

(220) ガス吹き込み精錬装置における均一混合時間

名古屋大学工学部 浅井滋生, 大同特殊鋼 岡本徹夫
名古屋大学工学部 鞭 巖

1. 緒言 近年, 冶金反応装置における融体の混合が注目を集めるようになってきた。これまで, 融体の混合の強度は「均一混合時間」の概念によって表現されてきたが, その理論的考察は十分とはいえないのが現状である。均一混合時間では投入エネルギー密度 ϵ のべき乗の形で表わされてきた。すなわち $\tau \propto \epsilon^{-n}$ 従来 n の数値については次のような結果が報告されている。1): 0.23, 2): 0.26, 3): 0.31, 4)~6): $1/3$, 7): 0.4, 8): 9): 0.45。

2. 理論解析 融体の運動方程式は(1)式で表わされる。 $\rho(\partial v/\partial t + v \cdot \nabla v) = -\nabla p + \mu \nabla^2 v + F \dots (1)$ 融体運動は支配的となる力の種類に基づいて次のように分類される。(I)粘性支配 $v \propto (FL^2/\mu)$, (II)慣性支配 $v \propto (FL/\rho)^{1/2}$, (III)乱流粘性支配 $v \propto (FL^3/\rho\epsilon^2)^{1/2}$, ここで, L : 代表長さ, ϵ : プランドルの混合距離。体積力 F ($\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-3}$) と投入エネルギー密度 ϵ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-3}$) の関係は(2)式となる。 $F \propto \epsilon/v \dots (2)$ 。一方, 投入トレーサが均一化される過程は物質収支(3)式で表わされる。 $\partial c/\partial t + v \nabla c = D \nabla^2 c \dots (3)$, ここで, D : 有効拡散係数。均一化の形態の種類に基づいて τ は次のように分類される。(A)対流支配 $\tau \propto L/v$, (B)乱流拡散支配 $\tau \propto L^2/D_* = L^3/\epsilon^2 v$, (C)混合拡散支配 $\tau \propto L^2/\epsilon = L/v \sim (L\rho/\mu)^{0.25}$ 。融体運動で支配力となる力(I, II, III)と物質移動の形態(A, B, C)の組み合わせで, 実現不可能なものを除いて, τ の依存性を表1に示す。表1で, 右側へ移行(I $\rightarrow$ II $\rightarrow$ III)する程, 下方へ移行(A $\rightarrow$ B $\rightarrow$ C)する程, 混合は強くなるものと考えられるが, それに伴って, $n=0.5 \sim 0.284$ となり, 装置の規模の効果は $m=0 \sim 8/3$ の間で変化する。 ϵ は乱流機構によって異なりその同定はむずかしいが, A・II, A・IIIとB・II, B・IIIの場合, $m+n=2/3$, $n=1/3$ となっているので, $\epsilon=L$ と仮定すれば, $\tau \propto \epsilon^{-(1/3)} L^{(2/3)}$ (文献6))となる。表1 均一混合時間の依存性 ($\tau \propto \epsilon^{-n} L^m \mu^p \rho^q$)

3. 結果 円筒状の容器に水を入れ, 底の中央より空気を吹き込んで τ の測定を行った。相似の容器で直径を3通り(40.5, 20, 10 cm)に変えて行った。実験結果を図1に示す。理論から予測されるように, ϵ の増加に伴って, $n=0.54$ から $n=0.3$ へと n の値は減り, 規模の効果は ϵ の小さいところではほとんどみられず, ϵ の増加に伴って現われる。本実験では $m=0.4$ に相当し, 混合機構は ϵ の増加に伴って(A・I)から(II)あるいは(III)の機構へ移行したものと推察される。

4. 文献 1) L.H. Lehner: I & EC, (PDD), 7 (1968) 226, 2) J. Szekely et al: Ironmaking and Steelmaking 6 (1979) 285, 3) 坪田三: 鉄と鋼, 66 (1980) S253, 4) R.S. Brodkey et al: MEFOS Report (1979), 5) K. Kipke: Verfahrenstechnische Fortschritte beim Mischen, Preprints, VDI, 1978, 6) 森三: 学振 19-10244 (1980), 7) Nakanishi et al: Ironmaking and Steelmaking (1975) 193, 8) 中西三: 鉄と鋼, 59 (1973) S460, 9) 加藤, 岡本: 電気製鋼, 50 (1979) 128.

	(I) 粘性	(II) 慣性	(III) 乱流粘性
(A) 対流	(A・I) $n=0.5, m=0$ $n=0, \alpha=0, \beta=0.5$	(A・II) $n=1/3, m=2/3$ $n=0, \alpha=1/3, \beta=0$	(A・III) $n=1/3, m=0$ $n=2/3, \alpha=1/3, \beta=0$
(B) 乱流拡散		(B・II) $n=1/3, m=8/3$ $n=-2, \alpha=1/3, \beta=0$	(B・III) $n=1/3, m=2$ $n=-4/3, \alpha=1/3, \beta=0$
(C) 混合拡散		(C・II) $n=1/3 \sim 0.284$ $m=8/3 \sim 0.567, n=0$ $\alpha=1/3 \sim 0.139, \beta=0 \sim 0.147$	(C・III) $n=1/3 \sim 0.284$ $m=2 \sim 0, n=0.567$ $\alpha=1/3 \sim 0.139, \beta=0 \sim 0.147$

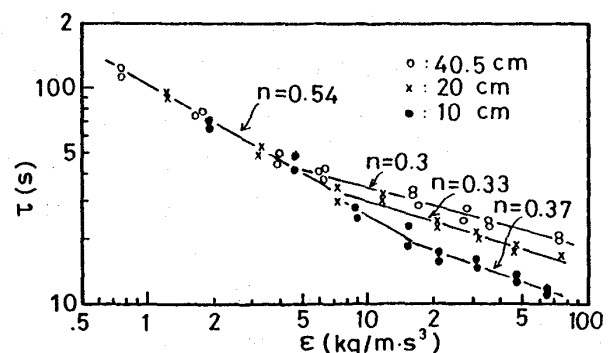


図1 τ に及ぼす ϵ と規模の影響