



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **44149** (13) **U**
(51) МПК (2009)
C21B 7/24МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ**

1

2

(21) u200902129

(22) 06.04.2009

(24) 25.09.2009

(46) 25.09.2009, Бюл.№ 18, 2009 р.

(72) НАБОКА ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ПОЛЯНСЬКИЙ ГЕННАДІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ФОМЕНКО ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, КРУТАС МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ, ШАРАПОВ МИХАЙЛО ЕГОРОВИЧ

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО ЗАПОРІЗЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ"

(57) Спосіб регулювання теплового стану доменної печі за даними хімічного складу колошникового газу й шихтових матеріалів шляхом зміни параметрів дуття, який **відрізняється** тим, що імпульс впливу на зміну вологості або температури дуття формують дискретно через задані інтервали часу за знаком і величиною відхилення вмісту суми ($\text{CO} + \text{CO}_2$) у складі колошникового газу щодо заданого оптимального її значення з урахуванням зміни вмісту кисню в комбінованому дутті й карбонатів у шихті.

Корисна модель стосується чорної металургії й може бути використаний для стабілізації теплового стану горна доменної печі при керуванні доменним процесом. Метою корисної моделі є зниження витрати коксу й підвищення якості чавуну за рахунок формування оптимальних регулюючих впливів на доменний процес.

Відомі способи регулювання теплового стану доменної печі, засновані на аналізі складу колошникового газу, шляхом корекції рудного навантаження або параметрів дуття (температури, вологості) залежно від зміни відповідних компонентів колошникового газу (CO , CO_2 , H_2 , N_2) і різного роду показників, що обчислюються за певний інтервал часу на основі аналізу складу колошникового газу по пропонуваніх формулах (а. с. СРСР № 779390 МКВ⁵ C21B 7/24, 1980р.; а. с. СРСР № 643536 МКВ⁵ C21B 7/24, 1979р.; а. с. СРСР № 635139 МКВ⁵ C21B 7/24, 1978р.; а. с. СРСР № 605838 МКВ⁵ C21B 7/24, 1978р.; а. с. СРСР № 581145 МКВ⁵ C21B 7/24, 1977р.; а. с. СРСР № 407951 МКВ⁵ C21B 7/24, 1974р.).

Недоліком відомих способів є те, що за критерій теплового стану горна доменної печі приймається вміст кремнію в чавуні, що не завжди точно характеризує цей стан і залежить, як показали дослідження, не тільки від нагріву печі, але й шлакового режиму. По-друге, розрахунок показників на основі аналізу колошникового газу по пропонуваніх формулах має істотні похибки, тому що вони досить складні при значному числі змінних. По-третє, як правило, не враховуються динамічні вла-

стивості об'єкта по заданих каналах формування регулюючих впливів.

Найбільш близьким технічним рішенням є спосіб регулювання теплового стану доменної печі (а. с. СРСР № 407951 МКВ⁵ C21B 7/24, 1974р.), обраний як прототип. Відомий спосіб включає визначення показника $M^Г$ по аналізу колошникового газу, а також показника $M^Ш$ по аналізу шихтових матеріалів. Збільшення двох показників теплового стану $M^Г$ і $M^Ш$ обчислюють по формулах:

$$\Delta M^Г = M^Г_{\text{пот}} - M^Г_{\text{попер}},$$

$$\Delta M^Ш = M^Ш_{\text{пот}} - M^Ш_{\text{попер}}$$

де $M_{\text{пот}}$ - показник теплового стану горна за поточний інтервал часу;

$M_{\text{попер}}$ - показник теплового стану горна за попередній інтервал часу.

Відомий спосіб включає вимірювання складу колошникового газу, аналіз шихтових матеріалів і вплив на доменну пі і шляхом зміни вологості дуття. Регулювання роблять зміною вологості дуття в межах 10-15 г/м³ при збігу знаків відхилень і перевищенні ними 1,5 % поточних значень двох показників теплового стану, що розраховуються одночасно й незалежно один від одного по аналізу складу колошникового газу й шихтових матеріалів з урахуванням завантажуваної.

Однак, у відомому способі вплив здійснюється тільки зміною вологості дуття, не передбачене регулювання теплового стану горна доменної печі

(13) **U**(11) **44149**(19) **UA**

корекцією температури дуття, а також n ; враховані показники співвідношення прямого й непрямого відновлення окислів заліза, що істотно впливає на доменний процес і склад колошниковога газу.

В основу корисної моделі поставлене завдання вдосконалення способу регулювання теплового стану доменної печі шляхом одержання нових імпульсів впливів на доменний процес і за рахунок формування оптимальних керуючих впливів стабілізувати тепловий режим доменної плавки, що приведе до зниження витрат коксу й підвищення якості чавуну.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі регулювання теплового стану доменної печі, що включає вимір, та врахування аналізу складу колошниковога газу, шихтових матеріалів і впливу на доменний процес шляхом корекції параметрів дуття (зміна вологості або температури); відповідно до винаходу, імпульс впливу формується за знаком і величиною відхилення суми $(CO + CO_2)$ колошниковога газу, використовуючи її як критерій прямого відновлення, щодо заданого оптимального значення. При цьому враховуються інші фактори, що впливають на склад колошниковога газу (зміна параметрів дуття, витрати природного газу й кисню, винос колошниковога пилу, зміна складу шихтових матеріалів), і як критерій теплового стану горна доменної печі прийнята середньоінтегральна температура рідкого чавуну на випусках з доменної печі.

Між істотними ознаками корисної моделі й технічним результатом, що досягається, є наступний причинно-наслідковий зв'язок.

Вибір і обґрунтування способу регулювання теплового стану горна доменної печі обумовлені необхідністю стабілізації процесу доменної плавки й забезпечення оптимального теплового режиму, пов'язаного з раціональною витратою коксу і якістю чавуну. Формування керуючих впливів на доменний процес з метою стабілізації теплового стану горна доменної печі виконується по аналізу складу колошниковога газу й шихтових матеріалів.

За результатами досліджень, проведених на комбінаті «Запоріжсталь», найбільш достовірним комплексним показником нагріву горна, який відображає тепловий режим доменної плавки за певний проміжок часу, є середньоінтегральна температура рідкого чавуну на випусках з доменної печі. За даними досліджень, проведених нами й іншими авторами, якщо не змінюється вміст кисню в комбінованому дутті, частка прямого відновлення та вмісту карбонату в шихті, то вміст суми $(CO + CO_2)$ у колошниковому газі залишається постійним і визначає співвідношення прямого й непрямого відновлення окислів заліза.

Якщо в деякому об'ємі шихти в зоні непрямого відновлення внаслідок погіршення розподілу газів на колошнику або внаслідок погіршення відновлюваності залізистих матеріалів буде віднято менше кисню, то, безумовно, надлишковий кисень буде віднятий у зоні прямого відновлення з витратою твердого вуглецю й більшої кількості тепла.

Про збільшення частки прямого відновлення можна судити заздалегідь по приросту $(CO + CO_2)$ у колошниковому газі до того, як матеріали з недо-

стачею фізичного нагрівання й вуглецю коксу придуть на фурми. Ця сума пропорційна ступеню прямого відновлення, а, отже, і ступеню похолодання горна печі й навпаки. Якщо зменшиться сума $(CO + CO_2)$ у колошниковому газі, то це означає зменшення частки прямого відновлення окислів заліза, а, отже, через якийсь час (залежно від швидкості сходу шихти) варто очікувати приходу на фурми зайвого коксу й добре нагрітих матеріалів. При використанні суми $(CO + CO_2)$ як критерію прямого відновлення, а, отже, і теплового стану горна, необхідно вміти враховувати вплив на $(CO + CO_2)$ інших факторів, до яких відносяться:

- зміна частки кисню в дутті;
- зміна складу карбонатів у шихті;
- зміна витрати природного газу;
- винос колошниковога пилу.

При проведенні досліджень по визначенню взаємозв'язку між тепловим станом горна доменної печі й складом колошниковога газу, всі параметри, що характеризують роботу доменної печі, реєструвалися як середньоарифметичне значення через задані інтервали часу за допомогою мас-спектрометричного комплексу «Гранат». Тепловий стан горна доменної печі характеризувався температурою рідкого чавуну на випусках (середньоінтегральна температура чавуну).

У результаті обробки експериментальних даних, що характеризують тепловий стан і хід доменної печі, отримані статичні й динамічні характеристики (параметри) по каналах збурюючих і управляючих впливів на доменний процес.

Дослідним шляхом знайдені кількісні залежності між зміною суми $(CO + CO_2)$ у колошниковому газі, а також приростом температури й вологості дуття й середньоінтегральною температурою рідкого чавуну на випусках, що характеризує нагрів горна

$$\Delta t_i = k_1 \Delta t_d$$

$$\Delta t_i = k_2 \Delta (CO + CO_2)$$

$$\Delta t_i = k_3 \Delta W$$

де Δt_i - приріст середньоінтегральної температури чавуну на випусках, °C;

Δt_d - приріст температури дуття, °C;

$\Delta (CO + CO_2)$ - приріст суми CO і CO_2 у колошниковому газі, %;

W - приріст вологості дуття, Т/година;

$$k_1 = 0,75 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{ } ^\circ\text{C}, k_2 = 45 \text{ } ^\circ\text{C}/\%, k_3 = 30,3 \text{ } ^\circ\text{C}/(\text{Т/год})$$

- коефіцієнти передачі

Дослідженнями також було встановлено, якщо в горн попадає шихта з більшим рудним навантаженням, ніж у попередньому періоді (наприклад, при збільшенні вмісту вологості в коксі, заліза в агломераті, при зменшенні виносу колошниковога пилу), то за інших рівних умов відбувається зниження нагрівання доменної печі, вміст CO_2 в газі зростає. З іншого боку, збільшення вмісту CO_2 в газі при нормальному стані горна є показником подальшого підвищення нагрівання (через повний час). Аналогічні протиріччя спостерігаються й при зниженні вмісту CO_2 у газі. Тому, за критерій зміни

ступеня прямого відновлення заліза в печі прийнята зміна суми ($\text{CO} + \text{CO}_2$) колошникового газу.

Як показали дослідження, зсув часу між зміною вмісту CO_2 у газі й наступною зміною нагріву печі коливається в межах від 2 до 4 годин і становить при зміні ступеня прямого відновлення 2...3 години. На межі зон непрямого й прямого відновлення у випадку попередньої зміни частки непрямого відновлення відповідно до кількості кисню, що залишився в шихті, утворюється більша або менша кількість окису вуглецю, про що просигналізує зміна вмісту ($\text{CO} + \text{CO}_2$) у колошниковому газі.

Сутність корисної моделі полягає в наступному:

Відповідно до зміни вмісту ($\text{CO} + \text{CO}_2$) у колошниковому газі для компенсації зміненої потреби в теплі в зоні прямого відновлення можна змінити температуру або вологість дуття для того, щоб зберегти нагрів горна на колишньому рівні.

При постійному складі комбінованого дуття зменшення суми ($\text{CO} + \text{CO}_2$) у колошниковому газі свідчить про підвищення нагріву. Збільшення вмісту ($\text{CO} + \text{CO}_2$) у газі свідчить про зниження нагріву печі.

При регулюванні теплового стану доменної печі, формування керуючого впливу на тепловий стан горна доменної печі (зміна вологості або температури дуття) здійснюється дискретно в часі за знаком і величиною відхилення сумарного вмісту компонентів ($\text{CO} + \text{CO}_2$) у колошниковому газі відносно заданого числового значення, що відповідає оптимальному тепловому стану й ходу доменної печі (воно встановлюється експериментально, наприклад 41-42 %).

Вплив здійснюють зміною вологості або температури дуття відповідно до рівнянь, наведених нижче:

$$\Delta t_d = -k_1 \Delta(\text{CO} + \text{CO}_2) \quad (1)$$

де Δt_d - зміна температури дуття, необхідної для підтримки теплового стану горна доменної

печі на заданому рівні при зміні складу колошникового газу, $^{\circ}\text{C}$;

k_1 - коефіцієнт передачі (для досліджуваної

печі $k_1 = 0,65 \frac{^{\circ}\text{C}}{\%}$);

CO , CO_2 - зміст у колошниковому газі окису вуглецю, вуглекислого газу, % об'ємні.

$$\Delta W = k_2 \Delta(\text{CO} + \text{CO}_2) \quad (2)$$

де ΔW - зміна вологості дуття, необхідної для підтримки теплового стану горна доменної печі на заданому рівні при зміні складу колошникового газу, т/год

k_2 - коефіцієнт передачі;

$$k_2 = 1,5 \frac{(\text{т/год})}{\%}$$

Запропонований спосіб був випробуваний на МК «Запоріжсталь». На доменній печі об'ємом 1513 м³ постійно подається 0,5 тонн/год пару. Регулювання теплового стану горна доменної печі виконувалось зміною температури дуття, або зміною вологості дуття відповідно до рівнянь (1, 2).

Вміст CO , CO_2 визначався автоматично за допомогою мас-спектрометричного комплексу «Гранат». Всі обчислювальні операції здійснюють в АСУТП ДП-3. Результати у вигляді рекомендації видавалися майстрові доменної печі з виводом на монітор.

Запропонований спосіб регулювання теплового стану горна доменної печі дозволяє шляхом своєчасного впливу на доменний процес зміною параметрів дуття (витрат пару або температури дуття) добитися недопущення більше істотного й значного відхилення від оптимального нагрівання горна доменної печі. Даний спосіб керування тепловим режимом доменної плавки показав себе з позитивної сторони. Він простий надійний, ефективний і легко освоюється майстрами доменних печей.

Здійснення пропонованого способу стабілізує тепловий режим доменної плавки, що дозволяє знизити витрати коксу й підвищити якість чавуну.