

(137)

連鑄鑄型内初期凝固現象に及ぼす鑄型振動条件の影響

川崎製鉄 技術研究所 ○榎谷敏和 理博 江見俊彦

Royal Inst. Technology (Stockholm) L. Ringsjö

1. 緒言: 連鑄鑄片の鑄型内初期凝固現象は, 鑄片表面欠陥と密接に関わるため, 伝熱測定や熱弾塑性応力解析などによる解明が試みられている。しかし, 鑄型/鑄片間のスラグ膜やエアギャップによる伝熱抵抗は, 空間的・時間的に平均された量として扱われ, 鑄型振動による変化が考慮されていない。

本報では, 伝熱計算と凝固組織から鑄型/鑄片間の伝熱境界条件の鑄型振動による周期的変化を明らかにし, これを取込んだ2次元伝熱モデルを検討した。

2. 方法: 垂直鑄型で振動条件を変えて40キロ厚板用鋼スラブを鑄込み, 鑄型銅板内伝熱測定により熱抽出量 q を求めた。温度を銅板表面 T_{cu} , 冷却水 T_w , 溶鋼 T_L , 伝熱抵抗を溶鋼/凝固殻 R_1 , 凝固殻内 R_2 , 凝固殻表面/スラグ膜/エアギャップ/銅板表面を一括して R_3 , 銅板内 R_4 , 銅板/冷却水 R_5 , h を総括熱伝達係数, k_s を凝固係数, z をメニスカスからの距離, u を引抜速度, K_s を凝固殻の熱伝導度とすれば,

$$q = Const. \times (T_{cu} - T_w) = h \cdot (T_L - T_w) \quad (1)$$

$$R_3 = \frac{1}{h} - (R_1 + R_2 + R_4 + R_5), \quad R_2 = k_s \left(\frac{z}{u}\right)^{1/2} / K_s \quad (2)$$

として R_3 を求めた。一方, 鑄片長・短辺面表層部のオッシレーションマークをコーリングエッチで調べ, デンドライトの分布の引抜方向にかけたの変化を求めた。

3. 結果: 鑄型/鑄片間の伝熱抵抗 R_3 の鑄型振動による変化を図-1に示す。横軸の鑄型下降速度 V が引抜速度より大きい時間 $t_{V \geq u}$ は既報¹⁾のようにオッシレーションマークの生成機構と直接関係し, 振動の周波数を f , 振幅を S , スラグ膜の平均厚さを \bar{d}_f , オッシレーションマーク部分の最大厚さを d_{max} , マークのピッチを l , ネガティブストリップを N とすれば,

$$t_{V \geq u} = (1/f) \left\{ (1/2) - (1/\pi) \sin^{-1} (u/2\pi f S) \right\} \propto (1/f) \quad (3)$$

$$\bar{d}_f \propto d_{max} \propto l = 2S/(1+N) = (u/f) \propto (1/f) \quad (4)$$

である。(3), (4)式から $t_{V \geq u}$ が増すと($\bar{d}_f \propto d_{max}$)が増大し, 従って R_3 が増すという定性的な関係が図-1により, $z = 400 \sim 500 \text{ mm}$ まで定量的に成立することが立証できた。 R_3 は微視的なエアギャップとスラグ膜の存在により生ずる。実際にはスラグ膜は平均厚さ \bar{d}_f の様なものではなく, 周期 l で著しく厚さが引抜方向に変化している。この変化が伝熱に及ぼす影響を, 鑄片表面から1~6mm内側におけるデンドライトと鑄片表面のなす角の引抜方向の変化として捉え図-2に示す。デンドライト主軸の角度の変化の周期は, 鑄片表面近くではオッシレーションマークのピッチ l と大体一致しており, マークの谷の両側ではデンドライト角度から判断して図-3のような2次元伝熱モデルを取入れる必要がある。新に考慮したこのモデルと, その計算結果と測定値の対比について述べる。

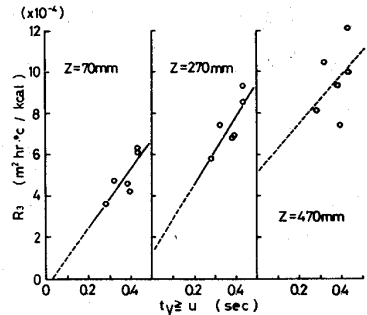


図1. R_3 の $t_{V \geq u}$ 依存性

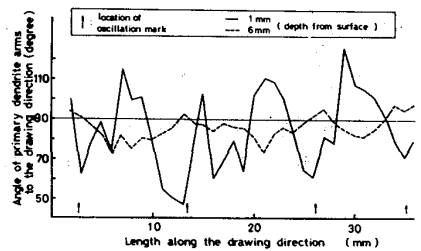


図2. デンドライト主軸角度の周期変化

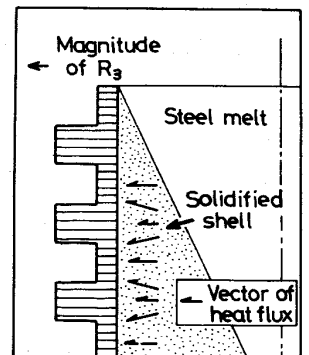


図3. 2次元伝熱モデル

1) T. Emiら; Proc. 61st NOH-BOSC, (Chicago, 1978), p. 356.