

(218) 柱状晶-等軸晶遷移におよぼす流動の影響

東京大学工学部

○鈴木俊夫

佐々木康

梅田高照

木村康夫

I 緒言 鑄塊の等軸晶帯の形成に関しては数多くの研究がなされ、現在では、等軸晶の生成と成長の問題に分離して考えられている。これらの問題に対する定量的理解はまだ十分でないが、BurdenとHunt¹⁾により行われたデンドライト先端温度の測定と解析は、柱状晶-等軸晶遷移の問題の定量的取扱いの糸口を与えている。本報告では、彼らの結果を用いて、柱状晶-等軸晶遷移に及ぼす凝固条件や流動の影響をモデル計算により検討する。

II 問題の定式化 柱状晶(すなわちデンドライト)の成長は、一般に相似な成長ではなく、先端の優先的な成長と考えられる。そして液相中で成長する等軸晶による潜熱が主としてデンドライト先端に流入するならば、むしろ等軸晶の成長は抑制され、柱状晶が成長する。これに対し、流動の影響により潜熱がデンドライトの側壁に大きく流入するならば、柱状晶の成長は抑制され、等軸晶が成長する。従って、柱状晶-等軸晶遷移の条件は、デンドライト先端と根本の熱流の比により表現できる。

III 計算方法 計算に用いるモデルを、図.1に示す。熱伝導方程式は、界面移動項は無視し($Pe \ll 1$)流れによる項のみを含んだ次式 $k \nabla^2 T - c_p \mathbf{u} \cdot \nabla T = 0$ を用いる。ここで、流れは、今考えている領域内では熱を運ぶのみと仮定する。このような仮定の下では、流れは温度と独立に求められ、その結果を上式に代入して熱伝導問題を解くことができる。また、デンドライト先端温度は、温度勾配、凝固速度(温度勾配に比例)により変化するが、流速にはよらないとする。計算は、Fe-0.1% C合金について行なった。なお、流れ、熱の解析には、有限要素法を用いた。

IV 結果 各流速における熱流比(図.1のa, b)の温度勾配に対する変化を図.2に示す。この熱流比は、流速が増加するにつれ減少していく。また、温度勾配が減少すると熱流比は流速1 mm/secでは単調に減少する。流速3 mm/sec以上では、温度勾配3~5 °C/cmで急激に減少し、極小値をもつ。この極小値は、流速3 mm/sec以上で1より小さくなり、デンドライト側壁への熱流入が著しくなることを示す。従って、自然対流(≤ 10 mm/sec)の存在下では、温度勾配が減少すると柱状晶-等軸晶遷移が容易に起こると考えられる。

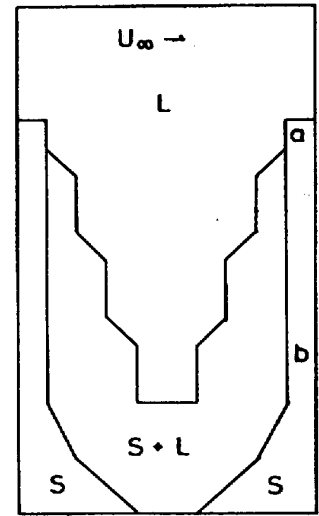


図.1 モデル図

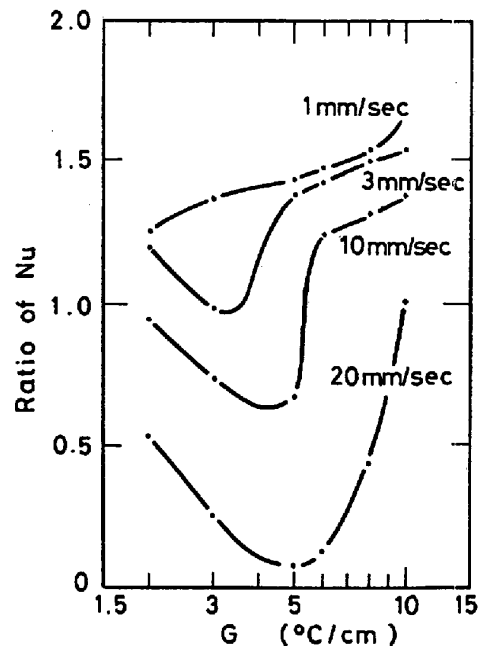


図.2 熱流比の温度勾配および流速による変化

1) M.H. Burden & J. D. Hunt,
J. Crystal Growth, 22(1974) 99