

©Калін М.А., Піняєв Ю.В.

РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ Й МАРГАНЦЮ В ЕЛЕКТРОДНИХ ПОКРИТТЯХ ІЛЬМЕНІТОВОГО ВИДУ

1. Постановка проблеми

Використання вуглецю в якості розкислювача у зварювальних електродах становить практичний інтерес у зв'язку з його не дефіцитністю. При вивченні можливості використання зв'язаного вуглецю, у вигляді сплаву Fe-C, як розкислювача для електродних покриттів ільменітового виду необхідно враховувати й дію феромарганцю, що міститься в покритті.

2. Постановка завдання досліджень

У дослідних електродах вміст феромарганцю змінювали в межах 15...20 %, а ільменітового концентрату – 30...60 %, при масовій частці чавунного порошку 5, 10 і 15 %.

Для порівняння розкислювальної здатності вуглецю й марганцю в кожному конкретному випадку необхідно розраховувати їхній рівноважний вміст у наплавленому металі, що визначається однаковою залишковою масовою часткою кисню в рідкому залізі, розкисленому цими елементами в момент кристалізації:

$$[\%O]_p^c = [\%O]_p^{Mn} \quad (1)$$

Залишковий вміст марганцю в металі розраховують за рівнянням, наведеним в роботі [1]:

$$[\%Mn] = \frac{(\%MnO)}{K_{Mn}(\%FeO)}, \quad (2)$$

де $(\%MnO)$ і $(\%FeO)$ – масові частки оксидів марганцю й заліза в шлаку, %;

$$K_{Mn} - \text{константа рівноваги реакції, що розраховується за рівнянням } \lg K_{Mn} = \frac{6440}{\dot{O}} - 2,95.$$

Рівноважна концентрація кисню в металі, розкисленому марганцем, визначається за формулою, наведеною в роботі [2]:

$$[\% O]_p^{Mn} = \frac{K'_{Mn}}{[\% Mn] \varphi_o^{Mn}}, \quad (3)$$

де K'_{Mn} – константа рівноваги реакції розкислення, що обчислюється за формулою $\lg K'_{Mn} = -\frac{15065}{\dot{O}} + 6,25$;

φ_o^{Mn} – коефіцієнт активності кисню, розрахований за формулою

$$\lg \varphi_o^{Mn} = e_o^{Mn} [\% Mn].$$

Вуглець, що міститься в краплях електродного металу й перейшов у них із чавунного порошку, окисляється киснем, розчиненим у рідкому залізі або перебуває в ньому у вигляді оксидів, а також при взаємодії металу зі шлаками й кисневмісними газами атмосфери дуги на границі розподілу метал-шлак й метал-газ.

3. Результати досліджень

Для розрахунків рівноважного вмісту кисню в металі, розкисленому вуглецем, у межах вмісту $[C] = 0,02 \dots 2\%$ і парціальному тиску CO у газовій фазі рівному атмосферному, використовують вираз, наведений в роботі [1]:

$$[\% O]_p^c = \frac{1}{K_c [\% C]}, \quad (4)$$

де K_c – константа рівноваги реакції окислення вуглецю, що обчислюється за формулою $\lg K_c = \frac{1160}{\dot{O}} + 2,01$.

Підставивши рівняння (3) і (4) в (1) одержимо

$$\frac{1}{K_c [\% C]} = \frac{K'_{Mn}}{[\% Mn] \varphi_o^{Mn}}, \quad (5)$$

звідки рівноважний вміст вуглецю становить

$$[\%C]_p = \frac{[\%Mn]\varphi_o^{Mn}}{K_c K'_{Mn}}. \quad (6)$$

Замінивши $[\%Mn]$ у рівнянні (6) рівнянням (2) одержимо рівноважний вміст вуглецю в наплавленому металі, що залежить від кількості оксидів марганцю й заліза в шлаку:

$$[\%C]_p = \frac{(\%MnO)\varphi_o^{Mn}}{(\%FeO)K_{Mn}K_cK'_{Mn}}. \quad (7)$$

Розрахунок параметрів φ_o^{Mn} , K_{Mn} , K'_{Mn} , K_c у момент кристалізації при температурі 1810 К дає: $\varphi_o^{Mn} = 0,97$; $K_{Mn} = 4,055$; $K'_{Mn} = 0,00845$; $K_c = 519$.

Підставивши значення зазначених параметрів у формулу (7), рівняння для розрахунку рівноважного вмісту вуглецю в наплавленому металі від відношення оксидів марганцю й заліза в шлаку прийме вид

$$[\%C]_p = 0,0545 \frac{(\%MnO)}{(\%FeO)}. \quad (8)$$

У практичних розрахунках складу електродних покриттів зручніше використати компоненти, застосовувані в електродному виробництві. У результаті перерахування оксидів марганцю й заліза в FeMn, що містить 80 % Mn і ільменіт, що містить 40 % Fe одержимо формулу для розрахунку $[\%C]_p$ залежно від вмісту FeMn і ільменіту в покритті електродів з урахуванням коефіцієнта маси покриття K_{Mn}

$$[\%C]_p = 0,137 \frac{(\%FeMn)}{K_{Mn}(\%Ильм)}. \quad (9)$$

Тут FeMn узятий у масових частках 15, 18 і 20 %, як найбільше часто застосовуваних в електродах ільменітового виду.

З огляду на те, що вміст вуглецю в наплавленому металі ільменітових електродів не повинен перевищувати 0,12 %, для розрахунку максимальної кількості чавунного порошку в складі покриття відповідно до роботи [3] одержимо

$$(\% \text{НП})_{\max} = \frac{0,12 - 0,137 \frac{(\% \text{FeMn})}{(\% \text{ЛьМ})}}{K_{\text{пер}}^c \cdot K_{\text{м.н.}} \frac{[C]_{\text{ч.н.}}}{100}}, \quad (10)$$

де $K_{\text{пер}}^c$ – коефіцієнт переходу вуглецю, прийнятий для ільменітових електродів рівним 0,37 [4];

$[C]_{\text{ч.н.}}$ – вміст вуглецю в чавунному порошку, %.

Підставивши у формулу (10) конкретні значення $K_{\text{пер}}^c = 0,37$; $K_{\text{м.н.}} = 0,47$; і $[C]_{\text{ч.н.}} = 3,5$ % для досліджуваних варіантів електродів, знаходимо розрахункову залежність

$$(\% \text{Ч.П.})_{\max} = \frac{0,12 - 0,137 \frac{(\% \text{FeMn})}{(\% \text{Л.})}}{0,006}. \quad (11)$$

Практичний інтерес представляють аналогічні розрахунки залежно від вмісту марганцю в наплавленому металі при заданій його концентрації.

Вміст FeMn у покритті електродів такий:

$$(\% \text{FeMn}) = \frac{[Mn]}{K_{\text{пер}}^{\text{Mn}} K_{\text{м.н.}} [Mn]_{\text{FeMn}}} \cdot 100, \quad (12)$$

де $K_{\text{пер}}^{\text{Mn}}$ – коефіцієнт переходу марганцю;

$[Mn]_{\text{FeMn}}$ – масова частка марганцю в FeMn.

Вміст $[\%C]_p$ розраховуємо за допомогою виразів (9), (10)

$$[\%C]_p = \frac{13,7[Mn]}{K_{\text{пер}}^{\text{Mn}} K_{\text{м.н.}} [Mn]_{\text{FeMn}} [\% \text{ЛьМ}]}. \quad (13)$$

На підставі численних експериментів нами встановлено, що $K_{\text{пер}}^{\text{Mn}}$ в електродах ільменітового виду становить у середньому 0,07.

Відповідно до рівняння (13), використовуючи конкретні значення $K_{\text{пер}}^{\text{Mn}}$, $K_{\text{м.н.}}$, $[Mn]_{\text{FeMn}}$ одержуємо розрахункову формулу для визначення $[\%C]_p$ електродів дослідної партії

$$[\% C]_p = \frac{5,2[Mn]}{(\% \text{ІльМ})}. \quad (14)$$

Розрахунок уведення максимально можливих часток чавунного порошку до складу електродного покриття при заданому вмісті $[Mn]$ і дотриманні умови $[\% C] < 0,12 \%$ проводиться по виразу (11) з використанням формули (13)

$$(\% \text{Ч.П})_{\max} = \frac{0,12 - \frac{13,7[Mn]}{K_{\text{пер}}^{Mn} K_{\text{м.п}} (\% \text{ІльМ})}}{K_{\text{пер}}^c K_{\text{м.п}} \frac{[C]_{\text{Ч.П}}}{100}}. \quad (15)$$

З урахуванням всіх параметрів для дослідних електродів

$$(\% \text{Ч.П})_{\max} = \frac{0,12 - \frac{5,2[Mn]}{(\% \text{ІльМ})}}{0,006}. \quad (16)$$

Таким чином, завдяки розрахунковому методу можна встановити оптимальний вміст чавунного порошку в покритті залежно від його окисної здатності, обумовленої вмістом ільменіту при різному уведенні FeMn або заданому вмісті $[Mn]$. Отримана також можливість обчислення рівноважного вмісту $[C]$ залежно від вмісту ільменіту FeMn у покритті, а також $[Mn]$ у наплавленому металі.

Висновки

Розроблено методику розрахунку рівноважного вмісту $[C]$ і $[Mn]$, що дозволяє визначити максимально припустиму кількість вуглецю у вигляді чавунного порошку в електродних покриттях при різних масових частках ільменіту, FeMn і $[Mn]$.

Список використаних джерел:

1. Меджибожский М. Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов / М. Я. Меджибожский. – К.: Донецк : Вища школа, 1986. – 280 с.
2. Казачков Е. А. Расчеты по теории металлургических процессов / Е. А. Казачков. – М.: Металлургия, 1988. – 288 с.

3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 767 с.

4. Ерохин А. А. Основы сварки плавлением / А. А. Ерохин. – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.

Калин М.А., Пиняев Ю.В. «Розрахунок оптимального вмісту вуглецю й марганцю в електродних покриттях ильменітового виду».

Отримана можливість встановити оптимальний вміст чавунного порошку в покритті електродів залежно від його окисної здатності. Отримана також можливість обчислення рівноважного вмісту [C] залежно від вмісту ильменіту і FeMn у покритті, а також [Mn] у наплавленому металі.

Ключові слова: вуглець, чавунний порошок, електрод, ильменіт.

Калин Н.А., Пиняев Ю.В. «Расчет оптимального содержания углерода и марганца в электродных покрытиях ильменитового вида».

Получена возможность установить оптимальное содержание чугунного порошка в покрытии электродов в зависимости от его окислительной способности. Получена также возможность вычисления равновесного содержания [C] в зависимости от содержаемого ильменита и FeMn в покрытии, а также [Mn] в наплавленном металле.

Ключевые слова: углерод, чугунный порошок, электрод, ильменит.

Kalin N.A., Pinyayev Y.B. «Calculation of optimal maintenance of carbon and manganese in electrode coverages of ilmenit kind».

Possibility to set optimal maintenance of cast-iron powder in coverage of electrodes depending on its oxidizing ability is got. Possibility of calculation of equal maintenance [C] depending on contained ilmenit and FeMn in coverage, and also [Mn] in a built up metal.

Key words: carbon, cast-iron powder, electrode, ilmenit.

Стаття надійшла до редакції 6 березня 2012 р.