

(716) 溶融金属表面波動の抑制に及ぼす直流磁場の効果

名古屋大学大学院  
名古屋大学工学部

○小塚敏之  
浅井滋生 榎 康

1. 緒言 溶融金属は電気伝導性流体であり、磁場の印加により溶融金属表面の安定化を図ることが可能であると考えられる。本研究では、直流磁場を用いて溶融金属表面の波動の減衰挙動に及ぼす磁場の効果を理論的に解析し、実験により理論の検証を行った。

2. 理論 磁場中を電気伝導性流体が運動する際、流体中に誘導電流が生じ、それと印加されている磁場により電磁体積力 ( $f = J \times B$ ) が発生する。この体積力は流体の運動方向とは逆向きに働き、流体の運動を抑制する。溶融金属表面の波動についても、同様の原理により、その抑制が期待できる。

溶融金属表面の位置を  $\eta$  で表わすと、壁との摩擦と磁場が存在しない場合には、 $\eta$  の波動方程式は線形小振幅波理論により次のように与えられる<sup>1)</sup>。 $\rho d^2 \eta / d \theta^2 + \rho \omega^2 \eta = 0$  (1), ここで、 $\omega$  は表面波の角周波数であり、(1)式は力のつりあいを表わしている。磁束密度  $B_0$  の存在のもとで、速度 ( $d \eta / d \theta$ ) で振動する波動表面に生じる誘導電流  $J$  は次のようになる。 $J = \sigma B_0 (d \eta / d \theta)$  (2), (2)式により電磁体積力  $f_m$  は次式で表わされる。 $f_m = J \times B_0 = \sigma B_0^2 (d \eta / d \theta)$  (3), 摩擦による体積力  $f_d$  を次式のように表わす。 $f_d = (\rho D_f / 2) (d \eta / d \theta)$  (4), 摩擦と磁場の存在下では(1)式は次のように修正される<sup>2)</sup>。 $d^2 \eta / d \theta^2 + 2 D d \eta / d \theta + \omega^2 \eta = 0$  (5),

$D = \alpha (\sigma B_0^2 / 2\rho) + D_f$  (6),  $\alpha$  は有効係数であり、実験により求められる。(5)式を解くと、(7)式で示される指数関数で振幅が減衰する振動解が得られる。 $\eta = \eta_0 \exp(-D \theta) \cos\{(\omega + D) \theta\}$  (7),  $D$  は減衰定数であり、壁との摩擦から生じるものと磁場によるものの和で表わされる。

3. 実験 実験装置の模式図をFig. 1に示す。電磁石の磁極①の間に、水銀を入れた矩形容器②を置く。容器の一端に設置された振動板③をモーターで駆動し、水銀浴の表面に定常波を発生させる。定常波動状態からモーターを止め、表面波動の減衰挙動を容器の内壁に装着した変位計④(白金線と液本体間の電気伝導検出器)で検出した。

4. 結果と考察 測定されたデータの波高減衰挙動をFig. 2に示す。周期が小さいものは減衰が速く、かつ磁場の効果は小さい。Fig. 2から得られる減衰定数を  $B_0^2$  に対してプロットしたものがFig. 3である。(6)式と(7)式から理論的に示されたように、減衰定数と  $B_0^2$  の間には直線関係がみられる。Fig. 3からパラメータ  $\alpha$  を求めると、 $\theta_0 = 0.34s$  の場合には 0.04,  $\theta_0 = 0.9s$  の場合には 0.12 となった。このように  $\alpha$  が小さい値をとる理由は、磁場が浴全体に印加されていないためであると考えられる。

<記号>  $B_0$ : 磁束密度(T),  $f_m$ : 電磁体積力 ( $N/m^3$ ),  $f_d$ : 摩擦による体積力 ( $N/m^3$ ),  $D_f$ : 摩擦による減衰定数 (1/s),  $\theta_0$ : 波動の周期(s),  $\rho$ : 密度 ( $kg/m^3$ ),  $\sigma$ : 電気伝導度 ( $1/\Omega m$ ),  $\theta$ : 時間(s),  $\eta$ : 波動の初期振幅(m)

<文献> 1) B. M haut ; 応用流体力学入門 東京大学出版会 (1979)

2) 有山 正孝; 振動・波動演習 裳華房 (1985)

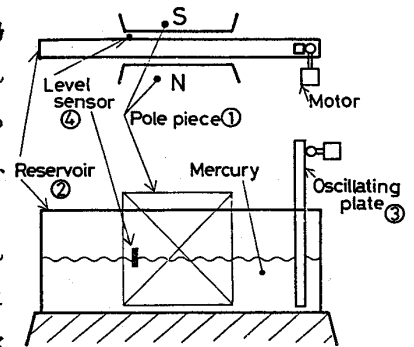


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

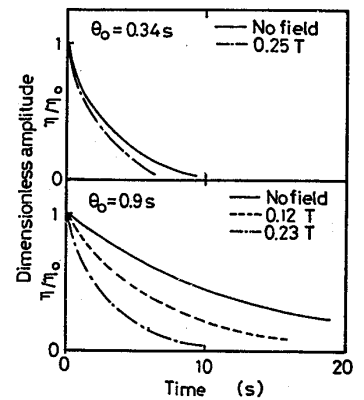


Fig. 2. Damping curve.

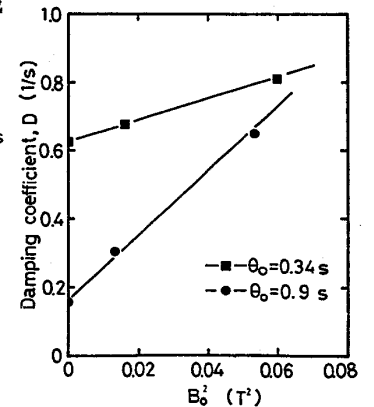


Fig. 3. The effect of magnetic field on damping coefficient.