



УКРАЇНА

(19) UA (11) 44538 (13) A  
(51) 7 C21B7/24,5/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМ РЕЖИМОМ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ

1

2

(21) 2001053330

(22) 17 05 2001

(24) 15 02 2002

(46) 15 02 2002, Бюл. № 2, 2002 р.

(72) Набока Володимир Іванович, Полянський  
Генадій Олександрович, Крутас Микола Васильович,  
Шарапов Михайло Єгорович(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ЗА-  
ПОРІЗЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ "ЗАПО-  
РІЖСТАЛЬ"

(57) Спосіб управління тепловим режимом доменної плавки, що включає вимірювання температури чавуну і вплив на витрати палива, температуру і вологість дуття, який відрізняється тим, що імпульс впливу на витрати палива, температуру і вологість дуття формують по знаку і по величині відхилення середньоінтегральної температури чавуну на випусках з доменної печі відносно заданого значення

Винахід відноситься до чорної металургії і може бути використаним для управління доменним процесом

Відомі способи управління тепловим режимом доменної печі шляхом знаходження зміни вмісту кремнію в чавуні і корекції рудного навантаження пропорційно прогнозованим змінам вмісту кремнію від заданих значень (Китаєв Б.Н., Ярошенко Ю.Г., Лазарев Б.Л. Теплообмен в доменной печи – М. Металлургия, 1966 с. 240 - 251, заявка Японії № 61 - 257404, кл. C21B 5/00 1986, заявка Японії № 55 - 131107, кл. C21B 5/00 1980, а с СССР № 1648985, МКИ 5 C21B 5/00, 1991). Недоліком відомих способів є те, що показником теплового стану горна доменної печі приймається вміст кремнію в чавуні, котрий не завжди точно характеризує цей стан, оскільки він залежить ще, як показали дослідження, від шлакового режиму

Найбільш близьким технічним рішенням є спосіб керування тепловим режимом доменної плавки (а с СССР № 1668402, МКИ 5 C21B 7/24, 1991), вибраний прототипом. Відомий спосіб поєднує вимірювання температури чавуну та вплив на витрати палива на температуру і вологість дуття

Однак у відомому способі вплив на процес здійснюється з урахуванням вмісту кремнію в чавуні. Проведені дослідження на комбінаті "Запоріжсталь" показали, що вміст кремнію в чавуні не завжди узгоджується з тепловим станом горна доменної печі. Високому вмістові кремнію в чавуні не завжди відповідає висока температура рідкого чавуну на випусках із доменної печі. Це пояснюється коливаннями властивостей шлаків, тобто таким

шлаковим режимом, в результаті котрого забезпечується відновлення кремнію в чавуні при менших витратах палива і більш низькій температурі доменної печі

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення способу керування тепловим режимом доменної плавки шляхом одержання нового імпульсу впливу на тепловий стан горна доменної печі і за рахунок формування оптимального керуючого впливу стабілізувати тепловий режим доменної плавки, що веде до зниження питомих витрат коксу і підвищення якості чавуну

Поставлена задача вирішується тим, що в способі керування тепловим режимом доменної плавки, що включає вимірювання температури чавуну і вплив на витрати палива, температуру та вологість дуття, згідно винаходу імпульс впливу формують по знаку та величині відхилення середньоінтегральної температури чавуну на випуску з доменної печі відносно заданого значення

Між суттєвими ознаками винаходу і одержуваним технічним результатом має місце такий причинно-наслідковий зв'язок

Вибір і обґрунтування критерію теплового стану доменної печі обумовлені необхідністю стабілізації процесу плавки і забезпечення оптимального теплового режиму, зв'язаними з раціональними витратами коксу

При управлінні доменним процесом найважливішим фактором технологічного контролю теплового стану доменної плавки є сукупність параметрів, що характеризують тепловий стан фурменної зони, а також нагрів і хімічний склад рідкого чавуну

(13) A

(11) 44538

(19) UA

та шлаку на випусках

Контроль температури в фурменних зонах дозволяє встановити характер сходу шихти, визначити рівень нагріву горна, а також порушення теплового режиму по обводу печі, викликані формуванням настилі, прогоранням фурм, сповзанням гарнісажу

За результатами досліджень, проведених на комбінаті "Запоріжсталь" найбільш вірогідним комплексним показником нагріву горна, який висвітлює тепловий режим доменної плавки за певний проміжок часу, є температура рідкого чавуну і шлаку на випуску з доменної печі, оскільки коефіцієнт кореляції залежності вмісту кремнію в чавуні [Si] від середньоінтегральної температури чавуну на випусках з доменної печі дорівнює 0,5-0,55, тобто залежність слабка (див графіки фіг. 1). Окрім того, на сучасних доменних печах випуск чавуну займає до 50% добового часу, а на великих печах (до 5000 м<sup>3</sup>) і того більше, у зв'язку з цим приріст температури чавуну між випусками являється оптимальним імпульсом для формування регулюючого впливу при стабілізації температурного режиму доменної плавки

Температура чавуну по ходу випуску змінюється на декілька десятків градусів. Тому в ролі критерію теплового режиму доменної плавки запропонована середньоінтегральна температура рідкого чавуну на випусках з доменної печі, котра визначається з формули

$$t_i = \frac{1}{\tau_0} \int_a^b t_i(t) dt$$

де  $t_i$  - середньоінтегральна температура чавуну, °C,

$t_i$  - температура чавуна, вимірювана в межах випуску, °C,

$\tau_0$  - тривалість випуску, хв,

$a, b$  - відповідно час початку та кінця випуску,

$t$  - час, хв

Сутність винаходу полягає в наступному

При керуванні тепловим режимом доменної плавки формування керуючого впливу на тепловий стан горна доменної печі (зміна витрати коксу, температури та вологості дуття) здійснюється по знаку та величині відхилення середньоінтегральної температури чавуну відносно заданого значення середньоінтегральної температури, відповідної оптимальному нагріву горна доменної печі

На кожному випуску чавуну з доменної печі вимірюють безперервно його температуру на протязі випуску будь-яким відомим методом

Далі визначають середньоінтегральну температуру чавуну за формулою, що наведена вище

Потім розраховують відхилення середньоінтегральної температури відносно заданого значення

$$\Delta T_i = t_{is} - t_i$$

де  $\Delta T_i$  - відхилення середньоінтегральної температури від заданого значення, °C,

$t_{is}$  - задане значення, °C,

$t_i$  - значення середньоінтегральної температури на випуску з доменної печі, °C

І далі за відхиленням  $\Delta T_i$  формують керуючий вплив "згори" (зміна рудного навантаження) або "знизу" (зміна температури або вологості дуття)

Вплив проводять на витрату палива, температуру та вологість дуття в залежності від знаку та величини приросту середньоінтегральної температури  $\Delta T_i$  відносно заданого значення. Основний вплив проводиться при керуванні "згори" зміною витрати коксу (рудного навантаження)

Оцінюючи зміну теплового стану горна доменної печі за знаком та величиною відхилення середньоінтегральної температури відносно заданого значення, потрібно аналізувати ці відхилення не тільки на останньому, але і на попередніх двох випусках, щоб оцінити тенденцію зміни теплового режиму горна доменної печі. І в зв'язку з цим проводити керуючий вплив "зверху" або "знизу" за пропорційним законом керування

Компенсуючий вплив "зверху" по каналу навантаження-нагрівання горна доменної печі визначається за наступною формулою

$$\Delta \frac{p}{k} = k_0 (t_{is} - t_i)$$

де  $\Delta p / k$  - зміна рудного навантаження (змінення маси коксу в подачі, тобто зміна витрати палива),

$t_{is}$  - задане значення середньоінтегральної температури, °C,

$t_i$  - середньоінтегральна температура, визначена на останньому випуску, °C,

$k_0$  - коефіцієнт передачі залежності середньоінтегральної температури чавуну від рудного навантаження,  $\frac{da \cdot d\bar{t}_{i\bar{n}} / \bar{n}a}{^\circ\bar{N}}$

Так для доменної печі об'ємом 1513 м<sup>3</sup> з урахуванням впливу основних технологічних факторів на продуктивність виробництва та витрату коксу і результатів досліджень цей коефіцієнт дорівнює

$$K_0 = 3,75 \frac{da \cdot d\bar{t}_{i\bar{n}} / \bar{n}a}{^\circ\bar{N}}$$

При впливі "зверху" зміни ходу відновлювальних та теплообмінних процесів в нижній зоні відбуваються на тепловому режимі плавки з затримкою 6-8 годин. Тому для забезпечення максимально можливої стабілізації теплового режиму доменної плавки керування "зверху" повинне доповнюватися керуванням "знизу", тобто зміною температури дуття ( $t_d$ ) або вологості дуття ( $w_d$ ) використовуючи наступні залежності

$$\Delta t_d = k_1 (t_{is} - t_i)$$

$$\Delta w_d = k_2 (t_{is} - t_i)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт передачі залежності середньоінтегральної температури чавуну від температури дуття,  $\frac{^\circ C}{^\circ C}$ ,

$k_2$  - коефіцієнт передачі залежності середньоінтегральної температури чавуну від вологості дуття,  $\frac{m / \bar{a}ia}{^\circ\bar{N}}$ ,

$\Delta t_d$  - приріст температури дуття,

$\Delta w_d$  - приріст вологості дуття,

$t_{is}$  - задане значення середньоінтегральної температури

Так для доменної печі об'ємом 1513 м<sup>3</sup> з урахуванням впливу основних технологічних факторів на продуктивність виробництва та витрату коксу, а

також результатів досліджень, вони відповідно дорівнюють

$$k_1 = 1,5 \frac{^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}} = 1,5,$$

При керуванні "знизу" усувається транспортне запізнення та перехідний процес визначається коефіцієнтом передачі та постійною часу даного каналу впливу, що значно збільшує якість перехідного процесу

Зі зміною вологості дуття змінюються витрати тепла в горні на розклад водяної пари, і, як наслідок, змінюється тепловий баланс нижньої частини - печі

До зниження температури дуття звертаються в разі підвищеного нагріву горна доменної печі (високої середньоінтегральної температури чавуну на випусках). Це призводить до охолодження доменної печі і тому повинно супроводжуватись змінною рудного навантаження

При зниженні середньоінтегральної температури потрібно підвищити температуру дуття, однак при роботі на високотемпературному дутті звичайний резерв нагріву дуття незначний, тому краще формувати імпульс впливу зміною вологості дуття

При каналному, периферійному і тугому ході доменної печі керування тепловим режимом доменної печі не рекомендується. Після впливу "згори" формування наступного імпульсу впливу виконується за часом не раніше, ніж після трьох випусків

Даний спосіб було випробувано на МК "Запоріжсталь". На доменній печі об'ємом 1513м<sup>3</sup> постійно подається в дуття 0,5м/год пари. За задане значення середньоінтегральної температури чавуну на випусках з доменної печі, що відповідає

оптимальному нагріву горна, прийнято 1440°C. При відхиленні середньоінтегральної температури на  $\pm 20^\circ\text{C}$  збільшується або зменшується витрата пари на 0,5м/год або ж змінюється температура дуття відповідно на 30°C

При відхиленні середньоінтегральної температури на  $\pm 30^\circ\text{C}$  використовуються ті самі засоби впливу на доменну піч, і, крім того, зменшується або збільшується витрата коксу на 100кг/под

У випадку збільшення середньоінтегральної температури чавуну на 40°C і більше, температура дуття зменшується на 60°C або ж витрата пари збільшується до 1,5м/год

При зниженні середньоінтегральної температури на 40°C витрата коксу на подачу збільшується на 100-200кг і подається додатково 4-5 скипів коксу. Температура дуття при цьому підтримується максимально можливою

Після стабілізації теплового режиму плавки встановлюється початковий режим

Запропонований спосіб керування тепловим режимом доменної плавки дозволяє шляхом вчасного впливу на доменну піч зміною витрати коксу в подачі або зміною параметрів дуття (витрати пари або температури дуття) більш оперативно впливати на тепловий стан горна доменної печі

Цей спосіб керування тепловим режимом доменної плавки показав себе з позитивного боку. Він простий, ефективний та легко засвоюється майстрами доменних печей

Використання запропонованого способу збільшує точність та надійність оцінки теплового стану горна доменної печі і стабілізує тепловий режим доменної плавки, що дозволяє знизити витрати коксу та підвищити якість чавуну (стабілізація вмісту кремнію і зниження вмісту сірки в чавуні)



Фіг.