

高強度厚肉スパイラル鋼管用熱延鋼板

Hot-rolled Steel Coil for High Strength Heavy Wall Spiral Linepipe

1. はじめに

近年、ガス生産地と消費地の長距離化が進んでおり、天然ガスや原油等の輸送用パイプラインでは、輸送コスト削減を目的に高圧輸送が指向されている。高圧輸送を達成するためにはラインパイプの厚肉化や高強度化が必須であり、大規模災害防止のために高靱性化も必要とされる¹⁾。

DWTT (Drop Weight Tear Test) やシャルピー衝撃試験で評価される鋼の靱性を改善するために熱間圧延時のオーステナイトを微細化²⁾することを試みた。オーステナイト未再結晶温度域での圧延を行う、いわゆる制御圧延 (Controlled Rolling: CR)²⁾を用いた。JFE スチールでは未再結晶オーステナイト域での圧下率 (CR 率) とシャルピー遷移温度 ($vTrs$) の関係に基づいて、最適な制御圧延を用い、板厚 20 mm 以下の高靱性 X70 スパイラル鋼管用熱延鋼板を開発してきた。さらなる厚肉化の需要に応えるため、2013年に京浜地区の熱延工場に厚肉用コイラー設備を導入³⁾し、板厚 20 mm を超える厚肉熱延鋼板を開発した。

本報では、これら高強度厚肉熱延鋼板のコンセプトおよび特長を紹介する。

2. 高強度厚肉材のコンセプト

2.1 目標特性

鋼管の要求特性を満足するためには、素材となる熱延鋼板の性能を向上させる必要がある。その熱延鋼板の開発目標を板厚 > 20 mm, X70 グレード (TS \geq 570 MPa) とし、母材および溶接部の靱性が -20°C 以下の仕様を満足すること、すなわち、DWTT における 85% SATT (Shear Area Transition Temperature) $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、溶接 HAZ (Heat Affected Zone) 部のシャルピー遷移温度 ($vTrs$) $\leq -20^{\circ}\text{C}$ とした。

2.2 コンセプト

図 1 に示すように厚肉熱延鋼板では、板厚中央部の冷却速度が遅くなるため、仕上圧延工程での CR 率が低下して靱性が低下する。そこで、厚肉熱延鋼板の靱性を改善するため、成分、製造プロセスの両面から、以下のアプローチを行った。

(1) Nb は Al, Ti, V よりもオーステナイト再結晶抑制効果が高いことから⁴⁾、Nb 添加で未再結晶域拡大による高 CR 率化を図った。

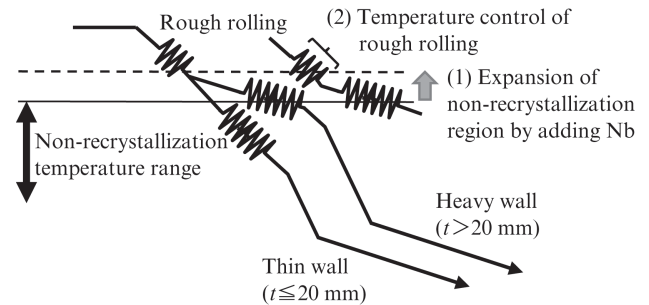


図 1 高 CR 率化を達成するためのアプローチ
Fig. 1 Approach for achieving higher CR ratio

- (2) 仕上圧延工程のみならず粗圧延工程での温度、圧下率を適正にコントロールすることで、Nb 添加効果に加えて熱間圧延全工程での高 CR 率化を行った。
- (3) Nb 添加による溶接部 HAZ 靱性低下を回避するため、Cu, Ni, Cr, Mo などを用いて、溶接割れ感受性組成 (P_{CM}) を低く抑えた成分設計を行い、高 Nb 鋼の HAZ 靱性の改善を図った。

3. 開発鋼の特性

3.1 開発鋼の母材性能

開発鋼の化学成分、機械的性質をそれぞれ表 1, 2 に示す。また、板厚と靱性の特性バランスを図 2 に示す。Nb 添加、粗圧延および仕上圧延を含めた熱延パススケジュールを精緻に制御することによる高 CR 率化により、板厚 22.7 mm の厚肉材においても目標の強度と母材靱性が得られている。

表 1 開発鋼の化学成分

Table 1 Chemical compositions of developed steel

| Chemical compositions (mass%) | | | | | | P_{CM} |
|-------------------------------|------|------|------|------|------------------|----------|
| C | Si | Mn | Nb | Ti | Others | |
| 0.05 | 0.35 | 1.53 | 0.08 | 0.02 | Cu, Ni Cr, Mo | 0.18 |

$$P_{CM} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

表 2 開発鋼の機械的特性

Table 2 Mechanical properties of developed steel

| Thickness (mm) | YS (MPa) | TS (MPa) | YR (%) | DWTT 85%SATT ($^{\circ}\text{C}$) |
|----------------|----------|----------|--------|-------------------------------------|
| 22.7 | 603 | 668 | 90.3 | -30 |

2017年8月10日受付

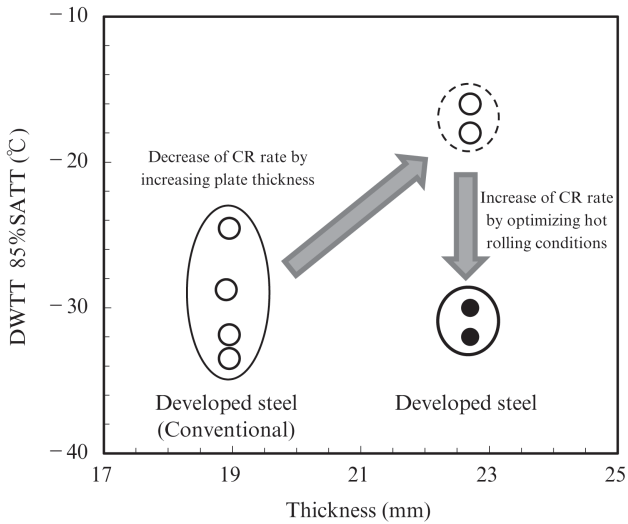


図2 板厚とDWTT 靱性の関係

Fig. 2 Relationship between thickness and DWTT toughness

3.2 開発鋼の溶接継手性能

開発鋼の溶接継手性能を表3に示す。開発鋼は内外面溶接部ともに、 -20°C 以下の良好なHAZ靱性(vTrs)が得られており、高Nb鋼においても十分な溶接継手性能を有している。

4. おわりに

JFE スチールでは、東日本製鉄所、西日本製鉄所および知多製造所に鋼管および鋼管素材の拠点を置き、幅広いお

表3 開発鋼の溶接継手靱性

Table 3 Toughness of welded joint of developed steel

| Position | Heat input (kJ/cm) | Cooling rate ($^{\circ}\text{C/s}$) | HAZ toughness, vTrs ($^{\circ}\text{C}$) |
|------------|--------------------|---------------------------------------|--|
| Inner side | 45 | 5.2 | -35 |
| Outer side | 49 | 4.4 | -30 |

お客様の要望に応えられる体制を確立している。これにより、2016年にはカスピ海産の天然ガスをトルコとギリシャ国境からイタリアまで運搬する約878 kmのパイプライン向け鋼材として、熱延鋼板、厚板鋼板およびUOE鋼管を合計78 000 ton受注⁵⁾、納入した。今後も当社の幅広い商品対応力を活かし、お客様のニーズにあったラインパイプを製造・販売していく。

参考文献

- 1) 石川信行. 日本溶接学会誌. 2007, vol. 76, no. 7, p. 31.
- 2) 小指軍夫. 制御圧延・制御冷却. 地人書館. 1997.
- 3) Primetals Technologies. Primetals Technologies カタログ "Hot Strip Mill". p. 22.
- 4) 東田幸四郎. 第104・105回西山記念技術講座. 日本鉄鋼協会. 1985, p. 59.
- 5) 2016年7月8日ニュースリリース. 「欧州ガス運搬用パイプライン向け鋼材を受注」.

〈問い合わせ先〉(2021年11月～)

JFE スチール 薄板セクター部

TEL : 03-3597-3061 FAX : 03-3597-3943

ホームページ : <http://www.jfe-steel.co.jp/products/usuita/f00.html>

Email : t-usuitasec@jfe-steel.co.jp