

**КОНТРОЛЬ НАСТИЛЕУТВОРЕННЯ НА КИСНЕВІЙ ФУРМІ**

Сушенко В.Ю.

Національний технічний університет України “Київський  
політехнічний інститут”

Розглянуті відомі способи контролю настилеутворення на кисневій фурмі. Дослідженні недоліки даних способів контролю. Встановлено, що найбільш раціональним способом, є спосіб визначення заметалювання фурми за тепловим потоком на водоохолоджувальні елементи.

**Вступ**

Відсутність у період інтенсивного зневуглицювання ванни достатнього по висоті шару вспіненого шлаку, що здатний перекрити торець кінцевика кисневої фурми, особливо в умовах “малошлакової” технології продувки, супроводжується інтенсивним виносом за границі реакційної зони дрібних крапель металу і шлаку з формуванням настилів на поверхні фурми, конусній частині футерівки і горловині конвертора, екранних поверхнях котла утилізатора. Видалення настилів є дуже важким і супроводжується зниженням стійкості устаткування і втратою продуктивності агрегатів.

Дуттьовий режим є основним фактором, що визначає заметалювання кисневої фурми конвектора.

В теперішній час контроль настилеутворення проводять візуально після закінчення плавки. Такий контроль є суб’єктивним і залежить від кваліфікації сталеплавильника. Відомий спосіб автоматичного контролю, що заснований на зважуванні кисневої фурми. Зважування можна провести у стаціонарному режимі до і після плавки. При цьому невдалий дуттьовий режим можливо змінити лише за результатами поточної плавки на наступну, в той час, коли і одна плавка може призвести до необхідності застосування важкої операції по видаленню настилів [1]. Спосіб заснований на залежності

$$m_{\phi} = m_c + m_n \quad (1)$$

де  $m_{\phi}$  – маса фурми після плавки, т;  $m_c$  – маса нової фурми, т;  $m_n$  – маса нашарування, т.

Тут,

$$m_c = m_m + m_b \quad (2)$$

де  $m_m$  – маса металевої конструкції фурми, т;  $m_b$  – маса води, що охолоджує фурму, т.

Для контролю динаміки такий спосіб непридатний, так як у процесі продувки на фурму діють і інші сили.

Авторами [2] досліджені сили, що діють на кисневу фурму у процесі продувки конвертера. Сила тяжіння фурми компенсується реакцією її опор, а у

процесі продувки – ще архімедовою силою і силою реактивної тяги кисню, що витікає з сопел фурменого кінцевика. У процесі продувки змінюється сила тяжіння внаслідок нашаровування на її поверхні металло-шлакової емульсії.

Рівняння балансу сил

$$G - F_p - F_{p.t} - F_a - F_{aep.} = 0, \quad (3)$$

где  $G$  – сила тяжіння фурми, Н;  $F_p$  – реакція опор фурми, Н;  $F_{p.t}$  – сила реактивної тяги кисню, що витікає з фурменого кінцевика, Н;  $F_a$  – архімедова сила, Н;  $F_{aep.}$  – сила аеродинамічної взаємодії потоку газу, що відходить, Н.

Контролювати масу настилу у динаміці необхідно для того, щоб знати, що відбувається з фурмою у даний момент часу і змінювати відповідно режим дуття.

Спосіб у якого зважування ведеться на протязі усієї плавки передбачає безперервне вимірювання на протязі продувки таких параметрів як тиск і інтенсивність подачі кисню, положення фурми, сили реакції опор. Реалізується цей спосіб за допомогою тензометричного датчика, що розміщений під опори фурми. Спосіб враховує усі сили що діють в процесі продувки на кисневу фурму і дозволяє робити виміри у динаміці плавки [3].

Недоліком відомого способу є те, що припущення, які покладенні в основу способу, такі як рівність тиску газів в конвертері і на вихідному перерізі сопла, компенсація втрат на тертя і завихрення струменя тиску ефектом неповного розширення газу, а також зміна вихідного перерізу сопла у процесі експлуатації призводить до випадкових похибок.

### **Постановка задачі дослідження**

Удосконалити відомий спосіб контролю настилеутворення фурми кисневого конвертора, шляхом введення додаткових вимірювань, що дозволить підвищити точність і забезпечити управління дуттьовим режимом на поточній плавці для запобігання настилеутворення.

### **Вирішення поставленої задачі**

З теорії нестационарної теплопровідності твердого тіла відомо, що при тепловому впливі на границі подібним моментам для точок що контролюються по товщині відповідають однакові значення критерію Фур'є, відповідно до якого, інерційний час запізнення температурного імпульсу визначається геометричними і теплофізичними властивостями шару настилу що контролюється.

$$\Delta\tau = \frac{x^2}{a}, \quad (4)$$

де  $\Delta\tau$  – момент досягнення температурним імпульсом внутрішньої поверхні настилу, с;  $x$  – глибина настилу, м;  $a$  – коефіцієнт теплопровідності,  $m^2/c$ .

Температурні імпульси виникають у моменти проходження технологічних операцій: опускання фурми у конвертер, введення сипких матеріалів, зміна відстані кінцевика фурми до рівня спокійного металу у процесі продувки та інші.

Початкову величину настилу визначаємо у момент опускання фурми на початку продувки.

$$x_1 = \sqrt{a\Delta\tau_1} \quad (5)$$

По ходу продувки при різкій зміні температурного режиму величина настилу змінюється на величину  $\delta$  і складає

$$x_2 = \sqrt{a\Delta\tau_2} \quad (6)$$

Тут  $x_2 = x_1 + \delta$ .

Величина настилу знаходиться із співвідношення

$$\frac{x_1}{x_1 + \delta} = \sqrt{\frac{\Delta\tau_1}{\Delta\tau_2}} \quad (7)$$

і складає

$$\delta = x_1 \left( \sqrt{\frac{\Delta\tau_1}{\Delta\tau_2}} - 1 \right). \quad (8)$$

Моменти проходження теплових імпульсів пропонується контролювати по характеру зміни температури води, що охолоджує фурму. При цьому контролюється час запізнення зміни температури води, що охолоджує фурму, при різкій зміні температурного режиму у конвертері, що відповідає середній величині  $\delta$  по всій поверхні фурми, яка знаходиться у конверторі.

Схема, що демонструє, яким чином і за допомогою яких приладів проводять вимірювання параметрів зображена на рисунку 1.

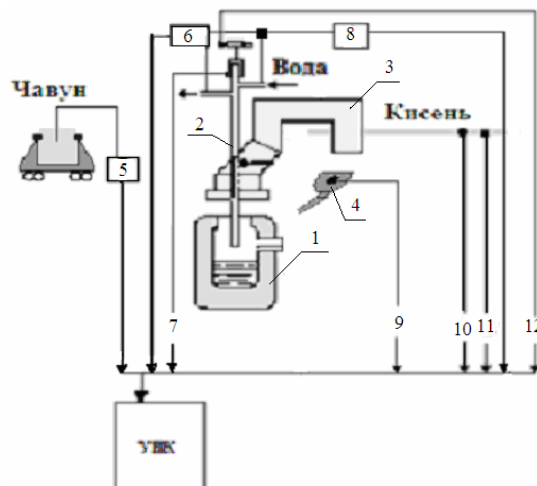


Рисунок 1. Схема вимірювання параметрів кисневої фурми під час продувки:

1 – конвертер; 2 – киснева фурма; 3 – газохід; 4 – дозатор для сипких матеріалів; 5 – датчик початкової температури; 6 – диференційна термобатарей; 7 – тензометричний датчик; 8 – вимірювач температури води; 9 – датчик контролю сипких матеріалів; 10 – вимірювач тиску; 11 – вимірювач витрат кисню; 12 – однообертний енкодер фірми Siemens.

Усі сигнали поступають до керуючого обчислювального комплексу (УВК), де у моменти теплового збурення фіксується час запізнення зміни температури води, що охолоджує фурму. У ці моменти обчислюється величина настилу і коректується безперервно обчислювана за рівнянням (3) величина настилу. За скоректованою величиною настилу за необхідності змінюється дуттьовий режим продувки конвертера.

## **Висновки**

Дослідженні відомі способи контролю настилеутворення на кисневій фурмі, що засновані на зважуванні фурми до і після плавки, недоліком є те, що змінити дуттьовий режим можна лише на наступній плавці. Спосіб, заснований на безперервному вимірюванні на протязі продувки таких параметрів як тиск і інтенсивність подачі кисню, положення фурми, сили реакції опор має такі недоліки - припущення, що покладенні в основу способу, такі як рівність тиску газів в конвертері і на вихідному перерізі сопла, компенсація втрат на тертя і завихрення струменя тиску ефектом неповного розширення газу, а також зміна вихідного перерізу сопла у процесі експлуатації призводить до випадкових похибок.

Запропонований спосіб, що полягає у додатковому вимірі тривалості часу від моменту виникнення теплового збурення в конверторі до моменту фіксації цього збурення на температурній характеристиці води, яка охолоджує фурму, дозволяє збільшити точність контролю настилеутворення і звести до мінімуму операції по ручному видаленню настилів.

## **Література:**

1. Мокринский А.В., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г. Гидродинамические режимы взаимодействия кислородных струй с конвертерной ванной // Изв. вуз. Черная металлургия, 2005. – №4. – С.11 – 17.
2. Богушевский В.С., Рюмшин Н.А., Сорокин Н.А. Основы математического описания технологических процессов конвертерного производства стали. – К.: НПО «Киевский институт автоматики», 1992. – 168 с.
3. Математические модели и системы управления конвертерной плавкой / В.С. Богушевский, Л.Ф. Литвинов, Н.А. Рюмшин и др.-К.: НПК «Киевский институт автоматики», 1998.- с.207-210.

## Контроль настыеобразования на кислородной фурме.

Сухенко В.Ю.

Рассмотрены известные способы контроля настыеобразования на кислородной фурме. Исследованы недостатки данных способов контроля. Установлено, что наиболее рациональным способом, является способ определения заметалливания фурмы по тепловому потоку на водоохлаждаемые элементы.

The control of formation of contaminations on oxygen furme.

Suhenko V.

The known methods of control of formation of contaminations are considered on oxygen furme. The lacks of these methods of control are investigational. It is set that by the most rational method, there is a method of determination of contamination of furmy on a thermal stream on elements cooled by water.