

(682) 鋳型なし連続鋳造法の成立条件

- 電磁力による熔融金属保持の検討 - I -

住友金属工業㈱ 総合技術研究所 ○小林純夫

和歌山製鉄所 石村 進

I. はじめに

熔融金属を電磁力で保持して、鋳型を使用せずに鋳込む、いわゆる鋳型なし連続鋳造法が、アルミニウムに対しては実用されている。鋳型なしに鋳込むことができれば、鋳型や潤滑剤に起因する表面欠陥を防止できるという利点がある。溶鋼はアルミニウムにくらべ比重が大きく、電気伝導度が小さなことから鋳型なし連続鋳造に関しては不利であると考えられる。簡単な模型を用いて、鋼の鋳型なし連続鋳造法の可能性を検討した。

II. 理論検討

Fig.1 に示すように、適切な磁場分布によって熔融金属がほぼ円柱状に保持されている場合を考え、 $z=0$ 面内の磁場分布は、一様磁場中に無限長円柱が存在する場合の解で近似できると仮定する。

1. 熔融金属保持高さ：表面張力を無視し、 $z=0$ 面上での力の釣り合い、 $Fr = \partial P / \partial r$ を考慮すると、

$$h(r) = \frac{B_s^2}{2\mu_0 \rho g} \left[1 - \frac{\text{ber}^2(\epsilon r) + \text{bei}^2(\epsilon r)}{\text{ber}^2(\epsilon a) + \text{bei}^2(\epsilon a)} \right]; h(0) = \frac{B_s^2}{2\mu_0 \rho g} \left[1 - \frac{1}{\text{ber}^2(\epsilon a) + \text{bei}^2(\epsilon a)} \right], \quad (1)$$

を得る。ここで、 $h(r)$ ：熔融金属形状、 B_s ： $z=0$ における表面磁場、 μ_0 ：真空透磁率、 ρ ：熔融金属密度、 g ：重力加速度、 ber 、 bei ：Kelvin関数、 $\epsilon = (\omega \sigma \mu_0)^{1/2}$ 、 ω ：角周波数、 σ ：熔融金属電気伝導度、 a ：熔融金属最大半径、である。熔融金属保持高さ $h(0)$ と a/δ 、($\delta = (2/\omega \sigma \mu_0)^{1/2}$)の関係をFig.2に示す。 $a/\delta \geq 5$ では、ほぼ、 $h(0) = B_s^2 / (2\mu_0 \rho g) \dots (2)$ であり、このとき $h(r)$ は、ほぼ円柱状になる。このとき、 $B_s^2(z) / 2\mu_0 = \rho g(h(0) - z) \dots (3)$ がさらに必要である。

2. 消費電力：(2)、(3)式が成立するとき、単位面積あたり発熱量 q 、全発熱量 P_T は、それぞれ次式で与えられる。 $q(z) = \frac{1}{2} \rho g(h(0) - z) \omega \delta \dots (4)$ 、 $P_T = (a/\delta)(\rho g / \sigma \mu_0) \pi h(0) \dots (5)$

3. 鋳造速度：熱放射 q_r によって、 $z=0$ で表面が凝固する条件は、次式で与えられる。

$$V < 4(q_r - q(z))^2 h(0) / (\pi \lambda \rho C \Delta T^2), \quad q_r > q(0) \dots (6)$$

ここで、 λ ：熱伝導度、 C ：比熱、 ΔT ：過熱度。

III. 結果

上記結果に基づいて求めた数値例をTable.1に示す。電磁力を用いて溶鋼を保持することはさほど困難ではないが、連続鋳造を実現するためには、鋳造速度を低い値に保つ必要がある。

Table.1 Calculated results	
given	$a = 0.075\text{m}$
conditions	$h(0) = 0.05\text{m}$ $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
Operating	$\omega/2\pi = 1.58\text{kHz}$
conditions	$B_s = 0.1\text{T}$ ($a/\delta = 5$) $P_T = 3\text{kW}$ $V_c \leq 1.25 \times 10^{-3} \text{ms}^{-1}$

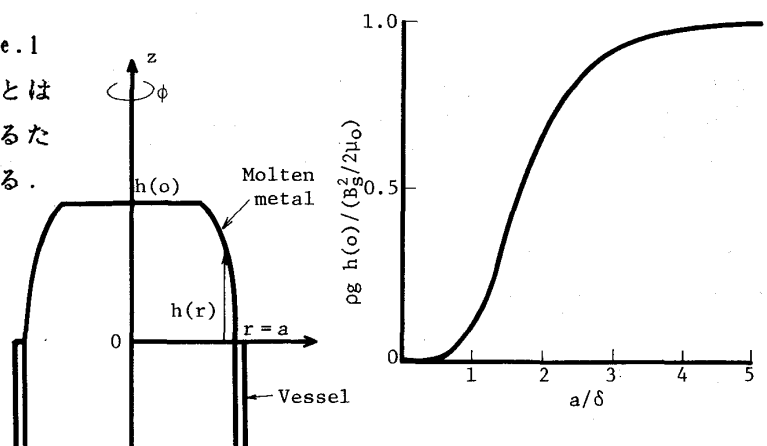
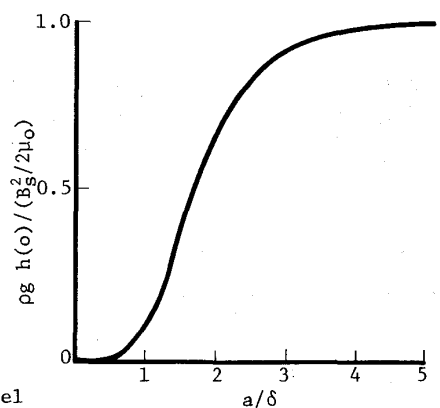


Fig.1 Analytical model

Fig.2 Frequency dependence of held height $h(0)$