



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47880

(13) A

(51) 6 C21B7/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ШИХТУВАННЯ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

1

2

(21) 2001107021

(22) 16 10 2001

(24) 15 07 2002

(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р.

(72) Бойко Володимир Семенович, Климанчук Владислав Владиславович, Малимон Олександр Панасович, Косолап Микола Володимирович, Ларіонов Олександр Олексійович, Артюх Микола Михайлович, Пефтієв Ігор Михайлович, Фентісов Ігор Миколайович, Томаш Олександр Анастолійович

(73) МАРІУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМЕНІ ІЛЛІЧА

(57) Спосіб шихтування доменної печі, що включає подачу у доменну піч шихтової суміші із залізорудного агломерату в кількості 1570 - 1880 кг/т чавуну і сталеплавильного шлаку основністю не менш 2,80, який відрізняється тим, що основність залізорудного агломерату складає 0,50 - 1,16, а сталеплавильний шлак витрачають у кількості, необхідній для одержання основності шихтової суміші 1,16-1,28

Винахід відноситься до чорної металургії й може бути використаний у доменному виробництві.

Звичайний спосіб шихтовки доменної печі включає подачу у доменну піч шихтової суміші з залізорудного агломерату основністю 1,16 - 1,28 у кількості 1570 - 1880 кг/т чавуну і сирого вапняку (Доменне виробництво Довідник у 2 т - Т 1 Підготовка руд і доменний процес - М. Металургія, 1989 - 496с).

Звичайний спосіб шихтовки доменної печі не дозволяє вирішити задачу, що стоїть перед винаходом, тому що вимагає додаткової витрати коксу та приводить до зниження продуктивності доменної печі через розвиток ендотермічних реакцій розкладання CaCO_3 і взаємодії CO_2 з вуглицем коксу, ускладнення процесу утворення шлаку в доменній печі та гальмування розвитку реакцій непрямого відновлення оксидів заліза через збільшення змісту CO_2 у доменному газі. Збільшення витрати сирого вапняку на кожні 10 кг/т чавуну приводить до збільшення витрати коксу і зниженню продуктивності доменної печі на 0,4 - 0,5% (Товаровський І. Г. Совершенствование и оптимизация параметров доменного процесса - М. Металургія, 1987 - 193с).

Відомий спосіб шихтовки доменної печі, що включає завантаження в доменну піч шихтової суміші із залізорудних агломератів двох основностей, що витрачаються в співвідношенні, яке забезпечує основність шихтової суміші 1,16 - 1,28 (Берштейн Р. С. Повышение эффективности агломе-

рации - М. Металургія, 1979 - 144с).

Відомий спосіб шихтовки доменної печі дозволяє вирішити задачу, що стоїть перед винаходом, але ускладнює процес підготовки агломераційної шихти до спікання.

Найбільш близьким способом шихтовки, прототипом, є спосіб, що включає завантаження у доменну піч шихтової суміші з залізорудного агломерату основністю 1,16 - 1,28 у кількості 1570 - 1880 кг/т чавуну і сталеплавильного шлаку основністю не менш 2,80 (Вторичные материальные ресурсы черной металлургии довідник у 2 т - Т 2 Шлаки, шламы, отходы обогащения железных и марганцевых руд, отходы коксохимической промышленности, железный купорос (образование и использование)/Баришников В. Г., Горелов О. М., Папков В. І та ін - М. Економіка, 1986 - 344с).

Відомий спосіб не дозволяє вирішити задачу, що стоїть перед винаходом, через низьку міцність залізорудного агломерату, підвищений зміст дрібних фракцій у шихті, погіршення газопроникності стовпа шихтових матеріалів та, як наслідок, зниження продуктивності доменних печей і збільшення витрати коксу.

В основу винаходу поставлена задача створення способу шихтовки доменної печі, у якому зміна хімічного складу агломерату і витрати сталеплавильного шлаку дозволить підвищити механічну міцність агломерату при збереженні складу шихтової суміші, що забезпечить збільшення газопроникності стовпа шихти, поліпшить умови проти-

(13) A

(11) 47880

(19) UA

току шихти й газів, збільшить продуктивність доменної печі і знизить витрату коксу

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб шихтовки доменної печі, що включає подачу в доменну піч шихтової суміші з залізрудного агломерату в кількості 1570 - 1880 кг/т чавуну й сталеплавильного шлаку основністю не менш 2,80, відповідно до винаходу основність залізрудного агломерату складає 0,50 - 1,16, а сталеплавильний шлак витрачають у кількості, необхідній для одержання основності шихтової суміші 1,16 - 1,28

Основним залізрудним матеріалом, з якого в доменній печі одержують чавун, є залізрудний агломерат, продукт огрудування дрібних залізних руд та концентратів, що містить 50 - 60% заліза. Витрата залізрудного агломерату на 1 т чавуну визначається змістом у ньому заліза. При змісті заліза в агломераті 50% його витрата на 1 т чавуна складає $1000 \cdot 94 / 50 = 1880$ кг, де 94 - зміст заліза у чавуні, %. При змісті заліза 60% витрата агломерату на 1 т чавуна складає $1000 \cdot 94 / 60 = 1570$ кг. При змісті заліза в агломераті 50 - 60% його витрата змінюється в межах 1570 - 1880 кг/т чав.

Для одержання доменного шлаку необхідною для десульфурзації чавуну основності $\text{CaO} / \text{SiO}_2 = 1,12 - 1,22$, залізрудний агломерат печуть з основністю на 0,04 - 0,06 вище, ніж у доменного шлаку, тобто 1,16 - 1,28. Для цього до складу агломераційної шихти вводять флюс вапняк та вапно. Деякий надлишок флюсу в агломераті необхідний для офлюсовання золи коксу. Якщо основність $\text{CaO} / \text{SiO}_2$ шихтової суміші для доменної плавки менше 1,16, основність доменного шлаку складе менш 1,12, і його здатність видаляти сірку з чавуну буде недостатньою. У результаті буде отриманий неякісний чавун з підвищеним змістом сірки. Якщо основність суміші доменної шихти більш 1,28, основність доменного шлаку перевищить 1,22, що приведе до зниження рухливості доменного шлаку і може стати причиною нерівного сходу шихти у доменній печі, а також потребує додаткової витрати коксу для збільшення нагрівання горну і відновлення рухливості доменного шлаку. Через неминучі коливання хімічного складу сировини доменної плавки і мінливого у залежності від нагрівання горну доменної печі ступеня переходу кремнію у чавун і шлак роблять корекцію основності доменного шлаку шляхом зміни витрати флюсу, що додається в доменну шихту сирого вапняку або сталеплавильного шлаку (конвертерного чи мартенівського).

Значне поширення одержало використання у якості флюсу замість сирого вапняку сталеплавильного шлаку (конвертерного чи мартенівського) з основністю не нижче 2,80, що містить 48 - 50% CaO , 12 - 18% Fe , 2 - 5% Mn . Таким чином, сталеплавильний шлак є заміником не тільки флюсу, але і частково залізрудних матеріалів і марганцевих руд. Позитивний ефект уведення сталеплавильного шлаку до складу доменної шихти досягається за рахунок усунення негативного впливу сирого вапняку на показники роботи доменної печі і зниження вартості флюсу. Сталеплавильні шлаки основністю менш 2,80 не використовуються як

флюс у доменній плавці, тому що їхнє застосування супроводжується значним збільшенням виходу доменного шлаку і, як наслідок, збільшенням витрати коксу і зниженням продуктивності доменної печі.

Найважливішою характеристикою якості залізрудного агломерату є його механічна міцність, що визначає його фракційний склад. Для збільшення продуктивності доменної печі і зниження питомої витрати коксу необхідно збільшувати газопроникність стовпа шихти. Це досягається зниженням змісту дрібної фракції (менш 5 мм) у складі агломерату. Зменшення змісту дрібної фракції в агломераті на 1% приводить до збільшення продуктивності доменної печі на 1% і зниженню питомої витрати коксу на 0,5% (Товаровський І. Г. Совершенствование и оптимизация параметров доменного процесса - М. Металургия, 1987 - 193с). При відсіванні дріб'язку з агломерату перед доменними печами дрібні частки віддаляються лише частково. Дріб'язок, що утвориться при руйнуванні агломерату у скіпі і під час завантаження на колошник, взагалі не відсівається. На багатьох доменних печах відсів дріб'язку з агломерату не проводиться. Дрібна фракція в складі залізрудного агломерату є продуктом його руйнування при транспортуванні і завантаженні в доменну піч і її зміст зменшується при збільшенні міцності агломерату.

Механічна міцність залізрудного агломерату залежить від основності, що визначає його мінералогічний склад. Найменшу міцність має агломерат основністю 1,30 - 1,40. Різке падіння міцності агломерату починається при його основності $\text{CaO} / \text{SiO}_2 > 0,50$. Зменшення основності з 1,30 до 0,50 і її збільшення з 1,40 до 3,0 супроводжується підвищенням міцності залізрудного агломерату на 40 - 60%. За 100% умовно прийнята мінімальна міцність агломерату (Доменное производство. Доводник у 2 т - Т.1. Подготовка руд и доменный процесс - М. Металургия, 1989 - 496с). Причиною зниження міцності агломерату при $\text{CaO} / \text{SiO}_2 = 1,30 - 1,40$ є підвищений зміст в агломераті такої основності склоподібних фаз і двукальцевого силікату Ca_2SiO_4 , у якого при 675°C відбувається поліморфне перетворення зі зміною об'єму на 11 - 12%. Залізрудний агломерат, який звичайно завантажуються у доменну піч, має низьку механічну міцність, тому що його основність 1,16 - 1,28, близька до основності 1,30 - 1,40, при якій міцність агломерату мінімальна.

Завантаження в доменну піч агломерату двох основностей, менш 1,30 і більш 1,40, наприклад 0,50 і 2,0, дозволяє збільшити міцність агломерату. При цьому суміш агломератів має основність, 1,16 - 1,28, необхідну для одержання доменного шлаку. Роблять агломерат двох основностей звичайно шляхом двохшарового спікання (Берштейн Р. С. Повышение эффективности агломерации - М. Металургия, 1979 - 144с). У верхній частині спікаючого шару одержують низькоосновний, а в нижній - високоосновний агломерат. Така технологія спікання передбачає дві незалежні системи підготовки шихти різної основності, подвоєння устаткування, збільшення капіталовкладень і обслуговуючого персоналу.

Підвищити механічну міцність залізорудного агломерату можна також, понизивши його основність менш 1,16, одночасно збільшивши витрату сирого вапняку. Однак, збільшення витрати сирого вапняку спричинить за собою збільшення витрати коксу і зниження продуктивності доменної печі.

Найбільш раціональним способом збільшення міцності агломерату представляється зниження його основності до 0,50 - 1,16 з компенсацією збільшенням витрати сталеплавильного (конвертерного чи мартенівського) шлаку основністю не менш 2,80. При цьому негативний вплив на доменну плавку додаткової витрати вапняку відсутній. У порівнянні з відомим способом шихтовки доменної печі, прототипом, пропонується спосіб шихтовки відрізняється подачею в доменну піч залізорудного агломерату зниженої основності, 0,50 - 1,16, і підвищеною витратою сталеплавильного шлаку, що компенсує низьку основність агломерату.

Зменшення основності агломерату менш 0,50 недоцільно, тому що збільшення його міцності при цьому незначно. У той же час зменшення основності агломерату спричинить за собою підвищену витрату сталеплавильного шлаку, збільшення виходу доменного шлаку і, як наслідок, збільшення витрати коксу і зниження продуктивності доменної печі. При основності агломерату 0,50 - 1,16 значний позитивний вплив підвищення його міцності на газопроникність стовпа шихти буде сильніше негативного впливу збільшення виходу доменного шлаку.

Сталеплавильний шлак з мінімальною основністю, що допускає його використання, $\text{CaO/SiO}_2 =$

2,80, орієнтовно містить 48 % CaO і 17 % SiO_2 . Його флюсуюча здатність складає $48 - 1,28 \cdot 17 = 26,24\%$, де 1,28 - максимальна основність доменної шихти при одержанні передільного чавуну. При мінімальному вмісті заліза в агломераті 50% кожен 1кг сталеплавильного шлаку замінить орієнтовно $15 / 50 = 0,30\text{кг}$ агломерату, де 15 - середній вміст заліза у сталеплавильному шлаку, %. При вмісті SiO_2 в агломераті 10%, його основності 0,50 і максимальній витраті агломерату під час відсутності інших залізистих матеріалів 1880 кг/т чавуну максимальна витрата сталеплавильного шлаку X складе

$$(1880 - 0,30X) (1,28 - 0,50) (10 / 100) = (26,75 / 100) X$$

$$X = 504\text{кг/т чавуну}$$

При будь-якому іншому складі шихтових матеріалів більшому вмісту заліза в агломераті, отже, меншій його питомій витраті, більшій основності агломерату, більшій основності і флюсуючій здатності сталеплавильного шлаку, - витрата сталеплавильного шлаку складе менш 504кг/т чавуну. Основності залізорудного агломерату і шихтової суміші 1,16 відповідає мінімальна витрата сталеплавильного шлаку при використанні пропонованого способу шихтовки доменної печі, необхідна тільки для корекції складу доменного шлаку. Характеристика змін роботи доменної печі при різних основностях залізорудного агломерату і забезпеченні необхідної основності шихтової суміші $\text{CaO} / \text{SiO}_2$ 1,16 - 1,25 за рахунок збільшення витрати сталеплавильного шлаку наведена у таблиці.

Таблиця

Зміна показників роботи доменної печі при різних основностях залізорудного агломерату і підвищеній витраті сталеплавильного шлаку

Показник	Основність залізорудного агломерату, $\text{CaO} / \text{SiO}_2$		
	менш 0,50	0,50 - 1,16	1,16 - 1,25
Витрата сталеплавильного шлаку, кг/т чавуну	більш 504	до 504	мінімальна витрата, необхідна тільки для корекції
Додатковий вихід доменного шлаку	великий	помірний	відсутній
Міцність агломерату	висока	збільшується із зменшенням основності	низька
Питома витрата коксу	підвищується за рахунок великого виходу шлаку	знижується за рахунок збільшення міцності агломерату	підвищується за рахунок низької міцності агломерату
Продуктивність доменної печі	знижується за рахунок великого виходу шлаку	підвищується за рахунок збільшення міцності агломерату	знижується за рахунок низької міцності агломерату

У промислових умовах спосіб шихтовки доменної печі реалізується таким чином. У бункерах бункерної естакади перед доменною піччю створюють запас залізорудного агломерату, що містить, наприклад 54% заліза, зі зниженою основністю, наприклад $\text{CaO} / \text{SiO}_2 = 1,0$, та сталеплавильного шлаку основністю не менш 2,80, наприклад конвертерного шлаку зі вмістом CaO 51%, SiO_2 16%, Fe 14%, основністю $51 / 16 = 3,19$. У результаті попереднього розрахунку орієнтовно визначають співвідношення агломерату і сталеплавиль-

ного шлаку в шихтовій суміші, що забезпечує задану основність суміші в інтервалі 1,16 - 1,28, наприклад 1,24. Питома витрата агломерату на 1т чавуну під час відсутності інших залізистих матеріалів складе $1000 \cdot 94 / 54 = 1740\text{кг}$. Флюсуюча здатність конвертерного шлаку $51 - 1,24 \cdot 16 = 31,16\%$. 1кг конвертерного шлаку замінить $14 / 54 = 0,26\text{кг}$ агломерату. При вмісті SiO_2 в агломераті 10% витрата конвертерного шлаку на 1т чавуну X орієнтовно складе

$$(1740 - 0,26X) (1,24 - 1,0) (10 / 100) = (31,16 /$$

100) X

$$X = 131 \text{ кг/т}$$

Остаточна витрата агломерату на 1т чавуну складе $1740 - 0,26 * 131 = 1706 \text{ кг}$. Співвідношення між конвертерним шлаком та низькоосновним залізорудним агломератом складе $131 / 1706 = 0,077 \text{ т/т}$. Так, якщо маса агломерату в подачі складе 30т, маса конвертерного шлаку - $0,077 * 30 = 2,3 \text{ т}$. Шихтові матеріали дозують на пластинчастий конвеєр. При вивантаженні з бункера з агломерату відсівають фракцію менш 5мм. Агломерат і сталеплавильний шлак у заданих пропорціях подають конвеєром до скіпової ями і завантажують у скіп. Скіп із залізорудним агломератом і сталеплавильним шлаком піднімають до прийомної вирви завантажувального пристрою, і шихтові матеріали вивантажують на малий конус або у шихтовий бункер завантажувального пристрою доменної печі. Аналогічно у доменну піч подають другий скіп із залізорудним агломератом і сталеплавильним шлаком. Кокс, паливо доменної плавки, подають у скіпи з окремих коксових бункерів після відсівання фракції - 25мм та зважування у вагових вирвах і також завантажують у доменну піч. Після кожного випуску рідких продуктів плавки здійснюють контроль хімічного складу доменного шлаку. При низькій основності доменного шлаку витрату сталеплавильного шлаку в шихтову суміш збільшують. При надмірно високій основності доменного шлаку витрату сталеплавильного шлаку в доменну шихту зменшують.

За рахунок зменшення основності агломерату до 1,0 його міцність збільшиться на 42%. Якщо агломерат звичайної основності після завантаження у доменну піч містить 32,5% дріб'язку (Тарасов В. П. Газодинаміка доменного процесу - М. Металургія, 1990 - 216с), агломерат зниженої основності буде в доменній печі містити $1 / [(1 / 32,5) * (142 / 100)] = 22,9\%$ дріб'язку. Зміст дрібної фракції зменшиться на $32,5 - 22,9 = 9,6\%$. Приймемо, що при відсіванні дріб'язку з агломерату віддаляється 60% усіх дрібних часток. Тоді зни-

ження змісту дріб'язку у низькоосновному відсіяному агломераті в доменній печі складе $[(100 - 60) / 100] * 9,6 = 3,84\%$. Зниження питомої витрати коксу за рахунок підвищення міцності агломерату орієнтовно складе $520 * 0,5 * 3,84 / 100 = 10,0 \text{ кг/т}$ чавуну, де 520 - питома витрата коксу на доменних печах, кг/т чавуну. Збільшення продуктивності доменної печі за рахунок збільшення міцності агломерату складе 3,84%.

З іншого боку, додаткова витрата сталеплавильного шлаку 131кг/т чавуну приведе до збільшення виходу доменного шлаку на

$$0,92 * 131 (16 - 0,26 * 10) / 40 = 40 \text{ кг/т чавуну,}$$

де 0,92 - коефіцієнт переходу кремнію в шлак, де

40 - зміст кремнезему у доменному шлаку, %

Збільшення витрати коксу через більший вихід доменного шлаку складе

$$520 * (40 / 10) * 0,35 / 100 = 7,3 \text{ кг/т чавуну,}$$

де 0,35 - збільшення питомої витрати коксу при збільшенні виходу доменного шлаку на 10кг/т чавуну.

У підсумку за рахунок застосування способу шихтовки доменної плавки, що заявляється, варто очікувати зниження питомої витрати коксу на $10,0 - 7,3 = 2,7 \text{ кг/т чавуну}$.

За рахунок підвищеного виходу доменного шлаку продуктивність доменної печі знизиться на $(40 / 10) * 0,4 = 1,6\%$, де 0,4 - відсоткове зниження продуктивності доменної печі при збільшенні виходу доменного шлаку на 10кг/т чавуну. Загальне збільшення продуктивності доменної печі за рахунок застосування способу шихтовки, що заявляється, складе $3,84 - 1,6 = 2,24\%$.

Річний економічний ефект застосування нового способу шихтовки доменної печі середнього обсягу за рахунок зниження питомої витрати коксу складе

$$1000 * 2,7 * 240 = 648000 \text{ грн,}$$

де 1000 - річна виплавка чавуну на 1 доменній печі, тис. т, 240 - ціна 1т коксу, грн.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий компет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71