

大阪大学産業科学研究所 ○村上健児, 相原博行(大学院), 工博 岡本平

1. 緒言: バルク融液の流動によって形成される負偏析の理論的取扱いは高橋らの「洗浄深さ」に基づく解析(1)と, これによらない池田, 小林の取扱い(2)があるが, 本研究では, 負偏析に影響する因子をさらに一般化した理論解析を行なった。

2. モデル: 主な仮定 (i) 固液共存域内の溶質元素の輸送は乱流拡散のみによる。(ii) 固体は柱状デンドライトとして成長する。(iii) 合金は単相で凝固する。(iv) 凝固は定常状態で進行する。

凝固前面からバルク融液方向へZ軸をとると固液共存域内での溶質保存は①, ②式で表わされる。

$$-R \frac{d\bar{C}}{dz} = \frac{d}{dz} (E_d f_L \frac{dC_L}{dz}), \text{ 境界条件: } z=0 \text{ で } \bar{C} = C_0, f_L = 1, z=-L \text{ で } \bar{C} = \bar{C}(-L), f_L = 0$$

$$-R \frac{d}{dz} (C_L f_L) = \frac{d}{dz} (E_d f_L \frac{dC_L}{dz}) - k_0 C_L R \frac{df_L}{dz} - W \quad \dots \text{ ②}$$

ここで,  $\bar{C}$ : 体積要素内の平均溶質濃度,  $C_L$ : 液体の溶質濃度,  $C_0$ : バルク融液の溶質濃度,  $R$ : 成長速度,  $E_d$ : 乱流拡散係数,  $f_L$ : 液相率,  $L$ : 固液共存域の幅,  $W$ : 固体内への拡散量 である。

一次アームスパーシング  $d$  と係数  $\alpha$  を用いて固液共存域内での混合距離を  $l = 5 \cdot d \cdot (1 + \frac{z}{L})$  とし, スリップ速度  $U$  と係数  $\alpha_0$  を用いて凝固前面近傍における固液共存域内での流速を  $U = U_0 (1 + \alpha_0 z)$  とする。スリップ速度はバルク融液の流速  $U_0$  の  $\eta$  倍であるとする。

プラントルの運動量輸送理論より  $E_d \approx l^2 |\frac{dU}{dz}|$  であるので①, ②式および上記の関係より, 次式が得られる。ここで,  $k_e$ : 実効分配係数,  $k_0$ : 平衡分配係数,  $K = \frac{1-k_e}{1-k_0}$ ,  $\theta = \alpha_0 \eta^2$  である。

$$K = \frac{df_L}{dz} \Big|_{z=0} / \left( \frac{R}{\theta d^2 U_0} + \frac{z}{L} + \frac{df_L}{dz} \Big|_{z=0} \right) \quad \dots \text{ ③}$$

$\frac{df_L}{dz} \Big|_{z=0}$  の値は, 溶質元素  $1, 2, \dots, i, \dots$  を含む多元合金では  $\frac{G}{\sum_i m_i C_{0i} (k_{0i} - 1)}$  ( $G$ : 温度勾配,  $m_i = \frac{\partial T_i}{\partial C_{0i}}$ ) となり, 二元合金では  $\frac{1}{k_0 L}$  となる。

3. 実験結果との比較: 溶湯流動下で一方凝固させたAl-Cu合金での負偏析の結果をFig.1に示す。直線は縦軸との切片が  $1+2k_0$  となるように引いた回帰直線であり, その傾きから  $\theta = 2.9 (m^{-1})$  となる。Al-8.8wt%Cu合金試料は等軸晶的な組織を有し, そのプロットは直線の下方面にある。高炭素鋼での負偏析に関する綾田らのデータ(3)から同様の方法で  $\theta$  を求めると  $6.0 (m^{-1})$  となった。Fig.2 に綾田らのデータおよび  $\theta = 6.0 (m^{-1})$  としたときの③式の関係を示す。Al-Cu合金と高炭素鋼での  $\theta$  の値の差異は両者でアームスパーシングの測定方法が異なるためであると考えられる。

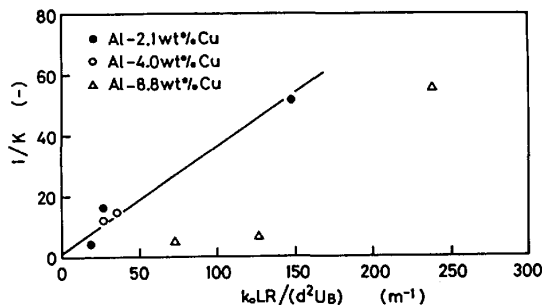


Fig. 1 Relation between  $1/K$  and  $k_0LR/(d^2U_0)$  in Al-Cu alloys

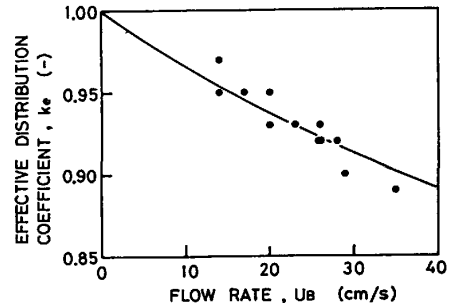


Fig. 2 Dependence of effective distribution coefficient of carbon on bulk flow rate in high carbon steel (3)

参考文献: (1)高橋忠義ら: 鉄と鋼, 61 (1975), 2198. (2)池田隆果, 小林純夫: 学振第19巻資料, (1983) 凝308. (3)綾田研三ら: 鉄と鋼, 67 (1981) 1278.