



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37219 (13) U

(51) МПК (2006)

C21C 7/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ШЛАКОУТВОРЕННЯ В КИСНЕВОМУ КОНВЕРТЕРІ

1

2

(21) u200806008

(22) 08.05.2008

(24) 25.11.2008

(46) 25.11.2008, Бюл.№ 22, 2008 р.

(72) ЛАРІОНОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA,
МАТВІЄНКОВ СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, СУ-
ЩЕНКО АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA, КЛИМАНЧУК
ВЛАДИСЛАВ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, UA, СЕМЕНЮК
ПАВЛО ПЕТРОВИЧ, UA, ГОРПІНІЧ ОЛІГ АНАТО-
ЛІЙОВИЧ, UA(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МА-
РІУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМ.
ІЛІЧА", UA, ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХ-
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA(57) Спосіб шлакоутворення в кисневому конвер-
тері, що включає введення в конвертер по ходу
плавки вапна з витратою, що забезпечує задане
значення величини основності кінцевого шлаку,
який **відрізняється** тим, що величину основності
кінцевого шлаку задають залежно від вмісту крем-
нію в чавуні і визначають із співвідношення:

$$2,70 + 0,273(1,5 - [\%Si]_{\text{чав}}) \leq B_{\text{ш}} \leq 3,10 + \\ + 0,45(1,5 - [\%Si]_{\text{чав}}),$$

де $B_{\text{ш}}$ - основність кінцевого шлаку; $[\%Si]_{\text{чав}}$ - вміст кремнію в чавуні, % мас.

Корисна модель відноситься до металургії, переважно до кисневого конвертерного виробництва сталі.

Відомий спосіб шлакоутворення в кисневому конвертері [1, стор.79], ідо включає введення в конвертер у процесі плавки вапна в кількості, що забезпечує задану величину основності кінцевого шлаку $B_{\text{ш}}$, яка знаходиться в діапазоні 2,5-2,8.

Проте, у відомому способі величина $B_{\text{ш}}$ є малою для отримання високоякісних сталей. При цьому погіршуються процеси дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері, знижується стійкість футерівки конвертера (унаслідок хімічної дії на неї агресивного шлаку), зменшується теплоізоляційна здатність шлаку і, як наслідок, погіршується тепловий баланс плавки.

Відомий спосіб шлакоутворення в кисневому конвертері [1, стор.79, 80], що включає введення в конвертер у процесі плавки вапна в кількості, що забезпечує задану величину основності кінцевого шлаку $B_{\text{ш}}$, яка знаходиться в діапазоні 3,2-4,0.

Проте, у відомому способі величина $B_{\text{ш}}$ також не є оптимальною. При величині $B_{\text{ш}}$ більшої ніж 3,5-3,6 помітно знижується ступінь асиміляції вапна шлаком і істотно збільшується вірогідність «згорання» та затвердіння (переходу в гетерогенний стан) останнього. Це призводить до уповільнення конвективного та дифузійного перенесення у шлаку та на межі «шлак-метал», погіршенню процесів дефосфорації та десульфурзації металу в конвер-

тері, посиленню виносу металу з конвертера, зниженню виходу гідного металу. Крім того, при цьому має місце перевитрата вапна і плавикового шпату, або його замінників. Погіршується тепловий баланс плавки, має місце перевитрата чавуну і металошихти, збільшується угар і окисність металу в конвертері.

Відомий спосіб шлакоутворення в кисневому конвертері [2, стор. 51, 234, 265] -прототип, що включає введення в конвертер у процесі плавки вапна в кількості, що забезпечує задану величину основності кінцевого шлаку $B_{\text{ш}}$, яка знаходиться в діапазоні 2,8-3,5.

У відомому способі величина $B_{\text{ш}}$ близька до оптимальної, що дозволяє забезпечувати достатньо високі ступені дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері, а також стійкість футерівки агрегату.

Проте, у відомому способі не враховується залежність величини $B_{\text{ш}}$ від вмісту кремнію в чавуні $[\%Si]_{\text{чав}}$ - одного з головних чинників, що визначають процес шлакоутворення в конвертері.

При малих значеннях $[\%Si]_{\text{чав}}$ і $B_{\text{ш}}$ має місце мала маса шлаку. Як відомо, величини ступенів дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері визначаються не тільки величиною основності шлаку, але і його масою (поглинаючою здатністю). Навіть при достатньо високих значеннях $B_{\text{ш}}$, але при малій масі шлаку досягти високих ступенів

(13) U

(11) 37219

(19) UA

дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері досить складно. При цьому також має місце мала товщина шлаку, збільшуються тепловтрати від металу та погіршується тепловий баланс плавки, збільшуються втрати металу з виносом (за рахунок бризкоуносу).

При великих значеннях $[\%Si]_{\text{чав}}$ і Вш має місце надмірно велика маса шлаку, зростання величини якої вже практично не поліпшує процеси дефосфорації та десульфурзації металу. Навпаки, при великих витратах вапна і високих значеннях Вш істотно знижується ступінь асиміляції вапна шлаком, збільшується кількість нерозчиненого вапна, підвищується вірогідність «згортання» і затвердіння шлаку. Це призводить до погіршення процесів дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері. При цьому також має місце перевитрата вапна, збільшуються втрати металу зі шлаком (у вигляді оксидів заліза та «корольків») і втрати теплоти (зі шлаком). Крім того, при високих значеннях $[\%Si]_{\text{чав}}$ унаслідок збільшення оксидів SiO_2 в шлаку і утворення на поверхні шматків вапна тугоплавкої «скориночки» ортосилікату кальція сповільнюється процес асиміляції вапна шлаком. Надмірна витрата вапна в цих умовах (при необхідності забезпечення високих значень Вш) призводить до значної перевитрати шлакоутворюючих матеріалів (вапна, плавикового шпату та ін.) і погіршення процесу шлакоутворення в цілому.

В основу корисної моделі поставлено завдання вдосконалити спосіб шлакоутворення в кисневому конвертері, в якому за рахунок забезпечення оптимальної величини основності кінцевого шлаку залежно від значення вмісту кремнію в чавуні поліпшуються процеси асиміляції вапна і шлакоутворення в цілому, дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері, стабілізується дуттєвий режим плавки (зменшується вірогідність появи як викидів шлако-металевої емульсії, так і виносів металу з конвертера), поліпшуються тепловий баланс плавки і умови служби футерівки конвертера, внаслідок чого знижуються питомі витрати металлошхти, чавуну, кисню, шлакоутворюючих матеріалів (вапна, матеріалів що містять MgO , плавикового шпату та його заміників), конвертерних вогнетривів, зменшується угар і окисність металу та кількість неметалічних включень у ньому, і, зрештою, знижується собівартість і підвищується його якість.

Для вирішення поставленого завдання в способі шлакоутворення в кисневому конвертері, що включає введення в конвертер по ходу плавки вапна з витратою, що забезпечує задане значення величини основності кінцевого шлаку, величину основності кінцевого шлаку задають залежно від вмісту кремнію в чавуні і визначають з співвідношення:

$$2,70 + 0,273(1,5 - [\%Si]_{\text{чав}}) \leq \text{Вш} \leq 3,10 + 0,456(1,5 - [\%Si]_{\text{чав}}),$$

де Вш - основність кінцевого шлаку;

$[\%Si]_{\text{чав}}$ - вміст кремнію в чавуні % мас.

Реалізація вказаного способу шлакоутворення в кисневому конвертері забезпечує оптимальну

величину основності кінцевого шлаку залежно від значення вмісту кремнію в чавуні. При цьому (за інших рівних умов) забезпечуються одночасно: високі ступені асиміляції вапна шлаком, дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері, оптимальний тепловий баланс плавки та максимальна ефективність використання шлакоутворюючих матеріалів (вапна, плавикового шпату та його заміників) та мінімальні втрати заліза (з бризкоуносом, з пилом газів що відходять, з «корольками» та оксидами заліза шлаку).

При значеннях величини основності кінцевого шлаку Вш менших, ніж мінімальна величина із заявленого діапазону

$\text{Вш, min} = 2,70 + 0,273(1,5 - [\%Si]_{\text{чав}})$ не забезпечуються необхідні значення ступенів дефосфорації та десульфурзації металу в конвертері, особливо при виплавці високоякісних марок сталей. При цьому також погіршуються теплоізоляційні, бризко- і пиловловлюючі властивості шлаку (унаслідок малої маси і товщини покривного шлаку, а також зміни його в'язкості та теплопровідності), збільшуються тепловтрати від металу і погіршується тепловий баланс плавки, збільшуються втрати металу з виносом (за рахунок бризкоуносу та пилеуносу), погіршуються умови служби футерівки конвертера (при малих значеннях основності шлаку збільшується швидкість розчинення футерівки в шлаку в процесі продування плавки).

При значеннях величини основності кінцевого шлаку Вш більших, ніж максимальна величина із заявленого діапазону

$\text{Вш, max} = 3,10 + 0,456(1,5 - [\%Si]_{\text{чав}})$ істотно знижується ступінь асиміляції вапна шлаком, збільшується кількість нерозчиненого вапна, особливо при погіршенні якості шлакоутворюючих матеріалів, підвищується вірогідність «згортання» і затвердіння шлаку, погіршується рідкорухомість шлаку, сповільнюються всі тепло-масообмінні процеси в шлаковій фазі і на межі «шлак-метал», погіршуються процеси дефосфорації та десульфурзації металу. Має місце перевитрата вапна, плавикового шпату, його заміників та інших шлакоутворюючих матеріалів, збільшуються втрати металу (з шлаком у вигляді оксидів заліза і «корольків») і теплоти (зі шлаком).

Спосіб здійснюється таким чином. З використанням заявленого співвідношення для визначення діапазону оптимальних значень основності кінцевого конвертерного шлаку (в залежності від вмісту кремнію в чавуні, що подається на плавку), для зручності заздалегідь розраховуються всі варіанти, що використовуються на практиці, і визначається кількість вапна, яку необхідно завантажити в конвертер у процесі плавки для того, щоб забезпечити отримання оптимального значення величини основності кінцевого шлаку в залежності від вмісту кремнію в чавуні, що подається на плавку. При цьому використовуються також відомі емпіричні дані (для кожного конкретного цеху свої) по хімічному складу, усередненого ступеня засвоєння вапна шлаком і т.п. Результати розрахунків для зручності користування узагальнюють у вигляді зведеної таблиці (чи номограми). В процесі прове-

дення конвертерної плавки до початку продування машиністу дистрибутора передається інформація про масу налитого на плавку чавуну, його температуру і хімічний склад, у тому числі - про вміст кремнію у ньому. На основі отриманої інформації з використанням вказаної зведеної таблиці машиніст дистрибутора визначає кількість вапна, яку необхідно завантажити в конвертер по ходу плавки для того, щоб забезпечити отримання оптимального значення величини основності кінцевого шлаку. При цьому в межах заявленого діапазону оптимальних значень величини основності кінцевого шлаку величину Вш слід вибирати ближче до верхньої межі при виплавці високоякісних та найвідповідальніших марок сталей і ближче до нижньої межі - при виплавці рядових марок сталей. При використуванні системи автоматизованого управління конвертерною плавкою (АСУ) всі вказані вище операції виконує комп'ютер, а заявлене співвідношення для визначення діапазону оптима-

льних значень основності кінцевого конвертерного шлаку в залежності від вмісту кремнію в чавуні використовується в основі прикладної програми для управління шлаковим режимом конвертерної плавки.

Приклад конкретної реалізації способу шлакоутворення в кисневому конвертері в 160-т кисневому конвертері верхнього дуття ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» (м. Маріуполь, Україна).

З використанням заявленого співвідношення для визначення діапазону оптимальних значень основності кінцевого конвертерного шлаку розраховували зведену таблицю для визначення кількості вапна, яку необхідно завантажити в конвертер по ходу плавки для того, щоб забезпечити отримання оптимального значення величини основності кінцевого шлаку в залежності від вмісту кремнію в чавуні, що подається на плавку. Вказана таблиця має вигляд:

Таблиця

Необхідна кількість вапна на плавку (т) в залежності від технологічних параметрів

Масова витрата чавуну, т	Варіант	Вміст кремнію у чавуні, % мас.								
		0,46-0,55	0,56-0,65	0,66-0,75	0,76-0,85	0,86-0,95	0,96-1,05	1,06-1,15	1,16-1,25	1,26-1,35
120-125	а	6,9	7,9	9,0	9,9	10,9	11,8	12,7	13,6	14,4
	б	7,3	8,4	9,5	10,6	11,6	12,6	13,6	14,6	15,5
	в	7,8	8,9	10,0	11,0	12,0	13,0	13,9	14,7	15,5
126-130	а	7,0	8,1	9,2	10,2	11,2	12,1	13,1	14,0	14,9
	б	7,4	8,6	9,7	10,9	11,9	13,0	14,0	15,0	16,0
	в	7,9	9,1	10,2	11,3	12,3	13,3	14,3	15,1	16,0
131-135	а	7,1	8,2	9,4	10,4	11,4	12,5	13,5	14,5	15,4
	б	7,5	8,8	9,9	11,1	12,2	13,3	14,4	15,5	16,5
	в	8,0	9,3	10,4	11,5	12,6	13,7	14,7	15,6	16,5
136-140	а	7,2	8,3	9,5	10,6	11,6	12,8	13,8	14,8	15,8
	б	7,6	8,9	10,1	11,3	12,4	13,6	14,8	15,8	16,9
	в	8,1	9,4	10,6	11,8	12,9	14,0	15,0	16,0	16,9

Примітки до таблиці:

1) Варіант «а» відповідає основності кінцевого шлаку 2,9-3,1 (в середньому 3,0) при виплавці сталей зі вмістом фосфору не більше 0,030% і сірки не більше 0,030% ;

2) варіант «б» відповідає основності кінцевого шлаку 3,0-3,3 (в середньому 3,1) при виплавці сталей зі вмістом фосфору не більше 0,020% і сірки не більше 0,020% ;

3) варіант «в» відповідає основності кінцевого шлаку 3,1-3,5 (в середньому 3,2) при виплавці сталей зі вмістом фосфору не більше 0,010% і сірки не більше 0,010% ;

4) варіанти «а», «б», «в» вибираються за «найжорсткішою» вимогою по вмісту сірки або фосфору у готовій сталі;

5) вказані в таблиці значення витрати вапна відповідають вмісту (СаО+МgО) у вапні 93%;

у випадках, коли вміст (СаО+МgО) у вапні менше 93%, необхідна кількість вапна на плавку

M_B (т) визначати із співвідношення:

$$M_B = (M_B)_{\text{ТАБЛ}} \cdot 93 / (\text{СаО} + \text{МgО}),$$

де $(M_B)_{\text{ТАБЛ}}$ - необхідна кількість вапна на плавку згідно з таблицею (т).

У процесі роботи перед черговою конвертерною плавкою (перед заваленням металобрухту в конвертер) машиніст дистрибутора одержує інформацію про марку сталі що буде виплавлятися, про кількість (масу) і хім. состав, у тому числі за вмістом кремнію, поданого (налитого у чавунозаливочний ківш) на плавку чавуна. Наприклад, плавка .на сталь марки Х70 (вміст сірки у готовій сталі - не більше 0,010% - за регламентом), маса чавуну - 135т, вміст кремнію в чавуні - 0,7%. Користуючись даними зведеної таблиці, машиніст дистрибутора визначає, що оптимальна кількість вапна, яку необхідно віддати в конвертер в процесі плавки складає 10,4т. Заздалегідь уявно розділивши отриману масу вапна на порції, машиніст дистри-

бутора, користуючись автоматичною системою завантаження сипких матеріалів в конвертер, по-слідовно набирає і зважує порції вапна в завантажувальні бункери та віддає їх в конвертер по ходу плавки. Наприклад, 3т - на металобрухт перед початком продування плавки, 3т - на 1-й хвилині продування (після стійкого «запалення» плавки), 2т - на 3-ій хвилині, 1,4т - на 5-й хвилині і 1т - на 7-й хвилині продування. Всього за плавку віддано 10,4т вапна. При цьому величина основності кінцевого шлаку склала 3,4, що є оптимальним значенням для розглянутого випадку.

Використання запропонованого способу за рахунок забезпечення оптимальної величини основності кінцевого шлаку в залежності від значення вмісту кремнію у чавуні дозволить покращити процеси асиміляції вапна шлаком та шлакоутворення у цілому, дефосфорації та десульфурзації металу у конвертері, стабілізувати дуттьовий режим плавки

(зменшити вірогідність з'явлення викидів шлако-металевої емульсії та виносів металу з конвертера), покращити тепловий баланс плавки та умови служби футерівки конвертера, внаслідок чого зменшити питомі витрати металошихти (на 0,7-2,5кг/т сталі), чавуну (на 1-3кг/т сталі), кисню (на 0,5-1,0м³/т сталі), вапна (на 1-4кг/т сталі), а також плавикового шпату, його заміників та інших шлакоутворюючих матеріалів, конвертерних вогнетривів, зменшити окисність металу та кількість неметалевих включень у ньому та, у кінцевому рахунку, покращити якість та знизити собівартість конвертерної сталі.

Джерела інформації:

1. Третьяков Е. В., Дидковский В. К. Шлаковый режим кислородно-конвертерной плавки. - М.: Металлургия, 1972. - 144с.

2. Якушев А. М. Справочник конвертерщика. - Челябинск: Металлургия, 1990. - 448с.