

(68) 電気炉溶製における酸化期の数学的モデル

名古屋大学工学部 小林 勲・日本楽器(株) 太田 喜与資
 名古屋大学工学部 靱 巖

1. 緒言 高C鋼の電気炉溶製における酸化期を対象にして、炉壁より発生するCO気泡による脱炭反応、ランスより吹き込んだ酸素気泡による脱炭および脱Si反応、スラグ・メタル間での脱Si、脱Cr、FeOの分解反応を考慮した数学的モデルを展開して、C、Si、Crの各濃度および溶鋼温度の経時変化をデジタル電算機を使用して計算し、実測結果¹⁾と比較検討し、さらに操作条件の変更の影響を調べる。

2. 解析 (a) 炉壁より発生するCO気泡、および吹き込み酸素気泡による脱炭反応： $C + O = CO$ ---- (1)
 吹き込み酸素気泡による脱炭反応では(1)式のほか $(1/2)O_2 \rightarrow O$ ---- (2), $(FeO) = Fe + O$ ---- (3) を考慮する。

(仮定) (i) 気泡界面ではC、O間の平衡関係が成立し、両成分の活量係数は1とする。(ii) 気泡は球形を保って上昇する。(iii) 溶鋼側での物質移動が律速とする。代表気泡径、気泡内CO分圧の代表値を採用すると、

$$d(W_m C_i)/d\theta = \alpha P_m (C_i' - C_i) + \beta_1 P_m (C_i'' - C_i) Q_g \text{ ---- (4)}$$

$$\alpha \equiv A_w \{ 2\sqrt{2} [2 D^3 / g (d_f^*)^3]^{1/4} (d_i^*)^2 L N_f \}, \beta_1 \equiv (12/\pi) [2 D^3 / g (d_b^*)^3]^{1/4} (d_b^*)^2 (l/d_b)$$

(b) 吹き込み酸素気泡界面およびスラグ・メタル間での脱Si反応： $Si + 2(FeO) = (SiO_2) + 2Fe$ ---- (5)

(仮定) (i) 送酸開始前に投入石灰は完全に溶化している。(ii) 送酸中には石灰石、鉄鉱石を投入しない。

(iii) 各反応は可逆、逐次定常、物質移動律速とする。

$$d(W_m C_3)/d\theta = k_m A_m P_m (C_3' - C_3) + \beta_3 P_m (C_3'' - C_3) Q_g \text{ ---- (6)}, \beta_3 = \beta_1 \sqrt{D_3/D_1}$$

$$d(W_m C_5)/d\theta = k_s A_m P_s (C_5' - C_5) - \beta_3 P_m (C_3'' - C_3) Q_g \text{ ---- (7)}$$

(c) スラグ・メタル間での脱Cr反応： $2Cr + 3(FeO) = (Cr_2O_3) + 3Fe$ ---- (8)

$$d(W_m C_4)/d\theta = k_m A_m P_m (C_4' - C_4) \text{ ---- (9)}, d(W_m C_6)/d\theta = k_s A_m P_s (C_6' - C_6) \text{ ---- (10)}$$

(d) スラグ・メタル間での(FeO)の分解反応： $(FeO) = Fe + O$ ---- (11), $d(W_m C_7)/d\theta = k_s A_m P_s (C_7' - C_7) \text{ ---- (12)}$

(e) O収支： $d(W_m C_2)/d\theta = 2(Q_g/22.4) + d(W_m C_1)/d\theta + 2d(W_m C_3)/d\theta + (3/2)d(W_m C_4)/d\theta - d(W_m C_7)/d\theta \text{ ---- (13)}$

(f) メタル・スラグの質量変化：

$$dW_m/d\theta = \sum_{i=1}^5 M_i d(W_m C_i)/d\theta - M_7 d(W_m C_7)/d\theta \text{ ---- (14)}, dW_s/d\theta = \sum_{j=6}^7 M_j d(W_m C_j)/d\theta \text{ ---- (15)}$$

(g) 熱収支： $(W_m C_m + W_m C_s) dt/d\theta = P + (-\Delta H_1) \{ -d(W_m C_1)/d\theta \} + (-\Delta H_2) \{ d(W_m C_2)/d\theta \} + (-\Delta H_3) \{ -d(W_m C_3)/d\theta \} + (-\Delta H_4) \{ -d(W_m C_4)/d\theta \} + (-\Delta H_7) \{ d(W_m C_7)/d\theta \} - Q_L \text{ ---- (16)}$

3. 結果 (4), (6), (7), (9), (10), (12)~(16)式の10元連立微分方程式をR・K・G法によって数値計算した結果の一例を図1に示したが、実測値との間にかなりよい一致が得られた。

(記号) A_m : スラグメタル界面積, A_w : 炉壁面積, C : 濃度, D : 拡散係数, L : 鋼浴深さ, M : 分子量, N_f : 炉壁単位面積あたりの気泡発生数, P : アーフ入熱, Q_g : 送酸流量, Q_L : 熱損失, d : 気泡径, g : 重力加速度, k : 物質移動係数, l : 吹き込み深さ, ρ : 密度, θ : 時間, (添字) m : 溶鋼, s : スラグ, b : 吹き込み気泡, f : 生成気泡, 1:C, 2:O, 3:Si, 4:Cr, 5:SiO₂, 6:Cr₂O₃, 7:FeO, 9:Fe, *:代表, o:初期, c:比熱

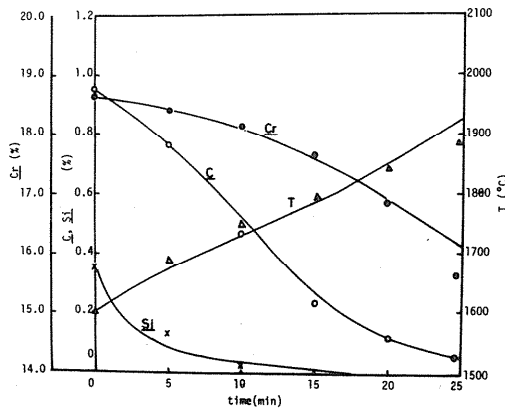


図1 40-t電気炉による18-8ステンレス鋼の酸化期の実測値との比較

1) 日本鋼管(株)京浜: 才41回特殊鋼部資料, 7月(70)