

(134) 双ロール法 splat cooling プロセスの理論解析

名古屋大学工学部 〇宮 沢 憲一  
マサチューセッツ工科大学 J. Szekely

1. 緒言 急速な冷却速度のもとで凝固した金属材料は物理的・化学的に特異な性質を有する場合があります。近年特に非晶質金属の物性研究が著しく増加しているが、物性研究用試料の製造プロセスにおける移動現象の研究は少ない。著者らは既に、従来報告されている種々の Splat cooling プロセスのうち単発的試料作製によく利用されるピストンアンビル法について、二つの冷却板の衝突時の融体の圧搾変形流動を考慮した冷却速度の推算手法を展開し操作変数の効果を検討した<sup>1)</sup>。本研究では、帯状急冷材料の連続製造が可能と考えられる双ロール法について、融体の流動と凝固後の固体流れを考慮した数学的モデルを展開して、速度場、温度場、見掛けの冷却速度の推算結果からプロセスの特性を検討する。

2. 数学的モデル 図1に双ロール法の模式図を示す。一般に  $H_4/\chi_4$  の比の値は小さい。基礎式の導出にあたり次の仮定を設けた。(a) ロールは変形しない。(b) 速度・温度の分布は各々  $\chi$  軸に関して対称である。(c) 融体と固体の流れは2次元で平面歪の問題として取り扱う。(d) 運動方程式を立てる際、 $(\partial v_x/\partial y)$  以外の速度勾配と  $y$  方向の圧力変化の寄与は無視できる。(e)  $\chi$  方向の熱伝導は無視できる。(f) 融体と固体の物性定数は各々温度に関して一定とする。2.1 速度場: 固体の流動に関して、高温金属の歪速度  $\dot{\epsilon}$  と応力  $\sigma$  の関係が(1)式で表わされる時、 $\chi$  方向の応力の釣合条件と塑性的非圧縮性の条件から上記仮定に基づき(2),(3)式が得られる。 $\dot{\epsilon} = A \sigma^m$  (1),  $\partial[(\partial v_x/\partial y)^{1/m}/B]/\partial y = dP_\Delta/d\chi$  (2),  $\partial v_x/\partial \chi + \partial v_y/\partial y = 0$  (3), ここで、 $B = \sqrt{3}^{1+1/m} \cdot A^{1/m}$ , 一方融体の運動方程式と連続の式は各々(4),(5)式で与えられる。 $\partial[\mu(\partial v_x/\partial y)]/\partial y = dP_\ell/d\chi$  (4),  $\partial v_x/\partial \chi + \partial v_y/\partial y = 0$  (5). ここで、 $v$ : 流速,  $P$ : 圧力,  $\mu$ : 粘性係数,  $\ell$ : 融体,  $\Delta$ : 固体

(2)~(5)式を適当な境界条件のもとで解くと、速度場の解析的表現が得られる。2.2 温度場と凝固: 仮定に基づき融体と固体内で熱収支を立てると次式が得られる。 $v_x(\partial T_i/\partial \chi) + v_y(\partial T_i/\partial y) = \alpha_i(\partial^2 T_i/\partial y^2)$  (6) ここで、 $T$ : 温度,  $\alpha$ : 熱拡散係数,  $i = \ell$  は融体,  $i = \Delta$  は固体を示す。(6)式は、流入温度一定、ロール間中心線上熱流束が0、固相線での潜熱放出およびロール表面上でのニュートン型冷却の境界条件のもとで陰解法により差分計算される。本モデルでは操作条件から  $\chi_1$  と、 $P_0$  の微分方程式と  $P_\Delta(-\chi_2) = P_\Delta(\chi_1)$  のもとで解いて  $\chi_2$  を求める。 $\chi_4$  の決定に温度場と  $y_0$  の試行錯誤計算が必要である。

3. 計算結果 Al の場合の物性値を使って融体流量  $q$ , ロール回転速度  $\omega$ , ロール表面伝熱係数  $h_c$  を種々変化させ速度場温度場を推算した。その例を図2, 3に示す。図2から融体の循環領域の存在、また図3から操作条件によってはロール間隙に留まる固体部分(斜線部)が生ずることが分かる。計算結果から、本プロセスの安定操業に関する操作変数の単一変動可能域が極めて狭いことが推定される。

(文献) 1. K. Miyazawa and J. Szekely: Met. Trans. 10B (1979), 掲載予定

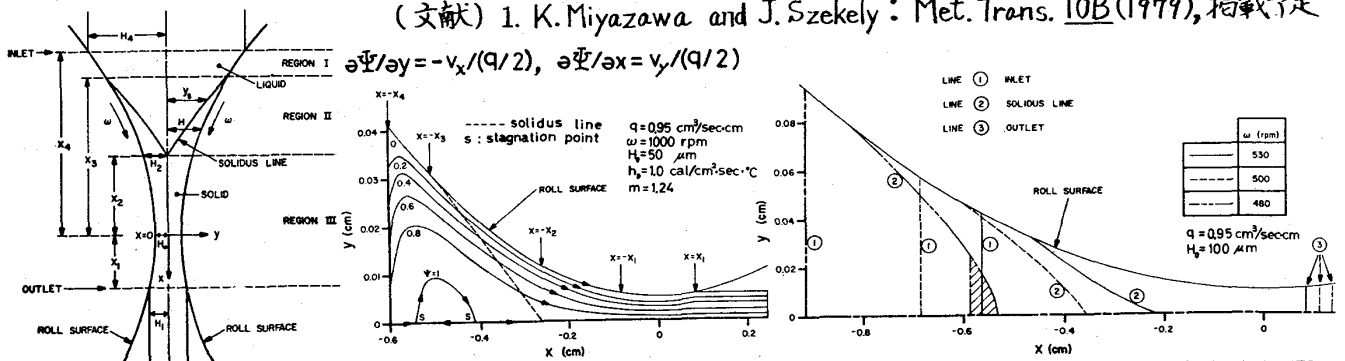


図1. 双ロール法の模式図 図2. 融体と固体のプロファイル 図3. 凝固形状に及ぼすロール回転速度の影響