

(85) 固相内拡散を考慮した三界面モデルによる塩基性ペレット充填層水素還元速度の解析

大阪大学 工学部
大阪大学 大学院

近江宗一 ○ 碓井達夫
内藤誠章 神谷 寛 (本田技研工業)

1. 緒言 塩基性ペレットを用いた移動層¹⁾、シャフト炉²⁾内の高温還元反応において、炉下部の還元末期の領域で反応の停滞が現れ、実用上問題となっている。この停滞は、ち密な鉄層で取り囲まれたウスタイト粒子が末期に残存して、¹⁾ 固相内拡散律速³⁾で還元されるために起ると考えられる。

前報では、塩基性ペレットの単一球³⁾と固定層の場合の1000°Cにおける水素還元速度を、固相内拡散を考慮した多段反応帯(MSD)モデルを用いて解析し、上記反応停滞とペレット内の反応挙動とをよく記述できることを示した。ここでは、計算の容易さを考えて、固相内拡散を考慮した三界面モデルを提出し、固定層の場合について実測値あるいは上記モデルによる計算値との比較を行うとともに、移動層の場合の解析を行って、より実用的な見地から、この現象に速度論的検討を加えた。

2. 理論 Fig. 1に固相内拡散を考慮した三界面モデルの模式図を示す。最外層内のウスタイトを取り囲んだ鉄殻に固相内拡散式を適用し、ウスタイト層/最外層界面 $r_i^{(w/w\cdot Fe)}$ における上記ウスタイト粒子の還元率を一定値 f_0 (ここでは0.52)とした。固定層の場合の計算手順は、固相内拡散を考慮したMSDモデル³⁾による場合⁴⁾とほぼ同様で、水素ガスの反応に擬定常状態を仮定した近似解法⁵⁾を採用した。また移動層の計算では、ガスと固体の両方の反応に擬定常状態を仮定した物質収支式を用いた。

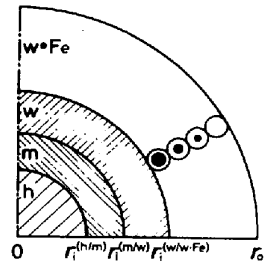


Fig. 1. Three interface model with solid-state diffusion. (h: hematite, m: magnetite, W: wüstite)

3. 固定層の場合の解析結果 本モデルによる還元曲線の計算結果は Fig. 2 に示すとおり、固相内拡散を考慮したMSDモデルによるものとほぼ一致して、実測値⁴⁾をよく表す。この試料は、酸化第2鉄粉末に、無水珪酸1.67wt%、酸化カルシウム3.33wt%を添加し、水造粒後大気中で1250°C、8h焼成した結果得た、質量2.5g、気孔率18%、粒径1.02cmの塩基性ペレットで、単一球実験においては、還元末期に顕著な反応停滞を示したが、ここではさほど現れていない。本モデルに用いたウスタイト粒子半径は、観察結果より $r_c = 5\mu m$ としたが、粒径が大きい場合にはかなりの停滞が予想される。

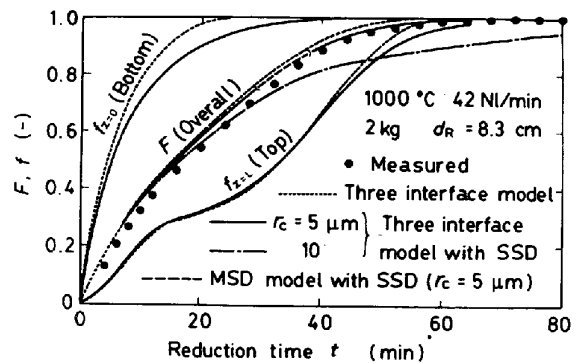


Fig. 2. Comparison of calculated reduction curves for a fixed bed with experimental data.

4. 移動層の場合の解析結果 上記ペレットを用いた移動層を想定し、Fig. 3中に示した条件で還元する場合の計算を行った。 $r_c = 5\mu m$ の場合、固相内拡散を考慮しないものに比べて、層下部において多少停滞が現れる程度であるが、粒径が大きい場合にはかなりの停滞が予想される。

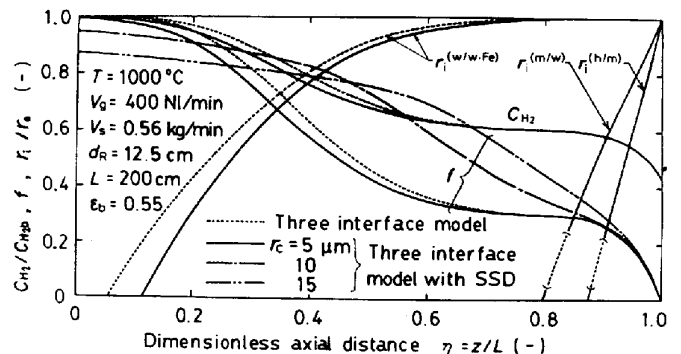


Fig. 3. Variations of hydrogen concentration, local fractional-reduction, and core radii for a moving bed with axial distance. ($d_p = 1.12\text{ cm}$)

- 文献 1) 高橋ら: 鉄と鋼, 66(1980), S720
2) 成田ら: 鉄と鋼, 66(1980), S3
3) 近江, 内藤, 碓井: 鉄と鋼, 66(1980), S2/S605
4) 近江, 碓井, 内藤, 神谷: 日本金属学会講演概要, (1980-10), p.276
5) 近江, 碓井, 内藤, 高木: 鉄と鋼, 64(1978), S462