

(249) 凝固-冷却過程における鋼中ボロンの析出挙動と熱間脆性 (含ボロン鋼のCC化-1)

新日本製鐵(株)基礎研究所 ○山本広一, 鈴木洋夫, 小松 肇, 井上 泰
八幡製鉄所 大野恭秀, 野田直孝

1. 緒言: 含ボロン高張力鋼のCC化に際し, 鋳片表面割れが発生することがあり, その割れ防止のために鋳造時のボロン添加法に種々の工夫をこらしたが必ずしも満足な解決策が得られなかった^{(1),(2)}. 著者らは, この割れは二次冷却帯域においてボロン化合物がオースラナイト(γ)粒界に微細に析出するために生ずる粒界脆化であることに注目して⁽³⁾, これらの化合物の析出形態を変えるための成分調整と二次冷却帯域における冷却速度を均一緩冷却化することにより無欠陥鋳片を得ることができた.

2. 実験方法: 用いた鋼の成分の代表例を表1に示す. Heat 1はCCスラブ実鋳片で, 割れの解析に, またHeat 2は真空溶解鋼で熱間圧延後10mm ϕ に加工し, グリーブル試験に供した. グリーブル試験は溶融後20~0.1 $^{\circ}$ C/sの速度で冷却し1100~700 $^{\circ}$ C間の各温度で歪速度 $\dot{\epsilon}: 5 \times 10^{-2}$ /sで引張り, 絞り値で評価した. 一方, 1100~700 $^{\circ}$ Cの各温度から途中焼入れし, ボロン化合物の構造や, 分布状態ならびに変態組織を調べた. 破面観察はSEMにより, ボロンの分布はフィジョントラック法で, またボロン化合物の構造解析は分析電子顕微鏡, AESで行った.

表1 化学分析値(Wt%)

Heat	C	Si	Mn	Cr	V	Al	P	S	B	N
1	0.14	0.20	0.62	-	-	0.020	0.018	0.006	0.0008	0.0035
2	0.14	0.39	1.20	0.18	0.056	0.079	0.018	0.003	0.0011	0.0041

3. 実験結果: (1) 含ボロン鋼の鋳片割れは直径1 μ 以下のボロン化合物の γ 粒界析出による粒界脆化である(写真1)⁽³⁾. グリーブル試験から, この脆化は900 $^{\circ}$ C~700 $^{\circ}$ C域で生ずる. (2) 凝固, 冷却過程におけるボロンの析出挙動とグリーブルによる絞り値と良く対応し, 50%以上粒界析出すると絞り値が60%以下になり脆化危険域になる(図1, 2). また, 固溶窒素量を0.004%以下にすると粒界析出のノーズが低温, 長時間側にずれる. (3) 0.5 $^{\circ}$ C/s以下の徐冷却により, このボロン化合物は粒内析出に変わり, かつ粗大化し900~700 $^{\circ}$ C域でも粒界脆化が生じなくなる. (4) この粒界のボロン化合物の主なものはBNで, それ以外に, $Fe_{23}(C, B)_6$ も観察された. (5) 含ボロン鋼の鋳片割れ防止策としては窒素の低減とTiの適量添加⁽³⁾, ならびに二次冷却帯域の緩冷却化が有効である.

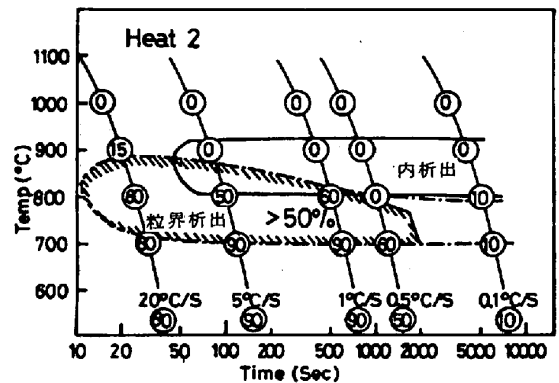


図1 ボロンの析出曲線(○の中の数字は粒界析出物の%)



L-cross section

写真1 鋳片表面割れ部のボロン化合物の分布(フィジョントラック法) Heat 1

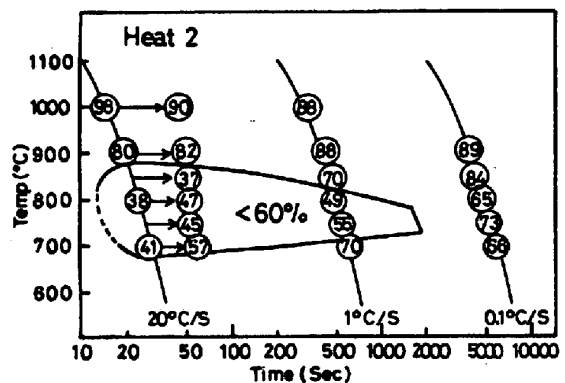


図2 グリーブルによる絞り値60%以下の等脆化曲線(○の中の数字は絞り値%)

文献 (1) 野田ら: 鉄と鋼, 65(79)S232, (2) 野田ら: 鉄と鋼, 66(80)S860, (3) 鈴木ら: 鉄と鋼, 66(80)S803.