

住友金属工業(株)中央技術研究所 阪本喜保 ●小林純夫 石村進

1. 緒言： 回転磁界を用いる電磁攪拌における電磁力及び流動速度の解析を行なったので報告する。
2. 問題の設定： 図1に示す如く無限長円柱導体が、無限長の回転磁界発生装置の中にある場合を考え導体に働く電磁力及び乱流を仮定して流動速度を求める。

3. 電磁力：ベクトル・ポテンシャルを  $A_z$  とすると電磁力は(1)式で与えられる。

$$F_{\varphi}(r) = \frac{1}{2} N^2 \sigma (\Omega_0 - \Omega) |A_z|^2 / r \dots (1) \quad \text{とくに } b \approx a, N = 1 \text{ (2極) のとき}$$

$$F_{\varphi}(r) = \frac{B_0^2}{2\mu_0 r} \left| \frac{I_1(ar)}{I_1'(aa)} \right|^2 \quad a = \sqrt{j(\Omega_0 - \Omega)\mu_0 \sigma} \dots (2)$$

さらに  $a/\delta \ll 1$  のとき (低周波近似),  $\delta = \sqrt{2/\sigma\mu_0(\Omega_0 - \Omega)}$

$$F_{0\varphi}(r) = \frac{1}{2} \sigma r (\Omega_0 - \Omega) B_0^2 \dots (3)$$

導体表面電磁力  $F_{\varphi}(a)/F_{0\varphi}(a)$  及び導体内電磁力分布  $F_{\varphi}(r)/F_{\varphi}(a)$  を図2, 3に示す。

4. 流動速度：電磁力として(3)式を採り, 1-equation model を用いた。

$$-\frac{1}{r^*} \frac{d}{dr^*} \left[ \eta_{eff}^* r^{*3} \frac{d\omega^*}{dr^*} \right] = M^2 (1 - \omega^*) \dots (4) \quad \eta_{eff}^* = 1 + \eta_t^* \quad (7)$$

$$\eta_t^* = Re K^{*1/2} \ell^* \quad (8)$$

$$-\frac{1}{r^*} \frac{d}{dr^*} \left[ \Gamma_k^* r^* \frac{dk^*}{dr^*} \right] = \eta_t^* \left[ r^* \frac{d\omega^*}{dr^*} \right]^2 - C_D \cdot Re K^* K^{*1/2} / \ell^* \dots (5) \quad \Gamma_k^* = \eta_t^* / 0.9 \quad (9)$$

$$C_D = 0.09 \quad (10)$$

$$\ell^* = C_D^{1/4} (0.14 - 0.08 r^{*2} - 0.06 r^{*4}) \dots (6)$$

$M = 1 \sim 128$ ,  $Re = 10^3 \sim 1.6 \times 10^4$  の範囲で約120条件の数値計算を行なった。結果の一例を図4に示す。中心部回転度  $\omega^*(0)$  は, ほぼ  $\sqrt{N} \cdot Re^{1/15}$  の関数で与えられる。

記号： $\Omega_0, \Omega$ ；磁界，導体の回転角速度， $\mu_0, \sigma$ ；導体透磁率，導電率， $B_0$ ；中心磁束密度， $\omega^* = \Omega/\Omega_0$ ,  $r^* = r/a$ ,  $K^* = K/(a\Omega_0)^2$ ,  $Re = \rho a^2 \Omega_0 / \eta$  (=レイノルズ数),  $\eta$ ；粘度

$M = \sqrt{\sigma/2\eta} B_0 a$  (=ハルトマン数),  $N = M^2/Re$  (=相互作用変数),  $I_1$ ；変形Bessel関数

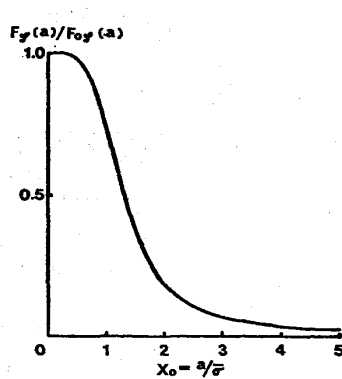
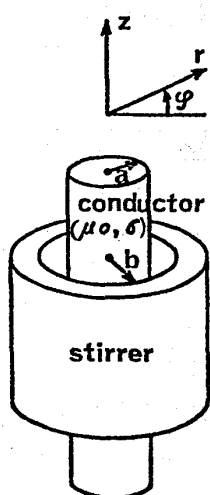


図2. 導体表面電磁力

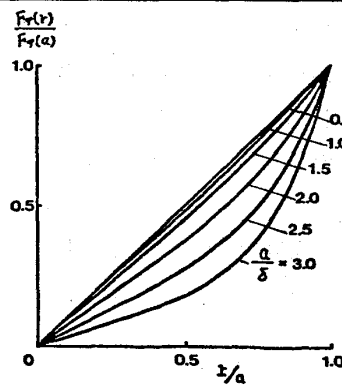


図3. 導体内電磁力分布

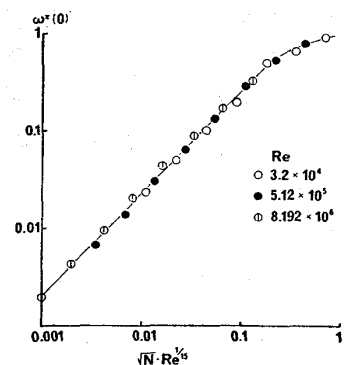


図4. 中心部回転速度

図1. 問題の設定

文献：1) Tacke, et al ; Stahl u. Eisen 99(1979)7,

2) Spalding ; VDI-Forsch 549,5