

(854)

溶融金属フィルム流の挙動と電磁気力の効果

名古屋大学大学院

○小塚敏之

名古屋大学工学部

浅井滋生 鞭 巖

1. 緒言 薄板の直接成形プロセスの一つである双ロール法では、安定した溶鋼フィルム流の形成が重要な課題となっている。しかし、溶鋼は表面張力が高いために、均一で安定なフィルムを形成させることは困難なものと推察される。本研究では、水模型実験によるフィルム挙動の観察を行い、溶融金属フィルム流の挙動について流体力学に基づいた解析を行った。さらに、フィルム表面に高周波磁場を印加することを想定して、フィルム流の挙動に及ぼす電磁気力の効果について理論的に検討した。

2. 水模型実験 実験により次のような知見を得た。

(1)、落下フィルムは、表面張力により幅方向に収縮し、フィルムの側端に、フィルム状でない領域が出現する。(2)、フィルムの部分の流体は、鉛直下向きに自由落下する。(Fig. 1)

3. 数学的モデル 全系をフィルムの領域(I)とその側端のフィルムでない領域(II)に分ける。(Fig. 2)

<領域(I)の解析> 自由落下の式に従うと、流速  $u_x(x)$ 、フィルム厚さ  $t(x)$  は次のように表わされる。

$$u_x(x) = \{2gx + u_0^2\}^{1/2} \dots (1), \quad t(x) = u_x(x) / u_0 t_0 \dots (2)$$

<領域(II)の解析> 領域(II)における物質収支と運動量収支により、領域(II)の流速  $v(x)$ 、面積  $s(x)$ 、フィルム側端の傾斜角  $\psi(x)$  に関する式が得られる。

$$\bullet \text{物質収支式; } s(dv/dx) + v(ds/dx) - t_0 u_0 \tan \psi = 0 \dots (3)$$

$$\bullet \text{運動量収支式 } x \text{ 成分; } d(sv^2 \sin \psi) / dx - 2\gamma / \rho = 0 \dots (4)$$

$$x \text{ 成分; } d(sv^2 \cos \psi) / dx - u_x^2 t \tan \psi + 2\gamma \tan \psi / \rho - g s \sec \psi = 0 \dots (5)$$

(3)~(5)式を解いた結果と水模型実験結果の比較を Fig. 3 に示す。

4. フィルム流に及ぼす電磁気力の効果 フィルム内の電磁場の解析より、磁場と電流密度は次式のように表わされる。

$$H(y) = H_0 \frac{\cosh(y/\delta)}{\cosh(t/2\delta)} \cos \omega \theta \dots (6), \quad J(y) = \frac{H_0}{\delta} \frac{\cosh(y/\delta)}{\cosh(t/2\delta)} \cos \omega \theta \dots (7)$$

(6), (7)式より得られる体積力 ( $f = J \times B$ ) を考慮して、フィルム幅の収縮を抑制する磁場の効果を求め、Fig. 4 に示す。また、理論計算からジュール熱によるフィルムの温度上昇は、70~100 (K/m) となる。

(記号)  $u_0$ : フィルム初速度 (m/s),  $t_0$ : フィルムの初期厚さ (m),  $w(x)$ : フィルム幅 (m),  $w_0$ : 初期フィルム幅 (m),  $\rho$ : 密度 (kg/m<sup>3</sup>),  $\gamma$ : 表面張力 (N/m),  $g$ : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>),  $H_0$ : 外部磁場 (A/m),  $\omega$ : 角周波数 (1/s),  $f$ : 周波数 (1/s),  $\delta$ : 表皮厚さ (m),  $\theta$ : 時間 (s)

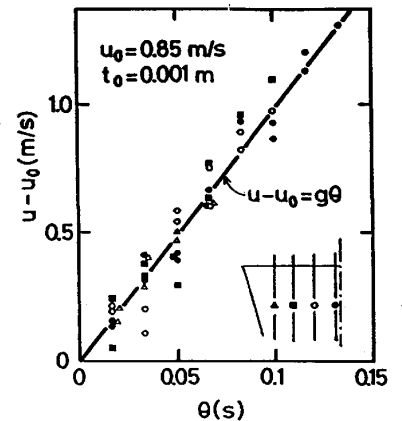


Fig.1 Falling velocity of film in Region(I)

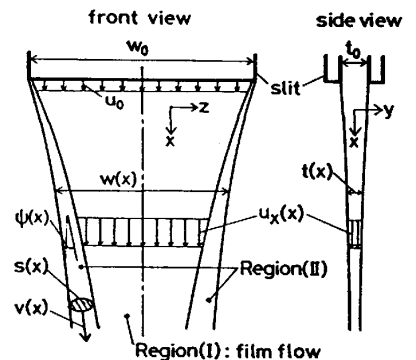


Fig.2 Schematic model for falling film

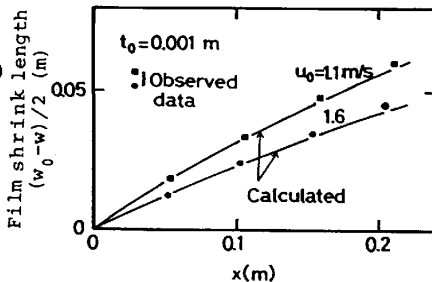


Fig.3 Comparison of observed film profiles with calculated ones

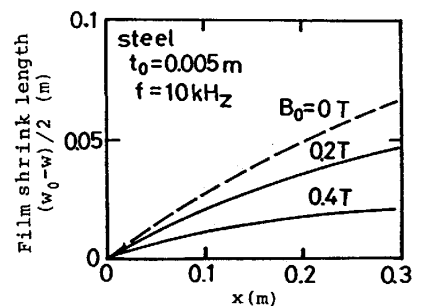


Fig.4 Electromagnetic effects on film shrinkage