

(564) Nb[C·N]大型共晶物の晶出限界(極厚鋼材へのNb適用実験—Ⅱ)

川崎製鉄(株) 技術研究所 ○松居 進 佐藤新吾  
工博 田中智夫

1. 緒言

鋼材へのNbの添加は、結晶粒微細化効果や強度増加などの目的で広く利用されているが、凝固時の液相線と固相線間の平均冷却速度(以下凝固冷却速度と記す)の小さい、極厚鋼板、鍛造用など大型鋼塊への添加は、Nb[C·N]の大型晶出物を生じ、Nb添加効果が消失するばかりでなく、靱性を大きく低下させる。さらに、この大型共晶物は、厚肉鋼材における熱間加工、または、実用的範囲の熱処理では消失させることは困難であるため、Nb、Cの含有量と凝固冷却速度の関連のもとに晶出限界を求める実験を行った。

2. 実験方法

表-1に示した3種の基本成分鋼において、表-2の範囲でNb、C含有量を変化させた供試鋼を50Kg高周波溶解炉を用いて溶成し、鍛造加工により35mm×に鍛伸し、さらに、25mm×に

表-1 基本化学成分 (wt%)

記号	成分	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	N
A		0.40	1.60	0.010	0.007	0.80	—	0.40	—	0.006
B		0.25	1.00	0.005	0.003	1.25	0.40	0.40	0.04	0.006
C		0.05	0.55	0.005	0.003	—	2.50	1.05	—	0.006

表-2 CおよびNbの添加量

記号	成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C		0.11	0.11	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.23	0.25	0.26
Nb		0.026	0.070	0.032	0.024	0.035	0.074	0.016	0.047	0.028	0.022	0.065	0.025

旋削加工して一方向凝固装置による再溶解を行った。この場合の凝固冷却速度は70°C/h, 11°C/h および3°C/hの3種とし、得られた試料の中心部より約10mm角のサンプルを連続的に採取して、顕微鏡観察により大型晶出物の有無を識別した。

3. 結果

Nb[C·N]大型晶出物の有無は、図-1~図-3にみられるように、凝固冷却速度が一定の場合、直線によって明確に区分される。ただし、ここで用いたC、Nbの含有量はマクロ偏析による差異を補正するため、近傍の再分析値を用いた。これらの直線よりそれぞれの凝固冷却速度に応じて一定の晶出物生成限界値、 $K[Nb·C]$ が得られ(1)式にて示される。

$$K[Nb·C] = Nb\% + 0.4 C\% \quad (1)$$

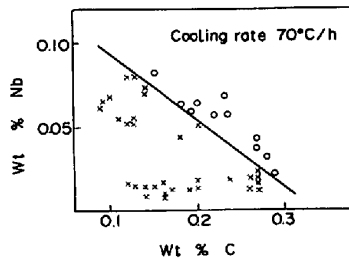


図-1 70°C/hにおける晶出限界

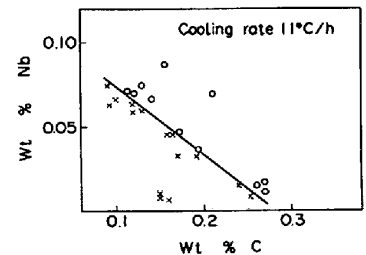


図-2 11°C/hにおける晶出限界

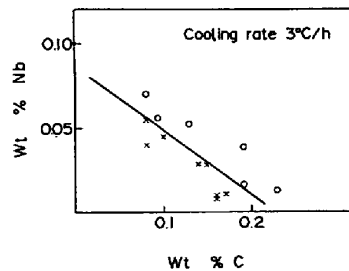


図-3 3°C/hにおける晶出限界

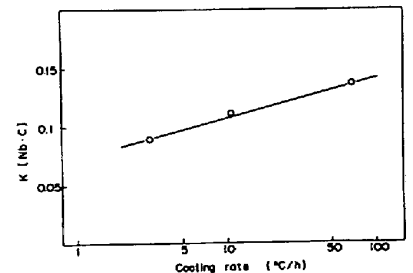


図-4 生成限界値と冷却速度の関係

図-4はこの晶出物生成限界値 $K[Nb·C]$ を凝固冷却速度 $t$ (°C/h)に対してプロットしたものであるが、極めて良い直線関係を示し、(2)式が得られる。 $K[Nb·C] = 0.034 \log t + 0.073$  (2) ところで、Nb[C·N]大型晶出物の生成限界は、 $Nb\% + 0.4 C\% - 0.034 \log t - 0.073 = 0$  (3) (3)式で示され、晶出させない条件は鋼材の化学成分に関係なく(3)式において左辺が負となるべきことが明らかとなった。