

(136) 3.5Ni-1.75Cr-Mo鋼の凝固組織におよぼすSi含有量の影響

(株)神戸製鋼 中央研究所(工博)成田貴一 ○堀江 修
岩田至弘 戸田晴彦

1. 緒言 ロータ材として使用される3.5Ni-1.75Cr-Mo鋼は、近年の検査技術の向上もあいまって、内部品質の健全性が厳しく要求される。なかでもSiはA偏析の出現に悪い影響を与えるために、実際の製造現場では、真空カーボン脱酸し、低Si化に努めている。しかしながらSi含有量が凝固組織にどのような影響を及ぼすか、今まで詳細に研究されたことがなかった。そこで今回、Si含有量と凝固組織との関係を調査し、2, 3の知見が得られたので報告する。

2. 実験方法 Si含有量の異った5種類の母材を用い、真空タンマン炉で凝固条件をいろいろ変えて、一方向凝固させ、 $30\phi \times 55\ell$ の円柱状試料を作製した。母材の組成を表1に示す。1次、2次のデンドライトアームスペーシング(d_1 , d_2)測定のため、凝固方向に垂直及び平行に試料を切断し、熱処理($900^\circ\text{C} \times 30\text{min. A.C}$)を施した後、切断面を鏡面研磨し、ステッド氏液でデンドライト組織を現出した。なお d_1 , d_2 の測定に先だち、各母材の凝固温度範囲(ΔT)を測定した。また、0.53% Si試料と、0.03% Si試料については、凝固方向に垂直な面内でE.P.M.Aによりマイクロ偏析の測定を行った。

3. 結果および考察 i.) 凝固温度範囲(ΔT)に関しては、 $\text{Si} \leq 0.22\%$ の材料は $\Delta T = 44^\circ\text{C}$ ではほぼ一様であった。0.53% Siの材料のみ $\Delta T = 56^\circ\text{C}$ と 10°C ほど広がった。

表1 母材の組成 (wt%)

成分	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
含有量	0.24	※	0.30	0.010	0.008	3.55	1.75	0.86	0.10

ii.) 1次、2次のアーム間隔は凝固条件が同じ場合Si含有量に依存せず、ほぼ一様であった。

※ Si含有量は、0.03, 0.06, 0.07, 0.22, 0.53の5種類

iii.) E.P.M.Aの結果より、デンドライトの幹に見える部分は、溶質濃度が平均以下の部分を示し、デンドライト樹間は平均濃度以上を示していることがわかった。そのデンドライト樹間の面積率は、0.03% Siの場合、約28%で、0.53% Siでは約35%であった。さらに、樹間のマイクロ偏析の程度を、Moの偏析比($I_s = C_{\text{max}}/C_{\text{min}}$)で比較すると、0.03% Siでは $I_s = 3.8 \sim 4.6$ であるのに対し、0.53% Siでは $I_s = 4.9 \sim 5.2$ と10~40%程大きくなっている。

iv.) 成長方向に垂直な断面で、デンドライトの形状と、Si含有量、および凝固条件との関係を調査したところ、図1の結果が得られた。これより、凝固条件が同じ場合、0.07% Si以下では、Si含有量に関係なく、すべて単純なデンドライト形状になり、デンドライト樹間が狭くなり易く、0.22% Siではデンドライトの形状がいくらか複雑になる。0.53% Siの場合は、 G/V を大きくしても、高次の枝が成長し易く、デンドライト樹間が広がっている。

現在、A偏析は、デンドライト樹間での未凝固溶鋼の流動に起因して発生すると考えられており、それを防ぐには、デンドライト樹間部を狭くして流動を押えてやればよい。そこで、デンドライトの形状の見地からA偏析の発現頻度を予測すると、0.07% Si以下ではA偏析は発生しにくいであろう。0.22% SiではA偏析はかなり発現する可能性がでてき、それよりSi含有量が増大していくと、A偏析が多発するようになるだろう。

4. 結言 デンドライトの形状の見地から考えると、A偏析防止のためには、Si含有量を0.07%まで下げれば十分である。

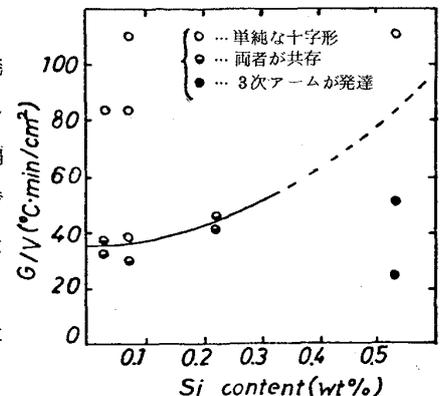


図1. デンドライトの形状と、Si含有量および G/V の関係

1) H. Fredriksson, et. al.; Met. Trans. (1978) vol. 9B, P. 111.