

(96) 溶融金属-吹き込みガス間の物質移動

名古屋大学工学部 森 一美 ○佐野正道 鈴木 鼎
東京芝浦電気 中研 菱田 茂

1 緒言 溶融金属と気相間の物質移動は多くの冶金反応において重要である。化学反応を伴わないことおよび吸収速度が速いことにより、溶融銀中への酸素の吸収は高温における物質移動を解明する上で好適である。この観点より、著者は単一ノズルより溶融銀中への酸素吹き込み吸収実験を行ない、考察を加えたので報告する。

2 実験装置および実験条件 使用したろつばはシンタームライト (40 mm 中×150 mm) で、ノズルは透明石英管 (1.2 mm 中) を用いた。溶融銀中の酸素濃度は ZrO_2-CaO 固体電解質を用いた起電力法により測定した。実験条件は浴深さ 24~64 mm、酸素流量 1~4 Ncc/sec、浴温度 1000°C である。

3 実験結果および考察 溶融銀中の酸素濃度の低い酸素吹き込み初期においては、酸素吸収速度は非常に速く、気泡は上昇途中で完全に消滅した。そこで、吸収速度が速く、酸素濃度の飽和に近いところで、即ち界面積が殆んど変化しないところで次式で定義される容量係数 $k_L A$ を求め、図 1 に示す。

$$(W_{Ag}/\rho_{Ag}) d[\%O]/dt = k_L A ([\%O]_{\infty} - [\%O]) \quad (1)$$

W_{Ag} : 銀の重量, ρ_{Ag} : 銀の密度, t : 時間, k_L : 物質移動係数, A : 総界面積, $[\%O]_{\infty}$: 界面酸素濃度。

容量係数 $k_L A$ を既往の文献値と比較するためにノズル径および気泡上昇速度が必要であるが、本実験では実験できなかったため、次式を用いて推算した。

$$d_b = \left\{ \frac{3\sigma d}{g\Delta\rho} + \left(\frac{9\sigma^2 d^2}{g^2 \Delta\rho^2} + K \left(\frac{V_g^2 d}{g} \right) \right)^{1/2} \right\}^{1/2} \quad (2)$$

$$V_b = (0.5 d_b g)^{1/2} \quad Re_b > 10 \quad (3)$$

d_b : 気泡径, σ : 表面張力, d : ノズル径, g : 重力加速度, $\Delta\rho$: 密度差 ($\rho_{Ag} - \rho_a$), K : 係数 (26~10), V_b : 気泡上昇速度, Re_b : レイノルズ数 ($= d_b \rho_{Ag} V_b / \mu_{Ag}$), μ_{Ag} : 銀の粘性係数, V_g : 酸素流量, D : 拡散係数, Sc : シュミット数。

推算によるとノズル径 1.2 mm、酸素流量 1~4 Ncc/sec の範囲で、 $d_b = 0.59 \sim 1.0$ cm, $V_b = 17 \sim 21$ cm/sec、発生気泡数 30~50 個/sec であった。推算した気泡径、気泡上昇速度、気泡数を用いて境界層理論 (A), (A'), 浸透説 (B), Davidson の式 (C) により物質移動係数を計算し、容量係数を求めた結果を図 1 に同時に示す。本実験結果は境界層理論により計算した容量係数にかなり近い値を示している。つぎに吸収による界面積、気泡上昇速度の変化を考慮し、境界層理論 (A) を用いて求めた酸素濃度の経時変化の計算値と実験値を図 2 に示す。酸素濃度は約 0.25% までは直線的に増加し、それ以上ではその増加速度は急激に減少している。図 2 より酸素吹き込み初期も含めて境界層理論 (A) で酸素濃度の経時変化を説明できることがわかる。

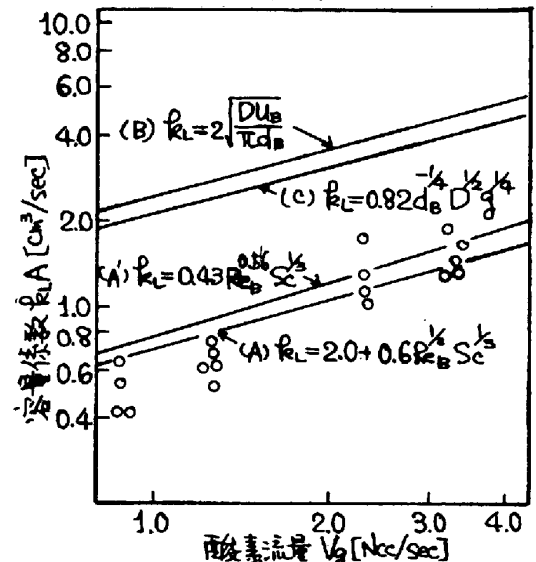


図1 容量係数と酸素流量の関係

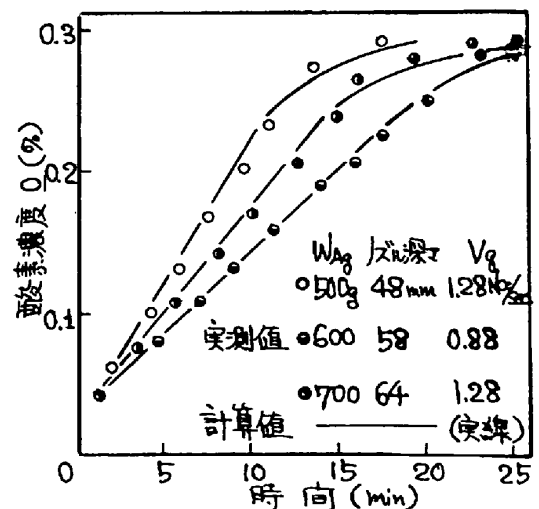


図2 酸素濃度の経時変化