

Оптимізація технології виплавки сталі дозволяє стабілізувати хід продувки, зменшити кількість викидів і виносів, підвищити стійкість кисневих фурм і вихід придатного.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яновский И.Л. Разработка и опробование алгоритма управления шлакообразованием при кислородно-конвертерном процессе / И.Л.Яновский, С.И.Кушнарёв, В.П.Полетаев // *Металлургия и коксохимия: респ. межвед. науч.-техн. сб.* – К.: Техника. – 1985. – Вып. 7. – С.13-16.
2. Организация реакционной зоны в кислородном конвертере при многоструйной продувке / В.П.Полетаев, Я.А.Шнееров, И.Л.Яновский [и др.] // *Изв. АН СССР. Металлы.* – 1973. – №5. – С.5-12.
3. Влияние режима дутья на массообмен в реакционной зоне / В.П.Полетаев, Я.А.Шнееров, И.Л.Яновский [и др.] // *Изв. АН СССР. Металлы.* – 1974. – №3. – С.33-38.
4. Яновский И.Л. Выбор оптимальных объема конвертера и интенсивности продувки кислородом сверху / И.Л.Яновский, С.И.Кушнарёв, В.П.Полетаев // *Технология выплавки стали в конвертерных и мартеновских цехах.* – М.: *Металлургия.* – 1984. – С.13-16.
5. Яновский И.Л. К вопросу определения осевой скорости и размеров струи дутья на уровне ванны при кислородно-конвертерном процессе / И.Л.Яновский // *Изв. АН СССР. Металлы.* – 1977. – №2. – С.8-13.
6. Полетаев В.П. Определение положения кислородной фурмы относительно ванны в конвертере расчётным методом / В.П.Полетаев, И.Л.Яновский, С.И.Кушнарёв // *Изв. вузов. Черная металлургия.* – 1981. – № 4. – С.42-45.
7. Яновский И.Л. О выборе наконечника при верхней кислородной продувке в конвертере / И.Л.Яновский, В.В.Смокий // *Сталь.* – 1980. – № 5. – С.368-371.

УДК 669.18

ЦИМБАЛ О.О., магістр
ПОЛСТАЄВ В.П., к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ МЕТАЛУ ПРИ ЙОГО ПРОДУВЦІ АРГОНОМ

Вступ. В останній період розвиток сталеплавильного виробництва в значній мірі здійснюється на основі способів позаагрегатної обробки металу, що дозволяє суттєво підвищити продуктивність сталеплавильних агрегатів, поліпшити якість продукції, зменшити витрати дорогих розкислювачів і легуючих матеріалів.

Невід'ємною часткою технологічних операцій ковшової металургії є продувка сталі аргоном або азотом, що дозволяє усереднити температуру і хімічний склад металу, зменшити в сталі вміст шкідливих домішок. Особливі вимоги до стабілізації параметрів металу виникають при безперервній розливці сталі.

Киснево-конвертерний цех Дніпровського металургійного комбінату має в своєму складі відділення безперервної розливки сталі, сучасний комплекс позаагрегатної обробки металу, в тому числі установку «ківш-піч», що дає можливість проведення різноманітних технологічних операцій і, відповідно, виробництво сталей широкого сортаменту, в тому числі низьколегованих і легуваних.

Постановка задачі. Для оптимізації технологічного процесу необхідно знати вплив різних факторів у період від випуску металу з конвертера до розливання на зміну температури сталі. Це дозволить стабілізувати умови розливання і поліпшити тепловий баланс конвертерної плавки, тому що з'явиться можливість випускати метал з агрегату з мінімально можливим перегрівом.

Основною задачею обробки металу в ковші нейтральними газами є зниження градієнта температур, який після 5-7 хв. витримки може досягати 50-100°C, й вирівнювання концентрацій в сталі різних елементів. Тому істотний практичний інтерес представляє визначення мінімального часу продувки, необхідного для усереднення розплаву по температурі і хімічному складу.

Результати роботи. Мінімальний час, необхідний для перемішування 95% розплаву, можна визначити за формулою [1]:

$$\tau = (600 \pm 100)\varepsilon^{-0,4}, \quad (1)$$

де τ – мінімальний час, с;

ε – швидкість дисипації енергії, Вт/т.

Для визначення величини питомої потужності перемішування рекомендується використовувати відоме рівняння [2]:

$$\varepsilon = 0,00285 \cdot Q \cdot T \cdot \log(1 + H/14,8)/W, \quad (2)$$

де Q – витрата газу, м³/хв;

T – температура розплаву, К;

H – висота сталеплавильної ванни, м;

W – маса плавки, т.

Проаналізувавши особливості перемішування металу по літературним даним, а також на основі власних експериментів, прийшли до висновку, що залежність (1) недостатньо враховує розходження умов продувки. Тому розрахункова величина часу перемішування може сильно відрізнятись від фактичної.

Дійсно, важко знайти універсальну залежність стосовно до умов продувки нейтральними газами зверху через занурену в метал фурму і знизу через пористі матеріали, оскільки гідродинаміка процесу в цих двох випадках принципово розрізняється. У той же час для одного з варіантів процесу (наприклад, продувка зверху через фурму) застосування залежностей (1) і (2) після деякого їхнього уточнення представляється можливим при розрахунку часу усереднення металу в ковшах різної ємності.

Для цього розглянемо зміну швидкості охолодження розплаву в різні періоди від початку продувки.

На рис.1 представлено зміну швидкості охолодження металу при продувці аргоном для умов конвертерного цеху ДМК імені Ф.Е.Дзержинського. Продувка здійснювалася в 250-т ковшах з інтенсивністю 30 м³/год. Характер розташування точок аналогічний залежностям, отриманим раніше, не дивлячись на розходження в масі плавки, характеристиках газу (азот чи аргон), що вдувається, інтенсивність продувки. Це указує на ідентичний характер процесу перемішування.

Початковий період продувки (4-5 хв.) характеризувався різким зниженням швидкості охолодження розплаву, після чого вона змінювалась незначно (рис.1). Це пов'язано, судячи з усього, із усередненням температури металу в об'ємі ковша.

Таке припущення підтверджується даними дослідів, проведеного також в умовах конвертерного цеху ДМК. Результати заміру окисленості металу в ковші датчиками УКОС-1 показали, що вона стабілізується через 5 хв. усередненої продувки аргоном.

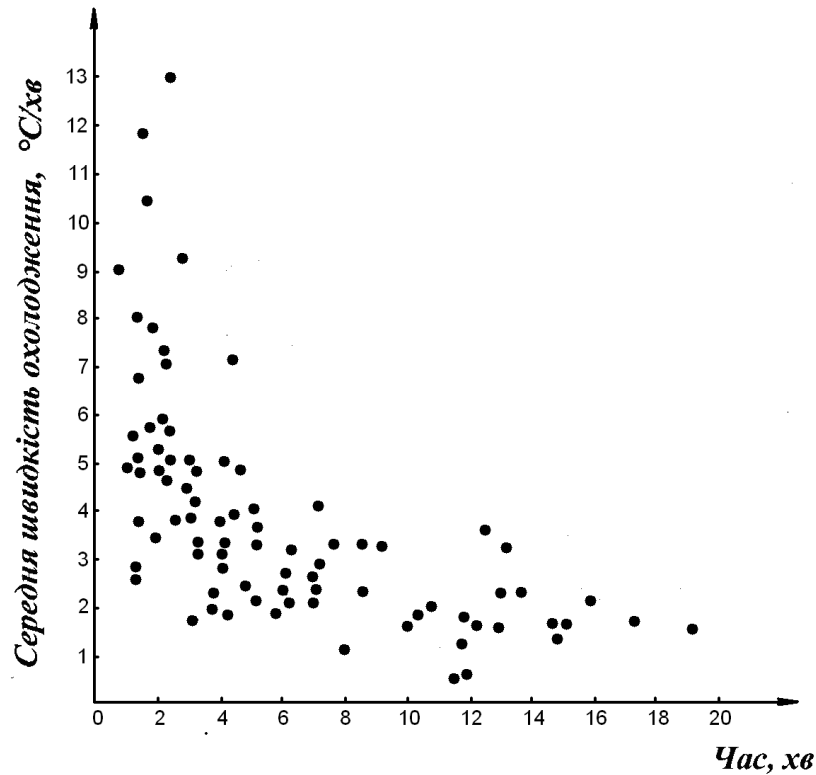


Рисунок 1 – Зміна швидкості охолодження металу в ковші у залежності від тривалості продувки аргоном

Причина різкого падіння температури розплаву в перші хвилини продувки могла бути пов'язана з його стиканням з холодною поверхнею футерівки ковша. Час, необхідний для усереднення металу, залежить від питомої потужності перемішування, обумовленої роботою архімедових сил при спливанні пазирів. Для розрахунку потужності перемішування ванни пазирями окису вуглецю звичайно використовується формула Кочо:

$$A_{\text{пуз}}(CO) = P_0 V_0 \frac{T}{273} \ln \left(1 + \frac{H_{\text{мет}}}{P_0} \right), \quad (3)$$

де P_0 – атмосферний тиск, н/м²;

V_0 – об'єм пазирів, що утворюються за одиницю часу, м³;

T – температура металу, К;

H – висота шару металу над місцем виникнення пазирів, м.

Аналогічна залежність була отримана в роботі при оцінці ефективності перемішування нейтральним газом при обробці металу в ковші. Згідно з відомим співвідношенням

$$\frac{PV}{T} = nR, \quad (4)$$

де n – число кіломолей газу;

R – універсальна газова постійна, яка дорівнює 8313 Дж/кмоль.

Після підстановки (4) в (3) і нескладних перетворень отримуємо:

$$\varepsilon' = 1035 \cdot Q' \cdot T \cdot \ln(1 + 0,677 \cdot H) / W, \quad (5)$$

де ε' – питома потужність перемішування, Вт/т;

Q' – витрата нейтрального газу, м³/год.

Фактичний час усереднення розплаву може бути трохи більшим, ніж розраховано за формулою (1), з різних технологічних причин (витрати часу на підйом і опускання фурми, коливання інтенсивності продувки тощо). Прийmemo величину цих затримок, рівними одній хвилині. Тоді

$$\tau' = 13,3e^{-0,4} + 1, \quad (6)$$

де τ' – час перемішування, хв.

Розрахунки для умов конвертерного цеху ДМК (витрата аргону 30 м³/год., маса плавки 230 т, глибина занурення фурми 2,8 м) показали, що питома потужність перемішування розплаву складе 27,9 Вт/т, тривалість періоду усереднення – 4,55 хв. Це відповідає наведеним вище практичним даним.

Проаналізуємо формулу (5). Значення функції $f(H) = \ln(1 + 0,677H)$ надано на рис.2.

З графіка видно, що вплив глибини занурення фурми на процеси перемішування починає суттєво позначатися при величині $H < 1,5-2,0$ м.

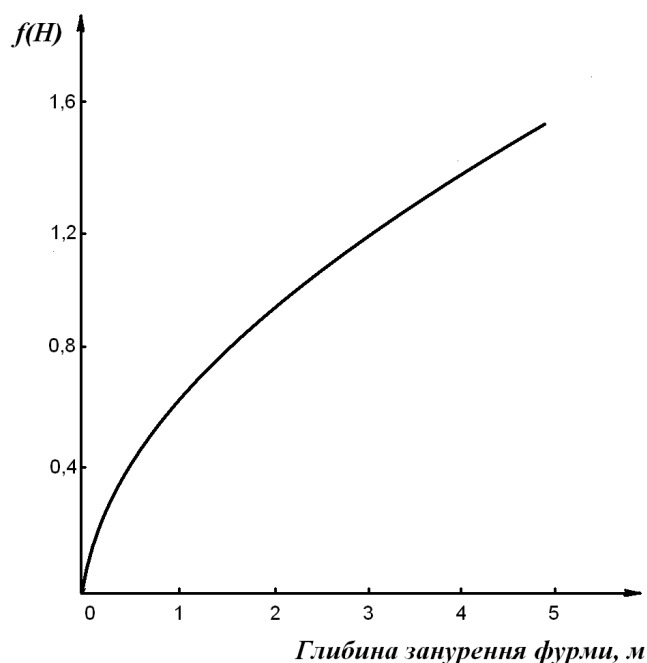


Рисунок 2 – Вплив глибини занурення фурми в розплав на функцію $\Delta t = 13,6 + 2,85\tau$, де Δt – охолодження розплаву, °С

В конвертерному цеху ДМК тривалість усередненої продувки складає 5 хв., після чого вимірюється температура металу в ковші, відбирається проба на хімічний аналіз. Потім на УКД проводиться доводка сталі за хімічним складом та температурою. На основі даних 119 плавок встановлена залежність охолодження розплаву від тривалості продувки аргонном в період доводки.

Таким чином, швидкість охолодження розплаву складає 2,85°С/хв. Прийmemo, що з такою ж швидкістю фактично охолоджується розплав за час усередненої продувки. Тоді падіння температури в цей період складає $2,85 \cdot 5 \approx 14$ град.

Висновки. Виконано аналіз умов перемішування металу в 250-тонному сталеплавильному ковші при продувці його аргонном з інтенсивністю 30 м³/год. Встановлено, що початковий період продувки характеризувався різким зниженням швидкості охоло-

дження розплаву, після чого вона змінювалися незначно. Це пов'язано з усередненням температури металу в обсязі ковша.

Теоретично обґрунтовано мінімальний час продувки металу нейтральним газом, необхідний для усереднення розплаву по температурі і хімічному складу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зборщик О.М. Фізико-хімічні процеси позаагрегатного рафінування металу: навч. посіб. / Зборщик О.М. – Донецьк: ДонНТУ, 2001. – 154с.
2. Гескин Э.С. Работа перемешивания ванны кислородного конвертера / Э.С.Гескин // Тепло- и массообменные процессы в ваннах сталеплавильных агрегатов. – М.: Металлургия. – 1975. – С.72-78.

УДК 669.184.244.66

ПАНТЕЙКОВ С.П., к.т.н., доцент
МОЦНА Р.І., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

ОШЛАКУВАННЯ ФУТЕРІВКИ КИСНЕВИХ КОНВЕРТЕРІВ. ЧАСТИНА 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ

Вступ. Киснево-конвертерний процес, що отримав швидке і широке розповсюдження завдяки своїй простоті і високій продуктивності, на теперішній час є провідним сталеплавильним процесом у світі. Одним із важливих досягнень недавнього минулого у конвертерній технології виплавки сталі є розробка і запровадження новітньої ресурсо- і енергозощадної технології гарячих ремонтів футерівки кисневих конвертерів – нанесення захисного шлакового гарнісажу на периклазовуглецеву футерівку агрегатів шляхом роздувки азотними струменями спеціально підготованого кінцевого шлаку з високим вмістом MgO (до 8-14% і більше) з поступовим формуванням на поверхні футерівки замороженого шару міцного шлакового покриття [1-17]. Ця технологія включає операції попередньої підготовки частини кінцевого шлаку до необхідного хімічного складу, фізичного стану і температури, наступної продувки шлакової ванни струменями нейтрального дуття через верхню фурму з утворенням зворотних газошлакових потоків, які забезпечують спрямоване нанесення і заморожування бризок шлаку на стінки конвертера над поверхнею рідкої шлакової ванни.

Підвищена зацікавленість сталеплавильників до освоєння цієї технології пояснюється її простістю, низькими капітальними та експлуатаційними затратами при високому рівні прибутку на вкладений капітал завдяки скороченню питомих витрат наступних матеріалів: вогнетривів на 1,73...3,07 кг/т [10, 17] і 67,2 кг/т [18] виплавляємої сталі, вапна на 4,4 кг/т, плавикового шпату на 2,06 кг/т [19], торкрет-маси на 0,36 кг/т [20] при збільшенні виходу рідкої сталі на 0,8 % [19]. Величина економії при цьому становить не менше 0,16 грн/т рідкої сталі (у цінах 1999р.) [21].

Для підготовки шлакового розплаву, як правило, використовують [22] присадки вапна, доломіту, вуглецевмісних матеріалів, магнезитового порошку в кількості, що залежить від параметрів кінцевого шлаку, при цьому важливо зменшити його реакційну здатність і окисленість, підвищити температуру плавлення і збільшити кількість вогнетривких складових шлакового розплаву.

Постановка задачі. Завданням даної роботи є аналіз авторами сучасного стану розвитку світових технологій ошлакування футерівки кисневих конвертерів шляхом роздувки рідкого шлакового розплаву азотними струменями верхньої фурми з метою