

(54) 向流還元に関する無次元数について

東京大学 工学部 相馬胤和

世界的なエネルギー問題とも絡んで、新製鉄法の研究が盛んになりつつある。この場合その前段は鉄鉱石層の還元ガスによる向流還元に移せられることが多い。還元は鉱石の表面を通して行なわれるので、鉱石単位表面積についてのガス側、鉱石側の無次元項を導出して、向流還元におけるガス利用率、最終還元率をグラフから読み取れるようにした。反応速度式は既報¹⁾の三界面モデルを使用した。一界面モデルについても適用できる。

まず界面反応律速とし、反応速度定数 k [$g/cm^2 \cdot min$] が決まれば、鉱石の比重 ρ と還元ガス分率 X_r より $k' = k X_r / \rho$ として界面反応の進行速度 k' [cm/min] が決まる。この k' で粒子半径 r_0 を割ると r_0/k' はガスを十分に流したときの理想還元時間をあらわすので、これを還元時間(鉱石滞留時間)を無次元化すると

$$Ot = t / (r_0/k') = t k' / r_0 = k t X_r / \rho r_0 \quad \dots (1)$$

Ot は無次元化鉱石滞留時間をあらわす。つまりガス側では単位表面積あたりに発生する酸化ガス量は $(22400/16) k X_r X_0 = 1400 k X_r X_0$ [cm/min] となり X_0 は鉱石中の酸素分率を示す。ガス流量 Q を鉱石総表面積 A で割ると Q/A [cm/min] はガス流量の単位表面積当りの分配量となる。 A を球体の表面積で代表させると、 $A = 3W/r_0 \rho$ となる。この Q/A を $1400 k X_r X_0$ で無次元化すると

$$G_c = (Q/A) / 1400 k X_r X_0 = Q / 1400 k A X_r X_0 \quad \dots (2)$$

となり G_c は無次元化ガス接触時間をあらわす。これから Ot , G_c をパラメーターとしてグラフを作ると、諸条件下における向流還元のさいのガス利用率と最終還元率をグラフより読取ることが出来る。

三界面モデルを使用しているので k は k_w で代表し、 $k_H = k_M = k_w/4$ で計算すると、 $900^\circ C$, Fe_2O_3 の向流還元のグラフを右図に示す。 G_c は右下の点を通る曲線群で32では平衡に達する。 Ot は左上の点を通る曲線群で4で $R=100\%$ に達し得る。

いま還元率95%、利用率40%を目標とすると $Ot = 3.5$, $G_c = 4$ となる。そこで $k_w = 0.08$, $r_0 = 0.6$ のペレットを考えると、ガス流量 59 NL/min に対して鉱石滞留量 815 g 必要であり、そのときの炉内容積利用率は $10.6 \text{ t/m}^3 \text{ day}$ となる。

混合律速では粒内拡散の界面反応に対する寄与率 $r_0 k / D$ [-] が決まれば計算しグラフを作ることが出来る。

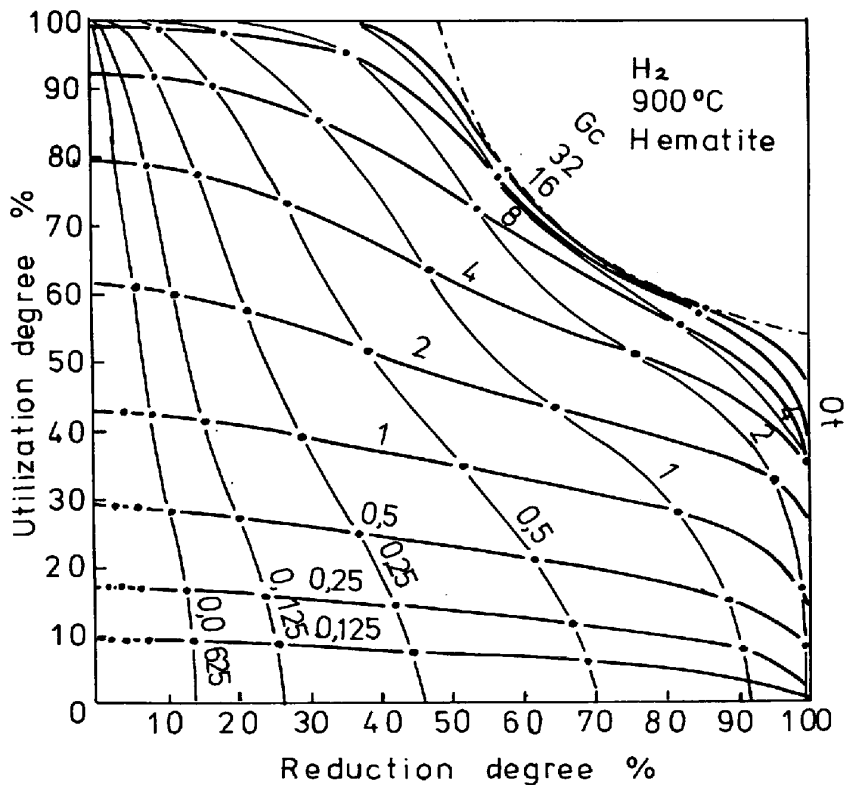


図 1

1) 相馬; 鉄と鋼54(1968)P.1431