

(130) 炉床熔銑流のモデル解析 (炉床銑滓流制御に関する研究一7)

東京大学工学部 金属工学科 ○吉沢昭宣
 新日本製鐵(株)基礎研究所 大野二郎 中村正和

1. 緒言

筆者らは直交2次元非定常で、 $\nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$, $\rho = \rho(T)$ の下に運動とエネルギーの方程式を連立で解き、水モデル実験との良い一致を得た⁽¹⁾。更に熔銑の物性値と実寸法を代入して炉床での熔銑の挙動を推測した⁽²⁾。本報告は再び水モデルに戻っての各種の感度解析と、出発時に異なる温度分布を与えると異なる擬定常速度・温度場が出現する現象(多安定現象)のより詳細な解析である。

2. 無次元化と感度解析

基礎式⁽¹⁾を無次元化すると、寸法比 L/D , R/D , d/D ; 係数項 $V_{in}^2/gD = Fr$, $DV_{in}\rho_0/\mu_0 = Re$, $DV_{in}\rho_0 C_{p0}/k_0 = Pe$; 物性値変域 $\Delta\rho/\rho_0$, $\Delta\mu/\mu_0$, $\Delta C_p/C_{p0}$, $\Delta k/k_0$ (すべて温度変域 $\Delta T/T_0$ の関数, $\Delta f = f_i - f_0$) の11個の無次元項が生ずる。基準を $V_{in} = 1/4 \text{ cm/s}$, $T_i = 30^\circ\text{C}$, $T_0 = 10^\circ\text{C}$, $\mathbf{v} = 0$ で温度平衡に達してから流入開始, 収束判定は $\epsilon_p = 5 \times 10^{-6} \text{ dyne/cm}^2$, $\epsilon_T = 1/100^\circ\text{C}$ として, 10×10 分割, $\Delta T = 1/8 \text{ sec}$ で感度解析を行なった。定量化は停滞層の平均厚さ $\bar{\delta}$ と流れ場の変化 $\bar{Q} = |v_{nat} - v_{(N-100)\Delta t}| / V_{in}$ の平均とで行なった。基準の場合は time step $N = 2000$ で, $\bar{\delta} = 2.79 \text{ cm}$, $\bar{Q} = 0.64\%$ に達し, 停滞層内の渦の僅かな変化が残留しているのみなので, すべて $N = 2000$ までとした。係数項を独立に変化させるために, k , μ , g を変えた場合の $\bar{\delta}$ を Fig. 2 に示した。格子が粗く, 不安定対策として上流差分を用いているので, k , μ を小にしたときの変化は不確実であるが, k を大にすれば $\bar{\delta}$ は増大し, μ ではその逆である。また g の影響は大きい。 $g = 0$, $T_0 = T_i$, $\rho = \rho(T)$ のどの場合にも $\bar{\delta} = 0$ となることから, 停滞層は密度成層で, 層内伝導伝熱と主流域対流伝熱のつり合いで $\bar{\delta}$ が定まると考えられる。

3. 多安定現象

Fig. 3 に示すような各種の階段状初期温度分布および各種の出口位置について計算を行なって N 対 $\bar{\delta}$ を見たのが, Fig. 4 であるが, 明らかに複数の擬定常状態が存在する。この安定状態相互の移行は計算上では困難であり, 実操業時にも熔銑中の温度分布が一度安定するとその変更が困難であることを示唆している。また $\bar{\delta}$ は k によって大きく影響されることを示すことができた。

- 文献: 1. 大野・中村・吉沢, 鉄と鋼 67 No.12 S724
 2. *ibid* 68 No.12 (本大会)

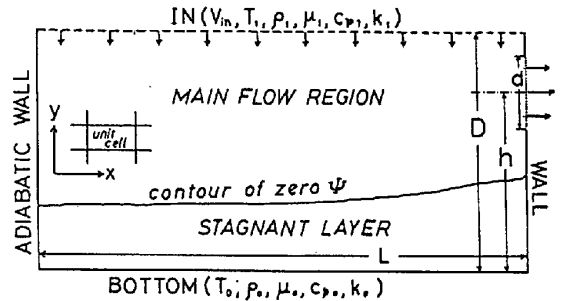


Fig.1 Computational setup
 basis: $L=40$, $D=10$, $h=7.5$, $d=3 \text{ cm}$
 $T_0=10$, $T_i=30^\circ\text{C}$, $V_{in}=0.25 \text{ cm/sec}$

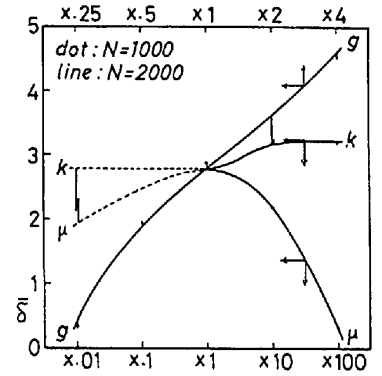


Fig.2 Dependency of $\bar{\delta}$ on k , μ and g .

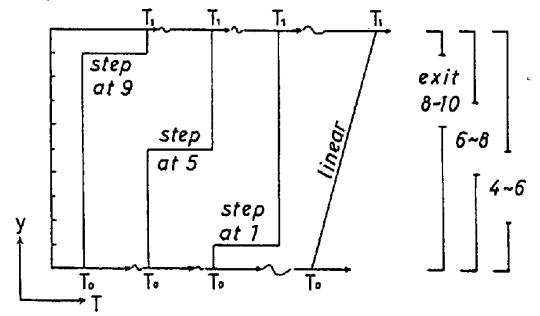


Fig.3 Starting temperature profile and the exit position setting.

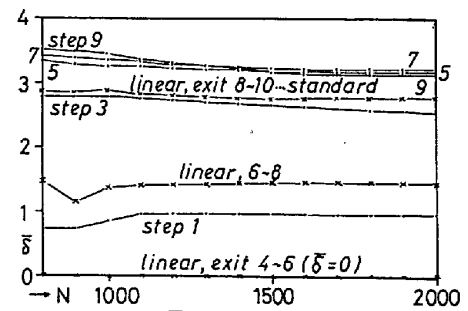


Fig.4 N vs. $\bar{\delta}$ for various starting temperature and exit position.