



УКРАЇНА

(19) UA (11) 11812 (13) U
(51) МПК (2006)
C21B 5/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВЕДЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ

1

2

(21) u200505988

(22) 17.06.2005

(24) 16.01.2006

(46) 16.01.2006, Бюл. № 1, 2006 р.

(72) Попов Валерій Євгенович, Замуруєв Валерій Михайлович, Крикунов Борис Петрович, Ярошевський Станіслав Львович, Кравцов Владлен Васильович, Івлєв Валерій Павлович, Дрейко Олексій Іванович, Іванов Сергій Анатольович, Горін Дмитро Валентинович

(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ДОНЕЦЬКА СТАЛЬ" МЕТАЛУРГІЙНИЙ ЗАВОД", ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб ведення доменної плавки, що включає завантаження в доменну піч залізородної частини шихти, коксу і як флюсу карбонатомісного матеріалу, подачу гарячого комбінованого дуття, випускання чавуну і шлаку, який **відрізняється** тим, що як карбонатомісний матеріал використо-вують доломітизований вапняк і вапняк з розміром фракцій від 5 до 25 мм, і його витрату на тонну чавуну визначають з основності доменного шлаку $(\text{CaO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, підтримуваної в межах від 1,15-1,45, і вмісту MgO у шлаку від 6 до 10 %.2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що доломітизований вапняк і вапняк з розміром фракцій від 5 до 25 мм нагрівається шахтними газами до температури 750-950°C (достатньої для завершення дисоціації карбонатів флюсу) на глибині 1,5-8 м від рівня засипу.3. Спосіб за пп. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що витрату металургійного коксу на тонну чавуну зменшують пропорційно зменшенню витрати високотемпературного тепла на нагрівання і дисоціацію карбонатів флюсу й обмеженню розвитку ендотермічної реакції конверсії на 40-50 % від об'єму двооксиду вуглецю, отриманого в результаті реакції дисоціації карбонатів флюсу.

Корисна модель відноситься до чорної металургії, зокрема до доменного виробництва і може бути використана при проведенні доменної плавки.

Необхідною умовою ведення процесу доменного виробництва є завантаження зверху в піч шихтових матеріалів: шихти, коксу і флюсу (карбонатомісного матеріалу), а знизу - подача в горн високонагрітого комбінованого дуття.

Є відомий спосіб доменної плавки, при якому в доменну піч подають зверху шихтові матеріали (залізородні компоненти, кокс і флюси), а знизу - гаряче дуття, при цьому як флюси використовують звичайний грудковий вапняк, доломіт і вапно в співвідношенні 1,0:(3,5-3,6):(0,5-0,6). Сумарна витрата флюсу на 1 тонну чавуну й основність агломерату визначають по математичних формулах [патент Російської Федерації №2177039, МПК C21B5/00, 2003р.]

Однак відомий спосіб вимагає підвищеної витрати коксу, що обумовлюється як процесом нагрівання і дисоціації карбонатів, так і взаємодією двооксиду вуглецю з вуглицем коксу, що супрово-

джується витратою високотемпературного тепла на цей процес. Крім того, відомий спосіб вимагає додаткових трудовитрат, пов'язаних з підготовкою, придбанням і дозуванням компонентів флюсу.

Найбільш близьким до пропонованого способу по технічній сутності і ефекті, що досягається, є відомий спосіб (прототип), сутність якого полягає в тому, що в доменну піч подають зверху шихтові матеріали (залізородні компоненти, кокс і флюси), а знизу - гаряче дуття, при цьому в рудну частину шихти додають звичайний кусковий вапняк, причому його масова кількість однакова в кожній порції (подачі) шихти, що завантажуються. При цьому вапняк застосовують з розміром фракцій переважно від 25 до 80мм, а іноді і до 150мм [див. книгу Писи Дж. Г., Давенпорт В.Г. Доменный процесс. Теория и практика. - М.: Металлургия, 1984, с.16-18].

Недолік відомого способу полягає в тім, що в ньому передбачається використання вапняку з розмірами кусків до 80-150мм і в цих умовах частина кусків вапняку (приблизно 40-50%) у зв'язку з великим часом нагрівання до початку дисоціації

(13) U

(11) 11812

(19) UA

розкладається в доменній печі в області високих температур - при 1000°C і більше (нижче 8 м від рівня засипу). У результаті двооксид вуглецю, що виділяється при розкладанні вапняку, взаємодіє з вуглицем коксу, що супроводжується витратою високотемпературного тепла на цей процес, тобто додатковим спалюванням дефіцитного металургійного коксу в повітряних фурмах.

Задача корисної моделі - удосконалення відомого способу ведення доменної плавки шляхом застосування таких операцій, параметрів, матеріалів і режимів, використання яких привело б до скорочення витрати коксу і підвищення продуктивності доменної печі за рахунок обмеження розвитку ендотермічної реакції конверсії на 40-50% від об'єму двооксиду вуглецю, отриманого в результаті проходження реакції дисоціації флюсу і за рахунок зменшення витрат високотемпературного тепла на нагрівання і дисоціацію карбонатів флюсу.

Поставлена задача вирішується таким чином.

У відомому способі доменної плавки, що включає завантаження в доменну піч залізородної частини шихти, коксу, як флюсу карбонатомісного матеріалу, подачу гарячого комбінованого дуття, випускання чавуну і шлаку, відповідно до корисної моделі, як карбонатомісний матеріал використовують доломітизований вапняк і вапняк з розміром фракцій від 5 до 25мм. При цьому витрату доломітизованого вапняку і вапняку на тонну чавуну визначають виходячи з основності доменного шлаку $(\text{CaO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, підтримуваної в межах 1.15-1.45 і вмісту MgO у шлаку від 6 до 10%.

Доломітизований вапняк і вапняк з розміром фракцій від 5 до 25мм нагрівається шахтними газами до температури 750-950°C, достатньої для завершення дисоціації карбонатів флюсу на глибині 1,5-8м від рівня засипу і на цій підставі витрату металургійного коксу на тонну чавуну зменшують пропорційно обмеженню розвитку ендотермічної реакції конверсії 40-50% об'єму двооксиду вуглецю, отриманого в результаті проходження реакції дисоціації доломітизованого вапняку і вапняку, і зменшенню витрати високотемпературного тепла на нагрівання і дисоціацію карбонатів флюсу. У зв'язку з наявністю в доломітизованому вапняку доломіту $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ з розміром фракцій 5-25мм у порівнянні з кусковим вапняком з розміром фракцій від 80 до 150мм, розкладання карбонатів у ньому почне відбуватися в діапазоні температур 600-800°C (переважно при 748°C), тобто в області доменної печі, у якій не відбувається ендотермічна реакція $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ (нижче на 1,5м від рівня засипу).

На підставі законів термодинаміки це доводиться в такий спосіб.

Рівняння дисоціації вапняку і доломіту $\text{lg}P_{\text{CO}_2}$ мають відповідно наступний вид:

$$\text{lg}P_{\text{CO}_2} = 7,54 - 8920/T;$$

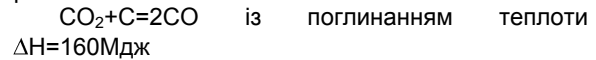
$$\text{lg}P_{\text{CO}_2} = 6,27 - 6405/T,$$

де P_{CO_2} - парціальний тиск двооксиду вуглецю, кПа;

T - температура газу, при якій відбувається реакція Будуара, °K.

При P_{CO_2} рівному 1 в обох випадках дозволяє визначити температури початку реакції дисоціації обох матеріалів (вапняку і доломіту); з цього вихо-

дить, що температура початку дисоціації вапняку складає 910°C, а доломіту - 748°C. З дослідних вимірів температури по висоті доменної печі [див. книгу Ефименко Г.Г. и др. Металлургия чугуна. - К.: Выща шк. Головное издательство, 1988. С.194, рис.120] відомо, що початок процесу дисоціації для доломіту (з температурою початку дисоціації 748°C) відбувається на глибині від рівня засипу 1,5м, а для вапняку (з температурою початку дисоціації 910°C) відповідно на глибині 7м. З цього випливає, що кокс при температурі 910°C і більше буде взаємодіяти з CO_2 вапняку по реакції Будуара:



Розрахунок константи рівноваги даної реакції Кр:

$$\text{Lg Kp} = -9001/T + 9,28$$

при температурі 910°C дорівнює 47,8 для вапняку, а для доломіту при температурі початку дисоціації 748°C дорівнює 2,8. З цього випливає, що ендотермічна реакція взаємодії CO_2 , що виділився з вапняку, з нагрітим вуглицем коксу буде мати більш високу швидкість і буде необоротною особливо при великих фракціях вапняку. При застосуванні доломіту ендотермічна реакція взаємодії CO_2 , що виділився з доломіту, з нагрітим вуглицем коксу в температурному діапазоні 748-770°C не буде відбуватися, а продукти дисоціації в повному об'ємі (CO_2) підуть у колошниковий газ. Значною мірою цьому буде сприяти швидкий прогрів кусків доломіту з розміром фракцій 5-25мм.

При використанні доломітизованого вапняку і вапняку з розміром фракцій менше 5мм буде погіршуватися газодинамічний режим стовпа шихти, унаслідок чого відбудеться перевитрата коксу і падіння продуктивності печі, а при використанні доломітизованого вапняку і вапняку з розміром фракцій більше 25мм буде спостерігатися перевитрата коксу внаслідок інтенсифікації ендотермічної реакції взаємодії CO_2 з нагрітим вуглицем коксу відповідно до реакції Будуара. Як показали теплотехнічні розрахунки, нагрівання кусків доломітизованого вапняку і вапняку з розміром еквівалентного діаметра 25 і 60мм, при швидкості газу, приведений до нормальних умов і рівній 1,5м/с, коефіцієнтові тепловіддачі шахтних газів при температурі 800°C, рівним 0,71Вт/м²°C, теплопровідності вапняку 0,71Вт/м°C - час нагрівання до даної температури дорівнює відповідно 479 і 1458с. При швидкості сходу шихти, рівній 0,0015м/с, ці куски флюсу з розміром фракції 25мм і 60мм пройдуть у шахті печі відстань 0,75 і 2,25м, відповідно, потраплять у зону більш високих температур, що приведе до витрат високотемпературного тепла, у районі 1000°C і вище. З цього розрахунку видно, що за інших рівних умов розмір фракції карбонатів флюсу є визначальним і час нагрівання знаходиться в прямій залежності від розміру фракції карбонатів флюсу.

Крім того, необхідною умовою застосування запропонованого способу є зменшення питомої витрати коксу, щодо витрати коксу згідно прототипу, тому що при тій самій витраті коксу і застосуванні доломітизованого вапняку і вапняку з розміром фракцій 5-25мм, замість великокусового

вапняку, порушиться тепловий і газодинамічний режим доменної плавки, що визначає підвищення нагрівання горна, тугий хід і, як наслідок, підвисання шихти.

Сутність пропонованого способу доменної плавки полягає в тому, що зі складу шихти виводиться сирий великокусковий вапняк і його заміняють доломітизованим вапняком і вапняком з розміром фракцій від 5 до 25мм. При цьому витрата доломітизованого вапняку і вапняку на тонну чавуну установлюють відповідно до основності доменного шлаку $(\text{CaO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, підтримуваної в межах від 1.15-1.45 і вмісту MgO у ньому від 6 до 10%, а витрату металургійного коксу на тонну чавуну зменшують пропорційно обмеженню розвитку ендотермічної реакції конверсії на 40-50% від об'єму двооксиду вуглецю, отриманого в результаті проходження реакції дисоціації доломітизованого вапняку і вапняку, і зменшенню витрат високотемпературного тепла на нагрівання і дисоціацію карбонатів флюсу.

Пропонований спосіб доменної плавки здійснюється таким чином. У складі шихти, що завантажуються в доменну піч, замість звичайного кускового вапняку подають доломітизований вапняк і вапняк з розміром фракцій 5-25мм у кількості, необхідній для одержання заданої основності 1,15-1,45 і виконання умови не перевищення вмісту в доменному шлаку MgO від 6 до 10%.

Доломітизований вапняк і вапняк з розміром фракцій від 5 до 25мм нагрівається шахтними газами до температури завершення дисоціації карбонатів флюсу 750-950°C на глибині 1,5-8м від рівня засипу і на цій підставі витрата металургійного коксу на тонну чавуну зменшують пропорційно обмеженню розвитку ендотермічної реакції конверсії на 40-50% від об'єму двооксиду вуглецю, отриманого в результаті проходження реакції дисоціації установленної витрати доломітизованого вапняку і вапняку, і зменшенню витрат високотемпературного тепла на нагрівання і дисоціацію карбонатів флюсу. При цьому інші параметри режиму завантаження (порядок подачі залізовмісних матеріалів і коксу, величина рудної подачі, рівень засипу) залишаються незмінними. Зберігаються також способи поточного регулювання ходу доменної плавки шляхом зміни параметрів режиму завантаження, комбінованого гарячого дуття і шлакового режиму печі. Зменшується тільки кількість подаваного коксу.

Приклад конкретного виконання способу.

Спосіб випробуваний на доменній печі № 2 Донецького металургійного заводу об'ємом 1000м³, що працює на дутті, нагрітому до 1120°C зі збагаченням киснем до 24%, вдмухуванням у горн природного газу (60-70м³/т чавуну) і пилувугільного палива (100-140кг/т чавуну). У базовому періоді продуктивність печі склала 2100 тонн у добу; витрата коксу - 448кг/т чавуну. У передільному чавуні вміст кремнію був рівним 0,96%, вміст сірки - 0,021% при основності шлаку CaO/SiO_2 -1,25од. і вмістові MgO у ньому 2,8%.

Ведення доменної плавки по відомому способу.

Залізородна частина шихти складалася з агломерату - витрата 1670кг/т чавуну (82,8%), ока-

тишів - 230кг/т чавуну (11,5%) і руди залізної 25кг/т чавуну (1,2%). Як флюс завантажували звичайний вапняк у кількості 110кг/т чавуну. Застосовувалася змішана чотирискипова система завантаження. Маса коксової подачі була рівною 8,7т при рудному навантаженні 2,7т/т коксу, тобто в піч у подачу завантажувалося 24т залізородних матеріалів (у кожен скіп - по 12т). Вапняк подавався в кожен подачу в кількості 1,0т у другий рудний скіп. Основні показники роботи печі приведені в нижченаведеній таблиці в прикладі 1.

Ведення доменної плавки згідно пропонованого способу.

У доменну шихту замість сирого кускового вапняку був уведений доломітизований вапняк і вапняк, отримані з відходів доломітового виробництва з розміром фракцій 5-25мм в кількості в одній подачі 1,0х1,2=1,2т. Витрату доломітизованого вапняку і вапняку на тонну чавуну визначали виходячи з основності доменного шлаку $(\text{CaO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, підтримуваної в межах від 1.15-1.45 і вмісту MgO у шлаку від 6 до 10%. Доломітизований вапняк і вапняк завантажували в кожен подачу в другий рудний скіп, інші параметри режиму завантаження і дуття залишалися такими ж, як і при використанні великокусового вапняку. У базовому періоді виділяється CO_2 при розкладенні вапняку об'ємом 21,23м³ CO_2 (зі співвідношення, що на 100кг вапняку кількість CO_2 , що утворився, складає 19,3м³). З цього об'єму 40-50% CO_2 не вступає у взаємодію з вуглецем коксу, що дорівнює: $21,23 \times (0,4-0,5) = (8,5-10,6) \text{м}^3 \text{CO}_2$. При застосуванні доломітизованого вапняку і вапняку з розміром фракцій 5-25мм доломіт розкладається при температурах 750-800°C і утворений при цьому двооксид вуглецю не буде реагувати з вуглецем коксу. При розвитку реакції $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ на 1 моль конвертованого CO_2 затрачається 160МДж, а при горінні вуглецю коксу до CO у кількості 1 моля (12кг С) виділяється тепло 110МДж, і при виключенні одного моля CO_2 (22,4м³) з реакції $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ заощаджується $160/110 = 1,45$ моля (17,5кг) вуглецю коксу за рахунок зменшення споживання тепла в печі і 12 кг вуглецю коксу за рахунок зменшення його кількості, що газифікується на повітряних фурмах. Таким чином, сумарна економія вуглецю коксу складе в даному випадку: $12,0 + 1,45 \times 12 = 29,45 \text{кг}$, що відповідає $29,45/0,85 = 34,1 \text{кг}$ металургійного коксу (0,85 - доля вуглецю в коксі, од.). На кожний 1м³ CO_2 , що реагує з вуглецем коксу, затрачається $34,1/22,4 = 1,52 \text{кг}$ коксу. Таким чином, економія коксу складає: $1,52 - (8,5-10,6) = 12,92-16,1 \text{кг/т}$ чавуну або 2,8-3,6% від базової питомої витрати коксу. Приблизно на таку ж величину зросте добове виробництво.

Інші показники плавки в дослідному періоді наведені в таблиці в прикладі 3. Перший приклад відбиває показники плавки по відомому способу згідно прототипу. Приклади 2, 4-9 відображають показники плавки при різних граничних параметрах ведення процесу.

Приведені конкретні приклади показують, що пропонований спосіб ведення доменної плавки дозволяє одержати економію коксу і забезпечує приріст продуктивності печі.

Економічний ефект приблизно повинен скласти 900000грн у рік.

Заявники: Закрите акціонерне товариство „До-

нецьксталь" Металургійний завод" і Донецький національний технічний університет.

Таблиця

Результати роботи доменної печі №2 Донецького металургійного заводу

| № | Флюс, що застосовується | Витрата флюсу, кг/т чавуну | Вміст MgO у шлаку, % Основність | Середньомасова температура флюсу на глибині 1,5-8м від рівня запису, °C | Вміст сірки в чавуні, у% | Питома витрата коксу, кг/т чавуну | Продуктивність печі, т/добу | Розмір фракцій флюса, мм |
|---|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|---|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Вапняк | 110 | 2,8/1,25 | 950-400 | 0,021 | 448 | 2100 | 20-150 |
| 2 | Доломітиз. вапняк, вапняк | 95 | 6,0/1,15 | 950-750 | 0,024 | 445 | 2130 | 5-25 |
| 3 | “- | 110 | 8,6/1,30 | 950-750 | 0,016 | 430 | 2178 | 5-25 |
| 4 | “- | 125 | 10,0/1,45 | 950-750 | 0,020 | 435 | 2158 | 5-25 |
| 5 | “- | 110 | 8,6/1,30 | 740-700 | 0,024 | 439 | 2050 | 27-35 |
| 6 | “- | 110 | 8,6/1,30 | 700-650 | 0,024 | 437 | 2030 | 35-45 |
| 7 | “- | 120 | 9,0/1,35 | 950-750 | 0,023 | 438 | 2135 | 5-25 |
| 8 | “- | 100 | 6,5/1,20 | 950-750 | 0,022 | 436 | 2135 | 5-25 |
| 9 | “- | 100 | 5,0/1,22 | 955-650 | 0,022 | 439 | 2130 | 5-25 |