

(116) LD 転炉の数学的モデル

名古屋大学工学部 浅井 滋生、伊東 修三、佐々木 志一
 名古屋大学工学部 工博 鞭 巖

1. 緒言

純酸素上吹転炉で、操業条件から脱炭反応の経過と浴内の変化を予知するために、以前に発表したモデル¹⁾を修正して、複合反応の反応速度と伝熱と噴流の挙動を考慮した脱炭反応モデルを展開した。この数学的モデルによれば、吹錬時間の経過に伴って起こる、凹み表面温度、鋼浴温度、塵ガスの流量と組成と温度、浴内の炭素、ケイ素、スラグ組成などの変化を操業条件に基づいて推算することができる。

2. 解析

凹み形状と面積は今回発表する方法で計算するが、凹み面における脱炭、脱ケイ、および酸化鉄生成の各反応機構については前報¹⁾と同様である。ただ今回は精度の高い二次反応近似法として知られる、Van Hevelen³⁾の解析方法を非定常複合反応の取り扱いに拡張適用した。その際化学吸収と物理吸収との液側物質移動係数の比、反応係数 β は(1)式のように求められる。(1)式から試算法で β が求められるから溶鋼に吸収される酸素流量は(2)式となる。

$$\beta = \left(\frac{r}{2} + \frac{\pi}{2r} \right) \operatorname{erf} \left(\frac{r}{\sqrt{\pi}} \right) + 0.5 \operatorname{erfc} \left(-r/\sqrt{\pi} \right) \quad (1), \quad \text{ただし } r = \sqrt{\pi k_1 \{ (1-\beta)C_{O_2} + C_C + k_2/k_1 C_{Si} + k_3/k_1 C_{Fe} \}}$$

$$N_o = \beta \times 2 \sqrt{D/\pi} k_2 \cdot C_{O_2} \quad (2)$$

凹み面での熱収支式は(3)式となる。左辺 Q は諸反応による発熱速度、 Q_L は液側への伝熱速度、 Q_g はガス側への伝熱速度である。右辺の最終項はガスの吸収、放出に伴う熱交換量である。

$$Q = Q_L + Q_g = h_L (T_w - T_b) \cdot S_L + h_g (T_w - t_b) \cdot S_L + N_o (\sigma C_{p_{CO_2}} \cdot T_w - C_{p_{O_2}} \cdot t_b) \cdot S_L \quad (3)$$

浴内温度変化を知るためには、 Q_L のほか、スクラップ融解率、石灰の溶化率などを的確に極む必要がある。スクラップ融解率については実測値⁴⁾から、生石灰の融解率については、 $(FeO)-(CaO)$ 二成分系のグラフ⁵⁾を用い、これを実測値⁶⁾で補正した式から、 (FeO) の算量と鋼浴温度 T_b の関数として求めた。以上によりスクラップ、生石灰などの融解率 R_i が求められるから、これに酸化生成物のスラグへの混合熱 Q_{mix} 、鋼浴からガスへの対流、放射による熱速度 Q_R を加味すると、鋼浴温度変化は(4)式となる。

$$\frac{dT_b}{dt} = [Q_L + \sum_i H_i R_i + Q_{mix} + Q_R] / \sum_i W_i C_{p_i} \quad (4)$$

塵ガスについては、炉内小円筒中のガスは完全混合とし、内部で $CO + \frac{1}{2} O_2 = CO_2$ の反応が起こるとする。炉内ガスの温度、 CO 、 O_2 、 CO_2 、 N_2 ガスの流量は炉内反応に従って求められる。(2)式から得られる炉内各成分変化式¹⁾と(4)式および塵ガスに関する式を連立して解けば操業時間の経過に伴う諸変数の変化が求められる。仮想的な実操業についての計算結果を図1に示す。

[記号] t_c : 平均接触時間 [1/sec], C_i : 濃度 [$kg \cdot mole / kg$],
 k_2 : 反応速度定数 [$kg(Fe) / kg \cdot mole \cdot sec$], h : 伝熱係数 [$cal / m^2 \cdot hr \cdot ^\circ C$], S_L : 凹み表面積 [m^2]

[文献] 1) 鞭 大規、浅井: 鉄と鋼 53 (1967) 424, 2) 伊東、浅井、鞭: 鉄鋼協会第75講演大会 (1967年4月)
 3) Hevelen, Van D. W.: Rec. Trav. Chim., 67 (1948) 563, 4) 長岡 了: 鉄と鋼 53 (1967) 304, 5) Electric Furnace steel-making, volume II 1186, Fig 17-5, 6) 川上 五: 鉄と鋼 52 (1966) 380, 7) 武田: 鉄と鋼 28 (1962) 21085

