

(162) 化学反応と固相内酸素拡散を考慮したグレインモデルによる酸化鉄(Fe_xO)ペレットのCO還元解析

九大工学部 村山武昭 小野陽一

I. 緒言 著者らは先に酸化鉄(Fe_xO)ペレットのCO還元を行い、その結果を中間モデルで解析し、グレインモデルの化学反応速度定数k_rの値を推算した¹⁾。だが、k_rの値は、ちみつまFe_xO板の還元で得られる値²⁾より、1~2桁小さくなった。この原因を調査するために、まず、グレインモデルにおいて、ペレットを構成している構成粒子1個の反応速度式に化学反応と生成層内ガス拡散を考慮した未反応核モデルを適用し、構成粒子の生成層内有効拡散係数Degを推算したところ、Degの値はガスの拡散係数よりも非常に小さく、むしろ、鉄中の酸素の拡散係数D_Oのオーダーに近いことがわかった。そこで、ペレットを構成している構成粒子1個に、化学反応と固相内酸素拡散を考慮したグレインモデルを作成し、先に得られた還元データ¹⁾を解析したところ、良好な結果が得られたので報告する。

II. モデル及び解析方法 擬定常状態を仮定すると、ペレット内のCOの物質収支は(1)式で与えられる。ここで、 \dot{Y}_A はペレット単位体積あたりの反応速度である。ペレットを構成する構成粒子の形状は、半径r_gの球とする。生成鉄層が海綿状になる場合、構成粒子1個の反応が、化学反応律速の未反応核モデルに従うとすれば、 \dot{Y}_A は、(2)式で与えられる。次に、Fe_xOがちみつま鉄で覆われる場合には、(3)式の反応は次のメカニズムで進行すると仮定する。まず、Fe/Fe_xO界面において(4)式の反応が起る。この反応は部分平衡にあるとする。次に鉄中に溶解した酸素は鉄層中を拡散し、構成粒子の外表面に達する。そこで、(5)式に従って酸素は消費される。これらの点を考慮すると、 \dot{Y}_A は(6)式で与えられる。Rieckeら³⁾は、(7)式で計算される炭素の含量a_cが、臨界値a_c^{cr}を越えれば、生成鉄層は海綿状になり、a_cがa_c^{cr}より小さければ、ちみつま鉄層となると報告している。また、彼等は、a_c^{cr}は生成鉄層の厚さδに依存すると報告している。そこで本研究では、a_c^{cr}を(8)式のようにδの関数とし、Rieckeらの測定値³⁾をもとに関数関係を決定し、δ=0またはa_c≥a_c^{cr}の時は(2)式、a_c<a_c^{cr}の時は(6)式に従って反応が進行するとして(1)式を解析した。なお、k_rの値は井上ら²⁾の値を使用した。

$$\begin{aligned} (1/r^2)\partial(r^2 D_{CO}^e \partial C_{CO}/\partial r)/\partial r - \dot{Y}_A &= 0 & (1) \\ \dot{Y}_A &= S k_r (1+1/K_e)(1-F_g)^{3/2} (C_{CO} - C_{CO}^e) & (2) \\ Fe_xO + CO &\rightleftharpoons xFe + CO_2 & (3) \\ Fe_2O_3 &\rightleftharpoons 2Fe + O & (4), \quad CO + O &\rightleftharpoons CO_2 & (5) \\ \dot{Y}_A &= S (C_{CO} - C_{CO}^e)(1+1/K_e) / \{ (1-\alpha F_g)^{3/2} k_r C_{CO}^e \\ &\quad + \{ (1-F_g)^{3/2} + (1-\alpha F_g)^{3/2} \} C_{CO} r_g / D_O C_{CO}^e \} & (6) \\ a_c &= P_{CO}^2 / K_B P_{CO_2} & (7), \quad a_c^{cr} &= f(\delta) & (8) \end{aligned}$$

[記号] C_{CO}, C_{CO}^e: CO濃度, 平衡濃度, C_O: Fe/Fe_xO界面の酸素濃度, D_{CO}^e: ペレット内有効拡散係数, F_g: 構成粒子1個の還元率, K_B: Boudouard反応の平衡定数, K_e: (3)の反応の平衡定数, k_r, k_s: それぞれ(3), (5)式の反応の化学反応速度定数, P_{CO}, P_{CO}₂: CO, CO₂の分圧, r: ペレット半径方向距離, r₀: ペレット半径, S: 比表面積, α: 体積減少割合, ε_w: ペレットの気孔率

III. 結果 Fig. 1に解析結果の1例を示した。図のように、測定値と計算値がよく一致し、ちみつまFe_xO板の還元結果³⁾がペレットの還元解析に活用できることがわかった。

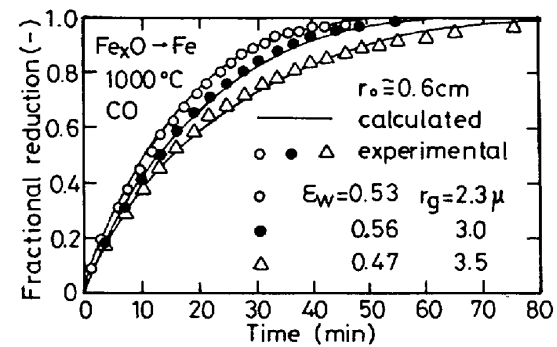


Fig. 1. Comparison of calculated reduction curves with experimental data.

[文献] 1) 村山ら: 鉄と鋼, 66 (1980) S57

2) 井上ら: 東北大学研究報, 31 (1975) P.127, 3) E. Riecke et al.: Arch. Eisenhüttenwes., 38 (1967) P.249