

(127) ESRにおけるスラグとメタルの流動と熱移動に関する理論解析

名古屋大学 工学部

井上道雄・岩崎哲夫

1. 緒言 前報等¹⁾²⁾の解析手法を用いて、ESRのスラグ相だけでなくメタル相の流速分布と温度分布とメタル相の流動領域をスラグ相のそれと同等の大きさであるとした場合の理論計算を行なった。次に、印加電流を変化させた場合のメタル相の温度分布への影響を調べた。

2. 計算手法 (1)式は流動の駆動力を求める際に用いる基礎式であり、(2)式は発熱量を求める場合の基礎式である。これらを、流動の基礎式であるナビヤーストークス式の(3)式と、熱移動の基礎式であるエネルギーの方程式の(4)式にそれぞれ代入して解くと、スラグ相およびメタル相の流速分布と温度分布が得られる。スラグメタル界面では、流動に関しては(5)式の、熱移動に関しては(6)式の境界条件を適用した。ここで(5)式は界面でのすべりが無い場合であり、(6)式は界面で半径方向に熱移動がないという場合を想定したものである。

3. 計算結果なるべに考察 スラグ相とメタル相の流動は互いに密接な関連を持っている。スラグ相の流速は、それだけ考えた場合よりも全体としては低下する。スラグメタル界面では、相界面ではすべらないという条件があり、そのためメタル相上部は、この摩擦力のため、電磁気力による流動とは逆回転の流動となる。しかし、メタル相下部では流速は下がるも、本来の方向に回転している。

メタル相の温度分布は、物性値が温度によって変化しないと仮定すると、Fig. 1 に示したように求められる。

Fig. 1 は半径55mmの小型ESRを対象とした場合の計算結果である。ここで左端はESRの中央、右端はヒールド、上端はスラグメタル界面、下端は流動領域を意味する。操業電流を900A, 1800A, 2700A, 3600Aとして、メタル相の温度分布の変化を調べた。1500°Cの等温線は操業電流を大きくすると、しだいに中央部での凹みが大きくなることがわかる。

〔使用記号〕 C_p : 比熱, F : 体積力, g : 重力加速度, H : 磁界の強さ, i : 電流密度, J : 熱の仕事当量, m : メタル, P : 圧力, r : 半径方向距離, s : スラグ, T : 温度, v : 速度, z : 高さ方向距離, κ : 熱伝導度, μ : 粘性係数, ρ : 密度, σ : 電気伝導度, w : 発熱量

〔参考文献〕 1. 井上道雄, 浅井滋生, 岩崎哲夫: 鉄と鋼 62(1977) 5597, 2. 井上道雄, 岩崎哲夫: 特殊精錬部会提出資料 特1-9

Fig. 1 印加電流の強さによる凝固界面の変化の状態
- 4 1978年6月20日

$$F = \mu \cdot i \times H \quad (1)$$

$$w = i^2 / \sigma \quad (2)$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\nabla P + \mu \nabla^2 v + F + \rho g \quad (3)$$

$$C_p \rho \frac{DT}{Dt} = \kappa \nabla^2 T + \frac{w}{J} \quad (4)$$

$$\mu_m \frac{\partial v_{z,m}}{\partial r} = \mu_s \frac{\partial v_{z,s}}{\partial r}, v_{r,m} = v_{r,s} \quad (5)$$

$$\kappa_m \frac{\partial T_m}{\partial z} = \kappa_s \frac{\partial T_s}{\partial z}, T_m = T_s \quad (6)$$

