болады.

Көлемі  $V_{ш} = 4\pi R^3/3$  болатын кен шикізатының қатты шартәрізді бөлшектердің тығыздығын  $\rho$ , г/см<sup>3</sup> ескере отырып, массасы  $G_p$  болатын сеппелі кен қабатында бөлшектер санын анықтауға болады, г:

$$n_r = \frac{3G_p}{4\pi R^3 \rho_p} \quad (7)$$

Дәстүрлі түрде электртермиялық пешке орташа фракциясы 40 мм немесе  $R_r = 2$  см кен тиейді. Сонда  $G_p = 1000$  г,  $\rho_p = 3,5$  г/см<sup>3</sup>,  $R_r = 2$  см қабылдай отырып, 1 кг сеппелі кен шикізатындағы бөлшектер санын табамыз

$$n_r = \frac{3 \cdot 1000}{4 \cdot 3,14 \cdot 2^3 \cdot 3,5} = \frac{3000}{351,68} = 8,53.$$

Егер фракция өлшемін 1 мм немесе 0,1 см дейін кішірейтсек, яғни  $R_r = 0,05$  см онда 1 кг кен шикізатындағы бөлшектер саны

$$n_r = \frac{3000}{0,00549} = 5464480.$$

Шихта қабатында РЖБ

$$F_p = 4\pi R^2 k_\phi n_r \quad (8)$$

(8) теңдеуге сүйенсек, 1 кг кен шикізатында бірінші жағдайда РЖБ құрайды

$$F_p = 4\pi R^2 \cdot 1,16 \cdot 8,53 = 4\pi \cdot 4 \cdot 1,16 \cdot 8,53 = 497,1 \text{ см}^2/\text{кг}.$$

Екінші жағдайда (1 мм фракциясынан тұратын шихтада) РЖБ шамасы:

$$F_p = 4\pi R^2 \cdot 0,0025 \cdot 1,16 \cdot 546668,0 = 19903,8 \text{ см}^2/\text{кг},$$

бұл 40 есе жоғары. Пайдаланылатын шихта фракциясының өлшеміне РЖБ тәуелділігі 1 сур. көрсетілген. Сызбадан көрініп тұрғандай, шихта қабатында фракция өлшемі кішірейген сайын, РЖБ ұлғаяды, бұл металдардың көміртегімен қатты фазада редукциялану реакциясының қарқындылығына тікелей қатысты. Жалпыға мәлім, тотықты фазалардың кез-келген деңгейінде металдардың редукциясы температураның жоғарылауымен, яғни электрондардың қозғалыс жылдамдығының жоғарылауына ең бірінші әсер ететін, сыртқы энергия жүйесіне хабарландырумен басталады. Нәтижесінде тотықтардың қатты фазалы қосылысынан көміртегімен газ фазалы қосылысына оттегінің өту жылдамдығы РЖБ дамуына байланысты ұлғаяды.

Дисперсті кенкөмір шихтасының дайындалуы редукциялау-балқыту процестерін тиімді жүзеге асыру үшін маңызды тәжірибелік мәнге ие. Шихта дайындау және феррохром алу үшін хром кенінің майда қалдықтарын, көмір шаңын немесе ұсақ ағаш көмірді, сонымен қатар шихтаға қоспа ретінде флюстер мен темірқұрамды өнеркәсіптік қалдықтарды пайдаланады (8 Кесте).

8 Кесте - Химиялық құрамы, мас. % , шихта компоненттері

Компоненттер	Fe	FeO	Mn	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	C
Хром концентраты	10,3	13,2	—	52,36	5,72	7,86	0,64	18,35	0,013	0,002	—
Темір тотығы	68,6	32,4	0,46	—	0,62	0,26	0,32	0,11	0,035	0,03	—
Ағаш көмірі	0,25	—	—	—	1,32	0,62	0,10	0,12	0,13	0,02	95,0

Донск ТКБК хром кенінде және оны байыту қалдықтарында Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ауқымды дәрежеде темір мен магнийдің хромшпинелидтеріне байланысқан - FeO · Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> және MgO · Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Хром кенінде негіздік тотықтың MgO жоғары концентрациясына байланысты флюс ретінде кварцитті пайдаланады. Хром қалдықтарының (массалық үлесі 0,760) негізінде окалинаның 0,10 массалық үлесін, 0,14 кварцитті флюстің (98 % SiO<sub>2</sub>) массалық үлестерімен қоспалары жасалды.



4 Сурет – Эксперименттік жұмыста қолданылған хром концентратының қалдығы (массалық үлесі 0,760)



5 Сурет – Темір тотығы (окалина) (массалық үлесі 0,1)





7 Сурет –Кварцитті флюстің (массалық үлесі 0,14)

Қоспалардың орташа өлшенген химиялық құрамы 9 кестеде келтірілген.

9 Кесте – Қоспалардың орташа өлшенген химиялық құрамы

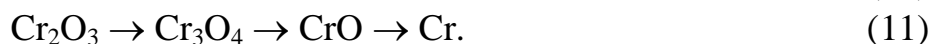
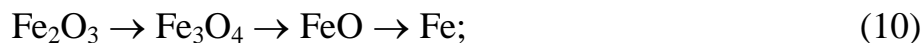
Материал	Fe	FeO	Mn	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P
Хромитті	14,69	18,8	0,046	39,80	18,26	6,00	0,52	13,95	0,013	0,004

9 кестеден көрініп тұрғандай редукцияланатын металдар Fe және Cr, олар ары қарай осы қоспалардан дайындалған кенкөмір жентектерінен редукцияланатын болады. Шихта құрамына енгізілетін көміртегінің нормаланған мөлшері айқын көрінетін қалдықсыз металдардың тікелей редукциясына шығындалады. Пайдалану дәрежесі 0,40-0,45 деңгейінде газ құрамының тепе-теңдігімен шектелетін БРГ (CO, H<sub>2</sub>) қарағанда, қатты көміртегіні пайдалану дәрежесі бірлікке жетіп қана қоймай, одан біршама асып түседі. Мұндай бағалау металдарды тікелей редукциялаудың жалпы қабылданған түсінігіне толықтыру енгізеді. Әдеби көздің басым бөлігінде металдарды қатты көміртегімен тікелей редукциялау деп тек CO түрінде газ тәрізді өнімнің түзілуімен металл тотықтарының көміртегімен әрекеттесу реакциясын түсінеді.



Тек соңғы он жылдықта тотықтардың реттік фазалық түрленулеріне байланысты металдардың тікелей редукциясы жөнінде теориялық қағидалардың [14, 15] дамуына байланысты, газ тәрізді өнім тек CO ғана емес, оған қоса CO<sub>2</sub> тұратыны орнатылды. Олардың қатынасы өзгереді және берілген

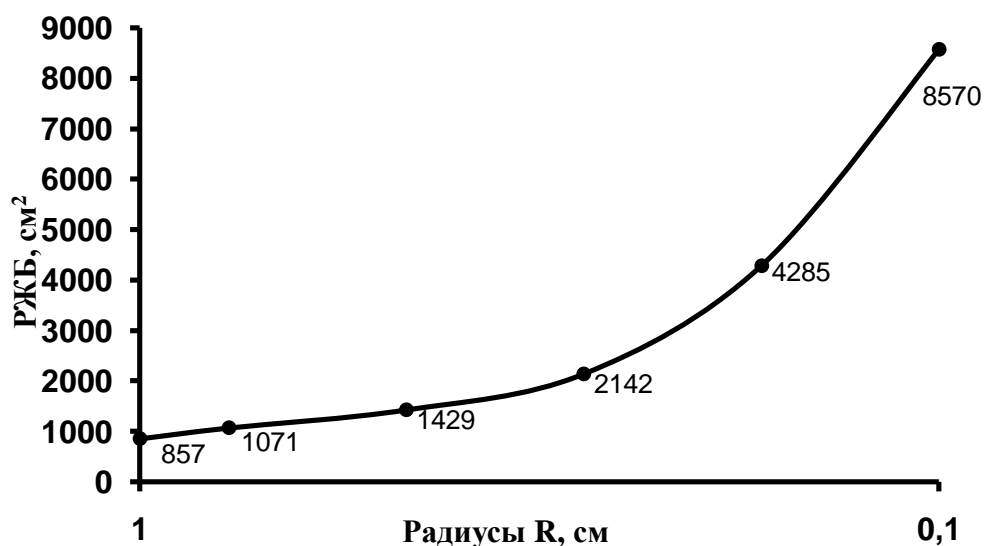
тотықтың диссоциация серпімділігімен -  $\lg K_{O_2}$  (немесе оттегінің тепе-теңдік парциалды қысымымен) сипатталатын тотықты фазалардың химиялық беріктігіне тәуелді болады. Мәселен, темір мен хромның көміртегімен тікелей редукциясы келесі фазалық түрленулер арқылы өтеді



Жоғарғы тотықтардан төменгіге реттік фазалық түрленулер оттегінің металға атомдық қатынасының 2,0 - 1,0 дейін азаюымен жүреді. Мұндағы аса әлсіз буыны металдарды жоғарғы тотықтарының байланысы болып табылады, демек, бұл фазадан оттегі қатты көміртегімен негізінен  $CO_2$  түрінде газдалады. Металл тотықтары жоғарғыдан төменгіге өткен сайын, соңғылардың байланыс беріктігі жоғарылайды және  $CO_2$  түрінде газдаланатын оттегі үлесі оның  $CO$  түзілуімен үлесінің ұлғаюы есебінен, төмендейді. Металдарды тікелей редукциялау кезінде бұл маңызды тәжірибелік мәнге ие. Хром кенінде, негізгі мақсатты металдар – хром тотықтарынан басқа темір тотығы кездеседі. Алайда осы кеннен металдарды қатты көміртегімен редукциялау кезінде, қолданыстағы әдістеме бойынша көмір немесе кокс шығынының есебі (9) реакциядан шығады, мұнда газтәрізді өнім ретінде тек  $CO$  санау қабылданған. Сонда 16 кг оттегіні газдандыру үшін 12 кг көміртегі қажет болады. Металл тотықтарының оттегісін газдандыруға қажетті меншікті көміртегі шығынының коэффициенті  $k_C = 0,750$  кг/кг құрайды. Ұсынылып отырған дифференциалдық әдіс бойынша, жоғарыда көрсетілгендей шихта тотықтары оттегісінің тек  $CO$  түрінде ғана емес, оған қоса  $CO_2$  түрінде газдалуы ескеріледі, яғни, 32 кг оттегіге 12 кг көміртегі қажет болады. Бұл жағдайда меншікті көміртегі шығынының коэффициенті 0,375 кг/кг оттегіге құрайды.

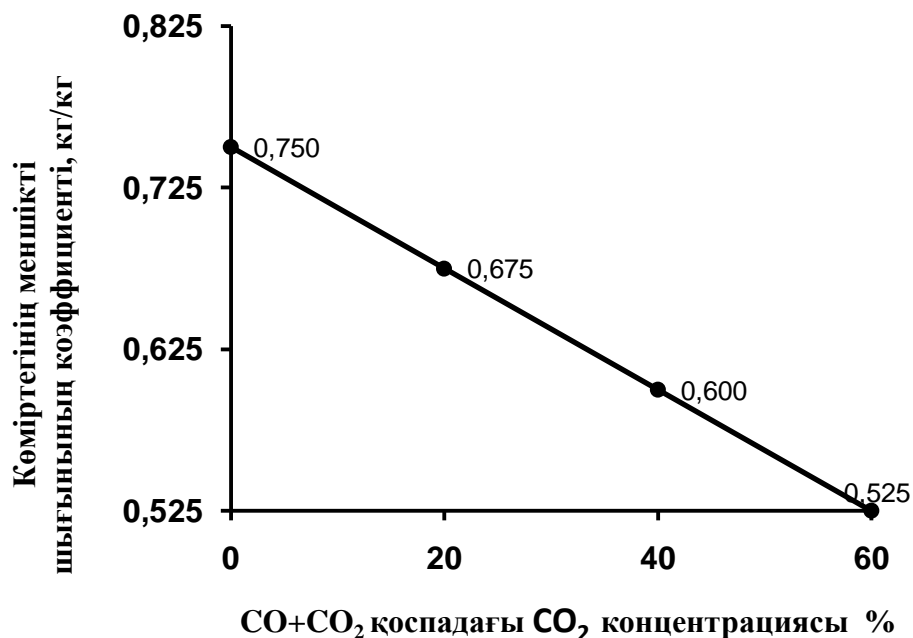


8 Сурет – Редукциялаушы реагент ағаш көмірі (12 гр.)



9 Сурет – Қолданылатын шихтаның фракция радиусына R РЖБ мәнінің тәуелділігі

Кенкөмір қоспасында металдарды қатты көміртегімен редукциялау реакцияларының газ тәрізді өнімі тек CO және CO<sub>2</sub> болып табылады, олардың қосындысы 100 % құрайды. Металл тотықтары оттегісінің газдалуына қажетті меншікті көміртегі шығынының коэффициенті түзілетін CO және CO<sub>2</sub> газдарының пайыздық қатынасына тәуелді құралады (сурет 10).



10 Сурет – Металл тотықтары оттегісінің газдалуына қажетті меншікті көміртегі шығынының коэффициентінің түзілетін CO және CO<sub>2</sub> газдарының қоспасына тәуелділігі

9 кестеде келтірілген шихтаның кен компоненттерінің химиялық

құрамына байланысты, газдалатын оттегінің массалық үлесі 0,185 кг/кг хром кеніне құрайтынын орнатуға болады. Демек, кенкөмір қоспасын қалыптастыру үшін шихта құрамына енгізілетін көмір (немесе көміртегі) шығыны, металдарды көміртегімен тікелей рпедукциялау процесін есептеу әдістемесіне тәуелді болады.

Егер металдарды тікелей редуциялау реакцияларын тек CO түрінде газтәрізді өнімнің түзілуімен қарастыратын болсақ, онда бірлік шахтаға көмір шығыны  $k_C = 0,750$  коэффициентіне байланысты орнатылатын болады. Сонда бірлік (1 т) хром кеніне меншікті қатты көміртегі шығыны сәйкесінше т/т құрайды. Егер  $CO_2 = 10; 20; 30; 40$  % концентрациясын қабылдасақ, онда 2 сурет сәйкес  $k_C$  сәйкесінше 0,7125; 0,675; 0,6375; 0,600 шамаларын қабылдауы мүмкін. Сонда бірлік (1 т) хром кеніне қатты көміртегі немесе көмірдің (бөлімінде) меншікті шығыны 10 кестеде көрсетілгендей өзгертін болады.

10 Кесте - CO + CO<sub>2</sub> қоспасындағы CO<sub>2</sub> концентрациясына байланысты 1 т хромит кендеріне көмір/көмірдің үлестік шығынының өзгеруі

Кен	CO + CO <sub>2</sub> қоспасындағы CO <sub>2</sub> концентрациясы кезінде көмір/көмірдің үлестік шығыстары, т/т)			
	10	20	30	40
Хромитті	0,1318/0,2028 (0,0069)	0,1249/0,1921 (0,0138)	0,1180/0,1815 (0,0207)	0,1110/0,1708 (0,0277)

Көрініп тұрғандай, реакциялардың газтәрізді өнімдерінде CO<sub>2</sub> концентрациясы жоғарылаған сайын, 0,1387 т/т хром кеніне есептік шығындарымен салыстырғанда да, көміртегі/көмірдің шынайы меншікті шығыны төмендейді. Түзілетін көміртегінің артық мөлшері CO<sub>2</sub> концентрациясының ұлғаюымен, жоғарылайды және балқыту кезінде металдың көміртектенуіне шығындалады. 1 т хром шихталарынан (9 кесте құрамы бойынша) металл шығуы сәйкесінше 0,375 т/т. Хром шихтасын редуциялап балқыту кезінде 0,0069 - 0,0346 т/т дейін – феррохромның [C] = 1,84 - 7,38 % дейін көміртектенуіне әкеледі. Осы себептен жоғары көміртекті ферроқорытпалар балқытып шығарылады.

Металдарды редуциялап балқытудың көптеген жаңа процестерін жүзеге асыру кезінде металдардың көміртектенуіне – екі сатылы кешеннің домнада – оттекті-конвертерлі өндірістің қалыптасуына және пештен тыс өңдеу, қышқылсыздандыру мен легірлеуге қажетті қосымша шығындармен байланысты металлургия саласының мәселесіне тап болады

## 2.2 Эксперименттік жұмыстарды ұйымдастыру

Берілген жұмыста тәжірибелік зерттеулер дифференциалдық әдіс бойынша ұйымдастырылды. Марганец кенінің негізінде кенкөмір жентектері

дайындалды, олардың орташа өлшенген химиялық құрамы 9 кестеде келтірілген. Сәйкес шихтаның бірлігіне ағаш көмір шығыны темір, хромды редуциялау стехиометриясымен анықталды. Кенкөмір шихтасының қоспасы  $\leq 1,0$  мм фракциясына дейін ұнтақталады (11 сурет) және табақшалы түйіршіктегіште түйіршіктеледі (12 сурет). Байланыстырушы материал ретінде меласса ерітіндісі пайдаланылды. 8,0 – 12,0 мм фракциялы кенкөмір жентектері алынды, оларды 350 – 400 °С температурада кептіргеннен кейін 200 г-нан герметикалық отқатөзімді ұяшыққа тиейді. Ұяшықты ішіндегісімен алдын-ала 400 °С дейін қыздырылған РНТС 80-230/15 құбырлы кедергі электрпешіне енгізеді, ол реакциялық зонаның 1550 °С дейін қыздырылуын қамтамасыз етеді.



11 Сурет – Дірілдеткіш ұнтақтағыш

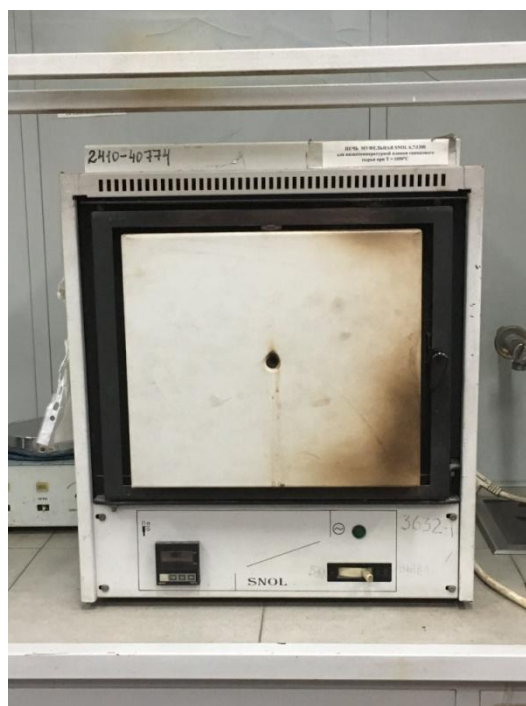


12 Сурет - Табақшалы түйіршіктегіш



13 Сурет – Тәжірибеде алынған шикі жентектердің үлгісі

Ары қарай кептіру, металдандыру, хромның кенкөмір жентектерін редуциялап балқыту бойынша сынақтар жүргізілді.



14 Сурет – Кептіру пеші



15 Сурет – Металдандыру пеші



16 Сурет – Металданған жентектің үлгісі



17 Сурет - RHTC 80-230/15 құбырлы кедергілі электрпеші

Көміртегіқұрамды хромит жентектері бар ұяшықтармен зерттеу жұмыстарын жүргізген кезде, CO, CO<sub>2</sub> газдарының бастапқы бөлінуі 900 °C жеткен кезде байқалады, бұл келесідей түсіндіріледі, біріншіден, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> тотығының химиялық беріктігі аса жоғары, оның қатты көміртегімен редукциясы 1250 – 1300 °C кезінде басталады, екіншіден, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> тотығы вюститпен FeO шпинелидке FeO · Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> байланысқан. Сондықтан химиялық беріктігі төмен вюститтің FeO қатты көміртегімен редукциясы оның шпинелидке байланысуымен қиындатылған.

900 – 950 °C кезінде бөлінетін газ – реакция өнімі CO және CO<sub>2</sub> қоспасынан құралған. 1150 °C кезінде газдалған оттегі мен көміртегі балансы бойынша  $R_{Fe} = 0,85$  деңгейінде темірді редукциялау дәрежесіне қол жеткізілді. Жүйенің ретпен 1300 – 1500 °C дейін ары қарай қыздырылуы қарқынды газ бөлінуімен (100 % CO) жүреді, ол 1500 °C кезінде айтарлықтай тоқтады. 1540 °C кезінде жүйені балқытылған күйде 15 мин бойы ұстап тұрады. Балқыманы дайындалған қаңылтыр табаға құяды. Хромит кенкөмір жентектерінен алынған металл балқымасын химиялық талдауға ұшыратады. Металл үлгілерінің шығуы мен олардың химиялық құрамы 11 кестеде көрсетілген.

11 Кесте – Химиялық құрамы, мас. % , балқытылған металдар үлгілері

Балқыма	Металл шығыны, г	[C]	[Si]	[Mn]	[Cr]	[S]	[P]
Феррохром	75,0	1,20	0,65	0,09	60,6	0,02	0,006
Марка FeCr70C20LP		1,0÷2,0	1,5			≥0,03	≥0,03

Көрініп тұрғандай, балқытылған металл үлгілері жеткілікті жоғары сапалы феррохром болып келеді. Балқытылып алынған металл құрамы орташа көміртекті феррохром (марка FeCr70C20LP) құрамына сәйкес келеді.



Сәйкес кен байытудың жиналған майда қалдықтарынан мұндай сапалы феррохром балқыту маңызды тәжірибелік мәнге ие. Кенкөмір материалдарын дайындаудың сипатталған сұлбасы тауарлы кен қатысында да қолданылуда.



18 Сурет - Балқытылып алынған металл үлгісі

Редукциялап балқыту тиімділігіне кесекті кен мен көмірден емес, алдын ала ұсақталған және ұнтақталған компоненттерден кенкөмір қоспасын дайындаумен қол жеткізеді. Дисперсті кенкөмір қоспасының жасалуы жүйенің РЖБ дамуын қамтамасыз етеді, бұл принципіалды маңызды.

### 3 Құрамында хром бар ферроқорытпаларды алу технологиясының техникалық-экономикалық көрсеткіштері

*Ферроқорытпаларды өндіру жөніндегі жобаның құны.* Жобаны іске асыру өндірістік кәсіпорынды жобалауды талап етеді.

Ферроқорытпа өндірісін жобалауға арналған технологиялар мен техникалық тапсырмаларды әзірлеу орындаушымен нақты келісімшарттар бойынша жүргізілуі мүмкін. Осы жұмыстардың нәтижелері негізінде ферроқорытпа кешенінің барлық бөлімшелерінің жобаларын жасауға Гипрометаллге тапсырмалар берілуі тиіс. Бұл ретте жобалау үшін бастапқы деректер өндірістің технологиялық және техникалық параметрлері мен қуаты болып табылады. Ең алдымен, әзірленген технология бойынша өндіріс шығындарын анықтау қажет.

13 Кесте - Инновациялық технология бойынша ферроқорытпа өндірісін жобалауға арналған шығындар

№ п/п	Атауы	Өлшем бірлігі	Баға, мың. \$ АҚШ	Саны	Барлығы, тыс. \$ АҚШ
1	2	3	4	3	6
1	Шикізат пен отынды дайындау учаскесінің жобалық құжаттамасы	жиынтығы			
1.1	Кендерге, концентраттарға, флюс пен көмірге арналған бункерлер мен бекітпелердің жобалары.	дана	10,0	20	200,0
1.2	Материалдар мен көмірді себуге арналған електердің жобалары.	дана	8,0	6,0	48,0
1.3	Конвейер мен барабанды араластырғыштың жобасы.	дана	6	5	30,0
1.4	Барабанды кептіру пешінің жобасы	дана	10,0	3	30,0
2	Магнетизациялайтын күйдіру үшін шахталық пештің жобасын әзірлеу.				
2.1	Тиеу және түсіру құрылғыларының жобалары.	дана	10,0	8	80,0
2.2	Тарелкалы жентектегіштің жобалары	(жиынтық)	10,0	5	50,0
2.3	Шахталық пештің қаптамасы мен металл конструкцияларының жобасы	дана	10	8	80,0
2.4	Жентекті металдандыруға арналған шахталық пештің жобасы	дана	20,0	5	100,0

1	2	3	4	3	6
2.5	Шахта пешін отқа төзімді материалмен шегендеу жобасы	дана	6,0	8	48,0
2.6	Газ клапандары бар шахталық пештің газ бұру және шаң ұстағыштың жобасы	дана	10,0	10	100,0
2.7	Үздіксіз қайта тиеу құрылғысының және шлюзді бункерлердің, индукциялық пешпен түйісудің жобасы	дана	10,0	10,0	100,0
3	Газ генераторларының жобалары	дана	10,0	5,0	50,0
4	БӨА қондырғыларын және автоматтандырылған желілерді жобалау	дана			114,0
5	Өнеркәсіптік тапсырмаларды жобалау				370,0
Барлағы					1400,0

## 15 Кесте - Материалдық шығындар

№ п/п	Атауы	Өлшем бірлігі	Баға, мың. \$ АҚШ	Саны	Барлығы, тыс. \$ АҚШ
1	Марганец және хромит қалдықтары	т/т	50,0	2,5	125,0
2	Флюс	т/т	20,0	0,070	1,4
3	Ағаш көмірі	т/т	500,0	0,280	140,0
4	Энергетикалық көмір	т/т	18,0	0,50	9,0
5	Табиғи газ 1000 х	м <sup>3</sup> /т	160,0	0,10	16,0
6	Қысылған ауа 1000 х	м <sup>3</sup> /т	2,6	0,6	1,56
7	Су	т/т	0,15	0,50	0,80
8	Жүп	т/т	10,0	0,065	0,65
9	Электроэнергиясы	кВт·ч/т	0,15	150	225,0
Материалдық шығындар жиыны					519,35
10	Еңбекақы қоры				40,0
11	Ағымдағы жөндеу				2,5
12	Көлік жұмысы				2,6
13	Негізгі құралдарды автоматтандыру				3,15
14	Әлеуметтік елдерде есептеу				1,2
Зауыттық өзіндік құн					568,8 Шамамен 570,0

570 \$/т қорытпасының өзіндік құны кезінде өндіріс бірлігіне жоғарыда келтірілген шығындардың нәтижелері бойынша қуаты 800 т/тәулік деңгейінде өнеркәсіптік кешеннің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін анықтаймыз.

16 Кесте – Өндірістік кешеннің техника-экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Өндірістік модуль, \$, США
Жылына өнім өндіруге жұмсалатын шығыстардың барлығы $M = П \cdot С = 800 \cdot 357 \cdot 570 =$	162 792 000,0
Орташаланған нарықтық баға – 2600 \$/т	2600,0 \$
Өнімді сатудан түскен кірістер $D = П \cdot Ц = 800 \cdot 357 \cdot 2600 =$	742 560 000,0
НДС + МС = 12 %.	89 107 200,0
Пайда $E = 742 560 000 - 89 107 200 - 22 008 000$	653 452 800,0
Пайда салығы ~ 30% Таза пайда $653 452 800 - 196 035 840 =$	457 416 960,0

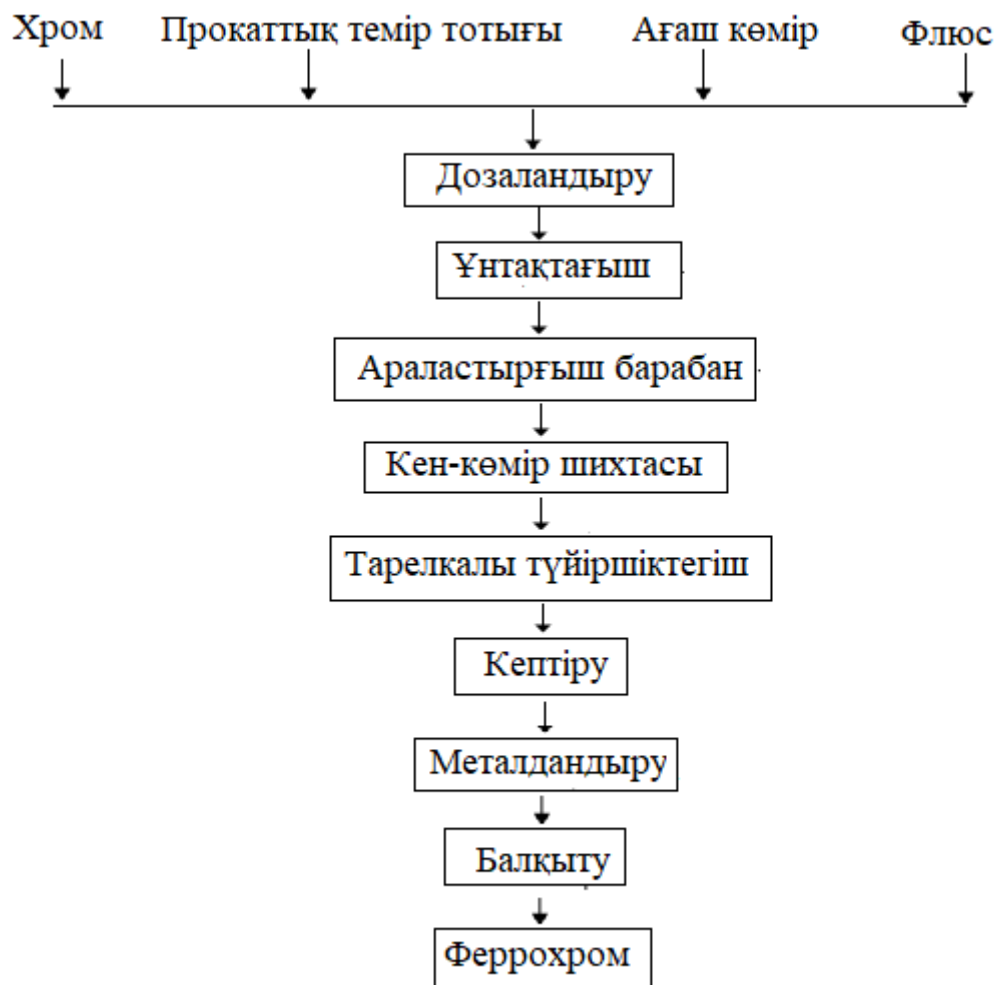
АҚШ таза пайда бере алады және кешенді жобалауға кететін барлық күрделі шығындар мен шығындарды іс жүзінде өтейді  $= 141000000 + 1430000 = 142430000,0$  \$ АҚШ

Жобаның өзін-өзі ақтау

$$T = \frac{142430000,0}{457416960,0} = 0,312 \text{ жыл};$$

Көрініп тұрғандай, өнеркәсіптік кәсіпорын құруға, шығарылатын өнімді сатуға, тауар өнімін сатудан түскен табыс пен пайда алуға күтілетін шығындар өндірістің жоғары рентабельділігін көрсетеді. Жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштер инновациялық технология есебінен жинақталған марганец және хром қалдықтарын тиімді қайта өңдеудің тиісті тауарлық кенге қарағанда бірнеше есе төмен бағасы бар. Осы ұсақ қалдықтардан моношихтаны дайындау технологиясы әзірленді, ол бағасы қымбат кондициялық марганец және хром кеніне қарағанда айтарлықтай жоғары технологиялық сипаттамаларға ие. Алынған моношихтаны одан әрі қалпына келтіру балқытуы процестердің өту тиімділігін арттырумен, физика-химиялық процестердің ағуын жеделдетумен, электр энергиясының шығынын қысқартумен, балқыту агрегатының өнімділігін арттырумен сүйемелденеді.

Белгіленген техникалық-экономикалық көрсеткіштер өнеркәсіптік кәсіпорынды құру және феррохром өндірісін ұйымдастыру үшін осы инновациялық технологияны пайдалану мүмкіндігін ғана емес, сондай-ақ қажеттілігін де көрсетеді, олар ішкі және әлемдік нарықта, тауар өнімі ретінде де талап етіледі.



19 Сурет – Феррохромды тікелей алу технологиялық сұлбасы

## 4 Процесс ұйымдастыру кездегі туындайтын қолайсыз жағдайлар

### 4.1 Пеш жүрісінің технологиялық бұзылу себептері және оларды жою тәсілдері

Пеш жүрісінің технологиялық бұзылу себептері:

- шихта материалдарының қате өлшенуі;
- шихта материалдарының фракциялық құрамының берілген нұсқаулық талаптарына сәйкес келмеуі;
- шихта материалдарының сапасыз араластырылуы;
- электрлік режимнің технологиялыққа сәйкес келмеуі;
- хром кенінің химиялық құрамының өзгеруі;
- тотықсыздандырғыштар ылғалдылығы мен күлділігінің өзгерісі.

Пештің қалыпты технологиялық жүрісінің кез-келген ауытқуларында, ең бастысы мөлшерлеу таразыларының жұмысы тексеріледі.

Тотықсыздандырғыштың артық мөлшері:

а) флюстеушілердің оңтайлы өлшендісінде тотықсыздандырғыштардың артық мөлшері электродтардың ұсақ отырғызылуымен сипатталады. Бұл шихта қабатының меншікті электркедергісінің төмендеуіне байланысты, шихта опырылып түседі, қорытпада кремний мөлшері жоғарылауы мүмкін, шлакта кремнезем, хром мен темір тотықтарының мөлшері төмендейді. Шлактар қоюланады. Қорытпаның тотықсыздандырғыштың артық көміртегі мөлшерімен қанығуы есебінен қорытпада көміртегі мөлшері жоғарылайды [16].

Пеш жүрісін дұрыстау үшін тотықсыздандырғыштар өлшендісі, тотықсыздандырғышта ылғал мөлшері мен фракциялық құрамын, мөлшерлеу таразыларының жұмысын тексеру қажет. Себебін орнатқаннан кейін, тотықсыздандырғыш өлшендісін 5-10 кг төмендетеміз және пешке біруақытта 1500-3000 кг мөлшерде қосымша хром кенін береміз;

б) флюстеушілердің артық мөлшерінде тотықсыздандырғыштың артық мөлшері шлакт электркедергісінің ұлғаюы салдарына электродтардың терең отырғызылуымен сипатталады, кремнеземнің бір бөлігі тотықсыздандырғыш көміртегісімен тотықсыздануынан қорытпада кремний мөлшері жоғарылайды, қорытпаның тотықсыздандырғыштың артық көміртегі мөлшерімен қанығуы есебінен қорытпада көміртегі мөлшері жоғарылайды және процесс температурасы төмендейді. Астаудан коксик шығады, шлакта кремнезем мөлшері жоғарылайды, бұл балқыту температурасының төмендеуіне және салдарынан қорытпа температурасының төмендеуіне әкеледі.

Пешті дұрыстау үшін пешке біруақытта 1500-3000 кг мөлшерінде хром кенін беру, тотықсыздандырғыш өлшендісін 5-10 кг-ға және флюс өлшендісін төмендету, шихта материалдарының сапасы мен мөлшерлеу нақтылығын тексеру қажет;

в) флюстеушілердің жетіспеушілігінде және тотықсыздандырғыштың артық мөлшерінде шлакта кремнезем мөлшерінің төмендеуі жүреді, салдарынан шлак температурасы жоғарылайды, оның тұтқырлығы артады, ол пештен нашар шығады, колошникте берік монолитті арқа түзіледі және шахтаның ағызылуы мен газ бөлінуіне кедергі келтіреді. Шихта электркедергісінің төмендеуі есебінен электродтар отырғызылуы жұмсақ болады.

Пеш жүрісінің дұрысталуын қамтамасыз ету үшін пешке біруақытта 1500-3000 кг хром кені мен 200-300 кг кварцит қалдықтарын беру, сонымен қатар тотықсыздандырғыш өлшендісін төмендету және флюстеушілер өлшендісін ұлғайту қажет.

Шихтада тотықсыздандырғыш жетіспеушілігі:

а) флюстеушілердің оңтайлы өлшендісіндетотықсыздандырғыш жетіспеушілігі шихтаның электркедергісінің жоғарылауынан тоқ жүктемесінің жоғалымымен электродтардың терең отырғызылуымен, астаудан тотықсызданбаған хром кенінің шығарылуымен, құрамында хром тотықтары мөлшерінің жоғарылауы есебінен шлак тұтқырлығының жоғарылауымен сипатталады. Металда кремний мен көміртегі мөлшері төмендеуі мүмкін. Пеш жүрісін дұрыстау үшін біруақытта қосымша 200-300 кг тотықсыздандырғыш беру және колошада оның өлшендісін ұлғайту қажет.

б) флюстеушілер жетіспегендежәне тотықсыздандырғыш жетіспеушілігіндехром тотығуы концентрациясының жоғарылуы және кремнезем тотығы концентрациясының төмендеуінен шлак тұтқырлы және қиын балқитын болады. Шлак құрамында көптеген металл королектары және тотықсызданбаған кен кездеседі, пештен нашар шығады, алдыңғы қабырғасы желінеді, электродтар ұсақ отырады, электродтардың тоқ жүктемесі тұрақсыз. Пеш жүрісінің дұрыстау үшін пешке біруақытта қосымша тотықсыздандырғыш пен флюстеушілер беру, сонымен қатар колошаға кокс пен флюстеушілер өлшендісін ұлғайту ұсынылады;

в) флюстеушілердің артық мөлшеріндежәне тотықсыздандырғыштар жетіспегенде шлақтың балқу температурасы төмен болады (шлак суық және тұтқырлы), құрамында тотықсызданбаған кен кездеседі және пештен нашар шығады. Электродтар отырғызылуы тоқ жүктемесінің жоғалымымен терең.

Пеш жүрісін дұрыстау үшін флюс өлшендісін азайту немесе алып тастау және тотықсыздандырғыш өлшендісін ұлғайту қажет. Кремнеземнің артық мөлшеріндешлактың балқу температурасының төмендеуімен және оның пештен нашар шығуымен сипатталады, жеткіліксіз қыздырылуы салдарынан пештен «суық» металл шығады, жеңіл балқитын шлак салдарынан металл шөміште қақ түзеді. Қорытпада көміртегі мөлшері жоғарылайды, себебі процестің температурасы төмен болғандықтан, хром тотығының тотықсыздануы жоғары көміртегі мөлшерімен карбидке дейін жүреді.Пеш жүрісін дұрыстау үшін шихта колошасында флюс өлшендісін 5-10 кг төмендету немесе шихтаның бірнеше колошаларын флюстеушілерсіз беру қажет.Кремнезем жетіспегенде шлак тұтқырлы, балқу температурасы жоғары

болады, пештен нашар шығады. Металл асқын қыздырылады, астау желінеді. Пеш жүрісін дұрыстау үшін колошада флюс өлшендісін 5-10 кг ұлғайту және біруақытта 200-300 кг кварцит қалдықтарын қосу керек.

Қорытпада күкірт мөлшерінің жоғарылауы келесі себептермен жүреді:

- а) қорытпада кремний мен көміртегінің төмен мөлшері;
- б) шихта материалдарында жоғары күкірт мөлшері;
- в) кремнезем мөлшері төмен шлакпен пеш жұмысы.

Қорытпада күкірт мөлшерін төмендету үшін қажет:

а) ұсақ фракциялы кен мөлшерін ұлғайту және шихтада кесекті кенді төмендету есебінен қорытпада көміртегі мөлшерін арттыру;

- б) шихта материалдарында күкірт мөлшерін тексеру;
- в) аса төмен жұмысшы кернеуге өту.

Шлакта магний тотығының жоғары мөлшерінің белгілері:

- а) шлақтың балқу температурасы мен тұтқырлығының ұлғаюы;
- б) металда көміртегі мөлшерінің төмендеуі;
- в) шығару кезінде шлақтың астаудан нашар шығуы, шлак көбіктенеді.

Шлакта магний тотығы мөлшерін төмендету үшін шихта колошасына флюстеушілер өлшендісін ұлғайту қажет.

Қорытпада 8,0% жоғары көміртегі мөлшерін металл құрылымының өзгерісі бойынша көзбен анықтайды: металл жұмсақ, кеуекті. Көміртегінің шынайы мөлшерін экспресс-талдау нәтижелері бойынша орнатады [17].

Көміртекті феррохромда көміртегі мөлшерінің жоғарылауы хром карбидінің кен қабатымен келесі себептер бойынша жеткіліксіз тазалануымен түсіндіріледі:

- а) кен өлшендісінде 10-80 мм кесекті кеннің жеткіліксіз мөлшері, яғни колошада кесекті және қатардағы (ұсақ) кеннің қате қатынасы;
- б) тотықсыздандырғыштың артық мөлшері;
- в) кремнеземнің артық мөлшері;
- г) электродтардың ұсақ отырғызылуы.

Колошада кесекті кен мөлшері жетіспегенде кен қабаты іске қосылады, салдарынан қорытпаны көміртегіден тазалау процесі бұзылады.

Кесекті кеннің артық мөлшерінде пеш ваннасының төменгі горизонттарында жартылай балқыған хром кенінің ауқымды көлемі жиналады, салдарынан электродтарды отырғызу тереңдігі кішірейеді, кен тотықсыздандырудың температуралық шарттары нашарлайды, және қорытпаны көміртегіден тазалау процесі толық жүрмейді.

Пеш жүрісінің бұзылуын жою және қорытпада көміртегі мөлшерін төмендету үшін қажет:

- а) колошаның шихталануын, шихтаны мөлшерлеу дұрыстығын тексеру;
- б) шихта материалдарының химиялық және фракциялық құрамын тексеру, колоша құрамын түзету;
- в) электродтардың ұсақ отырғызылуын жою үшін пештің электрлі режимін аса төмен кернеу сатысына ауыстыра отырып, өзгерту.



Металл мен шлактың жартылай шығуын шығару сипаттамасы бойынша анықтайды:

а) пештен шлактың жартылай шығуы:

- пештің, тотықсыздандырғыштың артық мөлшерінде және шлакта магний мен алюминий тотықтарының жоғары мөлшерімен жұмыс істеу кезінде, шлакта коксик «шатасуы» мүмкін, ол оның пештен шығуына кедергі келтіреді;

- электродтар айналасында «кокс жастығы» болмағандықтан, шығару барысында шихтаның ауқымды опырылуымен пеш жұмысында пештің қалыпсыз жүрісін жоюға шлактың оңтайлы құрамын орнату және колошада тотықсыздандырғыш өлшендісін түзету арқылы қол жеткізіледі;

б) пештен металдың жартылай шығуы астау саңылауының кесек хром кенімен жабылуы салдарынан мүмкін.

Металды қыздыру аса қиынбалқитын шлактардың таңдалуымен және пешті аса төмен жұмысшы кернеуге ауыстырумен жүзеге асырылады.

Астау кесекті кенмен жабылған жағдайда шығару барысында астауды қарқынды босатып көсеу қажет [18].

## 5 Экологиялық көзқарас тұрғысынан жетістіктер

Теориялық және тәжірибелік зерттеулер кенкөмір қоспасын дайындауға және индукциялық пештің, сонымен қатар конвертер типті балқыту агрегаттарының пайдаланылуымен екі сатыда ары қарай балқытуға арналған. Мұнда бірінші конвертерге кесекті кенкөмір қоспасын көмірдің артық мөлшерімен тиейді және қабатты оттегімен үрлейді. Көмірдің артық шығынында, редуциялау ортасының түзілуінде және жоғары температурада темірдің толық редуциясы жүреді, ал шлак балқымасы мақсатты металдар — хром тотықтарымен байытылады. Екінші конвертерге хром тотықтарының мөлшері жоғары шлактарды тиейді және қабатты көмірдің ауқымды артық мөлшері болатын оттекті-көмір қоспасының ағынымен үрлейді, және жоғары көміртекті феррохром балқытады. Технологияның жүзеге асырылуы қымбат электрқуатын отын энергиясымен алмастыруға мүмкіндік береді. Алайда көмірдің жоғары артық мөлшері шлак пен атмосфераға газ шығуының ұлғаюына байланысты, бұл аудан экологиясын нашарлатады.

Электротермиялық пеште, сонымен қатар конвертерлі типті агрегатта редуциялап балқыту технологиясы кесекті кен, кокс пен көмірден тұратын шихтаны дайындау мен тиеуде және топохимиялық режимде шихтаның кенді бөлігінің балқуы кезінде металдардың редуциялану шарттарымен ерекшеленбейді. Дәстүрлі және ұсынылған технологияны қарастырған кезде, металдардың қатты көміртегімен редуциялану механизмі мен кинетикасы мүлдем талқыланбайды, негізгі көңіл электрқуатының шығынын төмендету және коксты көмірмен алмастыруға бөлінеді. Осыған байланысты айта кету керек, процестің топохимизмі кокс пен көмір кесектерінен көміртегінің тотықты балқыма қабатына диффузиялық тасымалдануымен шектеледі.

Кез-келген жағдайда және тотықты фазалардың кез-келген деңгейінде металдардың қатты көміртегімен редуциясы эндотермиялық жылу эффектісімен жүреді. Сондықтан кенкөмір қоспасының қыздырылуы мен редуциясына жұмсалатын энергия көзі мен құны маңызды. Ферроқорытпалардың жоғары өзіндік құны мен сәйкес нарықтық бағасы барлық редуциялап балқыту процесіне қажетті электрқуатының жоғары шығынына байланысты.

Жентектерді дайындау мен өңдеудің технологиялық сұлбасынан процесс тиімділігінің жоғарылауы ғана емес, сонымен қатар энергошығын құнының бірнеше есе төмендеуі көрінеді. Оған қоса, алға шығарылатын технологиялық кешен энергия көзінің белгілі бір қорын қамтиды, оның шығарылуы мен пайдаланылуы тәжірибелік мәнге ие. Кенкөмір жентектерінің дайындалуы шихта қабатын отын энергиясымен қыздыру қажеттілігімен, яғни шихта мен жылу тасымалдағышты ыстық газдың қарама-қарсы ағынының ұйымдастырылуымен шартталады. Дисперсті кенкөмір қоспасы мен жентектерінде темір тотығы ауқымды мөлшерде кездесетіндіктен, оларды күйдіру процесінде газ түзіледі және металданатын жентектер қабатына қатысты келесідей тепе-тең құрамы қалыптасады:  $\text{CO}_2 = 25 - 30 \%$ ,  $\text{CO} = 75 -$

70 %. Сондықтан үрленетін тасымалдағыш-газ  $\text{CO}_2/(\text{CO} + \text{CO}_2) = 0,25 - 0,30$  қатынасына сәйкес келуі және қабатқа кіруде 1100-1150 °С қыздыру температурасына ие болу қажет. Тасымалдағыш-газ ағыны шихта қабатының қыздырылуын және кенкөмір жентектерінің құрамында кездесетін қатты көміртегімен металдарды редукциялаудың эндотермиялық эффектісінің өтелуін қамтамасыз етеді. Металдандыру пешінен шығатын газ ағыны үрленетін тасымалдағыш-газ  $\nu_{\text{ГГ}}$ , м<sup>3</sup>/кг бен металдардың редукциялау өнімі–түзілетін газ -  $\nu_{\text{ГВ}}$ , м<sup>3</sup>/кг ағынының қосындысынан тұрады. Бірінші және екінші газ ағындарының құрамы шамамен бірдей. Бірінші газ шығыны тұрақты орнатылады және компрессия мен қажетті температураға дейін қыздыру арқылы айналымда жүреді. Реакция өнімі – газдың мөлшері  $\nu_{\text{ГВ}}$  газдалатын шихта оттегісінің балансы бойынша жеткілікті нақты анықталуы мүмкін. Металдандыру пешінің жұмыс істеу шарттарында (500 – 1100 °С кезінде) металдардың көміртегімен редукциясы есебінен темір тотығының барлық оттегісі (98 %) және хромның жоғарғы тотықтары оттегісінің бір бөлігі газдалады. Хромның ( $\text{Cr}_3\text{O}_4$ ) төменгі тотықтары, металданған жентектерді балқыту пешіне қайта тиеуден кейін және оларды 1300 – 1500 °С дейін қыздырғаннан кейін толық редукцияланады.

Бөлінетін газ – реакция өнімінің мөлшері, м<sup>3</sup>/кг, металдандыру пешінде металдарды қатты фазада редукциялау кезінде келесі теңдеу бойынша анықталуы мүмкін

$$\nu_{\text{ВГ}} = \frac{\nu_{\text{O,Fe}}(\text{O}_{\text{Fe}} + \nu_{\text{O,Cr}} \text{O}_{\text{Cr}} \cdot 0,6842 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3)}{0,714(2\text{CO}_2 + \text{CO})}, \quad (12)$$

мұндағы  $\text{O}_{\text{Fe}}$ ,  $\text{O}_{\text{Cr}}$  - бірлік металл массасына қатысты, темір мен хромның жоғарғы тотықтарының жалпы газдалатын оттегісінің массалық үлестері;

$\nu_{\text{O,Fe}}$ ,  $\nu_{\text{O,Cr}}$  - оттегінің жалпы мөлшерінен оның газдалатын бір бөлігінің массалық үлестері;

Fe, Mn,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  - шихтада темір мен хром тотығының концентрациялары, %;

$\text{CO}_2$ , CO - реакцияның газтәрізді өнімдерінде сәйкес газдардың концентрациясы, мас. %.

Металдардың қатты фазада редукциялану шарттарында пештен шығу кезінде металданған өнім аламыз, мұнда темір металды күйге дейін айтарлықтай толық, хром – төменгі тотықтарға  $\text{Cr}_3\text{O}_4$  дейін редукцияланған, олар металды күйге дейін балқыту агрегатында тек CO газының түзілуімен толық редукцияланады, газ шығуы, м<sup>3</sup>/кг, келесі теңдеу бойынша бағаланады.

$$\nu_{\text{CO}} = 1,4 \cdot 10^{-2}[(1 - \nu_{\text{O,Cr}})\text{O}_{\text{Cr}}R_{\text{Cr}} \cdot 0,6842\text{Cr}_2\text{O}_3], \quad (13)$$

мұндағы  $R_{\text{Cr}}$  - хромның редукциялану дәрежесі.

Бастапқы деректердің сәйкес мәндерін (12) және (13) теңдеуге қоя отырып, металдандыру пешінде кенкөмір жентектерінің бірлігінен металдарды қатты фазада редуциялау реакцияларының газтәрізді өнімдерінің шығуын аламыз:

Хромқұрамды кен көмір жентектерінен

$$v_{\text{вг}} = \frac{0,98 \cdot 0,2858 \cdot 14,69 + 0,21 \cdot 0,4615 \cdot 0,6842 \cdot 39,8}{0,714(2 \cdot 26 + 74)} = \frac{6,75}{90} = 0,075 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Балқыту агрегатынан CO түрінде газ шығуы (13) теңдеу бойынша сәйкесінше құрайды

$$v_{\text{CO, Cr}} = 1,4 \cdot 10^{-2} [(1 - 0,21) \cdot 0,4615 \cdot 0,8 \cdot 0,6842 \cdot 39,2] = 0,112 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Балқыту агрегаттарында кремний мен қоспа металдардың редуциясы қосымша CO газының шығуын көрсетеді. Сондықтан алынған сандық нәтижелерді минималды ретінде қарастыруға болады.

Қатар орналасқан екі агрегаттан шығарылатын газ ағындары, м<sup>3</sup>/ч, реттеледі және таралады. Қосындысы құрайды

$$V_{\Sigma} = G_{\text{ок}}(v_{\text{вг}} + v_{\text{CO}}), \quad (14)$$

мұндағы,  $G_{\text{ок}}$  — өңделетін жентектер шығыны, кг/сағ,

Феррохром өндірісінің нұсқалары бойынша газдың меншікті шығуы мен құрамының сандық шамалары 12 кестеде келтірілген. Редуциялаудың газтәрізді өнімдерінің көрсетілген шығуы мен құрамының энергия көзі ретінде пайдаланылуы, баланстық есептеулер бойынша, сәйкес ферроқорытпа өндірісінің қосынды энергия шығынын 25 %-ға өтейді.

17 Кесте – Хромитті жентектерді өңдеу кезінде металдарды редуциялау процесінің газтүріндегі өнімдердің құрамы мен меншікті мөлшері

Кен-көмір жентектері	Газ шығыны, м <sup>3</sup> /кг	CO <sub>2</sub> , мас. %	CO, мас. %	Газдың калориялығы, кДж/м <sup>3</sup>
Хромитті	0,187	10,16	89,84	11367,0

Ұсынылған технологияны жүзеге асырған жағдайда атмосфераға шығатын газдың мөлшерін 2 есе азайтуға және баланстық ұнтақ концентраттарды өңдеу мүмкіндіктеріне қол жеткізуге болады.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Редукциялау балқыту процестері бойынша іргелі ғылымның теориялық қағидалары негізінде ұсақ және дисперсті компоненттерден (кен, көмір мен флюстен) кен көмір қоспасын дайындаудың жаңа қағидасы ұсынылды, ол зертханалық қондырғыларда жүзеге асырылды.

- Хром кенінің негізінде кенкөмір шихтасын дайындау және оларды редукциялап балқыту бойынша тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде феррохром үлгілері алынды.

- Шихта құрамына енгізілетін көмірдің бөлінетін металдар редукциясына шығынын нормалау, көміртегінің 0,80 – 1,5 % аралығында реттелетін концентрациясымен орташа көміртекті ферроқорытпалар алуға мүмкіндік береді.

- Электрэнергия шығынын отын энергиясымен алмастыруды, өнім сапасының, экономикалық және экологиялық көрсеткіштерінің жоғарылауы кезінде оның өзіндік құнының бірнеше есе төмендеуін қамтамасыз ететін, феррохром өндірісінің принципіалды жаңа технологиясы ұсынылды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Гасик М. И., Лякишев Н. П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов: учебник для вузов по специальности "Металлургия черных металлов и сплавов". - М. : Интермет Инжиниринг, 1999. - 764 с.
- 2 Лякишев Н. П., Гасик М. И. Metallurgy of chromium. - М.: Элиз. 1999. - 582 с.
- 3 Дуррер Р., Фолькерт Г. Metallurgy of ferrous alloys. - М.: Metallurgy, 1976. - 506 с.
- 4 Емлин Б. И., Гасик М. И. Справочник по электротермическим процессам. М.: Metallurgy, 1978. - 228 с.
- 5 Поволоцкий Д.Я., Рошин В.Е., Рысс М.А. и др. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Учеб. пособие для метал, спец, вузов. - М.: Metallurgy, - 1974. - 550 с.
- 6 Рысс М.А. Производство ферросплавов. М.: Metallurgy, - 1968. - 392 с.
- 7 Сурсаев Г.Г. Производство среднеуглеродистого феррохрома в конвертере. - Алматы. 1960. - 13 с.
- 8 Гасик М.И., Емлин Б.Н. Электрометаллургия ферросплавов: Теория и технология получения ферросплавов. - Киев, Донецк: Вища школа, 1983. - 376 с.
- 9 Пат. 1713440 СССР, МПК С 22 В 5/10, С 22 С 33/04. Способ получения феррохрома и устройство для его осуществления / В. Янссен, К. Ульрих ; опубл. 15.02.92, Бюл. № 6.
- 10 Пат. 2298046 RU, С 22 С 33/04. Способ выплавки углеродистого ферромарганца / Козлов Г. С., Хисамутдинов Н. Е., Шаталов С. В. ; опубл. 27.05.2001, Бюл. № 6.
- 11 Пат. 2167952 RU, МПК С 22 С 33/04, С 22 В 5/10. Способ получения феррохрома из бедных железосодержащих хромовых руд / Вдовин Д. К., Вдовин К. Н., Бигеев А. М., Танклевская Н. М. ; опубл. 27.05.2001, Бюл. № 12.
- 12 Тлеугабулов С. М. Теоретическое положение прямого производства стали восстановительной плавкой // Сталь. 2003. № 8. С. 18 – 20.
- 13 Тлеугабулов С. М., Левина В. В., Воронко Е. И. О механизме восстановления железа углеродом // Изв. АН СССР. Металлы. 1990. № 6. С. 36 – 38.
- 14 Тлеугабулов С. М., Тлеугабулов Б. С., Койшина Г. М. и др. Восстановительная плавка комплексного железорудного сырья // Сталь. 2015. № 6. С. 20 – 24.
- 15 Tleugabulov S. M., Ryzhonkov D. I., Altybaeva D. Kh., Koishina G. M. Limitation of metal carbonization results in implementation of "Ore-Steel" process // International Journal of Chemical Sciences. 2015. № 2. P. 391 – 402.

16 Пат. 2428499 Россия. Способ получения среднеуглеродистого ферромарганца / Юсфин Ю.С., Шалыгин А.Г., Подгородецкий Г.С. опубл. 10.09.2011.

17 Технологическая инструкция «Производство низкоуглеродистого и среднеуглеродистого феррохрома в плавильном цехе» ТИ-10-08-2007. Актобе, АктЗФ. – 2007. – 24 с.

18 Технологическая инструкция «Производство среднеуглеродистого феррохрома в кислородном конвертере» ТИ-10-03-1998. Актобе, АЗФ. – 1998. – 14 с.

## Отчет подоби́я



Университет:	Satbayev University
Название:	«Хромды тікелей редуциялау процесін зерттеу және феррохром үлгілерін алу»
Автор:	Сейсенбаев А.
Координатор:	Гүлзада Қойшина
Дата отчета:	2019-05-16 12:05:43
Коэффициент подоби́я № 1: ?	<b>1,4%</b>
Коэффициент подоби́я № 2: ?	<b>0,0%</b>
Длина фразы для коэффициента подоби́я № 2: ?	25
Количество слов:	6 563
Число знаков:	51 405
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	43



К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.

Количество выделенных слов 2338



>> Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

---

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

---

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

---

>> Документы, содержащие подобные фрагменты: Из интернета

---

#### Детали отчета подобия

---

Фрагменты, найденные в документах базы данных отмечены красным цветом.

Фрагменты, найденные в интернете отмечены в зеленый .

Фрагменты, найденные в базе данных Юридических актов отмечены синим фоном .

---