

(17) 石灰石分解反応と溶融・凝固式の数学的モデルへの適用
(焼結プロセスの反応工学的研究-Ⅲ)

富士製鉄 室蘭製鉄所

堀本 孝 田口敏夫
牧野忠男 樋口充蔵

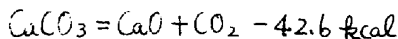
1. 緒言

現在高炉原料としての焼結鉱の比率は増大している。その内ではほとんどがあらかじめ粉石灰を添加した自溶性焼結鉱である。これは石灰石の吸熱をとまなう分解反応を高炉内で行なうのではなく、比較的安価な粉コークスにて行なわしめることにおいても意味をもつ。筆者らは前報¹⁾により焼結プロセスに関する数学的モデルを提出したが、このモデルに石灰石の分解反応も含めることができたので報告する。これは自溶性焼結鉱の生産の場合に対応するものである。

一方、鉄鉱石は加熱と冷却の操作をうける間に溶融・凝固過程を経て、粒子間の焼結がなされる。溶融・凝固現象は焼結過程の本質でもあり、またそれに費やされる熱量の大きさがらう。てもこの現象は何らかの形で定量化される必要がある。この重要性にかんがみて、この現象を数式化してモデルの中にくみ入れて、その熱量的な観点からみた全体におよぼす効果を調べた。

2. 石灰石分解反応

石灰石の分解反応については最近高炉モデルへの適用がなされている。²⁾ここではその研究にしたがい物質移動の面からの解析によった速度式として次式を用いる。



$$r_k^* = \frac{4\pi r_0^2 (C_{\text{CO}_2}^* - C_{\text{CO}_2})}{\left\{ \frac{1}{k_g} + r_0(r_0 - r)/r \cdot D_3 + (r_0/r)^2 K/(kR \cdot t_3) \right\}}$$

これによる結果の一例を図1に示す。同時に比較のために他は全く同じ条件にして石灰石を添加しないときの層内温度分布も実線で示す。なお発生するCO₂の影響を考えて連続の式も計算に入れた。

3. 溶融・凝固速度式

溶融・凝固現象の数式化については前報³⁾で少し試みたが今回はさらにその影響を原料中に石灰石が存在する条件下で詳しく調べた。図2に示す。溶融・凝固の速度式として

$$r_m^* = dH/d\theta = f_m(t_s) \cdot dt_s/d\theta$$

ただし $f_m(t_s)$ は原料に固有な関数形であり次式を満足する。

$$\Delta H_{m0} = \int_{t_{m1}}^{t_{m2}} f_m(t_s) dt_s$$

4. 数値計算

この解析を進める中で、安定な解をもつための差分間隔についての次のような制限条件があることがわかった。

$$\Delta Z_{\text{max}} \leq G \cdot C_g / A_s \cdot h_p, \quad \Delta \theta_{\text{max}} \leq \rho_B \cdot C_s / A_s \cdot h_p$$

なお両式は熱流比ともいうべき物理的意味で結びつく

$$\frac{\Delta \theta_{\text{max}}}{\Delta Z_{\text{max}}} = \frac{\rho_B \cdot C_s}{G \cdot C_g} = W$$

1) 鞭, 樋口; 鉄と鋼, 53(1968) 11, p1171

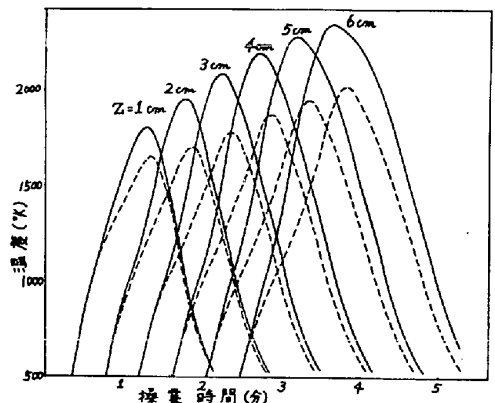


図1. 石灰石分解反応の影響

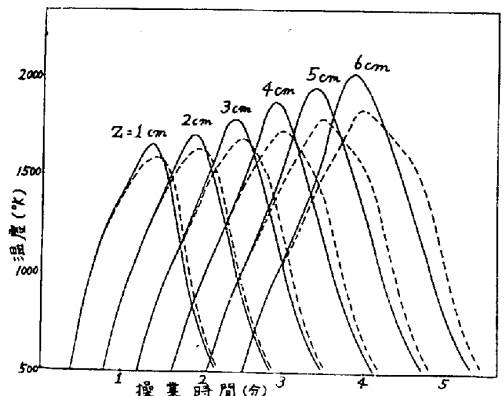


図2. 溶融・凝固過程の影響

2) 八木田村, 鞭; 金属学会誌, 31(1967) p105

3) 鞭, 樋口; 鉄と鋼, 54(1968) 3, p114