

(215) 還元鉄ペレット溶解プロセスの伝熱解析

名古屋大学工学部 山口隆二, 〇宮沢憲一, 長 隆郎

1. 緒言: 直接還元された鉄ペレットを利用する際には, その溶解挙動を把握して有効な溶解操作を考案することが重要となる。本報では, 現有小型直流ESR装置を用いた還元ペレット溶解プロセスにおけるペレットの溶解挙動を明らかにする目的で, 熱移動に関する理論解析と測温実験を行ない, ペレット内温度変化や未溶解ペレット半径の減少速度を各操作条件のもとで検討した。

2. 方法: 本溶解プロセスの模式図をFig.1に示す。2.1測温実験: W-Re熱電対をペレット中心部, ペレット間および鋼パイプ肉厚内部に設置して, 溶解操作中の温度変化を実測した。なお, 後述するペレット内温度変化の推算式の妥当性を確かめるため, スラグ中単一ペレット溶解実験を別途行なった。

2.2理論解析: Fig.1で鋼パイプと等速度で降下するペレット群は連続相(ガスとスラグ)からの熱の供給により昇温し溶解するが, 連続相では上向き熱の移動が生じるため, このプロセスの熱移動は向流移動層のものと同じと見なされる。ペレット内温度分布を考慮する際, ペレット内の熱収支は(1)式で示される。

$$u C_1 \rho_1 (\partial T_1 / \partial z) = r^2 \cdot \partial \{ r^2 k_1 (\partial T_1 / \partial r) \} / \partial r \quad (1)$$
 ここで, u : 送り速度, C_1 : 比熱, ρ_1 : 見掛け密度, k_1 : 有効熱伝導度。ペレット表面の境界条件は, 領域1では粒子一流体間伝熱係数を使って記述できるが, 領域2ではペレット表面温度(T_{1s})に応じて, スラグ殻形成時期 ($T_{1s} < T_{m3}$ (スラグ融点)), $T_{m3} \leq T_{1s} \leq T_{m1}$ (ペレット融点)の時期および溶解時期($T_{1s} = T_{m1}$)に分けて考える必要がある。ペレット表面の連続相温度をペレット中心位置と同じ高さのもので代表し連続相温度を既知とすると, ペレット内温度変化を推算できる。一方, 連続相と鋼パイプについては, z 方向の(有効)熱伝導と顕熱移動, および連続相-ペレット間, 連続相-パイプ間, パイプ-雰囲気間の熱移動を考慮して熱収支を行ない, ペレット温度の計算と連続相・鋼パイプ温度の計算を交互にする試行錯誤法に基づき温度分布を求めた。

3. 結果: 連続相, 鋼パイプおよびペレット温度の計算値と実測値の比較をFig. 2に示す。ペレット温度はスラグ面近くから急激に上昇し, 実験で採用した送り速度($u = 0.048 \sim 0.072$ cm/s)の範囲では, パイプ下端位置で中心温度が既に融点に達することが分った。ペレット半径をスラグ面からの降下に伴う経過時間に対してプロットした結果をFig.3に示す。送り速度の減少に伴いパイプ下端位置における未溶解ペレット半径は小さくなり, スラグ-メタル界面に到達する前にスラグ中で溶解・還元される割合が大きくなると考えられる。

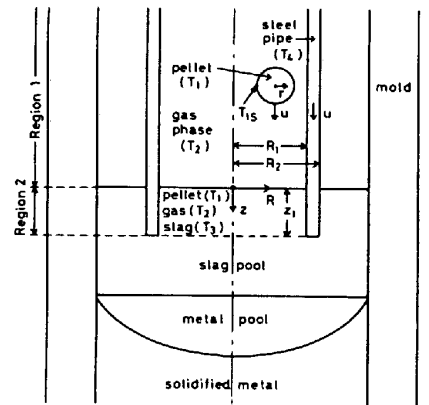


Fig.1 Schematic representation of the smelting process.

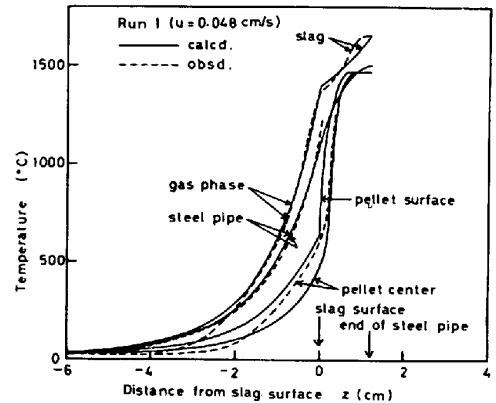


Fig.2 Comparisons between the measured and the calculated temperatures.

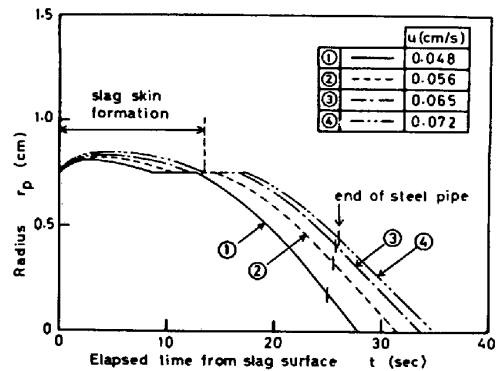


Fig.3 Change in pellet radius.