

(610) 制御圧延 - 加速冷却鋼における Nb - B 複合添加の効果

新日本製鐵 (株) 君津技術研究部 ○村田正彦 為広 博 工博 土生隆一

1. 緒言

微量Bの γ - α 変態抑制効果をTMCP鋼に活用し、大径ラインパイプ用低炭素ベイナイト鋼が開発実用化されている。この鋼の特徴はNbとBを複合添加し、優れた強度、靱性と溶接性を同時に達成していることである。しかし、TMCP鋼におけるBの挙動とその影響に関する基礎的研究は極めて少ない。本報告では水冷停止型TMCPにおいて、B単独添加あるいはBと制御圧延には欠かせない結晶粒微細化元素Nb, V, Tiの複合添加が材質、ミクロ組織、B分布などにおよぼす影響を検討し、その機構について議論した。

2. 実験方法

Table1に示す鋼を150 kg真空溶解炉で実験室溶解し、50kg鋼塊(125 mm×125 mm×350 mm)に鑄込んだ。鋼塊は1200°C×1 hr再加熱後、板厚18mmに制御圧延-加速冷却あるいは圧延途中に水焼入して、材質、ミクロ組織、 γ 未再結晶化温度などを調査した。

Table 1 Chemical compositions of laboratory steels (wt %)

| Steel | C | Si | Mn | P | S | Nb | V | Ti | B | Al | N | Ceq.*1 |
|-------|-------|------|------|-------|--------|-------|---|-------|--------|-------|--------|--------|
| Base | 0.032 | 0.15 | 1.50 | 0.002 | 0.0005 | - | - | 0.020 | - | 0.025 | 0.0018 | 0.282 |
| B | " | " | " | " | " | " | " | " | 0.0011 | " | " | " |
| Nb | 0.032 | 0.16 | 1.52 | 0.002 | 0.0005 | 0.046 | - | 0.020 | - | 0.026 | 0.0019 | 0.285 |
| Nb-B | " | " | " | " | " | " | " | " | 0.0011 | " | " | " |

*1) Ceq. = C + Mn/6 + (Ni + Cu)/15 + (Cr + Mo + V)/5

3. 実験結果

- 1) 材質上、顕著な効果はNb-B複合添加によってはじめて達成できる。B単独添加ではほとんど効果がない。Ti-B複合添加はNb-B複合添加とほぼ同じ効果をもつが、V-B複合添加では効果が弱い。
- 2) Nb-B複合添加によって、 γ - α 変態は著しく抑制され、ベイニチック・フェライトと高炭素マルテンサイトからなるほぼ様な微細低炭素ベイナイト組織が得られる。組織中には延伸化した旧 γ 粒界が明瞭に観察され、ポリゴナル・フェライトは存在しない。
- 3) 固溶BはNbと同様、圧延中の γ 再結晶を抑制する効果をもつ。Nb-B複合添加はNb, B単独添加よりもさらに γ 未再結晶化域を高温側に拡大する。
- 4) B単独添加鋼では圧延によって、Borocarbide ($Fe_{23}(CB)_6$)が旧 γ 粒界に析出し易く、これが析出すると γ - α 変態抑制効果が著しく低下する。Nb添加はBorocarbideの析出を抑制し、Bの γ - α 変態抑制効果を増大させる効果をもつ。Nb-B複合添加鋼ではBは延伸旧 γ 粒界に加え、圧延で導入された双晶境界、変形帯など格子欠陥にも偏析し、フェライトの生成を強力に抑制する。
- 5) Nb-B複合添加によって γ - α 変態が著しく抑制される機構はBorocarbidの析出抑制によるBの γ - α 変態抑制効果の増大に加えて、Nbによる γ の安定化、C拡散速度の低下に起因すると考えられる。

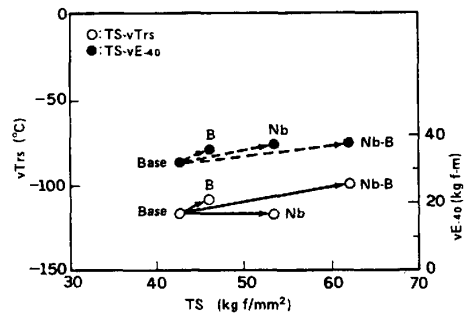


Fig. 1 Effect of niobium-boron addition on the mechanical properties of plate

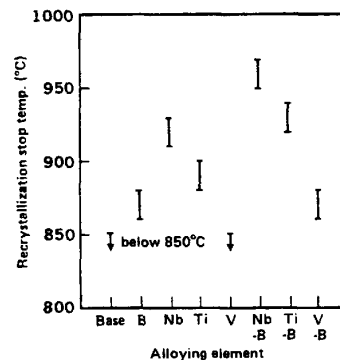


Fig. 2 Effect of alloying element on the recrystallization stop temperature of austenite

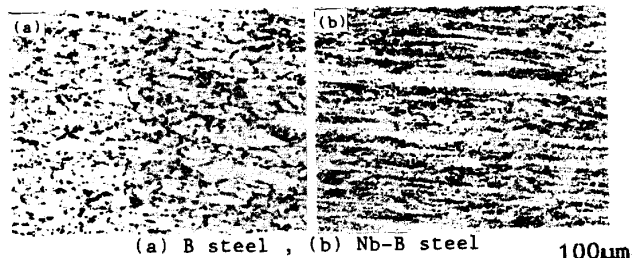


Photo.1 Distribution of boron observed by FTE method