

(685) 薄板の水平式電磁鑄造と安定性解析

名古屋大学大学院

○小塚敏之, 大林譲治

名古屋大学工学部

浅井滋生, 鞭 巖

1. 緒言 電気伝導性流体である熔融金属に, 直流電流と直流磁束を印加すると, その内部に電磁気力が誘発され重力に抗して熔融金属を空中に浮揚させることができる。水平式電磁鑄造はこの原理により, ノズルから流出する熔融金属を浮揚させ連続的に凝固させるものであり, 前報¹⁾では丸棒の鑄造が可能であることを示した。本報では, 薄板の水平式電磁鑄造について, 試行実験を行ったので報告する。この電磁鑄造では鑄型内凝固に伴う表面欠陥が一掃されるばかりでなく, 圧延工程の大幅な省略が期待できるものと考えられる。

2. 実験 実験装置をFig. 1に示す。スリット状のノズル(15mm×3mm)を備えたアルミナ製のつばに, 熔融Bi-Sn-Zn合金(m.p.130℃, 密度8500kg/m³)を入れ, 湯面の位置を一定に保って, 熔融部(ノズルから凝固界面までの部分)に電流と磁束が互に直交する方向に印加し, 電極を連続的に水平移動させて薄板の連続鑄造を行った。熔融部の断面形状は, 表面張力によりスリット孔の形状よりも円形に近くなるが, その変化量は小さいため, 製品では薄板の形状が保持される。ノズル先端の溶湯の過熱度は約20℃, 磁束密度は0.5T, 電流は7~9A, 鑄造速度は0.1~0.2mm/sで実験を行った。得られた製品の一例をPhoto 1に示す。

3. 理論解析 本鑄造法の基本原理は電磁体積力と重力の釣り合いであり, 次式で表される。 $\rho g = JB \dots (1)$ 。熔融部の断面形状を楕円と考えて, 曲率から導出される圧力の釣り合いより, 安定性の評価が可能である。熔融部の厚さと幅をそれぞれ t_s , w_s とする。外乱によって, $t_s \rightarrow t_s + \delta t = t$, $w_s \rightarrow w_s + \delta w = w$ と変化したとすると, 圧力の釣り合いから(2)式が得られる。 $\delta w = \alpha \delta t$, $\alpha = \{1 + 2\ell^2(1/w_s^2 + 2w_s/t_s^3)\} / \{1 + 2\ell^2(1/t_s^2 + 2t_s/w_s^3)\} \dots (2)$ 。熔融部に働く圧縮力 P_1 と拡大力 P_2 の差は $\Delta P \equiv P_1 - P_2 = \{2w/t_s^2 + (\Delta w + \alpha \delta t)/\ell^2\} - \rho gh$, $\Delta w = w_s - w_n \dots (3)$ となる。自己制御性が成立する条件は $\{d(\Delta P)/dt\}_{t=t_s} > 0$ であり¹⁾, 熔融部の長さ ℓ の上限が $\ell_0 = [\{(t_s^2 + w_s^2) + \sqrt{(t_s^2 + w_s^2)^2 + 12t_s^2 \cdot w_s^2}\}/12]^{1/2} \dots (4)$ となる。本実験条件では, ℓ_0 は(4)式から5.9mmとなるが, 実際の ℓ は約3mmであり, 安定鑄造が可能であった。

4. 結言 低融点合金を用いた電磁鑄造実験により, 薄板の水平式電磁鑄造の可能性を見い出した。なお, 理論解析により, 安定操作条件を明らかにした。

<記号> B: 磁束密度(T), g: 重力加速度(m/s²), J: 電流密度(A/m²), ℓ : 熔融部の長さ(m), t_s , w_s : 凝固界面での熔融部の厚さと幅(m), w_n : ノズル幅(m), ΔP : 圧縮力と拡大力の差(N/m²), γ : 表面張力(N/m), ρ : 溶湯の密度(kg/m³)

<文献> 1) 浅井, 小塚, 鞭: 鉄と鋼, 72(1986), p2218

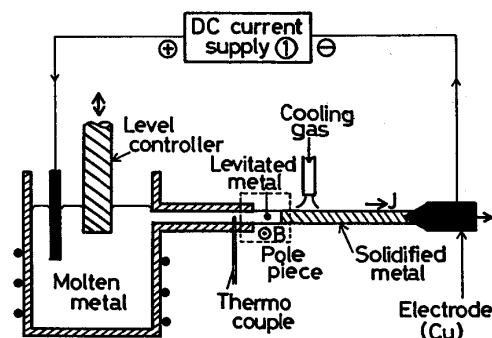


Fig. 1. Schematic view of experimental apparatus.

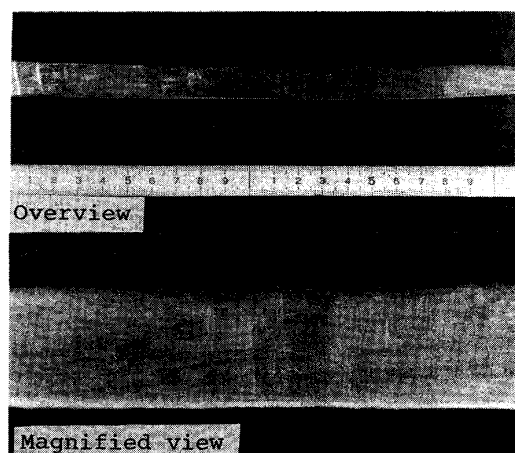


Photo. 1. Horizontal electromagnetic cast thin plate.