

(94) スクラップの融解を考慮した場合のLD転炉の操業条件変更の効果

名古屋大学工学部大学院 浅井 滋生

名古屋大学工学部 工博 鞭 巖

1. 緒言 LD転炉の吹錬の際、炉内に入りスクラップが存在する場合には、吹錬途中に装入された副原料によって生じた溶鋼の炭素濃度や温度の変動が、スクラップの融解に伴って減殺される効果(補償効果)がある¹⁾。本研究では、スクラップ融解のモデル¹⁾を操業条件変更の効果を求めるためのLD転炉の数学的モデル²⁾に組み込み、スクラップ比が比較的高い操業にも適用できるようにモデルを拡張し、仮想的なLD転炉操業に基づいて操業条件変更の効果を検討した。

2. 解析と結果 スクラップの融解過程を集中定数系として取扱うことにより、炉内プロセス変数に関する9個の基礎式が導かれる。

$$\begin{aligned} d(W_m C_{bb})/d\theta &= -\sigma_1 S - (C_s dW_s/d\theta) \cdot \mathcal{U}(-dW_s/d\theta) - (C_{bb} dW_s/d\theta) \cdot \mathcal{U}(dW_s/d\theta) \dots (1), d(W_m C_{cb})/ \\ d\theta &= -(1/2) \cdot \sigma_2 \cdot S \dots (2), dW_{(sia)}/d\theta = (M_{sia}/2) \cdot \sigma_2 \cdot S \dots (3), dW_{(w)}/d\theta = \sigma_3 \cdot M_w \cdot S \dots (4), d\{(C_{pal} \\ W_{sl} + C_{pm} W_m) T_m\}/d\theta &= \delta_L - \alpha_1 (T_m - T') - (C_{pa} T_s dW_s/d\theta) \cdot \mathcal{U}(-dW_s/d\theta) - (C_{pm} T_m dW_s/d\theta) \cdot \mathcal{U}(dW_s/d\theta) \dots (5), \\ d(C_{pa} W_s T_s)/d\theta &= \alpha_2 (T' - T_s) + (C_{pa} T_s dW_s/d\theta) \cdot \mathcal{U}(-dW_s/d\theta) + (C_{pm} T_m dW_s/d\theta) \cdot \mathcal{U}(dW_s/d\theta) \dots (6), dW_m/d\theta = - \\ dW_s/d\theta - (M_{Fe}/M_w) \cdot dW_{(w)}/d\theta - (M_{Si}/M_{sia}) \cdot dW_{(sia)}/d\theta + M_c \cdot \{d(W_m C_{bb})/d\theta\} + (2M_{Fe}/M_{Fe}) \cdot i W_{ore} \cdot \delta(\\ \theta - i\theta_{ore}) &\dots (7), dW_s/d\theta = \{\alpha_1 (T_m - T') - \alpha_2 (T' - T_s)\} / (-\Delta H_{Fe}) \dots (8), dW_{sl}/d\theta = dW_{(sia)} + dW_{(w)} \\ + dW_{(l)} &\dots (9) \end{aligned}$$

ただし、 T' はスクラップ表面温度で次のように表わされる¹⁾。 $T' = (a + b C_{bb}) \cdot \mathcal{U}(dW_s/d\theta) + [\beta(a + b C_{bb}) + \{\alpha_1 b / (-\Delta H_{Fe})\} \cdot \{(\alpha_2 / \alpha_1) \cdot T_s + T_m\} \cdot (C_{bb} - C_s)] / [\beta + \{\alpha_1 b / (-\Delta H_{Fe})\} \cdot (1 + \alpha_2 / \alpha_1)(C_{bb} - C_s)] \cdot \mathcal{U}(-dW_s/d\theta) \dots (10)$ ここで、 a, b は鉄-炭素系状態図の液相線を $T = a + bC$ と直線近似した場合の定数、 $\alpha_1, \alpha_2, \beta$ は $\alpha_1 \equiv h_{sm} A \dots (11), \alpha_2 \equiv h_{sa} A \dots (12), \beta \equiv h A \dots (13)$ で定義される。 A はスクラップを n 個の等球とみなすと、 $A = (4\pi n)^{1/3} \cdot (3W_s/\rho_m)^{2/3}$ となる。また、 h_{sm} は吹錬中一定とし、 h_{sa} は吹錬時間 θ の関数として $h_{sa} = (K/\pi\theta)^{1/2}$ で表わす。また副原料による供給酸素を加味した全酸素供給モル流量は $\dot{s} = N_A \int_0^{x_e} A(x) dx + 3(i W_{ore}/M_{Fe}) \cdot \delta(\theta - i\theta_{ore}) \dots (14)$ 、全発熱速度は $\delta_L = \{\sigma_1 Q_{co} + (\sigma_2/2) Q_{sia} + \sigma_3 Q_w\} \cdot S + Q_{sl} \cdot (i W_{ore}/M_{Fe}) \cdot \delta(\theta - i\theta_{ore}) + Q_l dW_{(l)}/d\theta \dots (15)$ で表わされる。なお、 $\mathcal{U}(x)$ は $\mathcal{U}(x \geq 0) = 1, \mathcal{U}(x < 0) = 0$ なる関数、 $\delta(x)$ はデルタ関数である。

以上の基礎式を連立して解くことにより、プロセス変数の挙動がわかる。図1に、プロセス変数の推移の計算結果の一例を示す。

(記号) h_{sm}, h_{sa} : スクラップ界面での溶鋼側およびスクラップ側の伝熱係数, h : 溶鋼中の炭素の物質移動係数, M : 分子量, 原子量, N_A : 凹み面での酸素ガス吸収速度, Q : 反応熱, $i W_j, i\theta_j$: j 番目の物質投入質量と時刻, x_e : 有効凹み半径(添字) B: 炭素, C: ケイ素, h_e : ヘマタイト, l : 生灰石, m : 溶鋼, ore : 鉄鉱石, s : スクラップ, sia : シリカ, sl : スラグ, w : ウスタイト, $()$: スラグ中を表わす。

(文献) 1) 浅井, 鞭: 鉄と鋼, 投稿中, 2) 浅井, 鞭: 鉄と鋼, 55(1969) 12 (掲載予定)

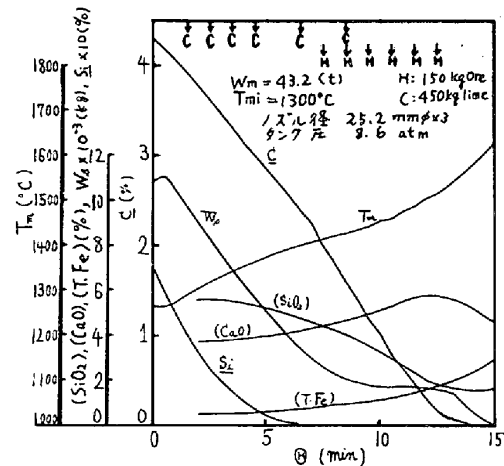


図1. プロセス変数の推移