

(76) 熔融金属への酸素吹込みにおける物質移動

名古屋大学 工学部

○佐野正道 森 一美

1. 緒言 さきに¹⁾単一ノズルより熔融銀への酸素気泡の吹込み実験を行ない、吸収速度、効率について速度論的検討を行なった。しかし、生成する気泡の大きさは推算式により求めた真および速度が非常に速い気泡生成時における吸収について定量的評価を行なわなかった真で検討の余地を残していた。今回はこれらの真を考慮した物質移動モデルにより定量的検討を行なったので報告する。

2. 実験 使用したるノズルは内径40mmのアルミナるノズルである。実験条件は銀 W_{Ag} (200~700g), 酸素流量 V_g (1.28~3.33 Ncc/sec), ノズル外径0.3cm, 実験温度1000°Cとした。浴内酸素濃度(%O) = 0.06~0.298%の測定と同時に前報²⁾と同じ方法で気泡生成時間 t_f を測定した。

3. 実験結果と考察 前報²⁾で示したように、 t_f は無次元酸素濃度 $\theta (= [O]/[O]_{sat}; [O]_{sat} = 0.298\%)$ の増加とともに減少する。ここでは各酸素流量について t_f と θ の関係を1次式で近似して実験式を作成し、以後 t_f にはその式により計算した値を用いる。気泡生成時において熔融銀へ吸収される酸素量 $N_{O_2,f}$ (mol) およびノズルを離脱する気泡中の酸素のモル数 $N_{O_2,0}$ (mol) の計算には前報で用いた Groothuis のモデルを使用する。熔融銀への酸素の吸収は迅速なため、 $N_{O_2,0}$ したがってノズルを離脱する気泡の大きさ V_B は θ によって変化し、 $\theta = 0, 1.0$ で各々 $V_B = 0.111, 0.216 \text{ cm}^3$ であった。

酸素吸収効率 f (= 酸素吸収量 / 吹込んだ酸素量) の実測値と計算値の比較を図1に示した。実験では $0 < \theta < 0.8$ で $f \approx 0.95$ で、 $0.8 < \theta < 1.0$ で f は急激に減少する。

一方、物質移動係数 k_L に Higbie の式を用いた表1に示したモデル1による計算では、 $\theta < 0.85$ で $f = 1.0$ である。なお $x=0$ における N_{O_2} は気泡生成時の計算で求めた $N_{O_2,0}$ を用いた。図1より本実験系のように吸収が迅速で、気泡が急激に小さくなる場合にはモデル1では実験結果を説明できないことがわかる。これは、気泡が小さくなるにしたがって ($d_B < 0.6 \text{ cm}$), 界面汚染の影響を受けて k_L が減少するためと考えられる。 $0.273 \text{ cm} < d_B < 0.6 \text{ cm}$ における k_L の変化を Leonard³⁾ のデータに基づいて補正したモデル2による計算値を図1に同時に示した。なお、真線の部分では $d_B < 0.273 \text{ cm}$ となり、 k_L の実測値がないので、 $k_L = 0.003 \text{ cm/sec}$ 一定として計算した。モデル2による計算値と実測値はほぼ一致している。

表1 気泡上昇時の物質移動モデルと基礎式 $(dN_{O_2}/dx) = (k_L/u_B)\pi d_B^2([O]_{sat} - [O])$

	モデル1	モデル2
k_L	$k_L = 2 \frac{D_L u_B}{\pi d_B}$	$k_L = 2 \frac{D_L u_B}{\pi d_B} \sqrt{-8.74 d_B^2 + 10.23 d_B - 2.13}$ ($0.273 \text{ cm} < d_B < 0.6 \text{ cm}$) $k_L = 0.003$ ($d_B < 0.273 \text{ cm}$)
u_B	$u_B = (d_B g / 2)^{1/2}$	$u_B = (2\sigma / \rho_L d_B + d_B g / 2)^{1/2}$

図2に全吸収量に対する気泡生成時の吸収量の寄与を示したが、 θ が小さいほど寄与が大きく、 $\theta = 0$ では全吸収量の50%以上に達することがわかる。

記号 x : 上昇距離, u_B : 上昇速度, d_B : 気泡径, D_L : 拡散係数, σ : 表面張力, ρ_L : 銀の密度, $N_{O_2,0}$: 上昇時の吸収量

1) 森ら: 鉄と鋼, 55(1969), 1142
2) 佐野ら: 鉄と鋼, 59(1973), 406
3) Leonardら: CFS, 18(1963), 133

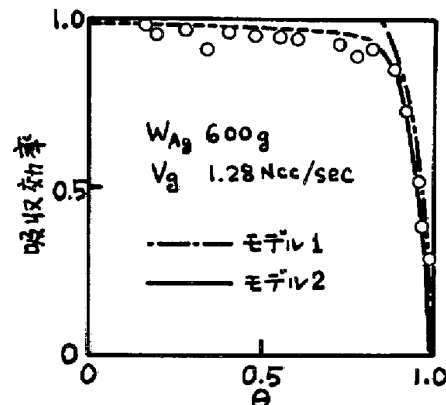


図1 吸収効率の実測値と計算値の比較

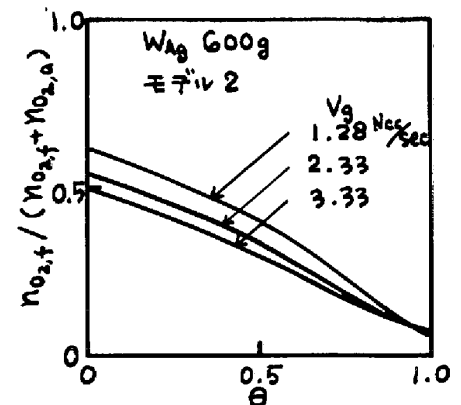


図2 全吸収量に対する気泡生成時の吸収量の寄与