

УДК 681.51.007.57:669.184

КЕРУВАННЯ ПЕРЕРОБКОЮ В КОНВЕРТЕРІ РІДКОЇ СТАЛІ

Богушевський В.С., Сергеева К.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Наведена модель керування плавкою (розрахунок металеві частини рідкої сталі).

Приведена модель управления 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 брукт – 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 металевого брукту 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 плавок, 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 металевої частини шихти.

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

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

$$Q_{Si_{ч}} = Si_{ч} + 0,7C_{ч} + 1,3P_{ч} + 0,3Mn_{ч} - 0,04\Delta T_{ч}, \quad (2)$$

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; 0,004 – умовно-сталий коефіцієнт силіцієвого теплового еквіваленту для нагрівання чавуна або сталі на 100 °С; ΔT_c , $\Delta T_{ч}$ – відповідно температура нагріву чавуна й рідкої сталі до заданого кінцевого значення, °С.

Тут ΔT_i визначається за формулою:

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

де t_3 – задана температура металу після закінчення продувки, °С; t_i – температура чавуна $t_{ч}$ (сталі t_c) перед їх заливкою в конвертер, °С.

Розрахунок ведеться в такій послідовності.

Вимірюють масову частку С, Мn, Si, P, Al, Ti, V, Cr, Nb в рідкій сталі. При відсутності результатів хімічного аналізу масову долю елементів визначають, як середнє 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 ковші після розкиснення й обробки металу аргоном, $^{\circ}\text{C}$; 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 ковші від останнього виміру температури до заливки в конвертер, хв.; v_t – швидкість охолодження сталі у ковші визначається, як функція маси чавуна, $^{\circ}\text{C}/\text{хв}$.

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

Масу рідкої сталі визначають за формулою:

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

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

Середню масу рідкої сталі повної плавки визначають за формулою:

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

де $m_{\text{фс}}$ – масова витрата феросплавів на повернення плавки, т.

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

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

де 125 – умовно-сталій коефіцієнт.

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

$$m_{\text{бр}} = m_{c.p} \cdot m_{\text{б.п}}. \quad (10)$$

Визначають масу металеві шихти в завалку для охолодження металу

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

де $m_{\text{бз}}$ – маса брухту в завалку для охолодження металу, т; $m_{\text{сд}}$ – середня маса металу садки, т.

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

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

де 80; 18 – умовно-сталі коефіцієнти.

Визначають масу чавуна в завалку

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

Визначають загальну масу брухту в металошихті

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

Розрахунок витрати вапна

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

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

$$m_{\text{вс.п}} = 66,7\text{Si}_{\text{с}}, \quad (16)$$

де 66,7 – умовно-сталий коефіцієнт; $m_{\text{вч.п}}$, $m_{\text{вс.п}}$ – відповідно питома маса вапна для шлакоутворення в залежності від маси чавуна й сталі, кг/т; $\text{Si}_{\text{ч}}$, $\text{Si}_{\text{с}}$ – відповідно масова частка силіцію в чавуні й повернутій сталі, %.

Визначають загальну масу вапна

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

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

Розрахунок тривалості продувки

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

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

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. 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 / А.М. Бигеев – 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. Конвертерне виробництво сталі (теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія): Підручник / [Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С.]– Дніпропетровськ: РВА „Дніпро-ВАЛ”, 2004. – 454 с.
5. 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 маси і теплоти в квазігомогенном приближении / В.С. Богушевський, К.О. Сергеева, С.В. Жук // MANTRIFLY VI MIEDZYNARODO- WEJ NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI “NAUKOWA PRZESTRZEC EUROPY-2010”, Przemysl ,7 – 12 ,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. Электричні комплекси та системи. – 2010. - № 1 . – С. 101 – 105.