

(200) 溶融金属中ガス吹込みによる循環流動と均一混合時間

名古屋大学 工学部

○佐野正道 森 一美

1. 緒言 製鋼プロセスにおいては反応速度を増大させ、また浴内の温度、濃度の均一化を促進するため、機械的攪拌、電磁攪拌、ガス吹込み攪拌が広く採用されている。本研究ではガス吹込み攪拌を取上げ、溶鋼循環速度、均一混合時間について理論的解析を行い、種々の因子の影響を検討する。

2. 理論 図1には循環流動モデルを示す。容器中心より吹込まれたガスは気液混相の上昇流域(直径d)をつくり、その周囲には液相のみの下降流域が存在するものとする。定常状態において位置1と2の間に気相、液相に対して単位質量あたりの巨視的エネルギー収支をとると次式になる。

$$\Delta[V_G^2/2] + \Delta\Phi_G + \int_{P_1}^{P_2} (1/\rho_G) dP + \bar{W} + \bar{E}_G + (R/M)(T_0 - T_L) = 0 \quad (1)$$

$$\Delta[V_L^2/2] + \Delta\Phi_L + \Delta P/\rho_L - \bar{W} + \bar{E}_L + B_S = 0 \quad (2)$$

ここで、Vは速度、Φはポテンシャルエネルギー、ρは密度、Pは圧力、 $\bar{W}$ は単位ガス質量あたりに液体に対してなしたガスの仕事、Eは摩擦損失、Rは気体定数、Tは温度、 $B_S$ は bubble slipによるエネルギー損失、添字G, L, 0は各々気相、液相、1オウル出口を示す。

(1)式においてホ2項とホ3項は小さいので無視すると、ガスの攪拌動力 $\dot{E}$ は次式で表わされる。

$$\dot{E} = \dot{V}_G \rho_G \bar{W} = (\dot{V}_G \rho_G R T_L / M) [\ln(P_1/P_2) + \eta \{ (1 - T_0/T_L) + (T_0/T_L P_0) (\rho_{G0} V_{G0}^2 / 2) \}] \quad (3)$$

ここで、 $\dot{V}_G$ はガス流量、 $\eta$ は定数( $\eta < 1$ )で、吹込みガスの温度上昇による膨張の仕事および運動エネルギーのうち浴の攪拌に有効に使われる割合を表わす。(2)式においてホ2項とホ3項の和は0であり、 $B_S$ は $\bar{W}(V_G - V_L)/V_G$ で与えられる。さらに $E_L$ を無視すると、エネルギー消失速度はガスの攪拌動力に等しいことより次式が得られる。

$$8 \dot{E} / (\rho_L \pi d^2) = V_{LD}^2 (V_S + V_{LD}) (1 - \epsilon_D) \{ 1 - [(1 - \epsilon_D) K^2 / (1 - K^2)]^2 \} \quad (4)$$

ここで、 $\epsilon_D$ はガスホールドアップ、 $K$ は $d/D$ 、 $V_S$ はスリップ速度、

$$V_S = V_{GD} - V_{LD} = 4 \dot{V}_{GM} / (\pi d^2 \epsilon_D) - V_{LD} = V_{B0} / (1 - \epsilon_D) \quad (5)$$

$\dot{V}_{GM}$ は $P_1$ と $P_2$ の対数平均圧力におけるガス流量、 $V_{B0}$ は単一気泡の上昇速度、 $D$ は容器径、添字Dは上昇流域を示す。

3. 計算結果および考察 (3)式において浴内静圧変化によるガスの体積膨張の仕事率(右辺ホ1項)のみを考慮し、(4)式より溶鋼循環流量 $\dot{V}_{LD}$ を計算し、図2に示した。図より上昇流域の直径dが大きいほど循環流量が大きくなることせわゆる。

均一混合時間 $t_m$ は、溶鋼が浴を3回循環するのに要する時間と等しいものとして<sup>2)</sup>循環流量 $\dot{V}_{LD}$ を用いて計算し、図3に示した。図中の太い実線で示した領域は従来の測定値のおおよその範囲を示している。ジェットを広がり角度が20°の場合、浴表面で $d = 0.55m$ となり、計算値は実測値の下限に近い。これは摩擦損失などによるエネルギー消費を無視したことによることと考えられる。

4. 文献 1) A.G.W. Lamont: Can. J. Chem. Eng., 36(1958), p.153, 2) H.T. Chiang et al.: Scand. J. Met. 9(1980), p105.

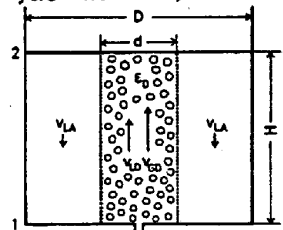


図1 液体循環モデル

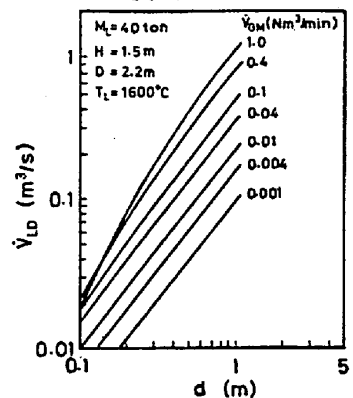


図2 溶鋼循環流量

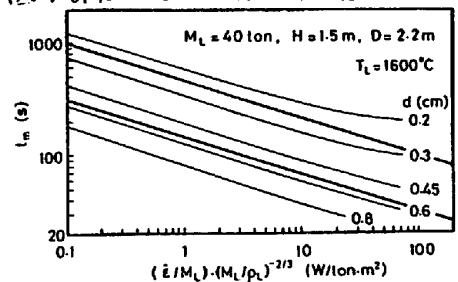


図3 均一混合時間