

(709) 鉛直方向の直流磁場による熔融金属の表面波動の抑制

名古屋大学大学院

○小塚敏之

名古屋大学工学部

浅井滋生, 榎 巖

1. 緒言 熔融金属は電気伝導性流体であり, 直流磁場の印加によって表面波動の抑制が期待できる. 熔融金属の波動は, 双ロール法における溶湯プールや連続法のメニスカス部など, 多くの冶金プロセスにおいて見られ, その抑制は重要な課題である. 本研究では, 鉛直磁場(熔融金属表面に垂直な方向の磁場)を印加し, 表面波動の減衰挙動を調べるとともに, その理論解析を行った.

2. 理論 解析に用いる座標系と, 変数を Fig.1 に示す. 表面には定常波があり, その流速の y 方向成分は v , z 方向成分は w とした. 誘導される電流密度は (1) 式から, y 成分と x 成分であることがわかる, $J = \sigma(V \times B) \dots (1)$. 電流のベクトルポテンシャル ψ ($J \equiv \nabla \times \psi \dots (2)$) を導入し, 磁場の輸送方程式に代入すると, (3) 式が得られる, $\nabla^2 \psi = -\sigma \nabla \times (V \times B) \dots (3)$. (3) 式と連続の式: $\nabla \cdot V = 0 \dots (4)$ と運動方程式: $\rho(\partial V / \partial t) = -\nabla P + F \dots (5)$ を連立させて解くと, 波動を抑制する制動力 F_y が決定できる, $F_y = \sigma B_z^2 \alpha \dots (6)$. $\alpha = 1 - \tanh(\xi \ell) h_0 / \xi \ell \dots (7)$, 制動力は波高の減衰挙動より求めることができる. (6) 式より電磁気力による減衰定数 D_m は (8) 式となる, $D_m = \beta \sigma B_z^2 \alpha / 2\rho \dots (8)$. ここで, β は微小振幅波理論の適用に伴う補正定数である.

3. 実験 Fig.2 に実験装置の模式図を示す. 永久磁石の磁極間に水銀の入ったアクリル製容器を置き, 振動板を振動させて, 波動を発生させた. 振動数に応じてストッパーの位置を調節し, 容器内に 1 波長の定常波ができるようにした. 次に, 振動板を停止させ, 波の腹の位置における湯面高さの経時変化を測定した. 測定系を Fig.3 に示す. 容器の側面から入射されたレーザースリット光は, 波高に比例して光量が減少する. これをラインセンサーにより検出し, FFT アナライザに入力する. アナライザにより周波数を測定し, 定常波となる振動条件下で減衰挙動を測定した. その一例を Fig.4 に示す. 実験から得られた減衰定数と (8) 式による計算値との比較を Fig.5 に示す. ここで, $\beta = 0.5$ とした.

4. 結言 鉛直方向の直流磁場が表面波動の抑制に及ぼす効果について実験と理論解析を行った. 直流磁場の他の印加の方法と比較して, 本法の場合には大きな抑制効果が期待できる.

<記号> B, B_z : 磁束密度 (T), f : 周波数 (1/s), 2ℓ : 容器の幅 (m), P : 静圧 (Pa), θ : 時間 (s), ρ : 密度 (kg/m^3), σ : 電気伝導度 ($1/\Omega \cdot \text{m}$), ξ : 波数 (1/m), λ : 波長 (m), ω : 角周波数 (1/s)

<文献> 1) 小塚, 浅井, 榎: 鉄と鋼, 72(1986) 5, S718

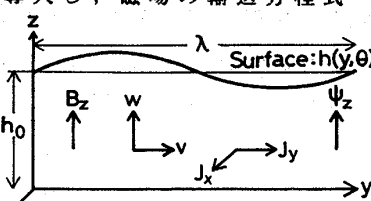


Fig.1. Coordinate system.

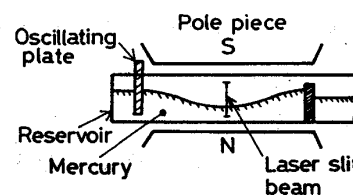


Fig.2. Schematic view of experimental apparatus.

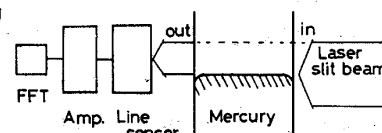
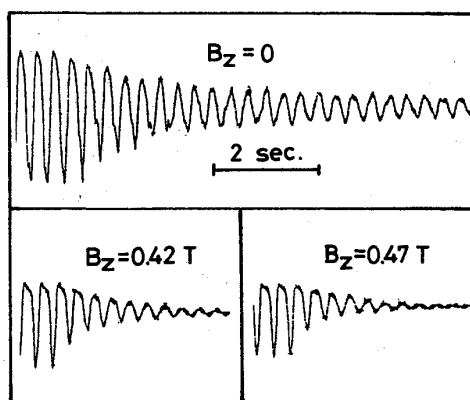
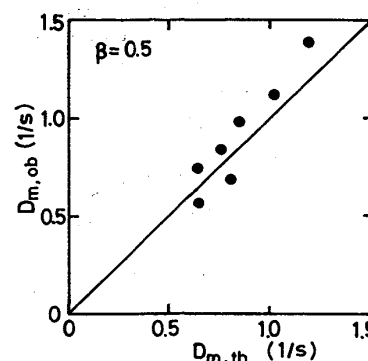


Fig.3. Schematic diagram of measurement system.

Fig.4. Effect of magnetic field on damping wave motion.
($\lambda = 76 \text{ mm}$, $f = 3.8 \text{ Hz}$)Fig.5. Comparison of theoretical values of D_m and observed ones.