

TECHNICZNE NAUKI

METALURGIA

Богушевський В.С., Сергесва К.О.

НТУУ «Київський політехнічний інститут»

КЕРУВАННЯ ПЕРЕРОБКОЮ В КОНВЕРТЕРІ РІДКОЇ СТАЛІ

Наведена модель керування плавкою (розрахунок металеві частини рідкої сталі.

Приведена модель управління плавкой (расчет металлической части шихты, массы извести и продолжительности продувки) при переработке в конвертере жидкой стали.

The model of melting operating (calculation of the metal part of the charge, the mass of lime and the duration of flushing) during processing in the converter of liquid steel is cited.

Вступ.

Киснево-конвертерна ванна як багатозв'язаний об'єкт є трифазна, багатокомпонентна термодинамічна система, в якій на фоні турбулентного переносу проходять взаємозв'язані тепломасообміни, гідродинамічні, хімічні й інші необоротні явища. Відомо багато статичних і динамічних моделей керування конвертерною плавкою [1 – 6]. Ці моделі розраховані на стандартну технологію завантаження металеві частини шихти: твердий брухт – рідкий чавун. Але в процесі виробництва виникають ситуації, при яких випущена з конвертера плавка не відповідає ДСТУ (по хімічному складу металу або його температурі) й повинна бути перероблена. Розливання такої плавки з наступним використанням готового продукту як металеві брухту навряд чи є доцільним. Таку плавку переробляють в конвертері в рідкому стані. На цей час моделі для керування такою переробкою недостатньо опрацьовані.

Наведені в статті дослідження проводились в Національному технічному університеті України «КПІ» по темі «Математичні моделі й алгоритми системи управління кисневим конвертером» державний реєстраційний номер 0110U002880.

Постановка задачі

Метою досліджень є створення моделі керування конвертерною плавкою в умовах переробки рідкої сталі на основі теоретичного обґрунтування процесів

окиснення домішок металу і аналізів процесів тепловиділення, що проходять при цьому.

Методика проведення експериментів

Переробку шлавок, що не попали в задані межі по температурі (є «холодними»), проводили передувом повних плавок, а таких, що не попали по сірці – поділенням плавки на дві або більше частин в залежності від вмісту сірки. Передув повних плавок, що не попали в задані межі по температурі, проводили із заливкою чавуна в залежності від масової частки вуглецю в сталі, що переробляється: при масовій частці вуглецю менше за 0,20 % маса чавуна становила 30 тонн, при масовій частці в межах 0,20...0,35 % маса чавуна відповідно становила 20...10 т, при вмісті вуглецю вище за 0,35 % чавун при переробці плавки не вводився.

Результати досліджень

Розрахунок металеві частини шихти.

Масова витрата чавуна й брухту для шихтовки плавки до стандартної маси визначається по балансу за силіцієвим тепловим еквівалентом Q_{Si_c} і Q_{Si_b} , що обчислюється за формулами:

$$Q_{Si_c} = Si_{pc} + 0,7C_{pc} + 1,3P_{pc} + 0,3Mn_{pc} + 1,8Al_{pc} + 1,1Ti_{pc} + 0,6Cr_{pc} + 0,8V_{pc} + 0,5Nb_{pc} - 0,04\Delta T_c; \quad (1)$$

$$Q_{Si_b} = Si_{cb} + 0,7C_{cb} + 1,3P_{cb} + 0,3Mn_{cb} - 0,04\Delta T_b; \quad (2)$$

де 0,7; 1,3; 0,3; 1,8; 1,1; 0,6; 0,8; 0,5; 0,004 – умовно-сталі коефіцієнти силіцієвого теплового еквіваленту, які дорівнюють відношенню тепла, що засвоюється ванною від окиснення 1 кг кожного елемента в повернутій сталі, до тепла від окиснення 1 кг силіцію (тут і далі чисельні значення коефіцієнтів наведені для конвертерів садкою 350 тонн);

0,004 – умовно-сталий коефіцієнт силіцієвого теплового еквіваленту для нагрівання чавуна або сталі на 100 °С,

ΔT_c , ΔT_b – відповідно температура нагріву чавуна й рідкої сталі до заданого кінцевого значення, °С. Тут ΔT_i визначається за формулою:

$$\Delta T_i = t_3 - t_4, \quad (3)$$

де

t_3 – задана температура металу після закінчення продувки, °С;

t_4 – температура чавуна t_c (сталі t_b) перед їх заливкою в конвертер, °С.

Розрахунок ведеться в такій послідовності.

Вимірюють масову частку C, Mn, Si, P, Al, Ti, V, Cr, Nb в рідкій сталі. При відсутності результатів хімічного аналізу масову долю елементів визначають, як середні значення для виплавленої марки сталі.

Температуру сталі вимірюють перед заливкою в конвертер термопарою або обчислюють за формулою

$$t_c = t_k - t_b, \quad (4)$$

де

t_k – температура сталі у ковпі після розкиснення й обробки металу аргонном, $^{\circ}\text{C}$;

t_b – зниження температури внаслідок теплових втрат, $^{\circ}\text{C}$, що визначається за формулою

$$t_b = v_t \cdot \tau_b, \quad (5)$$

Тут τ_b – тривалість витримки металу в сталерозливальному ковпі від останнього виміру температури до заливки в конвертер, хв.; v_t – швидкість охолодження сталі у ковпі визначається, як функція маси чавуна, $^{\circ}\text{C}/\text{хв}$.

$$v_t = \begin{cases} 0,6, & \text{якщо } m_c < 50 \text{ т;} \\ - 0,002m_c & + 0,7, \text{ якщо } 50 \leq m_c < 150; \\ 0,001m_c + 0,55, & \text{якщо } 150 \leq m_c < 350 \end{cases} \quad (6)$$

Масу рідкої сталі визначають за формулою:

$$m_c = m_{c,п} - m_{c,р}, \quad (7)$$

де

$m_{c,п}$ – середня маса рідкої сталі повної плавки, т;

$m_{c,р}$ – маса розливої сталі, т.

Середню масу рідкої сталі повної плавки визначають за формулою:

$$m_{c,п} = 0,9 (m_{ч} + m_{б} + m_{фс}), \quad (8)$$

де

$m_{фс}$ – масова витрата феросплавів на повернену плавку, т.

Визначають питому витрату брухту $m_{б,п}$, кг/т рідкої сталі, для охолодження рідкої сталі в залежності від її теплового потенціалу

$$m_{б,п} = 125 Q_{\text{Siс}}, \quad (9)$$

де 125 – умовно-сталій коефіцієнт.

Визначають масову витрату брухту для охолодження рідкої сталі $m_{бр}$, т, в залежності від її витрати

$$m_{бр} = m_{с.р} \cdot m_{б.п.} \quad (10)$$

Визначають масу металеві шихти в завалку для охолодження металу

$$m_{ч} + m_{бз} = m_{сд} - (m_{ср} + m_{бр}), \quad (11)$$

де

$m_{бз}$ – маса брухту в завалку для охолодження металу, т

$m_{сд}$ – середня маса метало садки, т.

Визначають питому витрату чавуна $m_{ч.п.}$, кг/т металеві шихти

$$m_{ч.п.} = 80 Q_{Siч} - 18, \quad (12)$$

де 80; 18 – умовно-сталі коефіцієнти.

Визначають масу чавуна в завалку

$$m_{ч} = m_{ч.п.} \cdot (m_{ч} + m_{бз}). \quad (13)$$

Визначають загальну масу брухту в металошихті

$$m_{б} = m_{бз} + m_{бр}. \quad (14)$$

Розрахунок витрати вапна

Визначають питому витрату вапна в залежності від масові частки силіцію в чавуні й сталі.

$$m_{вч.п.} = 66,7 Si_{ч}; \quad (15)$$

$$m_{вс.п.} = 66,7 Si_{с}; \quad (16)$$

де

66,7 – умовно-сталий коефіцієнт;

$m_{вч.п.}$, $m_{вс.п.}$ – відповідно питома маса вапна для шлакоутворення в залежності від маси чавуна й сталі, кг/т;

$Si_{ч}$, $Si_{с}$ – відповідно масова частка силіцію в чавуні й повернутій сталі, %.

Визначають загальну масу вапна

$$m_{в} = m_{вч.п.} \cdot m_{ч} + m_{вс.п.} \cdot m_{с}. \quad (17)$$

Завантаження шихти проводять в такій послідовності: металобрухт, чавун, рідка сталь. Вапно вводять на початку плавки, якщо його витрата на шлавку не перевищує 3 т. У інших випадках відповідно моделі [7].

Розрахунок тривалості продувки

Тривалість продувки $\tau_{п}^p$, хв., залежить від маси чавуна й визначається за формулою

$$\tau_{\text{п}}^{\text{P}} = \begin{cases} 0,04m_{\text{ч}} + 5, & \text{якщо } 0 \leq m_{\text{ч}} < 50; \\ 0,06m_{\text{ч}} + 4, & \text{якщо } 50 \leq m_{\text{ч}} < 100; \\ 0,04m_{\text{ч}} + 6, & \text{якщо } 100 \leq m_{\text{ч}} < 300 \end{cases} \quad (18)$$

Висновки.

1. Розрахунок маси брухту при передуві неповних плавок проводять окремо за фізичним і хімічним теплом, що вноситься чавуном, і цими ж складовими, що вносяться рідкою сталлю.

2. Маса вапна залежить від вмісту силіцію у чавуні й сталі та їх маси. Визначають, як суму витрат вапна по окремим складовим шихти.

3. Основною складовою визначення тривалості продувки є маса рідкого чавуна, що подається в конвертер.

Література:

1. Чернега, Д. Ф. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.; За ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – К.: Вища школа, 2006. – 503.

2. Бигеев А.М. Металлургия стали, Теория и технология плавки стали. – Челябинск: Metallurgia, 1988. – 480 с.

3. Богушевский В.С. Математическая модель АСУ конвертерной плавкой / В.С.Богушевский, Ю.В.Оробцев, Н.А.Рюмшин, Н.А.Сорокин. – К.: НПК „Киевский институт автоматики», 1996. – 212 с.

4. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С.: Підручник / Конвертерне виробництво сталі (теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія). – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004. – 454 с.

5. Богушевский В.С. Основы математического описания технологических процессов конвертерного производства стали / В. С. Богушевский, Н.А.Рюмшин, Н.А. Сорокин – К.: НПО «Киевский институт автоматики», 1992. – 168 с.

6. Богушевський В.С. Модель переноса массы и теплоты в квазигомогенном приближении / В.С. Богушевський, К.О. Сергеева, С.В. Жук // MANTRIFLY VI MIĘDZYNARODOWEJ NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI «NAUKOWA PRZESTRZEC EUROPY-2010», Przemysl 7 – 12 грудня 2010. – С. 27 – 32.

7. Богушевский В. С. Реализация модели управления конвертерной плавкой в системе принятия решений / В. С. Богушевский, В.Ю. Сухенко, Е.А. Сергеева, С. В. Жук // Автоматика, Автоматизация, Електричні комплекси та системи. – 2010. – № 1 (25). – С. 101 – 105.



**MATERIAŁY
VII MIĘDZYNARODOWEJ
NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ
KONFERENCJI**

**«WSCHODNIE PARTNERSTWO –
2011»**

07 -15 września 2011 roku

**Volume 6
Techniczne nauki
Nowoczesne informacyjne
technologie
Matematyka
Budownictwo i architektura
Fizyczna kultura i sport**

Przemyśl
Nauka i studia
2011