ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

Ғапбаров Нұрмағанбет Сейтқалиұлы

«Конвертерлік шламды өңдеу технологиясын жасақтау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В070900 – Металлургия мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд,
_____М.Б.Барменшинова
«____» _____2020 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Конвертерлік шламды өңдеу технологиясын жасақтау»

5В070900 – Металлургия

Орындаған Ғапбаров Нұрмағанбет Сейтқалиұлы

Ғылыми жетекші
PhD, лектор
_____Г.М.Қойшина
«___» _____2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасы

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд.,
_____М.Б.Барменшинова
«____» _____2020 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: *Ғапбаров Нұрмағанбет Сейтқалиұлы*
Тақырыбы: *«Конвертерлік шламды өңдеу технологиясын жасақтау»*
Университеттің Ректорының: *2020 жылғы «27» қаңтардағы № 762-б бұйрығымен бекітілген.*
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: *2020 жылғы «18» мамыр*
Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: *Конвертерлік шламды өңдеу технологиясын жасақтау.*
Дипломдық жұмыста қарастырылған негізгі мәселелер тізімі:
а) Конвертерлі процесстерге жалпы шолу.
б) Тәжірибелік зерттеу жұмыстары.
в) Алынған нәтижелерді талдау.
Графикалық материалдардын тізімі: Жұмыс бойынша__слайд
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: *65 атау.*

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе	05.03.2020 ж.	
Әдеби шолу	03.04.2020 ж.	
Тәжірибелік зерттеулер	18.04.2020 ж.	
Қорытынды	04.05.2020 ж.	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші мен кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Тәжірибелік зерттеулер	Г.М.Қойшина PhD, лектор		
Норма бақылау	Таймасова А.Н. техн.ғ-ның.магистрі		

Ғылыми жетекші Г.М.Қойшина

Тапсырманы орындауға алған білім алушы Н.С.Ғапбаров

Күні «____»_____2020ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста конвертерлік шламды және де басқа пирометаллургиялық процестер кезінде түзілетін шламды тиімді қолдану жолдарының зерттеу жұмыстарына талдау жүргізілген.

Әдеби шолу бөлімінде конвертерлік процестер туралы жалпы мәліметті қарастырылып, зерттеу жұмыстарымен таныстырылады. Дәйек ете алып тұжырым жасалған зерттеу жұмыстарының нәтижелері диаграммалар түрінде көрсетілген. Жалпы дипломдық жұмыс ғылыми жетекшінің тікелей бақылауы бойынша жүргізілді.

Технологиялық бөлімінде құрамы белгілі конвертерлік шламы мысалға ала отырып есептеу жұмыстары жүргізіледі.

Дипломдық жұмыс 43 беттен, 7-суреттен, 7-кестеден, 4-диаграммадан тұрады.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе проведен анализ исследований путей эффективного использования конвертерного шлама и шлама, образующегося при других пирометаллургических процессах.

В разделе литературного обзора рассматриваются общие сведения о конвертерных процессах и ознакомляются с исследовательской работой. Результаты данного исследования в этой работе представлены в виде диаграмм. В целом дипломная работа проводилась под непосредственным контролем научного руководителя.

В технологической части производится расчетная работа на примере конвертерного шлама с известным составом.

Дипломная работа состоит из 43 страниц, рис. 7, таблицы 7, диаграммы 4.

ANNOTATION

This thesis analyzes research on ways to effectively use Converter sludge and sludge formed during other pyrometallurgical processes.

In the section of the literature review discusses General information about the converter process and are familiar with the research work. The results of the research made by citations are presented in the form of diagrams. In General, the thesis was conducted under the direct supervision of the supervisor.

In the technological part, the calculation work is performed on the example of a Converter sludge with a known composition.

The thesis consists of 43 pages, 7 figures, 7 tables, 4 diagrams.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе		2
1	Әдеби шолу	3
1.1	Конвертерлік процестің алуан түрлілігі	3
1.2	Конвертер конструкциясы	7
1.3	Конвертерлік балқыту технологиясы	10
1.4	Темір құрамдас шламдардың қолдану аясына дайындық жүйесі	16
1.5	Металлургия өндірісіндегі шламдарды пайдаға асырудың жолдары	18
2	Тәжірибе жүргізу әдістемесі	22
Қорытынды		32
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі		33
Қосымша А Тәжірибелік жұмысқа арналған шихта құрамын есептеу		38

КІРІСПЕ

Техникалық дамыған елдердің барлығы ғылыми зерттеу орталықтарында тығыздалған шикізат, қатты қалдықтар қолдану аясына қарай зерттеулер жүргізілуде. Негізінен бұл зерттеулер фабрикада кен қалдығы және отынның бөлігі ретінде, домна пешінде бөлшектелген шикізат ретінде, темір балқытқыш қоспаларда салқындатқыш ретінде қайтадан қолданылады.

Фабрикада шаңды біріктіру кезінде өзіндік технологиялық жүйені қолданылады. Колошник шаңында 35% Fe және 20% C болады және оларды біріктіргіш өндірісінде қолданылады. Дегенмен домна пешіндегі шаң және басқа өндірістен тазартылған шаңдар ылғал құралмен тазартылады және бұл өңдеулер химиялық тұрақтылықты және мөлшер құрамын қамтамасыз етпейді, бірақ бұның бәрі тұрақты түрде толық технологиялық жағынан тазартуды талап етеді.

Шламдарды белгілі бір деңгейге дейін тазарту оның бастапқы қатты күйі, салмағы, тығыздығы, бөлінген сұйық күйіне байланысты болады. Көріп тұрғандай ол өзгеріс күйінде, салқындатылған және жасанды құрғатылған күйде болады. Газды тазарту кезіндегі шламдардың құрамы 10% қатты заттан тұратын болады. Салқындатылған шламдарға химиялық қоспаларды қосу арқылы қатты заттан сұйық затты алу қолданылады. Салқындатылған шламдарда қолданылатын кеңінен тараған реагенттер әк, алюминий тұзы және темір, жоғары молекулалы заттар, дегенмен салқындатқыш реагенттерді қосу үшін арнайы зерттеулерді қажет етеді.

Қазірге кезде металлургия өндірісінде қалдықтарды гидрометаллургия және пирометаллургия жүйесі арқылы төмен температурада балқытып және қайтадан сұйық күйге айналдырады.

ТМД еліндегі өнеркәсіптерде 70-80% құралған шламдарды біріктіреді. Шамамен 3,0 млн/т шламдар мен шаңдар қайтарымсыз ЖЭС және басқа қалдықтармен араласып кетеді. Уралмеханобрдың мәлімдемесі бойынша қазіргі уақытқа дейін 200 млн/т шламдар жиналған, олардың 25 млн/т металлургиялық өңдеуде жақсы энергия көзі болып табылады.

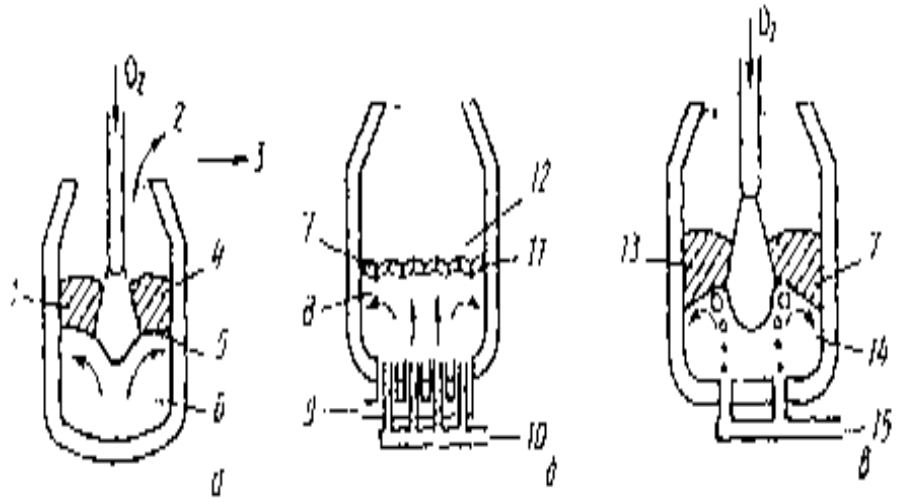
Сондықтан да, құрамындағы пайдалы және зиянды қоспаларға байланысты өндірістің алдына қойған мақсатына қарай өңдейді. Қазіргі таңда пирометаллургияда кеңінен тараған термо өңдеулердегі метал өнімдерін атмосфера қысымында қайта қалпына келтіру және байытылған түсті металдардан шаңдарды ұстап қалуынымен өңдеп алады.

1 Әдеби шолу

1.1 Конвертерлік процестің алуан түрлілігі

Оттекті конвертерлер конструкциялары. Қолданылатын шегенге байланысты конвертерлік процестер қышқыл немесе негіздік болуы мүмкін; пайдаланылатын газға байланысты олар ауалы, оттекті және аралас үрлеуде болуы мүмкін. Үрлеуде келтіру тәсілдері алуан түрлілігімен ерекшеленеді және ол берілу тәсіліне қарай топтарға біріктірілуі мүмкін:

- Жоғарыдан үрленетін (суды салқындатанын үрлеуіш арқылы);
- Төменнен үрленетін (арнайы құрылғылардың көмегімен түбі арқылы);
- Аралас үрленетін (газдарды жоғарыдан және төменнен бір мезгілде беру).



а – жоғарыдан үрлеу; *б* – түбінен үрлеу; *в* – аралас үрлеу; 1 – қожды жақсы бақылау; 2 – лақтырындылар; 3 – ваннаның әртекті құрамы; 4 – қождың жоғары температурасы; 5 – қож бен металл арасындағы реакциялардың нашар дамуы; 6 – ваннаның жеткіліксіз дамуы; 7 – қож-металл жүйесіндегі реакцияларды үдету; 8 – ваннаны жақсы араластыру; 9 – көмірсутектерді енгізу; 10 – O_2+CaO ұнтағы қоспасын енгізу; 11 – қождың төмен температурасы; 12 – қожды қиындатылған бақылау; 13 – қождың салыстырмалы түрде жоғары емес температурасы; 14 – ваннаның қосымша араластыру; 15 – инертті және салқындатқыш газды, сондай-ақ, CaO ұнтағын енгізу

1 Сурет – Жоғарыдан, түбінен және аралас үрлейтін конвертердің жұмысын салыстырмалы бағалау

(1)Суретте оттекті-конвертерлік процестің сол немесе басқа нұсқаларының артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау сұлба түрінде көрсетілген

Түбінен үрленетін конвертерлерді пайдаланудың жинақталған тәжірибесі осы технологияның келесі ерекшеліктерімен атап көрсетуге мүмкіндік береді:

а) Оттектің бытыраңқы берілуі және ваннаның жақсы араласуы үрлеуді өте қарқынды жүргізуге мүмкіндік береді. Темір рудасы мен ізбесті суыту үшін пайдалану кезінде үрлеудің өзінің ұзақтығы әдетте – 7-8 мин, ал металл сынығын және руданы пайдалану кезінде 10-12 мин құрайды. Түбінен үрленетін конвертерде балқыту жылдамырақ болатындықтан, сәйкесінше конвертердің өнімділігі ұлғаюы мүмкін (есептеу бойынша ≥ 5 %-ға); сонымен бірге, жоғары өнімділікке түбінің тұрақтылығы жоғары болғанда ғана (шегеннің тең төзімділігі болғанда) қол жеткізілуі мүмкін.

б) Дұрыс ұйымдастырылған технология жағдайында сұйық болаттың шығуы жоғарыдан үрлеуге қарағанда (балқыту шаңын шығарудың азаюы және қождағы темір мөлшерінің төмендеуі нәтижесінде) түбінен үрлеу кезінде біршама жоғары болады.

в) Төменнен және жоғарыдан үрленетін балқытудың жылулық баланстарының айырмашылығы елеулі. Жоғарыдан үрлегенде, жылудың белгілі мөлшері үрлеуішті суытатын сумен бірге жоғалады. Сонымен бірге, жоғарыдан үрленетін конвертерде пайдаланылатын газдарда CO көп, яғни CO елеулі мөлшері жылудың келуін арттырып, тікелей конвертер қуысында толық жанады. Жоғарыдан үрлеу кезінде жылудың төменнен үрлеуге қарағанда көп мөлшері темірдің тотығуынан келеді.

Төменнен үрлегенде үрлеу ұзақтылығы аз, конвертердің меншікті көлемі аз, сәйкесінше жылудың бос шығындары (яғни қыздырылған жұмыс күйінде шегенді ұстап тұруға кететін жылу шығындары) төмен. Сонымен бірге, түбінен үрлегенде пайдаланылатын газдармен бірге көп жылу жоғалады, қорғаныш газ көмірсутектерінің қызуымен және ыдырауымен байланысты жылудың шығындары ұлғаяды. Жалпы алғанда, жоғарыдан үрлеуге қарағанда, түбінен үрлегенде жылу шығындары біршама жоғары болып шығады, сондықтан түбінен үрленетін конвертерге қарағанда біршама аз болады.

г) Аса қарқынды үрлеуге, сондай-ақ, оттектің көмірсутектермен қоспасын енгізуге байланысты, төменнен үрлегенде пайдаланылатын газдардың көлемі, жоғарыдан үрлеуге қарағанда, уақыт бірлігінде шамамен 20 %-ға артық; түбінен үрлеу кезінде пайдаланылатын газдарда балқыту шаңының мөлшері шамамен 5 есе кем болады; осы шаң бөлшектерінің орташа мөлшері едәуір аз (ваннадан газ көпіршіктерімен бірге өте ұсақ бөлшектер кетеді, олар көпіршіктерде «қалқып жүреді»).

д) Түбінен үрлеу кезінде балқыту жүргізу ерекшеліктері және пайдаланылған газдар құрамының сипаты конвертер мойынының қаптамасы мен құрылғының газдарды сорып алу мен тұтуға арналған төменгі бөлігі арасында мұқият тығыздауды талап етеді. Мұндай жұмыс кезінде кәдімгі әдістермен (металл сынамаларын іріктеу, температураны өлшеу) үрлеу уақытында операцияның барысын бақылауды ұйымдастыру қиынға соғады.

е) Түбінен үрлеуге ауысқанда конвертер конструкциясына және ғимаратқа қойылған талаптар өзгереді. Салынды массасының конвертер көлеміне қатынасы ұлғаюы мүмкін, яғни сондай көлемді конвертерде металдың үлкен бөлігін үрлеуге болады. Биіктіктің конвертер диаметріне қатынасы азайтылуы мүмкін.

Үймеретті жобалау шарттары өзгереді: көтерілетін үрлеме үрлеуішті және оны көтеруге арналған механизмдерді орналастыруда қажеттілік болмайды; ұнтақ түріндегі флюстерді астынан оттекпен бірге үрлеу кезінде цехтың жоғарғы жағында конвертерлерге қоспа материалдарды беруге арналған көлікті орналастыру қажеттілігі жоғалады. Осының барлығы цехтың биіктігін азайтуға мүмкіндік береді. Алайда сонымен бірге шаң тұтатын құрылғыларды кострукциялау бойынша жаңа шешімдер қажет, себебі олар жалпы алғанда цехтың биіктігі лимиттейді.

Түбінен үрлеу кезінде ұнтақ тәрізді флюстерді ұнтақтауды және конвертерлерге беруді, үрлеуіштерді салқындату үшін табиғи газды немесе мазутты беруді, инертті газды беруді ұйымдастыру бойынша сәйкес конструкциялық шешімдер талап етіледі. 1 - суреттен көрініп тұрғандай, жоғарыдан өрленетін және түбінен үрленетін конвертерлерге тән кемшіліктер аралас үрлеуді (бір мезгілде жоғарыдан және түбінен) пайдалану кезінде жоғалады.

Жоғарыдан оттекпен және төменнен инертті газдың шағын мөлшерімен аралас үрлеу тәсілі аса қарапайым және тиімді тәсіл болып шықты; ол анағұрлым кеңінен таралған. Мұндай технология бірқатар технологиялық артықшылықтарды иеленеді, атап айтқанда, ол мыналарды қамтамасыз етеді:

а) Ваннаны араластыру және оның құрамын теңестіру.

б) Металл мен қож арасындағы тепе-теңдікке жақындату.

в) Қождағы темір оксидтерінің метал көміртегімен өзара әрекеттесуі нәтижесінде қождағы темір оксидтерінің (араласқан кезде) мөлшерінің; технология, көміртек мөлшері берілгендегіден жоғары болған сәтте, металды оттекпен үрлеуді аяқтауға мүмкіндік береді; ваннаны инертті газбен үрлеуге және қожда жинақталған оттек есебінен көміртектің мөлшерін талап етілетін деңгейге дейін төмендетуге болады.

г) Қождағы темір мөлшерін төмендету нәтижесінде жарамды мөлшердің шығуын арттыру.

д) Ваннаны инертті газбен үрлеу процесінде қол жеткізілетін металдың тотыққандығын азайту; инертті газ көпіршіктері металл ваннасы арқылы өтіп, ерітілген оттектің көміртекпен өзара әрекеттесу реакциясының жүруін жеңілдетеді; ваннадағы көміртектің төмен концентрацияларында металдың тотыққандығы қождың тотыққандығына байланысты болады; түбінен үрлеу кезінде қождың тотыққандығының төмендеуі метал тотыққандығының азаюуын тудырады; осы процестердің барлығының бірлескен әсері төменнен инертті газбен үрлеу кезінде [C]·[O] көбейтіндісінің едәуір төмендеуіне әкеледі.

е) Марганецтің азаюы және оның ваннадағы концентрациясының жоғарылауы (қождың тотыққандығының төмендеуіне қарай).

Аз тотыққан ваннамен өзара әрекеттесу нәтижесінде қышқылсыздандыру және қоспалау кезінде ферроқорытпалардың азаюы.

ж) Оттекті шығынның төмендеуі, себебі темірдің тотығуына жұмсалатын оттектің мөлшері азаяды.

з) Инертті газ көпіршіктерінің газсыздандырушы әсері нәтижесінде газдар құрамының (ең алдымен сутектің) азаюы.

и) Газ көпіршіктерінің флотациялық әсері салдарынан металл емес қосындылар мөлшерінің төмендеуі.

й) Араластыру қарқындылығы жоғарылағанда жақсы қож түзілуі салдарынан конвертерге тиелетін әктастың игерілуін жақсарту, сондай-ақ, флюстер, мысалы балқыту шпаты шығынының азаюы.

Аралас үрлеу технологиялық артықшылықтардан басқа бірқатар ұйымдастырылған және экономикалық артықшылықтарды қамтамасыз етеді:

а) Қождағы темір мөлшерін төмендету, лақтырындыларды жою, балқыту шаңының мөлшерін азайту нәтижесінде жарамдының шығымы 1,0-1,5 %-ға артады.

б) Лақтырындылар қауіптілігінің төмендеуі және ваннаның мезгіл сайын күрт көбіктенуі арқасында конвертердің биіктігін азайту (немесе металл массасын ұлғайту) мүмкіндігі пайда болады; нәтижесінде конвертердің меншікті көлемі болаттың 0,6 $м^3$/т дейін төмендейді, шеген массасы 1 т сыйымдылыққа азаяды, жылу шығындары төмендейді және өнімділік артады (балқыту массасы ұлғайған жағдайда).

в) Түбі арқылы үрлеу кезінде араластырудың және көміртексізденудің қолайлы шарттары жоғарғы үрлеуіш пен металл айнасы арасындағы арақашықтығы ұлғайтуға (0,5 м-ге) мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде: а) оттек ағысының ваннаның бетіне соғылуынан шашыраудың азаюын қамтамасыз етеді, нәтижесінде қабырғалар шегінің тұрақтылығы жоғарылайды; б) үрлеуіштер тұрақтылығының ұлғаюын; в) оттек ағысы соққысының жергілікті аймағында металдың жергілікті қызу дәрежесінің төмендеуін және осының салдарынан, оның булану қарқындылығының және шаң түзілуінің азаюын қамтамасыз етеді.

г) Қож түзілуін жеделдету үшін енгізілетін қож түзушілердің шығыны азайтылады (балқыту шпаты сияқты қоспаларды пайдаланудан бас тартуға дейін), бұл материалдардың конвертерге берілуін ұйымдастыруды ықшамдайды.

Болат балқыту агрегаты ретінде конвертердің жалпы құрастырылуы максимум өнімділікті қамтамасыз ететін балқытудың технологиялық ерекшеліктерімен анықталады. Шихта материалдарын тиеумен, үрлеу процесімен, балқыту барысында қож түзетін және қоспа материалдарды енгізу, сондай-ақ, түзілетін газдарды шығару, металды шығару және қожды төгу қажеттілігімен байланысты жеке технологиялық операцияларды жүзеге асыру кезінде уақыт шығындарын азайту үшін конвертердің жұмыс кеңістігі

жылжымалы болып жасалған және қажеттілігіне қарай өз осінің маңында 360°-та айналып, әр түрлі орынды иеленеді.

Сондықтан конвертерлік қондырғы кешеніне келесі құрама бөліктер кіреді:

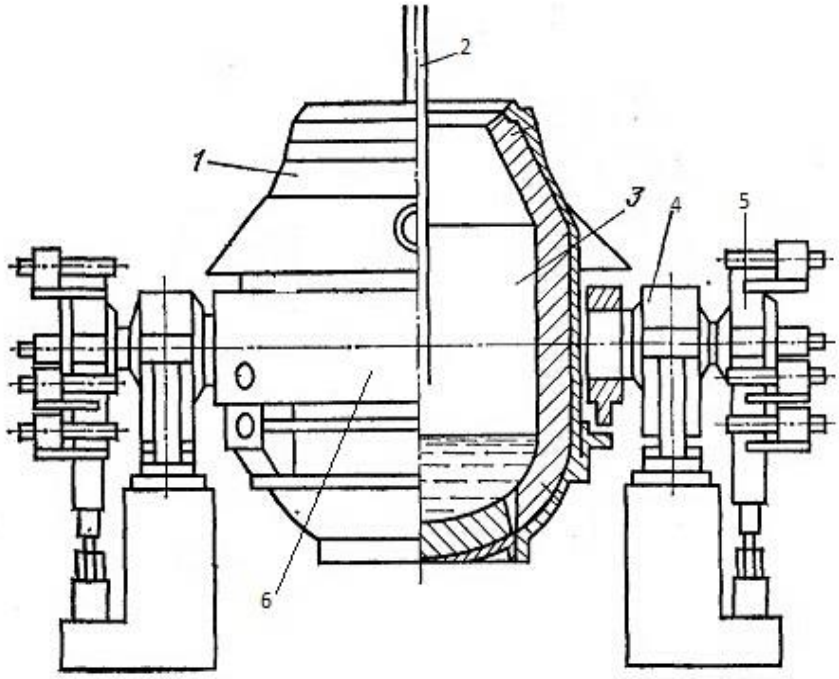
- тіреуіш – айналмалы цапфалары және айналу механизмі бар конвертер корпусы;
- тотықтырғыш және бейтарап газдарды беру жүйесі;
- түтінді газдарды шығару, салқындату және тазарту;
- қож түзетін және қосымша материалдарды беру жүйесі;
- конвертер шегіне қызмет көрсетуге және жөндеуге арналған құрылғы.

1.2 Конвертер конструкциясы

Оттекті конвертерде ваннаны үрлеуді оттекпен үрлеуіш арқылы жүзеге асырады, оны конвертердің осы бойымен жоғарыдан енгізеді. Балқыту процесін басқаруды негізінде үрлеуіштің орнын және оттектің қысымын өзгерту арқылы жүргізеді.

Конвертердің сыйымдылығы 160-тан 400т дейінгі кең аралықта өзгереді. Қазіргі заманғы конвертердің құрылысында (2 - сурет) цилиндірлік ортанғы бөлігін, центрлес мойынын (кесілген конус түрінде) және сфералық түбін ерекшелеуге болады.

Соңғы жылдар тәжірибесінен алғанда, қалыпты үрлеу барысынды (лақтырындыларсыз) металдың минимум шығындарына конвертердің жұмыс кеңістігінің көлемі тыныш күйдегі балқытпаның көлемінен 5-7 есе артық болатын көлемінде қол жеткізіледі. Сондықтан МЕСТ-та конвертерлердің меншікті көлемінің олардың сыйымдылығына байланыссыз 0,8-1,0 $м^3/т$ құрауы тиіс екендігі салынған. Жұмыс кеңістігінің толық биіктігінің оның диаметріне қатынасы 1,2-1,6 аралығында болуы тиіс.



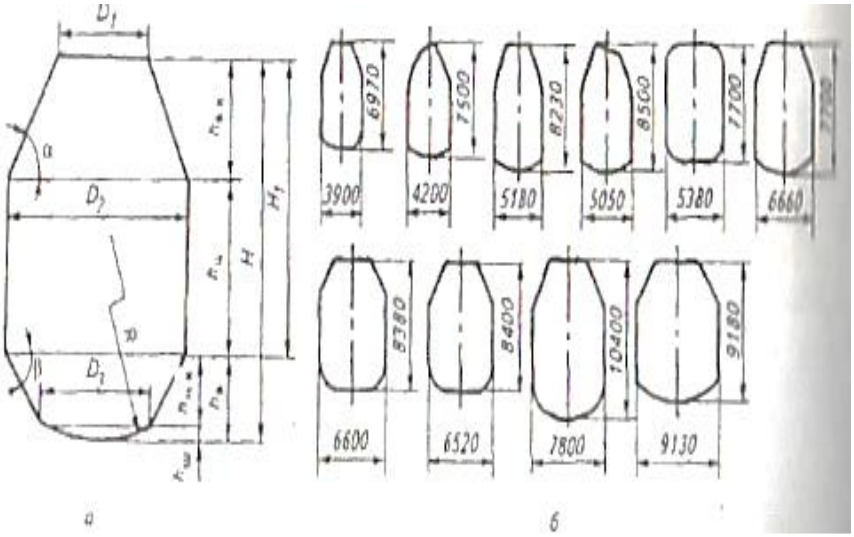
1 – шегені бар корпус; 2 – оттекті үрлеуіш; 3 – жұмыс кеңістігі; тіреуіш тораптар; 5 – айналу механизмі; 6 – тіреуіш шығыршық

2 Сурет - Оттекті конвертер

Оттекті конвертер ваннасының көлемі және барлық негізгі параметрлері үрлеу қарқындылығын есепке алғанға оның сыйымдылығымен анықталады. (2)суретте агрегаттың жұмыс кеңістігін конструкциялау кезінде қабылданатын негізгі өлшемдер көрсетілген. Бұл өлшемдер әдетте қолданылатын агрегаттар тәжірибесінің және модельдеу нәтижелерінің негізінде қабылданады. (3)суретте пішіндердің алуан түрлері және қолданыстағы агрегаттардың өлшемдері көрсетілген. Жобалау кезінде шихтаның құрамын, қабылданған үрлеу технологиясының, лақтырындылар ықтималдығын, түзілетін қож массасын және металл мен қождың бүкіл массасын сыйдыру және ваннаның оңтайлы өлшемдері (диаметрі және тереңдігі) және т.б болу қажеттілігін есепке алады.

Қазіргі заманғы конвертерлерде ваннаның тереңдігі 1,6-1,9 м, ванна бетінің меншікті ауданы 0,12-0,18 м^2/т. Қазіргі заманғы оттекті- конвертерлік процесс практикасында үрлеу қарқындылығы әдетте i=3-5 м^3/(т·мин) құрайды.

Әдетте конвертер корпусының түбі саңылаусыз, пісірме конструкциялы болады. Түбі саңылаусыз да, қайырмалы да (алмалы-салмалы немесе ендірмелі) болуы мүмкін. Қайырмалы түбі бар конвертерлерді жөндеу оңай, себебі қайырғанда шеген жылдамырақ салқындайды. Сонымен қоса, қайырмалы түбінің (корпуссыз) шегенін ғана айырбастау мүмкін болады. Конвертер корпусы тіреуіш шығыршыққа салынады да, сонда бекітіледі.



а – негізгі өлшемдері; *б* – қолданыстағы оттекті конвертерлер пішіндерінің алуан түрлері

3 Сурет - Конвертердің жұмыс кеңістігінің пішіні

Бекіту түйіндері және тіреуіш шығыршық металл мен қож түстес үшін корпусқа пісірілген қорғаныш қаптамамен жабылған. Конвертер корпусын тіреуіш шығыршыққа бекітуді топсалы аспалар мен таяныштар жүйесінің көмегімен жүзеге асырады. Олар металды оттекпен үрлегенде және сұйық металдың ауытқуы әсерінен конвертердің шайқалуын болдырмайды. Бекіту жүйесінде корпус пен тіреуіш шығыршық температурасы ауытқуының бірдей емес дәрежесі есепке алынуы және олардың температуралық деформацияларының тәуелсіздігі қамтамасыз етілуі тиіс.

Конвертер жетегі бірнеше электр қозғалтқыштан және айналу механизміне (әдетте бір үлкен ақырын жүретін және бірнеше жылдам жүретін редуктор) тұратын жүйені білдіреді. Конвертер конструкциясын әзірлегенде сұйық металы бар ыдыстарға қойылатын негізгі талап – кез-келген көлбеу бұрышта олардың орнықтылығын қамтамасыз ету, яғни қозғалтқыштар жұмысында олқылықтар болғанда алғашқы қалпына қайту мүмкіндігі есепке алынады. Ол үшін конвертерді кез-келген бұрышқа бұрғанда, төңкеру моменті оң болуы қажет. Сонымен бірге, айналу жетегі қозғалтқыштарының қуаты минимум болатындай, максимум төңкеру моменті мүмкіндігінше азайтуға тырысу керек. Жинақтаушы жабдықтары бар сыйымдылығы 300-350 тонна конвертердің массасы 1200 тоннаға тең. Конвертер корпусының алмалы-салмалы қатты мойыны және ауыстырылатын көмкеруші ернемеге бар ағын өзегі болады.

Үрлеуді түбінен және аралас беретін конвертерлер жоғарыдан үрленетін конвертерлерден (оттекті жоғарыдан үрлеуіш арқылы беру) біршама аз меншікті көлемімен (0,6-0,9 м^3 /т болат) ерекшеленеді. Бұл түбі арқылы үрлегенде операциялардың (әсіресе көміртексіздену) анағұрлым байыпты, металдың ванна көлемінің жеке бөліктерінде жергілікті қатты тотығуынан туындаған, шамадан тыс қайнамай жүруімен түсіндіріледі.

1.3 Конвертерлік балқыту технологиясы

Оттекті конвертерлерді пайдаланудың көп жылдық тәжірибесі шихтаны тиеудің келесі тәртібін барлық жерде орнатуға мүмкіндік береді. Алдыңғы балқытудан кейін босатылған конвертерге металл сынығын тиейді (металл сынығы бар науаны алдын ала өлшейді және конвертерге күні бұрын жеткізеді); тиеу кезінде науаны кранмен еңкейтеді (төңкереді) де, металл сынығы конвертерге төгіледі. Металл сынығы конвертерге тиеген соң шойынның қажетті мөлшерін құяды (шойын таситын шөміштері бар құрамды конвертерге алдын ала береді). Шойынды құю аяқталған соң конвертерді вертикаль қалпына орнатады, оттекті үрлеуішті түсіреді де үрлеуді бастайды.

Қож түзетін және қоспа материалдарды конвертерге алдын ала ұнтақталған түрінде (20-25 мм фракцияға дейін) енгізеді. Мұндай материалдарды сусымалы деп атайды. Сусымалы материалдарды үш тәсілмен береді:

Барлық сусымалы материалдларды шойынды құйғанға дейін (шойынның астына) немесе тіпті металл сынығын тигенге дейін конвертерге тиейді;

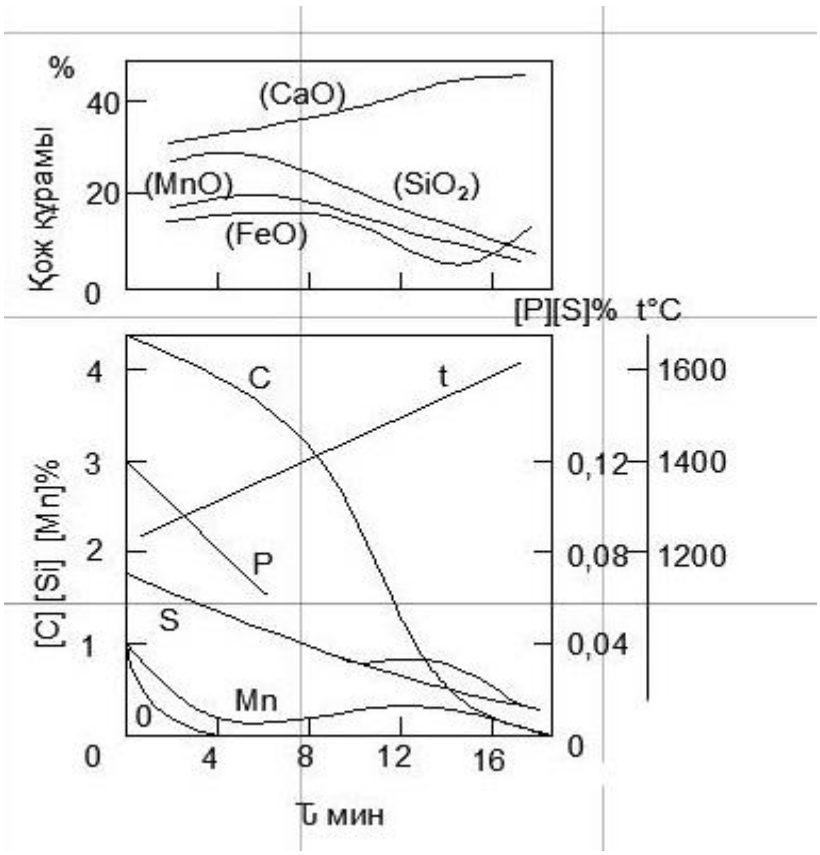
Сусымалы материалдарды жоғарыдан үрлеу барысы бойынша үздіксіз енгізеді;

Сусымалы материалдардың бір бөлігін (жартысына жуығын) үрлеудің басталуымен бір мезгілде қосады, қалған бөлігін үрлеу барысы бойынша бірнеше минут ішінде үздіксіз енгізеді.

Көбінесе үшінші тәсілді пайдаланылады. Қазіргі заманғы конвертерде балқытудың ұзақтығы 30-45 минутты құрайды, соның ішінде:

Металл сынығын толтыру және шойынды құю	5 – 10 мин
Оттекпен үрлеу	12 – 17 мин
Сынамаларды төгу, іріктеу, температураны өлшеу	4 – 6 мин
Металл мен қожды төгу, шегенді төгу және жөндеу	8 – 12 мин

Конвертерлік балқытудың типтік диаграммасы 4-суретте келтірілген, одан оттекті беру басталған сәттен бастап, конвертерде қоспалардың тотығуы, ваннаның қызу және қож түзілу процестерінің бір мезгілде жүретіні көрініп тұр. Осы процестердің барлығы өзара байланысқан; сондай-ақ, олардың жүруі шихта және қож түзетін материалдардың құрамы мен сипатына, үрлеуіш конструкциясына, оттеуктің қысымы мен жұмсалуына және үрлеудің ұйымдастырылуына байланысты.



4 Сурет - Оттекті конвертерде балқыту жүйесі бойынша шлактағы металл мөлшерінің өзгеруі

Ағыс әрекет ететін аймақтағы процестер. Конвертердің реакциялық аймағындағы физика-химиялық процестер айтарлықтай күрделі және көптеген факторлардың бір мезгілде әрекет етуіне байланысты. Мұнымен эксперименттік материалды алудың қиындықтары түсіндіріледі. Атап айтқанда,проф.В.И.Баптизманскийдің мектебімен дамытылған процестер туралы түсініктер аса көп таралады. Осы түсініктерге сәйкес реакциялық аймақ шартты түрде біріншілік және екіншілік деп бөлінуі мүмкін.

Біріншілік реакциялық аймақта негізгі процесс тотықтырғыш газ-металл бөлігінің шекарасында жүретін,үрленетін оттектің сіңірілуі болып табылады. Газ ағысын сұйықтыққа ендіру металдың газ ағынынан эжекциясын және газ ағынының жеке көлемдерге ұсатылуын тудырады. Газ ағынының динамикалық арыны ұлғайғанда (металл ваннамен кездескен жерде)металл эжекциясының дәрежесі артады. Эксперименттік деректерге сәйкес бірінші реттік реакциялық аймақтың қож фазасында темір оксидтердің мөлшері 90-98%-ға дейін жетеді.

Газ-металл бөлігінің шекарасында оксидтер қабыршағы болғанда металл оттегін осы қабыршақ арқылы беру мына сұлба бойынша жүреді:

1) $2(FeO) + 1/2O_2 = (Fe_2O_3)$ газбен шекарада;

2) Fe_2O_3 оксидтер қабаты арқылы масса тасымалдау;

3) $(Fe_2O_3) + Fe_c = 3(FeO)$ металмен шекарада;

4) оттектің $(FeO) = Fe_c + [O]$ металда еруі.

Оттекті беру және ваннаны араластыру шарттарына байланысты тотығу жылдамдығы оттектің газ фазасындағы масса тасымалдауымен емес , оксидтер қабыршағы арқылы масса тасымалдауымен лимиттелетін болады.

Біріншілік реакциялық аймақта түзілетін,негізінде темір оксидтерінен тұратын оксидтер қабаты ванна металымен қатынасқа түседі. Бұл екіншілік реакциялық аймақ деп аталады,онда мына реакциялар жүреді:

$$[Si] + 2(FeO) = (SiO_2) + 2Fe_c, \quad (1.1)$$

$$[Mn] + (FeO) = (MnO) + Fe_c, \quad (1.2)$$

$$[C] + (FeO) = CO_г + Fe_c. \quad (1.3)$$

Сондай-ақ оттек металда ериді $(FeO)=Fe_c+[O]$. Ерітілген оттек араласу нәтижесінде еріту бетінен қандай да бір ара қашықтыққа ауысады,онда мына реакциялар болуы мүмкін:

$$[Si] + 2[O] = (SiO_2), \quad (1.4)$$

$$[Mn] + [O] = (MnO), \quad (1.5)$$

$$[C] + [O] = CO_г. \quad (1.6)$$

Соңғы жылдары жүргізілген зерттеулер нәтижелеріне сәйкес,ванна қоспаларының негізгі бөлігі реакциялық аймақ аралығында тотығады. Осыған орай көміртектің тотығу процесіне үлкен роль бөлінеді. Реакциялар аймағында CO бөлінуі ваннаның араласуына мүмкіндік туғызады және масса тасымалдау процесін едәуір дәрежеде қарқындатады.

Сонымен бірге,оттекті жоғарыдан үрлеу кезінде конвертерде металл көлемінің жеке бөліктерінде шамалы араласатын аймақтар болуы мүмкін,яғни ваннаның мөлшері біркелкі болмауы мүмкін.

Қоспалардың тотығуы және қож түзілуі. Конвертерлік балқыту технологиясын қарастыру кезінде үздіксіз және бір мезгілде жүретін екі процесті: оттекті қарқынды беру (реакция аймағындағы тотықтыру атмосферасы) және қож түзілуді (қож қабатының түзілуі,оның негізділігінің біртіндеп жоғарылауы және үрлеу барысында қож массасының ұлғаюы) есепке алу қажет. Кейде оттекті конвертерде балқыту процесін шартты түрде екі кезеңге бөледі:*бірінші,*қоспалар концентрациялары (C,Si,Mn,P) айтарлықтай жоғары болғанда; *екіншісі* ваннада қоспалар дерлік қалмағанда және темір қарқынды тотыққанда. Бірінші кезең кезінде қоспалардың тотығу қарқындылығы (жылдамдығы) оттекті беру қарқындылығымен анықталады (яғни сыртқы масса тасымалдаумен лимииттеледі). Үрлеу қарқындылығы неғұрлым үлкен болса,қоспалардың тотығу жылдамдығы соғұрлым жылдам болады.

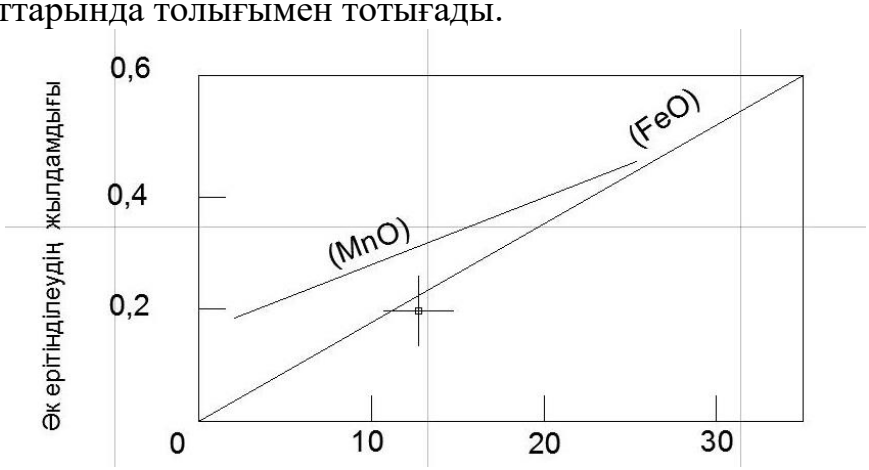
Қазіргі заманғы кейбір конвертерлере оттекті берулердің 5-8 $м^3$/(т·мин) дейінгі қарқындылығына қол жеткізілді. Үрлеу қарқындылығы мұндай жоғарылаған кезде балқытудың жалпы ұзақтығы бір шама азаяды; сонымен бірге лақтырынды байқалады, шегендеу қызметінің шарттары нашарлайды, балқыту барысын бақылау күрделеніледі, қож түзілу баяулайды, конвертерге тиелетін металл сынығын балқытуды кешіктіру жағдайлары байқалады. Бірақ тіпті оттекті мұндай қарқынды беру кезінде оның сіңірілу дәрежесі 90-95% құрайды, сондықтан оттектің шығыны өте жоғары болғанда да бірінші кезеңде ванна берілетін оттектің барлығын сіңіре алады деп есептеуге болады.

Оттекпен және темір оксидтерімен өзара әрекеттесу нәтижесінде тотыққан қоспалар мөлшерінің қатынасы үрлеу шарттарына байланысты болады. Егер оттектің қысымын өзгертпей, шегенді көтерсе, оттек ағыстары бет бойымен ағады да, басым көпшілігінде темір тотығады.шеген мен металл беті арасындағы ара қашықтық неғұрлым үлкен (белгілі саналы аралықтарға дейін) болса, қождағы темірдің соғұрлым көп болатыны көптеген зерттеулермен анықталған. Темірлі қождың болуы конвертерге тиелетін әктің жылдам еруін және сұйық қозғалмалы негізді қождың қалыптасуын қамтамасыз етеді. (5)сурет. Әктің қожда еру процесі барлық балқыту барысында жалғасады. Балқытуды жүргізу технологиясы операцияның аяғына қарай әктің толық еруін қамтамасыз етуі тиіс.

Оттекпен жоғары химиялық ұқсастықтағы *кремнийдің тотығуы* үрлеудің алғашқы минуттарында қарқынды жүреді. Осыған орай алынатын кремнезем силикаттары түзіп, CaO-мен өзара әрекеттеседі: $SiO_2+2(CaO)_2 \cdot SiO_2$.

$$K=a_{(CaO)2\cdot SiO2} / a_{(SiO2)} \cdot a^2_{(CaO)} \qquad (1.7)$$

Негізгі қождағы CaO-ның активтілігі жоғары, содықтан негізділіктің жоғарлауына қарай $a_{(SiO2)}$ мәні болмашы аз болады да, кремний үрлеудің алғашқы минуттарында толығымен тотығады.



5 Сурет – Әктің еру жылдамдығының ондағы FeO және MnO мөлшерінің болуына тәуелділігі(шлактағы компоненттің мөлшері)

Марганецтің тотығуы негіздік оксидтің MnO, алайда, басқа негіздік оксидке CaO қарағанда әлсіздеу оксидтің түзілуіне әкеледі. Нәтижесінде CaO-

ның SiO_2 және P_2O_5 қышқылды оксидтерімен байланыстары, MnO-ның осы оксидтермен байланыстарына қарағанда күштірек. Осыған байланысты активтілік (MnO) балқыту барысында елеулі шама болып қалады және металдағы марганецтің құрамы реакция тепе-теңдігінің константасымен анықталады:

$$(FeO) + [Mn] = (MnO) + Fe, \quad (1.8)$$

$$K = a_{(MnO))} / a_{(FeO)} \cdot a_{[Mn]}, \quad (1.9)$$

$$a_{[Mn]} = (1/K) \cdot (a_{(MnO)} / a_{(FeO)}). \quad (1.10)$$

Ваннаның қарқынды қайнауы үшін жағдайлар жасалатын сәтте, көміртек үрлеу оттектің және қож темірі оксидтерінің әсерінен тотығады; бұл кезде $a_{(FeO)}$ мәні азаяды, ал металдағы марганецтің мөлшері артады. Негізділік жоғарылағанда қышқылды оксидтер CaO-мен толығымен байланысады, сәйкесінше $a_{(MnO)}$ артады, бұл сондай ақ, металдағы марганец ұлғаюына әкеледі.

Марганецтің тотығуы реакциясы – экзотермиялық және температураның жоғарылауы тепе-теңдікті марганецтің тотықсыздану жағына қарай ығыстырады. Металдағы марганецтің мөлшері шойындағы марганецтің мөлшеріне және сәйкесінше қождағы концентрациясына (MnO) байланысты болады. Марганецтің тотықсыздану процесі балқытудың екінші жартысында, көміртек қарқынды тотыққанда, ванна теипературасы және қождың негізділігі жоғары болғанда анағұрлым көп байқалады. Кейбір жағдайларда шойындағы марганецтің мөлшері жоғары болғанда марганец балқытудың аяғында 0,4-0,5%-ға дейін тотықсыздануы мүмкін, бұл қышқылсыздандыру үшін ферромарганецті пайдалану қажеттілігін болдырмайды. Операцияның ең соңында, барлық қоспалар тотыққанда, ваннаны оттекпен үрлеуді жалғастыру темірдің тотығуымен беріледі; сонымен бірге $a_{(FeO)}$ артады, бұл тепе-теңдіктк марганецтің тотығу жағына қарай ығыстырады

Қождағы MnO жоғары концентрацияларының шихтадағы марганецтің жоғары концентрациялары жағдайында немесе шихта құрамына, мысалы, марганец рудасы сияқты материалдарды енгізу кезінде ғана байқалуы мүмкін екендігін еске саламыз. Ал бұл қосымша шығындармен байланысты. Сондықтан конвертерлік өндірістің қазіргі заманғы практикасы – аз марганецті шойынды қайта өңдеуге, ал қож түзілуін үдету үшін темір флюсі (темірленген әк), балқыту шпаты және т.б типті материалдарды пайдалануға бағдарланады.

Фосфорсыздану процесі негізді қождың қалыптасуына қарай дамиды. Фосфордың тотытотығуына темір мен кальций оксидтері қатысады:

$$2P + 5FeO + 4CaO = (CaO)_4 \cdot P_2O_5 + 5Fe_c. \quad (1.11)$$

Бұл реакция – экзотермиялық; оның жүруіне бірқалыпты температуралар қолайлы болады. Фосфордың қожға сәтті жойылуына қождағы темір оксидтерінің жоғары активтілігі және жоғары негізділігі (CaO жоғары активтілігі) мүмкіндік туғызады. Кәдімгі технология талап етілетін фосфорсыздану дәрежесіг қамтамасыз етпеген жағдайларда, қождағы фосфордың активтілігін азайтады. Ол үшін балқытудың аяғында құрамында фосфордың қандай да бір мөлшері бар қожды сорып алады да, таза әк қысымының, қож түзушілердің және қысқа мерзімде үрлеудің көмегімен жаңа қожды келтіреді. Мұндай технологияны кейде екі қожды процесс немесе қожды сорып алатын технология деп атайды. Кәдімгі шойынды (құрамында <0,3 % P бар) қайта өңдегенде қожды сорып алмай-ақ, фосфордың қажетті төмен концентрацияларының алынуын қамтамасыз етеді. Мұндай технологияны кейде бір қожды деп атайды.

Көміртектің тотығуы үрлеудің барлық кезеңі ішінде жүреді. Көміртектің тотығу жылдамдығы оттекті беру қарқындылығымен де, реакция өнімдерінің – көміртек монооксиді көпіршіктерінің түзілу және бөліну шарттарыменде анықталады. Бұл шарттар фазалардың бөліну шарттарыменде анықталады. Бұл шарттар фазалардың бөліну шекараларында (металл-газ, металл-шеген және т.б) аса қолайлы болады.

CO көпіршіктерінің түзілуі және сәйкесінше көміртексіздену реакциясының жүруі үшін металдың ликвидус сызығының үстінен аса қыздырудың белгілі деңгейі қажет. Реакция басты түрде оттек ағыстарының әсер ету аймағында жүргендіктен, оның жүру шарттары үрлеуіштің конструкциясына да едәуір байланысты болады. Егер бір соплолы үрлеуішті қолданса, ағыстың әсер ету аймағында ванна ісінеді, металл мен қож шашырайды, сондықтан ірі конвертерлер үшін ылғи да көп соплолы үрлеуіштерді пайдалану көзделеді және де соплолар осьтері вертикальға қандайда бір бұрышпен орналасқан.

Металл температурасының жоғарылауына және кремний мен марганец сияқты оттекке жоғары химиялық ұқсастығы бар қоспалар концентрациясының төмендеуіне қарай, көміртектің тотығу жылдамдығы артады және үрлеу басталған соң 5-7 минуттан кейін максимум мәнге жетеді. Осы сәтте оттекті пайдалы қолдану дәрежесі 100 %-ға жақындайды. Балқыту кезінде көміртек монооксидінің бөліну шарттарын жақсарту және көміртектің (темірдің емес) тотығуы үшін берілетін оттекті барынша пайдалануды қамтамасыз ету үшін, үрлеуішті біршама түсіреді де, оттек ағыстары металға аса қарқынды ендіріледі – тотықтыру газы – металл бөліну бетінің ауданы күрт өседі.

Көміртектің тотығу реакциясының жүру шарттарының қолайлы болатыны соншалықты, бұл сәттерде көміртектің тотығуына үрлеуіш арқылы берілетінге қарағанда көп оттек жұмсалады (жартылай қож темірінің оксидтері жұмсалады). Осылай көміртек концентрациясы ~0,10 % дейін төмендеген сәтке дейін 5-10 мин (оттекті беру қарқындылығына байланысты) жалғасады. Сонымен бірге бұл кезде көміртектің тотығу жылдамдығы күрт

төмендейді, темір қарқынды тотығады, қождағы темірдің мөлшері (оксидтер түрінде) артады.

Күкіртті жою. Күкіртті тиімді жою үшін металдың жоғары негізді аз тотыққан қожбен түйісуін қамтамасыз ету талап етіледі. Конвертерлік балқыту жүргізудің тотықтыру жағдайларында қожда көп темір оксидтерінің мөлшері бар, сондықтан конвертерде күкіртсіздендірудің жоғары дәрежесіне қол жеткізу қиын. Алайда күкірттің белгілі бөлігі балқыту барысында – қожға және газдық фазаға (жойылған күкірттің 5-10 %-ы) жойылады.

Қож негізділігінің ұлғаюына ($a_{(CaO)}$ мәндерінің жоғарылауына қарай) күкірттің таралу коэфиценті L_S=(S)/[S] өседі және металдағы күкірттің мөлшері азаяды. Операцияның соңына қарай қож негізділігі CaO/SiO_2 =3,5 болғанда күкірттің таралу коэфициенті L_S= 8-10. Қалыпты құрамда шойынды қайта өңдеу кезінде бұл операцияның соңында 0,020-0,040 % күкірт мөлшері бар металдың алынуы қамтамасыз етіледі.

Болаттың қатардағы маркалары үшін мұндай көрсеткіш қанағаттанарлық болып танылуы мүмкін. Сапалы маркалар үшін металды конвертерден шығару (төгу) процесінде күкіртсіздендіру операцияларын шөміште және арқалай пештен тыс өңдеу әдістерімен жүргізуді жалғастыру қажет.

1.4 Темір құрамдас шламдардың қолдану аясына дайындық жүйесі

Техникалық дамыған елдердің бірінің ғылыми зерттеу орталықтарында тығыздалған шикізат, қатты қалдықтар қолдану аясына қарай зерттеулер жүргізілуде [1-11]. Негізінен бұл зерттеулер фабрикада кен қалдығы және отынның бөлігі ретінде, домна пешінде бөлшектелген шикізат ретінде, темір балқытқыш қоспаларда салқындатқыш ретінде қайтадан қолданылады. 4 суретте әртүрлі орын алмастырғыш заттар және металлургиялық өңдеулердегі (мысалы домна пешіндегі тазартулар және тазартылған газ) шаң мен шламдардың бөліктері көрсетілген.

Фабрикада шыңды біріктіруінде өзіндік технологиялық жүйені қолданылады. Колошник шаңында 35% Fe және 20% C болады және оларды біріктіргіш өндірісінде қолданылады. Дегенмен домна пешіндегі шаң және басқа өндірістен тазартылған шаңдар ылғал құралмен тазартылады және бұл өңдеулер химиялық тұрақтылықты және мөлшер құрамын қамтамасыз етпейді, бірақ бұның бәрі тұрақты түрде толық технологиялық жағынан тазартуды талап етеді [12-15].

1-домна газындағы тазартылған шлам; 2-тазартылған газдан тазарту жүйесіндегі шлам; 3-колошник шаңы; 4-байытылған околина

6 Сурет - шикізаттың толық дайындығы (I), біріктіруі (II), домна пеші (III), тазартылуы (IV), негізгі өндірістік және шаңның бөліктері металлургия өндірісінде құралады

Одан басқа металлургиядағы шаңдар мен шламдардың құрамында зиянды қоспалар яғни мырыш пен қорғасын тәрізді заттарды тазартуда келесі өңдеулерде кедергі жасамау үшін арнайы тазартудан өтеді.

Шламдарды белгілі бір деңгейге дейін тазарту оның бастапқы қатты күйі, салмағы, тығыздығы, бөлінген сұйық күйіне байланысты болады. Көріп тұрғандай ол өзгеріс күйінде, салқындатылған және жасанды құрғатылған күйде болады. Газды тазарту кезіндегі шламдардың құрамы 10% қатты заттан тұратын болады. Салқындатылған шламдарға химиялық қоспаларды қосу арқылы қатты заттан сұйық затты алу қолданылады. Салқындатылған шламдарда қолданылатын кеңінен тараған реагенттер әк, алюминий тұзы және темір, жоғары молекулалы заттар, дегенмен салқындатқыш реагенттерді қосу үшін арнайы зерттеулерді қажет етеді [16].

Қара металлургия өндірісінде шламдарды залалсыздандыру үшін кеңінен тараған сүзгілі-вакуум қолданылады, яғни ол 30-35 % суды залалсыздандырып тазартады. Терең залалсыздандыру үшін әртүрлі нығыздағыш – сүзгі қондырғыларын пайдаланады, дегенмен ол көп қаржы керек етеді және де әрдайым айналым жасауға қолайсыз. Болашағы айқан құралдардың бірі сыртқа тепкіш құрал болып табылады, дегенмен ол металлургия заводтарында қоршаған ортаны қорғау үшін әліде қолдану аясын кеңінен таппады.

Белгілі бір деңгейдегі залалсыздандыруға жеткізу үшін қосымша шлам кептіргіш қажет. Көптеген заводтарда осындай мақсаттарда термиялық кептіргіш, ауада кептіргіш немесе өздігінен кептіретін реагенттер, кейде жанған әкті қолданады.

Айтарлықтай тәжірибесі мол Альфа-Лаваль (Швеция) фирмасы залалсыздандыру жөнінен құрал-саймандары зор [17].

Кішкентай қалдықтарды жақсарту үшін арнайы жүйелер құрылған. Олардың кейбірі өндірісте қолдану деңгейіне дейін жеткен.

Металлургия жүйесінде бөлшектелген шикізаттар шикі түрінде немесе бөлшектелген күйінде қолданылады. Кейбірі жандырусыз байланыстыру арқылы қолданылады [18-21].

Кейбір фирмалар шойын балқытқыш агрегаттардағы шаңдарды қайтадан сол агрегаттарды қолдану арқылы өңделген өнімдердің тасымалдау көлемін азайту үшін қолданылады. Шойын балқытқыш агрегаттар кендік заттардың ауада беріктігін қамтамасыз етіп одан әрі беріктігін жоғарлатады. Олардың ылғалдық құрамы 5%, нығыздалғандағы тығыздығы 13,6-24кг болатын шойын балқытқыш агрегаттар жазғы және қысқы уақыттарда темір жол арқылы тасымалдауға қолайлы және бос кеңестікте сақтауға, домна пешіндегі 136 кг қысымға төтеп беретіндей болуы қыжет. Тиеу кезінде кендік затты жылдам кеуіп кетуден сақтау қажет, әйтпесе балқытқанға дейін бұзылуы мүмкін [22-23].

Шойын балқытқыш шаңнан шикізатты алудың екі жолын айта кететін болсақ темір кенінен тазарту жолы және мартен фирмасының әзірлеуімен (Бетлихем стил») США бөлшектелген кеннен бөліп алып орын алмастырғыш ретінде қолданылады.

Қалдықтарды жүйелеу кезінде салқын және ыстық күйіне қарамай қолдану мен қолданбау аясына қарай байланыстырылады.

Темір құрамдас заттарды байланыстыру олардың тығыздығын жақсартады және тиеу, тасымалдау және де қайтадан қолдану кезінде шаңдануын қамтамасыз етпейді. Шикізатты байланыстыру олардың бұзылуы мен бөлшектенуіне жол бермейді.

1.5 Металлургия өндірісіндегі шламдарды пайдаға асырудың жолдары

Металлургия өндірісіндегі қалдықтарды қолдану қазіргі таңда ылғалдылығына қарай және бөлшектілігіне қарай жоғары құрамдас зиянды қоспалардың болуымен қолданылады.

Қазірге кезде металлургия өндірісінде қалдықтарды гидрометаллургия және пирометаллургия жүйесі арқылы төмен температурада балқытып және қайтадан сұйық күйге айналдырады.

Гидрометаллургияда қалдықтардан зиянды қоспаларды бөліп алу үшін оның құрамы мен ылғалдылық қалдығына байланысты. Пирометаллургия өндірісінде қалдықтарды өңдеу арқылы атмосфералық қысымда зиянды қоспаларды алу арқылы метал өнімдерін алады. Зиянды қоспаларды тазартудың үшінші жүйесі балқыту және қайта қалпына келтіру арқылы қалдықтарды сұйық күйге дейін жеткізу арқылы шойын немесе жартылай

өнімдерді алуға болады [25-29]. Төмен температурада балқытылған темір құрамдас өнімдердің құрамы заттың беріктік құрамын жақсартады [30].

Соңғы кезде гидрометаллургия жүйесі арқылы таңдаулы металлдарды алу Қазақстанда және дамыған капиталистік елдерде кең тараған [31-34].

Металлургиялық қалдықтарды кәдеге жаратудың болашығы айқын пирометаллургия жүйесі болып табылады.

Шет елдерде шламдарды өңдеудің металлургиялық өндірісінде пирометаллургияның жүйесі кең тараған Жпония мен Германия елдерінің технологиялық құбырлы пештері кеңінен қолданылады. Оған қатысты SL/RN, Kavasaki, Kaho, Crupp, Lurgi, SDR, SPM [35-39].

Вакаяме және Касиме заводында «Сумитомо киндзоку коге» фирмасы Жпонияда 1975 жылы металлургиялық шаңнан 20 мың т/айына металлургиялық кенді алудың жолын ашты және ол кенді домна пешінде қолданылуға болады.

“British Steel Corp” –BSC (Бритиш стил – БСК) фирмасының көптеген жылдық тәжірибесі бойынша 80% темір құрамдас қалдықтарды кәдеге жарату үшін нағыз өнімнің құрамы 00,5%Zn, 0.2% Na_2O, 0.2% K_2O, 0.1% S, көлемі 250-5мм және нығыздаудағы тығыздығы-1500Н/кен болуы қажет. Бұндай өнімді алу үшін 75% құрамдас қалдықты жою қажет және домна пешіне қажетті құрамға жеткізу үшін 450-454 г/т деңгейде болуы керек [40].

Гамильтондағы заводта Канада «Dofasco» фирмасындағы домна пеші, мартен және байыту өндірсіндегі жиналған шламның көлемі млн.т құрайды. Олардың құрамында 500 мын.т темір және 15 мын.т көміртек. Әрбірі заводта 800 т. шаң, олардың әрбір 10% колошник шаңы, 25 %-ды шламдар, шойын балқытқаннан кейін құрылатын газдың тазартудан өткеннен кейін 10% мартин пешіндегі шаң және 27% байыту орны, 3% металды бөлу кезінен қалады. Бұл қалдықтардың құрамында 50% Fe, 4.1%Fe, 40% Fe_2O_3, 23% FeO, 2.6% C, 0.45% ZnO, 0.04% P, 0.21% S. Бұл қалдықтарды кәдеге жарату үшін оның құрамындағы 10-нан 25%-ға дейінгі ылғал мен май және көмір тектес шайырдың әсерінен қиындық туғызады.

Жартылай өндірістік ауқымда қалдықтарды кәдеге жаратудың жолы қарастырылған және құбырлы пеште айналдыру арқылы кептіру жүйесі Термо өңдеуде кенді көміртек оксидімен байланысып темір мен мырыш Fe пен CO байланыс түзеді. Соңынан қабаттарға екінші рет ауа жібереді. Мырыш қосындылары ыстық газ күйінде шахталық жылытқышқа түсіп, мырыш тотығуы арқылы ақ түтін тәрізді құбырдан өтеді.

Жартылай өндірістік тәжірибе бойынша 3,05 м болатын дөңгелек айналма “International Nickel” («Интернейшил никл») Порт-Колбормда болатын. 4 аптада 300 т металлургиялық қалдық өңделген. Қайта қалпына келтірілген өнімдердің құрамында 50% $Fe_{жалпы}$, 70%$Fe_{темір}$, 18% FeO, 0,075 ZnO, 0.026% S, 25,7% бос түрінде болды. Өткізілген тәжірибеде “Dofasco” фирмасының 1500 т/күндік айналмалы доңғалақ пештің құрылуына себепші болды.

Басқа жүйеге қарағанда домна өндірісіндегі шламдарды кәдеге жарату және LD-Германияда жасалған айналдырмалары көмірді және қайта қалпына келтіруші газ тектес өнімдердің айналмалы пештегі өнімін қолданылады [41].

Франция елінде металтургиялық шаң тектес қалдықтардан метал кенін алуға тапсырыс алған. Қайта қалпына келтіруші қоспа құрамына 0,5-7% бентон және күл 9,5-15,6% ылғалдылыққа жеткізетін қоспалар қосатын. Көміртек пен сутектіктің бос атомдардағы өлшемі 0,75-1,25 шамасында мырыш пен қорғасын қосындысында болады. Кенді белгілі бір температурада кептіру арқылы ылғалдың бөлініп шығуы мен қатты отындағы көміртектің өртенуіне жол бермейді. Кептірілген кендегі қуыстың құрамы 27,5-40 % құрайды.

Неміс фирмасы Paul Wurth S.A. құрған Primus құралы көп қабатты пештің пайдасы технологиялық жағынан пайдасы мол. Бұл технологиялық жүйе қалдықты тиеу, әсіресе шламдарды пешке жөнелтудің ең оңай жолы болып табылады [42, 43].

Қазіргі таңда әртүрлі зерттеулер Дуйсбергте (Германия), Кен байыту орталығы (SGA), Ортфрезене (Германия), Эилвуд – Сити (США) Inmittco фирмасы, Порт-Кольборне (Канада) Inco фирмасы, Рейнско-Вестфальском жоғары технологиялық орталық Ахене (Германия), лабораториялық зерттеу орталығы GSM Генуе (Италия)-да жүргізілуде. Негізінен шикізаттық заттарды әзірлеу мен қайта қалпына келтірушы жүйені зерттейді. Темір құрамдас заттар, қайта қалпына келтіруші мен байланыстырушы жеке зерттелуде. Одан басқа біріктіру, қайта қалпына келтіру кезінде бөліну, қайта қалпаны келтіру кезіндегі жылдамдығы мен жылу өткізгіштік байланысын зерттеуде [44-47].

Қазіргі уақытқа дейін ТМД еліндегі заводтарда технологиялық жағынан домна және шойын балқытқыш шламдар мен шаңдардың толық кәдеге жаратудың жүйесі жоқтың қасы.

Орск-Халилов металлургия заводында құрылған және зерттелген айналмалы пештегі бөлшектелген өнімдер, домна пешіндегі және мартенов өндірісіндегі темір құрамдас шламдар домна пешінде қайта ерітілуге қолайлы.

Бірінші Оралдық жаңа құбыр заводының (ОАО ПНТЗ) көп жылдық тәжірибесі бойынша әртүрлі заттарды байланыстырушы заттармен брикеттеу, лабораториялық тәжірибеде су жүйесін қолданғанда брикеттің таза жүйесі пайда болған және сұйық айнаны байланыстырушы ретінде қолданған. 2003 жылы тамыз бен қыркүйек айында тәжірибелі брикеттер ООО «Сертицентруба» және НТЦ ОАО «Мечел»-де тәжірибелі-өндірістік зерттеуден өткен. Зерттеудің қорытындысы бойынша химиялық, гранометриялық құрамы мен механикалық құрамындағы шойын өндірісіндегі шикізат толық талапқа сай болды [49].

Кейбір шламдарды кәдеге жарату үшін Магнитогорс металлургиялық комбинатта жүргізілді [50]. Бұл жерде домна шламы, айналдырылған және мартен өндірісінде аглошихтаны қолдануға ұсынады.

1983 жылы Новолипец металлургия комбинатында құрылған және зерттелген технология жоғары сапалы кеннен темір құрамдас шламдарды

алудың жолын көрсеткен [51]. Технологиялық жағынан кеннен шыққан шламдарды қоспа заттармен байланыстыру арқылы термиялық өңдеуді алады.

НИПИ «Энергосталь» біріккен Новолипец комбинаты әзірлеген және зерттеуден өткізген өндірістік жағдайда термиялық өңдеудің құрамы темір құрамдас шламдардың газ тектес өндірісі мен май құрамдас қалдықтардың өндірісінен жоғары сапалы өнім – темір кенін алуға болады және оны домна пеші мен шойын балқытқыш өндірісінде қолдануға болады [52].

Жоғары сызылғыштық пен құрғақ және ылғал шламдардың айналмалы пешке тиегенде экономикалық және экологиялық жағынан ақтамады. НПВП, «ТУРЭКС» және УроРАН мамандарының толық зерттеулері көрсеткендей заңды түрде кеннің орнығуы, шламдардың айналудан құрылуы, кинетикалық қайта қалпына келтірілуі және де қоспаның құрылымы мен мырыштың жойылуын көрсетті [53]. Тәжірибенің қорытындысы бойынша бірінші технологиялық жағынан айналмалы шламдарды кәдеге жарату құрылған.

Қазіргі таңда НИПИ «Энергосталь» шламдарды кәдеге жаратудың құрылысын «Криворожсталь», Енакиев және Макеев зауытының комбинатында аяқтады [54].

80-шы жылдары №2 Қарағанды металлургия комбинаты темір құрамдас шламдарды біріктіріп өндіруді құрастырып енгізген [55]. Бұл технологияны «Уралмеханобр» институты ұсынды және шлам екі деңгейлі қойылтудан кейін тозаңданған күйде шихтаны ылғалданлыру үшін аглошихта қоспасының құрамына түседі. Бұл жүйені енгізудегі қорытындысы бойынша жылдық біріктірудегі шығыс 1,3% өсті және 1,0% құрал-жабдықтарға өндірісіне кетті.

Дзержинский комбинатында 0,74% мырыштың айналмалы шламның құрамы - әк құоспасынан тұрады және ол арнайы конверттелетін цехта біріктіру жолымен дайындалған [56]. 1983 жылы бірінші отандық тәжірибеде 100 мын т құбырлы пештен айналмалы шлам мен әктін күлін дайындайтын.

Украинадағы ғылыми зерттеу орталығында (УкрНТЭК) айналдырмалы кехта ылғал жолмен мырышты қалдықтан алудың технологиясын зерттеген.

Украинадағы мемлекеттік металлургиялық академиясында (ГМетАУ) 1994 жылы темір құрамдас қалдықтар мен бөлшектерді ыдыс тәрізді айналмалы құрал-жабдыққа орналастыруды жоспарлап және жөндеуден өткізген.

ТМД еліндегі өнеркәсіптерде 70-80% құралған шламдарды біріктіреді. Шамамен 3,0 млн/т шламдар мен шаңдар қайтарымсыз ЖЭС және басқа қалдықтармен араласып кетеді. Уралмеханобрдың мәлімдемесі бойынша қазіргі уақытқа дейін 200 млн/т шламдар жиналған, олардың 25 млн/т металлургиялық өңдеуде жақсы энергия көзі болып табылады.

Дегенмен, құрамындағы пайдалы және зиянды қоспаларға байланысты өндірістің алдына қойған мақсатына қарай өңдейді. Қазіргі таңда пирометаллургияда кеңінен тараған термо өңдеулердегі метал өнімдерін атмосфера қысымында қайта қалпына келтіру және байытылған түсті металдардан шаңдарды ұстап қалуынымен өңдеп алады[57].

2 Тәжірибе жүргізу әдістемесі

2.1 Тотықсыздандырып балқыту процесін металл қалдықтарында жүргізу

“Домналық пеш – Оттекті конвертер” екі кезеідік темір және болат өндірісінің іске жарамды схемамысын зерттеп, авторлар, болатты үлкен көлемде өндіру үшін процесстің артықшылықтары мен кемшіліктеріне нұсқайды. Процесстің негізгі кемшілігі ретінде қарама қарсы бағытталған металдың декарбуризациясын және карбюризациясын атап көрсетеді. Болаттың үлкен көлемдегі өндірісін іске асыру нәтежиесінде, құрамында темірдің жоғары мөлшері бар шамадан тыс металл қалдықтары түзіледі [58]. Конвертерлік шламға негіздеоген тотықсыздандырып балқыту процессін металл қалдықтары үшін жүзеге асыру темірдің қатты көміртегімен декарбуризацияланбай тотықсыздану мүмкіндігін көрсетті. Зертханалық жолмен алынған кенді-көмірлі жентектер, болаттың құрамына сәйкес келетін металл құймаларын алуға мүмкіндік беретін үздіксіз металлдану және балқыту.

Үлкен металлургия деп аталатын темір тобы металдар өндірісінің технологиясына, яғни темір, марганец және хром кендерін өңдеуге негізделген. Аталған шикізат ресурстарында темір, марганец және хром оксидті түрде болғандықтан, оларды дайындау және металлургиялық қайта өңдеу қалпына келтіру-балқыту процесін ұйымдастырумен байланысты. Темір өзінің физикалық-химиялық және механикалық қасиеттері бойынша әлемдегі ең кең таралған конструкциялық материал — Болаттың негізін білдіреді . Сондықтан темір кен шикізатын қалпына келтіріп балқыту шойын жаппай өндіруді қамтамасыз ететін домна пештерінде өткізіледі.

Болатты әлемдік тұтыну жыл сайын артып келеді, бұл темір мен болатты жаппай және тұрақты өндірудің негізгі тәсілі ретінде екі сатылы "домна пеші – оттегі конвертері" кешенінде шойынды балқытудың өндірістік қуатын арттыруға әкеледі.

Марганец және хромит кендерін қалпына келтіру балқыту тиісті ферроқорытпалар — ферромарганец және феррохром өндірісін қамтамасыз ететін электротермиялық пештерде іске асырылады [59-62].

Сонымен қатар, домна пештерінде да, электротермиялық пештерде де қалпына келтіру-балқыту процестері жалпы сипаттамасы мен ұқсас көрсеткіштері бар. Агрегаттардың екі түрінде де Шихта Кесектелген кен мен кесек кокстан тұрады. Кесек Кокс қабаты қалпына келтіру реагенттерінің көзі және бір мезгілде балқымалар мен газ ағынын сүзуге арналған Кокс саптамасы ретінде пайдаланылады. Кокс саптамасының қабатында металл балқымалары көміртегімен балқытылады және домна пештерінен құрамында 4,2 — 4,5% көміртегі бар көміртекті темір-шойын, ал электротермиялық пештерден құрамында 6% астам көміртегі бар жоғары көміртекті ферроқорытпалар

шығарылады. Шойын да, жоғары көміртекті ферроқорытпалар да оларды көміртегіздендіру мақсатында одан әрі қайта өңдеуді қажет етеді.

Оттекті конвертерде шойынның балқымасын көміртегіздендіру негізгі конструкциялық материал ретінде болат өндіру қажеттілігімен байланысты, ал жоғары көміртекті ферроқорытпаны тазарту және оны төмен көміртекті ферроқорытпаға ауыстыру болатқа қоспалайтын қоспалар ретінде кеңінен қолдану қажеттілігімен байланысты. Демек, коксты қолдану арқылы қалпына келтіру-балқыту процесі көміртекті металл шығарумен аяқталады. Мұндай нәтиже, біріншіден, шығарылатын өнімнің сапасын төмендетеді, екіншіден, шойын мен жоғары көміртекті ферроқорытпаны көмірсіздендіру қажеттілігіне байланысты қайталама қайта бөлуді талап етеді. Металдың көміртектенуі және көміртектенуі қарама-қарсы бағытталған үдерістерді ұйымдастырумен байланысты, олар айтарлықтай энергетикалық және материалдық шығындармен сүйемелденеді, бұл сайып келгенде түпкілікті металл өнімдерінің өзіндік құнының артуына әкеледі.

Екінші жағынан, кен – кокс жүйесінде Домна да, электротермиялық пеште де белгілі себеппен кокстың айтарлықтай артық болуы бар. Сондықтан көміртекті металды көміртекті тікелей қалпына келтіру аяқталғаннан кейін көміртекті көміртекті ұнтақтау процесі сөзсіз және дәстүрлі жұмыс істейтін металлургиялық агрегаттардан көміртекті жартылай өнімдерді шығару заңды құбылыс болып табылады. Алайда, бұл заңдылықпен бүкіл әлемде талап етілген металл өнімдерінің жаппай өндірісіндегі "домна пеші – конвертер" кешені арқылы екі сатылы металлургиялық процесс байланысты [63].

Қайталама қайта бөлу металды көмірсіздендірумен қатар негізінен үйінділерде жинақталатын қож және шлам түрінде металл бар қалдықтардың едәуір массасын бөлумен қатар жүреді. Осындай жаппай ағынды болат пен қорытпаларды өндіру жағдайында табиғатта жинақталатын қалдықтар экологиялық қауіпсіздікке қауіп төндіруде.

1 Кесте - Конвертерлік шламның отраша химиялық құрамы

Материалдар атауы	Химиялық құрамы, %								
	Fe	FeO	MnO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P	S
Конвертерлік шлам №1	63,78	76,23	4,64	3,66	0,535	15,18	4,64	0,406	0,36
Конвертерлік шлам №2	69,25	80,8	5,0	4,0	0,58	9,8	3,1	0,26	0,23

2 Кесте – Оттекті материялдардың химиялық құрамы

Материялдар атауы	Химиялық құрамы, %													
	$Fe_{жалпы}$	FeO	Fe_2O_3	Mn	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P	S	C	V2O5	Cr_2O_3	TiO_2
Илемдеу окалин	65.8	42.0	47.4	0.63	4.9	0.86	0.31	0.6	0.19	0.06	0.07	0.15	0.75	0.07
Конвертерлік қож құрамындағы ванади	29.44	18.60	-	2.20	6.09	2.00	30.94	15.38	0.21	0.07	0.19	5.58	0.2	1.15
Ағаш көмір*	-	-	-	-	0,38	-	-	-	-	0,020	95,0	-	-	-
Ескерту:* - қалған күл Ас=1.63.														

Осыған байланысты құрамында металл бар жинақталатын қалдықтарды қайта өңдеу өзекті проблема болып табылады. Конвертерлік шлам түріндегі жинақталатын қалдықтар құрамында темірдің жоғары концентрациясы — 60-63% деңгейінде болады. Сондықтан оларды қайта өңдеу технологиясын әзірлеу ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Негізінен қарама- қарсы жағдайлардағы мәселедегі процестерді көміртектендіру және көміртексіздендіру мүмкіндік береді. Оның шешімін дисперсиялық Конвертерлік шламды өңдеуге қолданылатын қалпына келтіру-балқыту процесінің технологиясын ұйымдастыру мысалында көрсетуге болады. Мұндай зерттеулер металдарды қалпына келтіріп балқытуда қатты көміртектің артық болуын болдырмайтын процестерді ұйымдастырумен байланысты. Қатты көміртектің артық болуы Кокс металлургиясында болмай қоймайтындықтан, кокссіз металлургия процесін ұйымдастыру туралы батыл мәлімдеуге болады.

Сонымен бірге қалпына келтіру-балқыту процесіндегі Кокс саптамасының рөлін металданған өнімдерді металдандыру және балқытуға арналған екі жүйелі орналасқан агрегаттардағы қалпына келтіру балқыту процесін ұйымдастыру толықтыруы мүмкін. Мұндай схемада кокстың рөлі кокстегі сияқты қатты көміртек бар көмірді орындай алады. Кокс және көмір көміртегі бірдей қалпына келтіру әлеуетіне ие. Сондықтан көмірді шихтаның қалпына келтіру компоненті ретінде пайдалану металл оксидтері мен қатты көміртегі арасындағы жаппай қатынасты реттеудің жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Кесек немесе Кесектелген кеннен және кокстен тұратын шихтаны ұсақ кеннен немесе дисперсті құрамында металл бар қалдықтар мен көмірден тұратын шихтаны ауыстыра алады. Олардың массалық арақатынасы реттеуге беріледі, бұл металды көміртектендіру үшін қажетті көмірдің артығын болдырмауға мүмкіндік береді.

Қалпына келтіру балқыту процесінде металды көміртектендіру мүмкіндігін болдырмау дәстүрлі технологияны түбегейлі өзгертеді деп айтуға болады: біріншіден, металды көміртектендіру проблемасына байланысты металлургиялық қайта бөлудің барлық екінші сатысы жойылады; екіншіден, тотықтырғыш қайта бөлу кезінде құрамында металл бар шлактар мен шламдардың үлкен массасының пайда болу мүмкіндігі жойылады; үшіншіден, мұндай қалпына келтіру балқымасының нәтижесінде жоғары сапалы түпкілікті металл өнімі қалыптасады және шығарылады. Бастапқы шикізаттан алынған барлық бағалы қоспалы металдар ысырапсыз табиғи-қоспаланған металл өнімін білдіретін түпкілікті өнім құрамына ауысады. Мұндай процесті ұйымдастыру үшін "домна пеші – оттегі конвертері"кешенінен шығарылатын металл бар қалдықтар сәтті пайдаланылуы мүмкін. Барлық ірі металлургиялық комбинаттарда неғұрлым өкілдік және кең тараған қалдықтарға конверттік шламдар жатады.

Конвертерлік шламдарды дайындау және өңдеу бойынша тәжірибелік зерттеулер сериясы орындалды. Эксперимент үшін "АрселорМиттал

Теміртау" АҚ конвертерлік шлам үйінділерінен ұсынылған сынамалар алынды, шламның химиялық құрамы оның фракциялық құрамына байланысты өзгерді. Темірдің ең жоғары концентрациясы ұсақ фракцияларда байқалды (0,05 мм аз). Орташаланған химиялық құрамында 15,18% - ға жететін CaO жоғары концентрациясы байқалды, ал SiO_2 концентрациясы 3,66% - ды құрады. Қож құрушылардың мұндай жоғары негізділігі фосфорды кальций фосфаты түріндегі берік қосылысқа ауыстыру қажеттілігімен байланысты. Осыған байланысты құрғақ ұсақ дисперсті шлам кальцийлі қосылыстардың бір бөлігін бөлу мақсатында магниттік сепарацияға ұшырап, нәтижесінде шлам құрамының екінші нұсқасы алынды. Бастапқы және байытылған шламдардың орташаланған химиялық құрамы бірінші кестеде көрсетілген.

Шламның екі нұсқасы да Темірдің және MnO марганец оксидінің өте жоғары концентрациясы бар. Шлак түзетін оксидтердің жалпы сомасы жоғары негіздікке ие, осыған байланысты флюстерді қосу қажеттілігі болмады. Тек металдарды қалпына келтіру процесін ұйымдастыру үшін шлам құрамына қатты көміртектің стехиометриялық мөлшерін енгізді. Құрамында көміртегі бар қалпына келтіргіш ретінде құрамында 82% деңгейінде қатты көміртегі бар Чебаркуль көмірі төмен көмір, 6,2% күл және 1,8% Ұшпа көмір пайдаланылған.

Металдарды - темір мен марганецті толық қалпына келтіру үшін дайындалған көмірдің стехиометриялық шығыны теңдеуі бойынша анықталды:

$$g_c=0.75\cdot[0.333Fe_{общ}-0,86FeO+0.169MnO]/C, \text{ кг/кг}. \qquad (2.1)$$

мұндағы C — көміртегінің көміртегі құрамы, %. Теңдеуде темір оксидтеріндегі оттегіні газдандыру ескеріледі, CO және CO_2 газдарының пайда болуымен біртіндеп фазалық айналуларды ескере отырып, қатты көміртекпен тікелей қалпына келтіру кезінде ағады, бұл металдарды қалпына келтіруге көміртектің стехиометриялық шығынын нақтылайды. Темірдің оксидті фазалары бойынша тікелей қалпына келтіру есебі тек газ түзіліп, нәтижесінде артық көміртекті және металды көміртекті қорытады. Шын мәнінде, оттегінің едәуір бөлігі, әсіресе темірдің жоғары фазаларында, газ тәрізді CO_2 түзілуімен қатты көміртекпен өзара әрекеттеседі, яғни көміртегінің бір атомы бірден екі оттегі атомын газдандырады.

Диаграммадан $Fe_{общ}$, FeO, MnO тиісті мәндерін орната отырып. Бірінші теңдеуде қатты көміртектің стехиометриялық шығыны темір мен марганецтің толық қалпына келтірілуіне сәйкес g_{c1} = 0,177 кг/кг және g_{c2} = 0,127 кг/кг шлам құрамының көрсетілген екі нұсқасы бойынша анықталды. C = 82 % мәнін қойып, дайындалған көмірдің стехиометриялық шығынының сандық мәнін алды g_{y1}, g_{y2} .

$$g_{y1}=0.117/(10^{-2}\cdot 82)=0.143 \text{ кг/кг}, \qquad (2.2)$$

$$g_{y2}=0.127/(10^{-2}\cdot 82)=0.155 \text{ кг/кг}. \quad (2.3)$$

1 кг шламға көмірдің тиісті шығыстарын қосу кезінде шлам мен көмір қоспасының жиынтық массасы тиісінше 1,143 және 1,155 кг құрайды. Алынған кенді көмір қоспаларында шлам мен көмірдің массалық үлесі

бірінші нұсқада: γ_p=0.873, γ_p=0.127;

екінші нұсқада: γ_p=0.864, γ_p=0.136;

Кен және көмір бөліктерінің алынған массалық үлестеріне сәйкес, теңдеуі бойынша кен көмір қоспасының орташаланған химиялық құрамы анықталды:

$$E_{ср}=\gamma_p\cdot E_{pi}+\gamma_y\cdot E_{yi}. \quad (2.4)$$

мұндағы Еср - элементінің орташаланған шоғырлануы і, %;

E_{pi}, E_{yi} — шлемде және көмірде I элементінің шоғырлануы,%.

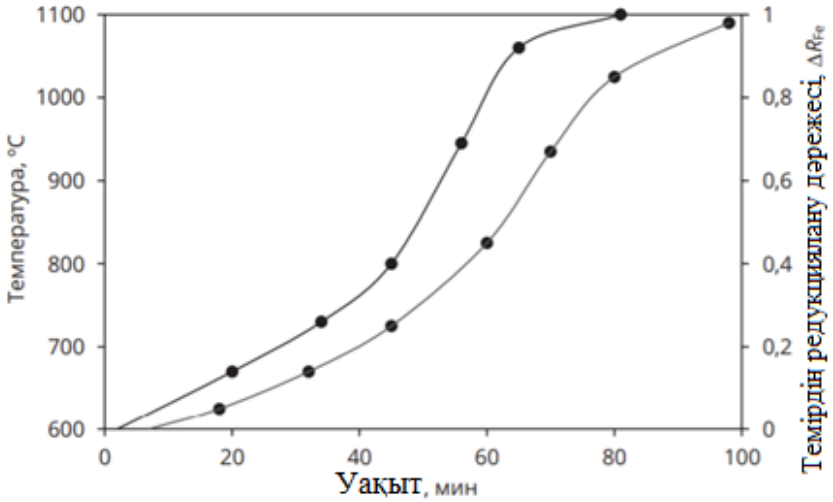
Көмірде темір және марганец оксидтері жоқ болғандықтан, олардың қоспадағы концентрациясы айтарлықтай төмендейді, бірақ көмірдің салмақтық үлесіне сәйкес қатты көміртегі концентрациясы қосымша пайда болады.

$$C= \gamma_y\cdot C_y. \quad (2.5)$$

мұндағы C_y-көміртегі концентрациясы, %.

Дайындалған дисперсті кенкөмір қоспасынан тарелкалы түйіршіктегіш арқылы жентек алынды. Байланыстырушы буын ретінде мелассаның су ерітіндісі қолданылды. Нәтежиесінде, өлшемі 8-15мм кенкөмірлі жентек алынды. Шикі шекемтастар 400 °С температурада муфельді пеште кептірілді, өйткені осы температурада ылғал ұшып кетеді, ал қатты көміртек ауамен тотығпайды. Кептірілген жентек жүктемесімен анықталады массасы 250 г болатын тасымаудау және жүктеу үшін жеткілікті берікттік алды, бұдан әрі тік құбырлы пешке жүктелінді. Пештің реакциялық аймағы 10 °С/мин жылдамдығы 600 °С дейін қыздырды, бұл ретте газ — CO, CO_2 қалпына келтіру өнімінің бөлінуі басталады. Темірді қатты көміртекпен тікелей қалпына келтіру, әдетте жер бетінен емес, шекемтастың көлемінде болғандықтан, металды қалпына келтіру жылдамдығын одан әрі арттыру оның бұзылу қаупімен байланысты болады. Осыған байланысты шихтаның қыздыру жылдамдығы 5-6 °С/мин дейін төмендетті, бұл ретте диффузиялық тасымалдау режимінде шекемтастардан CO және CO_2 реакциясы өнімдерінің газдың баяу бөлінуі орын алады. Қыздыру режимін мұндай реттеу Темірдің ΔRFe = 0,35 қалпына келтіру дәрежесімен шектелді, онда Fe_2O_3 және Fe_3O_4 барлық жоғары оксидтері жоғалады, жүйеде FeO қалады және металл темір пайда болады,ал қатты бөлшектер көлемінің азаюы және байланыстырғыш металл Темірдің пайда болуы нәтижесінде шекемтастар кеуектілігі мен

беріктігі артады. Осындай қыздыру режимінің арқасында қалпына келтірілетін РУО жағдайы тұрақтанады, жүйені қыздыру жылдамдығын одан әрі арттыру мүмкіндігі пайда болады. Одан әрі 12-15 °С/мин шегінде қыздыру жылдамдығы 1000 °С дейін орнатылған, ол кезде темір толық қалпына келгенге дейін төзімді.



7 Сурет - Кенкөмір шекемтастарды қыздыру режимі және уақытқа байланысты Темірдің қалпына келу дәрежесі

Кенкөмірлі жентек қыздыру және Металдау режимі суретте графикалық түрде көрсетілген. Кенкөмірлі жентек -да негізгі алынатын металл 1000 °С кезінде қатты көміртегімен жеткілікті толық қалпына келетін темір болғандықтан, MnO-дан марганец көміртегімен қалпына келтірілуі мүмкін емес, ал CO және CO_2 газ тәрізді өнімдері тек Темірдің қалпына келуін сипаттайды және оның бөлінуін тоқтату қалпына келтіру процесін аяқтаудың көрсеткіші болып табылады.

Газ бөлінуін тоқтатқаннан кейін жүйе қыздыру көзінен ажыратылып, салқындатылды. Пештен алынған материал-сұр түсті металданған өнім. Кенді көмір және металданған шекемтастарды химиялық құрамы кестеде көрсетілген. 2. 10, 33 және 11,6% деңгейінде кенкөмірлі жентектің құрамындағы көміртек ауаның кірмей күйдірілуі кезінде темірдің тікелей қалпына келуіне толығымен жұмсалады [64]. Ауаның кіруін және металл мен көміртектің ауа оттегімен қайта тотығуын болдырмау үшін пештің реакциялық аймағының жоғарғы бөлігі бейтарап газ — аргонмен үздіксіз үрлеп тұрды.

3.1 Кесте - Кенкөмірлі және металдандырылған жентектердің химиялық құрамы

Материалдар атауы	Химиялық құрамы, %									
	Fe	FeO	$Fe_{мет}$	MnO	SiO_2	CaO	MgO	P	S	C
Кенкөмірлі жентек 1 Кенкөмірлі жентек 2	55,8 59,83 75,4	66,7 69,8	- - 73,8 82,2	4,06 4,32 5,4 6,05	3,61 3,46 4,9 4,85	13,28 8,47 17,9	4,06 2,703 5,5	0,35 0,22	0,32 0,2 0,4	10,33 11,6 0,5

3.2 Кесте - Кенкөмірлі және металдандырылған жентектердің химиялық құрамы

Материалдар атауы	Химиялық құрамы, %									
	Fe	FeO	$Fe_{мет}$	MnO	SiO_2	CaO	MgO	P	S	C
Металлдандырылған жентек 1	83,9	2,05	3			11,9	3,78	0,45	3	0,58
Металлдандырылған жентек 2		2,15						0,3	0,28	

3.3 Кесте - Металлдың шығымы және химиялық құрамы

Металлдандырылған өнімдердегі металлдар	Металлдың шығымы, г	Химиялық құрамы, %				
		[C]	[Mn]	[Si]	[P]	[S]
Металл 1 Металл 2	190,8 212,0	0,15 0,12	0,62 0,56	0,15 0,12	0,03 0,028	0,028 0,024

3.4 Кесте - Қождың шығымы және химиялық құрамы

Металлдандырылған өнімдердегі қож	Қож шығымы, г	Химиялық құрамы, %							
		Feo	MnO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P	S
Қож 1	58,82	5,6	11,25	13,5	4,20	47,5	15,9	1,15	0,86
Қож 2	36,80	7,10	19,2	16,00	4,00	39,4	12,5	1,1	0,90

Металданған өнімдерде темірдің жалпы концентрациясының қатынасы ΔRFe = 0,98 Темірдің қалпына келуінің жоғары дәрежесін көрсетеді. Металдандырылған өнімдегі қалдық көміртегінің концентрациясы 0,50 % деңгейінде оның жеткілікті артық болмауын көрсетеді және одан әрі балқытуда металды көміртектендіру мүмкіндігін болдырмайды.

АҚ "Арселор- Миттал Теміртау" конвертерлік шламының ерекшелігі (кестені қараңыз. 1 және 2) әктің жоғары шығынында фосфорлы шойынды қайта бөлумен байланысты фосфордың жоғары құрамы болып табылады. Сондықтан фосфор мен күкірт кальций — CaO оксидімен тығыз байланысты. Бірақ 1200 °C жоғары температурада фосфор кальций фосфатынан да қалпына келтірілуі мүмкін. Сондықтан металдандырылған өнім артық көміртегісіз, яғни бейтарап атмосферада балқытылды. Балқыту үшін салмағы 250 г металдандырылған шекемтастар сынамасы алынды,олар отқа төзімді тигельдерге кезекпен тиелген және Тамман пешіне орнатылған. Пештің температуралық аймағы 20 °C жылдамдықпен қыздырып, тигельдің бетін бейтарап газ — аргонмен үрлеп тұрды. 1400 °C температурасына жеткенде шекемтастарды бір-бірімен жұмсартып, жабысуын байқады, сондықтан аргонмен үрлеумен тоқтатылды. Температура 1550-1600 °C дейін көтерілген кезде материалдың балқуы және балқыманың қайнауы байқалды. Балқымалар отқа төзімді табаларға кезекпен ажыратылып, салқындатылғаннан кейін металл және қож бөліктеріне бөлінген. Бұдан әрі кестеде ұсынылған металл және қождың массалары мен химиялық құрамы анықталды. 3, 4.

Металл мен қожды талдау нәтижесінен қорытпаның металл бөлігі аз көміртегі бар болат болып табылады. Металдандырылған өнімді балқытқан кезде ондағы көміртектің 0,5 және 0,58% деңгейінде ең аз қалдық концентрациясы марганецтің, кремнийдің 0,15 және 0,12% және фосфордың 0,03 және 0,028% деңгейінде болмашы үлесінің (шамамен 0,1 үлес) қайта қалпына келтірілуіне жұмыс істеді. Марганецтің, фосфор мен күкірттің негізгі бөлігі көміртегі-қалпына келтіргіш құрамында қалды. Дегенмен, Конвертерлік шлам, мысалы НТМК ЕВРАЗ, пайдаланылған фосфордың төмен концентрациясы бар құрамында темір ғана емес, сонымен қатар бағалы легирлейтін металдар — марганец, ванадий, хром, яғни табиғи-легирленген металл алды [65].

Конвертерлік шламдарды дайындау және қайта өңдеу бойынша ұйымдастырылған эксперименттік зерттеулердің нәтижелері шойын мен болатты жаппай өндірумен қатар, құрамында металл бар жеке қалдықтар базасында сапалы металл өнімдерінің шағын өндірісін құрудың орындылығын көрсетеді. Конвертерлік шламды пайдаланудың технологиялық процесін іске асыру және макроөндіріс құрамында шағын өндірісті құру барлық кешенді технологиялық процесті цифрландыруға, қалдықсыз өндіріске жақындатады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста конвертерлік шламға толық түсініктеме берілді, және де басқа да пирометалургиялық процесстер кезінде түзілетін шламдарды негізге ала отырып жахандағы және ТМД көлеміндегі өнімді ары қарай өңдеудің тәжірибедегі жолдары таныстырылды. Мысалға алып, қарастырылған процесстердің жүру реті сатылап көрсетілді.

Қазіргі заманғы металлургиялық комбинаттардағы Конвертерлік шламдар темірдің жоғары концентрациясы бар құрамында металл бар өнеркәсіптік қалдықтардың едәуір бөлігін білдіреді. Оларды агломерациялық шихтаға қосымша ретінде немесе сапалы металл өнімдерін шығара отырып, металлургиялық қайта өңдеу үшін дербес шикізат ретінде кәдеге жарату жолдарын таңдау техника-экономикалық әсердің мүлдем әртүрлі деңгейлері бар. Бірінші жол оны дайындалған шикізаттың шағын үлесіне, ал екіншісі — түпкілікті сапалы металл өнімін өндіруге айналдырады.

Жүргізілген зерттеу жұмыстарын негізге ала отырып жасаған эксперименттік жұмыстар нәтижесінде шихта құрамындағы әр түрлі метал тотықтарының редукциялануына қажетті көміртегі шығынының мөлшері анықталды. Сынама ретінде таңдап алынған шихта үшін: шихта құрамында Fe_2O_3 болып кездесетін темір тотығының редукциясына 0,10618 кг/кг шихтаға, шихта құрамында Cr_2O_3 болып кездесетін хром тотығының редукциясына 0,0010125 кг/кг шихтаға, шихта құрамында SiO_2 болып кездесетін кремний тотығының редукциясына 0,000975 кг/кг шихтаға, жұмсалатындығына көз жеткізілді. Яғни 1 кг шихта үшін көміртегі шығыны мөлшері 0,1081675 кг/кг шихтаға-ны құрайды.

Барлық есептеу жұмыстары “Қосымша А: Тәжірибелік жұмысқа арналған шихта құрамын есептеу” бөлімінде көрсетілген.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Воскобойников В.Г, Кудрин В.А, Якушев А.М. Общая металлургия. М: ИКЦ, Академкнига, 2005.–768б.

2 Тлеугабулов С.М, Носов К.Г, Урюпим С.Д. Управление процессом смешанного восстановления железа в шахте доменной печи. Алматы. 1992.–190б.

3 Тлеугабулов С.М, Жолдыбаев Т.А. Информационные технологии в металлургии. Алматы: РИК. 2003.–145б.

4 Шишкин Ю.И, Торговец А.К. Современный кислородно-конвертерный процесс. Алматы: НИЦ «Гылым».-2007.–145б.

5 Гавримок Г.Г, Леконцев Ю.А, Абрамов С.Д. Доменная плавка титаномагнетитов. Тула: АССОД. 1997.–216б.

6 С. М. Тлеугабылов «Теория и технология твердофазного восстановления железа углеродом» Алматы ғылым 1992

7 Газалиев А.М, Егоров В.В, Исин Д.К. «Жалпы металлургия» Алматы – Білім. 2010.- 356б.

8 Сүлеймен Е.Б. Конвертерлік үрдіс. – Астана: С.Сейфуллин атындағы ҚазАТУ баспаханасы, 2007. – 46 б.

9 Лякишев Н.П., Шалимов А.Г. Сравнительная характеристика состояния кислородно–конвертерного производства стали в России и за рубежом. – М. : Элиз, 2000. – 64 б.

10 Выплавка стали в кислородных конвертерах. Технологическая инструкция ТИ–СК–2007. – Темиртау: АО «Миттал стил Темиртау», 2007.– 52 б.

11 Майер Т., Фогель К.Г, Янссен В. Переработка пыли и шлама из газочистки доменных и конвертерных цехов во вращающейся печи //Черные металлы. - 1976.- №24. – С. 3-7.

12 Голов Г.В., Ситников С.М., Калимулина Е.Г., Белозерова Т..М., Переработка и использование техногенных отходов в ОАО "НТМК" //Сталь.-2002. №5. - С.82-83.

13 Павленко С.И., Кичеев В.Г., Селезнев Ю.А., Добрецов Н.Л., Ляхов И.З., Теоретические и экспериментальные исследования комплексного извличения металлов из вторичных минеральных ресурсов //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.-2000.- №10.-С.36-39.

14 Бредехевт Р. Рецелинг и хозяйство отходов на заводе фирмы THYSSENKRUPP STAHL AG //Черные металлы.-2002.- №7.- С.64-68.

15 Мищенко И.М., Клягин Г.С., Хлапонин Н.С., Дембицкий Ю.В., Демура Н.Т., Крижевский А.З., Утилизация металлургических шламов на аглофабриках Украины //Металлург.-2000.- №6.-С.30-31.

16 Крунов И.Ф., Кукарцев В.М., Яриков И.С., Емельянов В.Л., Титанов В.Н., Производстинный рециклинг железоцинксодержащих шламов путем их окускавания и проплавки в домменой печи (опыт ОАО НЛМК) //Сталь.-2003.-№10 –С.15-19

17 Ульянов В.П., Булавин В.И., Дмитриев В.Я., Смотров А.В. Переработка некондиционных железосодержащих пылей и шламов металлургических переделов//Сталь. - 2002. - №12. - С. 69 - 75.

18 Галимов М.Д., Окунев А.И., Лотош В.Е., Критинин И.А., Шнайдер И.Ф. Переработка цинкосодержащих пылей доменного производства //Сталь, - 1981. - №Z - С. 16-18.

19 Смирнов Л.А., Кобелев В.А., Потанин В.Н., Школьник Я.Ш. Разработка комплексной схемы утилизации железосодержащих отходов //Сталь. - 2001.-№1. - С . 89-90.

20 Эберле А., Зиука Д., Беем К., Шиффер В. Современное состояние технологии COREX и новые разработки //Черные металлы. - 2003, ноябрь. - С. 59 -64.

21 Леонтьев Л.И., Носов С.К., Карпов А.А., Третьяков М.А., Шаврин СВ. О новых решениях в переработке комплексного сырья черной металлургии //Стады- 2003.- №11.- С.19-21.

22 Ибраев И.К., Головкин В.К., Кулищкин С.Н., Садовский В.Г., Ибраева О.Т. Исследование процессов обезвоживания и подготовки железосодержащих шламов к утилизации //Сталь. - 1996. - №11. - С. 71 - 74.

23 Злобин А.Г., Ковтун В.Ф., Ульянов В.П., Ушков Т.С., Бекетова Л.А., Свищев Н.И. Термическая сушка железосодержащих шламов "на предприятиях черной металлургии //Бюллетень научно - технической информации. Черная металлургия. - 1983. - №7 (393). - С. 19-23.

24 Хайдуков В.П., Соловьев О.В., Тучина М.В., Мартыненко А.К., Дудина В.А. Способ подготовки конвертерных шламов для переработки в конвертерах //Сталь. - 1995. - №7. - С. 75 - 76.

25 Корж А.Г., Мичюра Н.Г. Совершенствование технологии подготовки конвертерных шламов //Сталь. - 1989. - №2. - С. 106 - 107.

26 Горелов А.М., Геладзе Ю.Н., Ручкин И.И., Постовалов И.П. Особенности поведения конвертерных шламов при сгущении//Сталь. - 1982.- №8.- С. 94-95.

27 Иксанов Е.И. Подготовка к использованию железосодержащих шламов и пыли за рубежом //Бюллетень научно-технической информации черная металлургия. - 1980. - №13. - С. 12 - 21.

28 Лотош В.Е. Безобжиговое окускование железосодержащих отходов металлургического предприятия на кальцийсодержащих вяжущих //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 1999. - №12. - С. 3 - 7.

29 Лотош В.Е., Галкин Ю.А. Безобжиговое окускование железосодержащих отходов металлургического предприятия на магнийсодержащих вяжущих //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 2002. - №12. - С. 11 - 15.

30 Чесноков А.А., Лотош В.Е., Нестеров Г.С., Окунев А.И. Технология безобжигового окомкования цинкосодержащих шламов //Бюллетень научно-технической информации. Черная металлургия. - 1983. - №13. - С. 63 - 64.

31 Гарина И.М. Производство металлизованных окатышей для доменной плавки за рубежом //Бюллетень научно-технической информации. Черная металлургия. - 1979. - №18. - С. 14 - 21.

32 Горбачев В.А., Бруев В.П., Вахрушев Л.П., Воеволин Л.И., Минеев В.И., Усольцев Д.Ю. Композиция бентонита и полимера - новый вид связующего для железорудных окатышей //Сталь. - 1993. - №9. - С. 3 - 4

33 Чижикова В.М., Вайнштейн Р.М. Особенности сушки железорудных окатышей с разными видами связующих //Сталь. - 2004. - №4. - С. 11 - 13.

34 Майзель Г.М., Буткарев А.П., Некрасова Е.В. Механизм сушки и разрушения железорудных окатышей *//Сталь.* - 1995. - №10. - С. 2 - 12.

35 Роменец В.А. Процесс жидкофазного восстановления железа: разработка и *реализация //Сталь.* - 1990 .- №8 .- С. 20 - 27.

36 Цыбин А.В. Релейная система управления электрошлаковой установкой для утилизации отходов //Сталь . - 1996. - №5. - С.72 - 74.

37 Усачев А.Б., Роменец В.А., Чайкин Б.С, Мрьянчик Г.Е., Шапиро СМ., Баласанов А.В. Новая установка для переработки бытовых и промышленных отходов на базе металлургической технологии //Сталь. - 1995. - №11.- С. 68 - 70.

38 Лупэйко В.М. Новый процесс получения жидкой стали методом жидкофазного восмстановления железной руды //Сталь. - 2000. - №9. - С. 15-19.

39 Чайкин Б.С, Доронин Р.А., Баласанов А.В. Мини - установка для получения чугуна в печи жидкофазного восстановления //ОАО «Черметинформация» Бюллетень «Черная металлургия». - 2005. - №5. - С. 49 - 51.

40 Herlitz H.G. Plazma technology for metal recovery from oxidic waste //Proceedings Vaccum Metals Conference. Special Metals Melt and Process, Pittsburg. Pa, June 11 - 13. - 1984.

41 Борисов В.М., Казьмин А.А. Удаление вредных примесей из железосодержащих отходов за рубежом //Бюллетень научно-технической информации черная металлургия. - 1981. - №17. - С. 15-23.

42 Заявка 55 - 164011 Японии МНИ С 21 С5100.

43 Ситтиг М. Извлечение металлов и неорганических соединений из отходов. - Москва: Металлургия, 1985. - 408с.

44 Парцевский А.Б. Установка для выщелачивания цинка и свинца из пыли мартеновских печей //Бюллетень научно-технической информации. Черная металлургия. - 1980. - №18. - С. 59 - 63.

45 Иванов Н.И., Литвинов В.К., Шутикова В.Ф., Агапитов Е.Б. Высокотемпературные процессы переработки шламов металлургического производства //Бюллетень научно-технической информации черная металлургия. - 1989. -№6.-С. 20-28.

46 Сугасава К., Ямада Я., Ватанабе С, Като К., Масуда К., Сато Е., Кавабата Т. Прямое восстановление пылей металлургического производства //Черные металлы. - 1976. - №24. - С. 13 - 17.

47 Мачек Г., Реллермейер Г., Коссек Г., Сербент Г. Опыты по переработке отходов металлургического производства способом вельцевания //Черные металлы. - 1976.- №24.-С. 8 - 12.

48 Горелов А.М., Кошлев А.М., Попов Д.В. Утилизация металлургических шламов с повышенным содержанием цинка. - Москва: Металлургия, 1991. - 4с.

49 Мещерякова Н.Н., Корякова О.Ф. Утилизация железосодержащих отходов при производстве окатышей за рубежом //Бюллетень научно – технической информации. Черная металлургия. - 1980. - №9. - С. 8 - 21.

50 Стрелец А.И., Княжанский М.М., Гевеке И.П. Перспективы развития процессов удаления вредных примесей из железосодержаших отходов предприятий черной металлургии //Бюллетень научно-технической информации. Черная металлургия. - 1991. - №6. - С. 37 - 43.

51 Заявка 2519810 (ФРГ).

52 Хансман Т., Фриден Р., Сольви М., Моые Ж. Новый способ рециклинга металлургических остаточных материалов и восстановления железных руд //Черные металлы. - 2001. - №11.- С. 26 - 30.

53 Фриден Р., Хансманн Т., Монаи Ж., Рот Ж.Л., Солви М., Энгел А. Новый процесс металлизации железных руд и переработки отходов //Сталь. - 2001.- №4.-С. 69 -72.

54 Дегель Р., Фонтана П., Дж. де Марчи, Лемкюлер Х.Ю. Новое поколение печей с вращающимся подом для производства губчатого железа на основе угля //Черные металлы, июль. - 2000. - С. 31 - 39.

55 Пузанов В.П., Кобелов В.А. Принцип оптимального формирования технологий окускования металлургического сырья //Сталь. - 2000. - №11. - С. 15-20

56 Абзалов В.М., Юрьев Б.П. Влияние на теплофизические характеристики материала и теплотехнические показатели процесса обжига //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 2002. - №12. - С. 7 - 11.

57 Меламуд С.Г., Юрьев Б.П., Брук Л.Б. Разработка способов получения прочных окатышей при восстановлении //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 2002. - №2. - С. 3 - 7.

58 Шкурко Е.Ф., Некрасов В.Г., Рогов М.В., Ларькин Л.К., Коровинский *В*. А. Получение окускованного продукта из железосодержащих шламов во вращающейся печи //Бюллетень научно-технической информации черная металлургия. - 1985.- №2.- С. 46 - 47.

59 Сироткин С.Н., Кузнецов В.К., Александров В.Н. Рациональный способ переработки и утилизации железосодержащих отходов металлургического производства //Сталь. - 2004. - №4. - С. 99 - 101.

60 Алехин А.А. Тарабрина Л.А., Сукинова Н.В. Опыт утилизации металлургических шламов //Сталь. - 2000. - №12. - С.84 - 85.

61 Злобин А.Г., Ульянов В.П., Юрков Г.И., Поминов В.Д., Болотова Л.Д., Жилина Н.И. Повышение эффективности утилизации шламов металлургических производств //Бюллетень научно-технической информации. Черная металлургия. - 1985. - №22. - С. 47 - 48.

62 Ульянов В.П., Братчиков В.Г., Дмитриев В.Я., Поминов В. Д., Жилина., Ковтун В.Ф., Калачников Т.А.,Термическая переработка цинкосодержащих отходов конвертерного производства\\Бллютень научно-технической информации.Черная металлургия.1991.-1991. - №9. - С. 58 - 59.

63 Горбачев В.А., Солодухин А.А, Исаенко Г.Е. Разработка основ технологии утилизации конвертерных шламов //Сталь .- 2005. - №2. – С. 30-32.

64 Велецкий Р.К., Каненко Г.М. перспективы работ по использованию отходов производства //Сталь .- 1999.- №12. – С.75-77.

65 Степанов Б.Я., Постовалов И.П., Геладзе Ю.Н., Викулов Г.С., Кабанов Ю.А., Мирко В.А Утилизация тонкодисперсных железосодержащих шламов //Бюллетень научно-технической информации. Черная металлургия. - 1983. - №12. – С.46-48.

А қосымшасы

А.1 Тәжірибелік жұмысқа арналған шихта құрамын есептеу

А.1 Кесте – Оттекті материялдардың химиялық құрамы

Материялдар атауы	Химиялық құрамы, %													
	$Fe_{жалпы}$	FeO	Fe_2O_3	Mn	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P	S	C	V_2O_5	Cr_2O_3	TiO_2
Илемдеу окалин	65.8	42.0	47.4	0.63	4.9	0.86	0.31	0.6	0.19	0.06	0.07	0.15	0.75	0.07
Конвертерлік қож құрамындағы ванади	29.44	18.60	-	2.20	6.09	2.00	30.94	15.38	0.21	0.07	0.19	5.58	0.2	1.15
Ағаш көмір*	-	-	-	-	0,38	-	-	-	-	0,020	95,0	-	-	-
Ескерту:* - қалған күл Ас=1.63.														

1. Қождың массалық мөлшері: окалин – 0,4/0,6
2. Қождың массалық мөлшері: окалин – 0,7 / 0,3

А қосымшасының жалғасы

$$B=0.4/0.6\cdot X_{(1)}+0.7/0.3\cdot X_{(1)}, \qquad (A.1)$$

$Fe=0.4/0.6\cdot 65.8+0.7/0.3\cdot 29.44=43.86+68.69=112.55,$
$FeO=0.4/0.6\cdot 42.0+0.7/0.3\cdot 18.60=28+43.4=71.4,$
$Fe_2O_3=0.4/0.6\cdot 47.4+0=31.6,$
$Mn=0.4/0.6\cdot 0.63+0.7/0.3\cdot 2.20=0.42+5.13=5.55,$
$SiO_2=0.4/0.6\cdot 4.9+0.7/0.3\cdot 6.09=3.26+14.21=17.47,$
$Al_2O_3=0.4/0.6\cdot 0.86+0.7/0.3\cdot 2.0=0.57+4.66=5.23,$
$CaO=0.4/0.6\cdot 0.31+0.7/0.3\cdot 30.94=0.21+72.19=72.4,$
$MgO=0.4/0.6\cdot 0.6+0.7/0.3\cdot 15.38=0.4+35.88=35.92,$
$P=0.4/0.6\cdot 0.19+0.7/0.3\cdot 0.21=0.13+0.49=0.62,$
$S=0.4/0.6\cdot 0.06+0.7/0.3\cdot 0.07=4+0,16=4.16,$
$C=0.4/0.6\cdot 0.07+0.7/0.3\cdot 0.19=0,04+0,44=0.48,$
$V_2O_5=0.4/0.6\cdot 0.15+0.7/0.3\cdot 5.58=0,1+13,02=13.12,$
$Cr_2O_3=0.4/0.6\cdot 0.75+0.7/0.3\cdot 0.2=0,5+0,46=0.96,$
$TiO_2=0.4/0.6\cdot 0.07+0.7/0.3\cdot 1.15=0,04+2,68=2.72.$

Тізбекті фазалық түрлену әдісі. Тізбекті фазалық түрлену кезіндегі газдандырылатын оттегінің жалпы көлемін анықтау үшін барлық сатыдағы газдандырылған оттегінің массалық үлестерінің қосындысын аламыз. Тиісінше темір тотығының үш сатылы түрленуіндегі газдандырылатын оттегінің массалық үлесі төмендегі өрнекте төрсетілген:

$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ $\quad \Delta O_1=0,111\cdot 10^{-2}\cdot 0,4285\cdot Fe_{(г)}, \qquad (A.2)$
$\Delta O_1=0,111\cdot 10^{-2}\cdot 0,4285\cdot 57,07=0,027,$

$Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ $\quad \Delta O_2=0,222\cdot 10^{-2}\cdot 0,4285\cdot Fe_{(г)}, \qquad (A.3)$
$\Delta O_2=0,222\cdot 10^{-2}\cdot 0,4285\cdot 57,07=0,054,$

$FeO \rightarrow Fe$ $\quad \Delta O_3=10^{-2}\cdot \eta_{Fe}\,(0,4285\cdot 0,667Fe_{(г)}\cdot 0,222FeO), \qquad (A.4)$
$\Delta O_3=10^{2}\cdot 0,999\cdot(0,4285\cdot 0,667\cdot 57,07+0,222\cdot 71,4)=$
$=0,00999\cdot(16,31+15,85)=0,32.$

мұнда $Fe_{(г)}$ – шихтадағы темірдің гематит түріндегі кездесетін үлесі, %.

$$Fe_{(г)}=Fe_{(жалпы)}-0,777\cdot FeO=112,55-0,777\cdot 71,4=57,07. \qquad (A.5)$$

Бастапқы шикізаттағы темір тотығының редукциясы кезінде газдандырылған оттегі мөлшерін түрленудің үшінші сатысында қоса отырып

темір тотығының тізбекті фазалық түрленуі кезіндегі газдандырылатын оттегі санын анықтайтын өрнек құралады:

$$\Delta O''_3=0,667\cdot0,4285\cdot10\text{-}2\cdot Fe_{(г)}+0,286\cdot10\text{-}2\cdot0,777\cdot FeO= \quad (A.6)$$
$$=0,667\cdot0,4285\cdot10\text{-}2\cdot57,07+0,286\cdot10\text{-}2\cdot0,777\cdot71,4=$$
$$=0,163+0,158=0,322.$$

Редукция процесі кезіндегі металдану дәрежесі жалпы металданған материалдың металданған темірдің қатынасымен анықталады(МСМ)

$$\eta_{мет}=0,999. \quad (A.7)$$

МСМ-дағы қалатын оттегінің қалдық мөлшері FeO түрінде қалады

Темірдің редукциясы кезінде газдандырылатын оттегі:

$$\Delta O'_{Fe}=\Delta O_1+\Delta O_2+\Delta O_3=0,027+0,054+0,32=0,401. \quad (A.8)$$

Легірлеуші металдар болып саналатын Mn, Cr және Si элементтері MnO_2, MnO, Cr_2O_3, SiO_2 оксидтері күйінде кездеседі. Легірлеуші металдар оксидтерінің оттегін газдандыру қоспасындағы басқа металдардың параллельді редукциясы темірдің редукциясымен бірдей жүреді.

Хромның сатылы редукциялануы: CrO→ Cr

Хром және оның оксидтерінің сипаттамалары темірдің қасиеттеріне ұқсас болғандықтан, газдандырылатын оттегін анықтау үшін CrO→ Cr кезеңдерінде хром үшін мына формуланы қолданамыз:

$Cr_2O_3\rightarrow Cr_3O_4$ $\quad \Delta O_{1Cr}=10^{-2}\cdot0,4615\cdot0,111\cdot\Delta O'_{Cr}=$ (A.9)
$=10^{2}\cdot0,4615\cdot0,111\cdot0.3=0.00015$ кг/кг·шихтаға,

$Cr_3O_4\rightarrow CrO$ $\quad \Delta O_{2Cr}=10^{-2}\cdot0,4615\cdot0,222\cdot\Delta O'_{Cr}=$ (A.10)
$=10^{2}\cdot0,4615\cdot0,222\cdot0,3=0,0003$ кг/кг шихтаға,

$CrO\rightarrow Cr$ $\quad \Delta O_{3Cr}=10^{-2}\cdot0,4615\cdot0,667\cdot\Delta O'_{Cr}=$ (A.11)
$=10^{2}\cdot0,4615\cdot0,667\cdot0,3=0,0009$ кг/кг шихтаға.

Хром оксидтері үшін газдандырылған оттегінің жиынтық саны әр сатыдағы газдандырылған оттегі мөлшеріне тең:

А қосымшасының жалғасы

$$\Delta O'_{Cr} = \Delta O_{1\,Cr} + \Delta O_{2\,Cr} + \Delta O_{3\,Cr}, \qquad (A.12)$$

$$\Delta O'_{Cr} = 0{,}00015+0{,}0003+0{,}0009= 0{,}00135 \text{кг/кг шихтаға.} \qquad (A.13)$$

Кремний кен материалдарында SiO_2 түрінде болады,кремний оксидінің газдалған оттегінің мөлшері кремний оксиді 0,1-0,3 шегінде оның металда күтілетін конценрациясы бойынша есептеледі%:

$$\Delta O_{Si}' = [Si]\cdot 10^{-2}\cdot l_м \cdot 1{,}143 = 10^{-2}\cdot 0{,}2\cdot 0{,}6\cdot 1{,}143 = 0{,}0013 \text{кг/кг шихтаға.} \qquad (A.14)$$

Сонымен, редукцияланатын легірлеуші металдар есебінен оттегінің келесі мөлшері газдандырылады:

$$\Delta O_{лег.мет.} = \Delta O'_{Cr} + \Delta O'_{Si} = 0{,}00135+0{,}0013=0{,}00265 \text{кг/кг шихтаға.} \qquad (A.15)$$

Газдандырылатын шихталық оттегі:

$$\Delta O_{ш} = \Delta O'_{Fe} + \Delta O_{лег.мет.=} 0{,}401+0{,}00265_{=},0{,}40365 \text{кг/кг шихтаға.} \qquad (A.16)$$

Шихта құрамындағы ұшқыш заттар мөлшерін анықтау. Редукциялық күйдіру кезінде газдандырылатын оттегінің көлемімен қатар шихта құрамындағы ұшқыш заттарда алынып тасталады. Ұшқыш заттар мөлшері белгілі бір температурада қызуы кезіндегі шығын болғандықтан оның көлемі шихтаны құрайтын компоненттердің химиялық құрамы бойынша анықталады.

Ұшқыш заттар мөлшері V% құрайды деп алып есептеу шихтаның орташа құрамына жүргізіледі, сонда ұшқыш заттар саны нақты санды құрайды:

$$g_V' = 10\text{-}2\cdot V, \text{ кг/кг шихтаға.} \qquad (A.17)$$

Ұшқыш заттар шихтада гидратты ылғал түрінде карбонатты қосылыстардың көмір қышқыл газы түрінде кездеседі. Гидраттардың көп бөлігінің ыдырауы 400-500 °С, карбонаттар үшін 700-900 °Стемпература кезінде жүреді.Ұшқыш заттар шихтадан,шихтаның(Fe, Mn, Cr, Si) металдары редукциясы кезінде пайда болатын газдалатын оттегіге қарағанда, әлдеқайда ерте және толық жойылады

А қосымшасының жалғасы

Редукционердің көміртекті шығынын анықтау. Редукционердің көміртегі шығыны тапсырманы шешу үшін таңдалған методиканың принципиалды тәсіліне байланысты. Адсорбциялық-автокаталитикалық механизм бойынша редукция реакцияларына қатты көміртектің қатысуы тек

қана (А.18)-(А.20) реакцияларының жүруімен көміртегі оксидінің регенерациясы арқылы анықталады.

Нәтижесінде газ тәрізді өнім ретінде тек қана көміртегі оксидін ғана көре аламыз.

Диссоциациялық-адсорбциялық механизм бойынша,қатты көміртектің металл оксидтерімен тікелей өзара әрекеттесуінің нәтижесі CO және CO_2 газ тәрізді фазасының бөлінуі жүреді . Газ компоненттерінің қатынасы жүйенің дисперсиялығына және процестің температурасына байланысты. Бұл теориялық жағдай CO және CO_2 түріндегі газ тәріздес өнімдерінің параллельді түзілуімен эксперименталды түрде расталған.

Егер осы оттегінің айналуының сатысында газдандырылатын оттегінің мөлшерін бір деп алатын болсақ, онда оның CO_2 түріндегі газдандырылатын үлесі ара қатынасынан анықтады:

$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ γ_{0_1} =2CO_2/(2CO_2+CO)=190/(190+5)=0.974, (А.18)

γ_{0_2} =CO/(2CO_2 +CO)=5/(190+5)=0.026,

$Fe_3O_4 \rightarrow FeO$ γ_{0_1} =2CO_2/(2CO_2+CO)=110/(110+45)=0.7096, (А.19)

γ_{0_2} = CO/(2CO_2 +CO)=45/(110+45)=0.2904,

$FeO \rightarrow Fe$ γ_{0_1} =2CO_2/(2CO_2+CO)=50/(50+75)=0.40, (А.20)

γ_{0_2} = CO/(2CO_2 +CO)=75(50+75)=0.60.

мұндағы γ_{0_1} – орташа өлшенген бөлу коэффициенті;

CO, газ фазасындағы CO – құрамы, %.

CO-ның бөлінуіне мынадай үлес жұмсалады:

$$\gamma_{0_2} = CO/(2CO_2 + CO). \quad (А.21)$$

Легірлейтін металдарды редукциялауға кететін көміртегі шығыны олардың тотықтарынан,келесі теңдеулер бойынша есептеледі:

темір редукциясына

$$g'_{C,\,Fe}=0{,}98\cdot\Sigma[\Delta O_i\cdot(1-0{,}5\cdot\gamma_{O_1Fe})\cdot i], \qquad (A.22)$$

$$g'_{C,Fe}=0{,}98[\Delta O_1(1-0{,}5\cdot0{,}974)+\Delta O_2(1-0{,}5\cdot0{,}7096)+\Delta O_3(10{,}5\cdot0{,}4)], \qquad (A.23)$$

$$g'_{C,Fe}=0{,}98\cdot[0{,}02(1-0{,}5\cdot0{,}97)+0{,}035(10{,}5\cdot0{,}71)+0{,}12(10{,}5\cdot0{,}4)]= \qquad (A.24)$$
$=0{,}10618$ кг/кг шихтаға.

ә)хромның редукциясына

$$g'_{C,Cr}=0{,}75\cdot\Sigma[\Delta O_{i\,Cr}\cdot(1-0{,}5\cdot\gamma_{0_1Cr})\cdot i]=, \qquad (A.25)$$
$=0{,}75\cdot0{,}00135=0{,}0010125$ кг/кг шихтаға.

б) кремний редукциясына

$$g'_{C,\,Si}=0{,}75\Delta O'_{Si}=0{,}75\cdot0{,}0013=0{,}000975 \text{ кг/кг шихтаға.} \qquad (A.26)$$

Жоғарыда аталған барлық металлдардың редукциясына көміртегінің жиынтық шығыны:

$$g_c=g'_{C,\,Si}+g'_{C,\,Cr}+g'_{C,\,Mn}+g'_{C,\,Fe}, \qquad (A.27)$$
$g_c=0{,}000975+0{,}0010125+0+0{,}10618=0{,}1081675$ кг/кг шихтаға.

Көрсетілген әдістеме бойынша кез келген дисперсті материалдардан темір, марганец, хром және кремний өнімдерінің көрсеткіштерін, көміртекті реагенттің мөлшерін есептеуге мүмкіндік беретін Microsoft Office Excel 2007 бағдарламасы арқылы есептеу бағдарламасы жасалды (А, Г, Д қосымшалары).

Редукция процесі белгілі бір температураларда басталады және одан әрі табысты дамиды, әрі әрбір металға өз температурасына сәйкес келеді. Негізгі редукцияланатын металдармен темір, марганец және хром болып табылатындықтан, олар үшін қатты көміртекпен редукциялау процесі шихтаның тотығуына байланысты басталады. Қатты көміртектің гематитпен өзара әрекеттесуі 710 °С, магнетитпен – 830 °С, вюститпен – 920 °С, марганец оксидімен (II) және хроммен (III), тиісінше 1150 °С және 1240 °С.