

(43)

鋼のミクロ凝固組織形成に関する一考察

新日鉄・広畑 技研  
Max Planck Institut.

○大橋 徹郎  
Dr. W. A. Fischer

1. 緒言

従来、セル組織、デンドライト組織などのミクロ凝固組織形成に関して主として固-液界面の温度勾配および凝固速度によって半定量的に取り扱われていた。本報告ではこの問題を界面における熱収支としてとらえ、上記因子以外に界面過冷度、固-液界面張力などの寄与を考察した。

2. 実験方法

ゾーンメルティング装置を用いての一方凝固を行い、凝固途中で溶鋼排出を行い、固-液界面を直接観察した。この界面形状より固-液界面張力を概算し、これを用いてミクロ組織形成を推定した。なお、実験に供した試料は純鉄およびFe-C系である。

3. 固-液界面張力

各凝固速度、溶媒濃度の場合の固-液界面形状の1例を写真1に示す。これらの界面先端の曲率半径r(cm)を突刺しGibbs-Thomsonの界面平衡式より、固-液界面張力σ(erg/cm<sup>2</sup>)が求まる。

$$\sigma = \rho \cdot H_s \cdot r \cdot \Delta T_0 / 2 T_s \quad (1)$$

このようにして得られたσ-c濃度の関係を図1に示す。

4. ミクロ組織形成機構

固-液界面形成の基本は界面近傍の過冷却を除去するため凝固潜熱を移動させるに必要な界面積の大きさに起因する。

先づ、平滑界面からセル界面への移行は、単位平滑界面積をS<sub>1</sub>=πR<sub>z</sub><sup>2</sup>とし、潜熱伝達に必要な理論界面積をSとして次式を示す。

$$S = \frac{\pi \cdot R_z^2}{\Delta T_0} \left[ n\sqrt{v} + \frac{1}{2} \left\{ \frac{v \cdot m \cdot C_{so}}{D} \left( \frac{1}{k_0} - 1 \right) - G_{Lo} \right\} v \right] \quad (2)$$

S<sub>1</sub> ≤ Sが临界条件となり、これは結果的にはB.Chalmers等の結論と一致する。これと同様にセルからデンドライト界面への移行は単位セル界面積S<sub>2</sub>を、

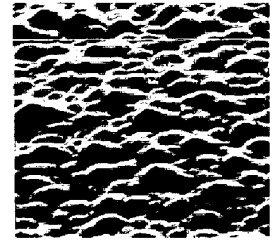
$$S_2 = 2\pi \cdot l_0 \sqrt{\Gamma \cdot l_0} \quad (3)$$

とすると、S<sub>2</sub> ≤ Sが临界条件となる。これは(1)(2)(3)式より

$$\frac{v \cdot m \cdot C_{so} (1 - k_0)}{D \cdot k_0} - G_{Lo} \geq \frac{8R_z \cdot H_s \cdot \rho \cdot \Delta T_0^2}{\pi^3 \cdot \sigma \cdot T_s \cdot v} - \frac{2n}{\sqrt{v}} \quad (4)$$

で示される。この式より、Fe-C系についてセルからデンドライトへの移行の临界濃度を各凝固速度別に計算し、実測値と対比させた結果を表1に示す。

<記号> ρ 溶鋼比重, H<sub>s</sub> 溶融熱(erg/g), ΔT<sub>0</sub> 界面過冷度, T<sub>s</sub> 界面温度, R<sub>z</sub> ミクロ組織代表半径(cm), v 凝固速度(cm/sec), m 液相線勾配, G<sub>Lo</sub> 界面温度勾配(%/cm), l<sub>0</sub> セルの高さ, C<sub>so</sub> 界面固相濃度, D 拡散係数, k<sub>0</sub> 平衡分配係数, n 凝固の動力学定数。



純鉄  
v=6.8 (cm/h)

セル界面 (x60)



Fe-0.34C  
v=14.9 (cm/h)

デンドライト界面 (x250)

写真1. 固-液界面形態

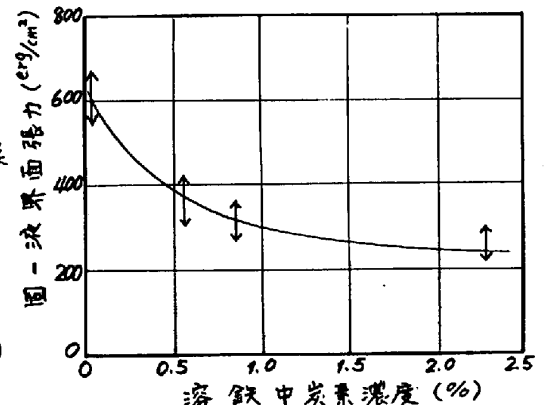


図1. Fe-C系の固-液界面張力

表1 セルからデンドライトへの移行条件

凝固速度 (cm/h)	临界濃度 (%)	
	実測値	計算値
1.14	0.1 ~ 0.2	0.19
6.80	0.015 ~ 0.025	0.016
14.90	0.0050 ~ 0.0080	0.0062