

## (224) デンドライトピラミッド内の流速分布に関する理論的検討

(デンドライト樹間における流動と溶質移動に関する研究-第1報)

新日本製鐵(株) 広畑製鐵所 ○大橋徹郎 藤井博務  
工博 浅野鋼一

### 1. 緒言

鋼塊ならびに連铸々片のマクロ偏析生成や電磁攪拌による凝固組織改善を取り扱う上で、固-液界面を通しての溶質移動、熱移動におよぼすバルク流動の影響の検討が不可欠となる。従来、溶鋼流動をマクロ的に取り扱った例は多いが、これをデンドライト形状下のミクロ的流動として取り扱った例は高橋らの研究を除いて極めて少ないといえる。

本研究は固-液界面をピラミッド状と想定し、これに2次元流動モデルを適用し、デンドライト樹間内の流速分布ならびにバルク流動の浸透深さを検討したものである。

### 2. デンドライト状界面の境膜理論

デンドライト状界面をFig.1に示すようなピラミッド状に近似し、ここに2次元層流モデルを適用する。

運動の方程式:

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = U \frac{dU}{dx} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (1)$$

連続の方程式:

$$\partial u / \partial x + \partial v / \partial y = 0 \quad (2)$$

ここに、 $\nu$ は動粘性係数、 $U$ は主流速である。

他方、界面に沿う主流速 $U$ の変化は一般に次式で近似される。

$$U = A \cdot x^m, \quad dU/dx = C \cdot U^{2(\beta-1)/\beta} \quad (3)$$

ここに $A$ ,  $m$ は定数、 $\beta$ はPressure gradient parameterである。

ここで以下の無次元化変換を行い、(2)(3)式を用いて(1)式を書き直す

$$\xi = y [(1/\nu)(dU/dx)]^{1/2}$$

$$g = (\psi/U) [(1/\nu)(dU/dx)]^{1/2} \quad (4)$$

と、定数 $\beta$ を含む常微分方程式が得られる。

$$g''' + (1/\beta) g g'' + (1-g'^2) = 0 \quad (5)$$

これを解いた1例をFig.2に示す。バルク流速に応じたデンドライトピラミッド内の流速分布ならびに境膜厚が得られる。

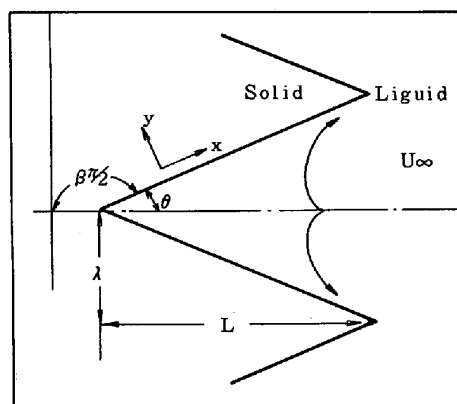


Fig.1 Schematic model of solid-liquid interface

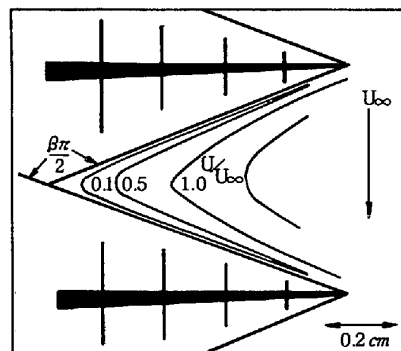


Fig.2 Interdendritic flow pattern

### 3. 樹間混合域

デンドライト樹間内流速分布をもとに、バルク流動の浸透深さが推定出来る。いま、デンドライト間中心軸上で $u/U = 1.0$ までの距離を固相率表示したものを樹間混合固相率と名づけ、バルク流速、デンドライト形状との関係を見るとFig.3に示すようになる。

バルク流速の増加につれて浸透深さは大きくなるが、それにも増してデンドライト形状因子 $\beta$ の影響の大なることが判明した。

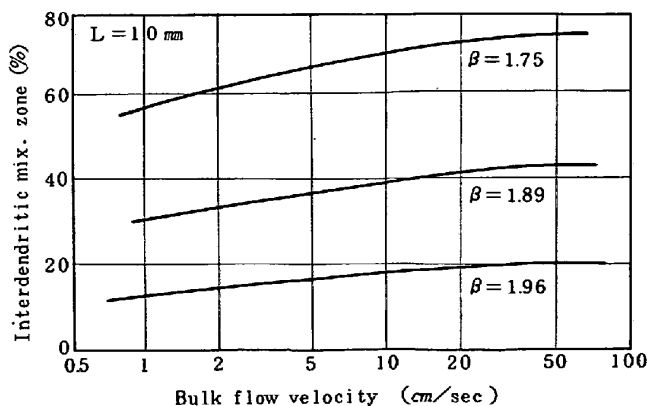


Fig.3 Interdendritic mixing zone

1) 高橋, 工藤他: 鉄と鋼, 61(1975) P.2198