

(565) ラインパイプ用鋼の機械的性質に及ぼす制御圧延後の制御冷却の影響

神戸製鋼所 中央研究所 ○町田正弘

勝亦正昭

1. 緒言 制御圧延後の制御冷却は、圧延ままで鋼板の強度・靱性を大幅に改善できることが期待され、現在、各方面で強調されている省エネルギー・省資源対策の見地から今後確立すべき重要な製造技術であると考えられる。本研究では、X65 および X70 ラインパイプ用鋼を供試材として、制御圧延後の冷却速度を $0.4 \sim 11^\circ\text{C}/\text{sec}$ まで変えた際の冷却条件と強度・靱性の関係を調査した。

2. 実験方法 本研究に用いた供試材は、表 1

表 1 供試材の化学組成 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Mo	Nb	V	Ni	Al
X65	0.12	0.26	1.40	0.016	0.007	—	0.038	0.039	—	0.034
X70	0.05	0.09	1.68	0.009	0.007	0.30	0.056	—	0.29	0.022

に示すとおりであり、API X65 および X70 ラインパイプ用鋼である。これら供試材は、 1150°C で 1 時間加熱後、ただちに合計圧下率 30% まで圧延し、その後、 $1100 \sim 980^\circ\text{C}$ の再結晶細粒域で合計圧下率 54%、 950°C 以下の未再結晶域で合計圧下率 65% で圧延した。圧延後、一定温度域 (開始温度: $780 \sim 700^\circ\text{C}$ 、停止温度: $630 \sim 500^\circ\text{C}$) の冷却速度は、仕上板厚 13 mm および 7 mm の圧延材を主として、空冷、送風量を変えた扇風機冷却と一部、シャワー冷却により、変化させた。制御冷却停止後の冷却は、板厚 13 mm 相当の空冷にするために、板厚 7 mm の場合には、制御冷却停止時の温度が同一の他の鋼板を重ねた。なお、一部 40 mm 相当の空冷も実施した。機械的性質の調査は、すべて圧延 C 方向である。

3. 実験結果 1) X65 および X70 鋼の降伏強さおよび引張強さとも、冷却速度の増大とともに上昇する。(図 1, 2) 特に、X65 鋼の降伏強さは、冷却速度に強く依存し、 0.4 (40 mm 板厚相当空冷) から $6^\circ\text{C}/\text{sec}$ に増大させることによる降伏強さ上昇量は、約 $12 \text{ kg}/\text{mm}^2$ と大きな値を示す。破面遷移温度は、約 $6^\circ\text{C}/\text{sec}$ まで冷却速度とともに減少し、その後、再び上昇するようである。

2) 強靱性が良好な $4 \sim 7^\circ\text{C}/\text{sec}$ では、X65, X70 とともに極めて微細な組織になる。この場合の X65 鋼の組織は、フェライト+パーライトに一部ベイナイトが混在した組織であり、X70 鋼については、直径 5μ 以下のフェライト粒とアシキュラーフェライトの混合組織である。

3) X65 および X70 鋼の強度・靱性は、本実験範囲の制御冷却開始温度 ($780 \sim 700^\circ\text{C}$) にほとんど無関係である。

4) 制御冷却停止温度の効果は、X65 鋼と X70 鋼で異なる。X65 鋼の強度・靱性は、冷却停止温度にほとんど依存しない。X70 鋼の場合、 600°C から 500°C に低下させることにより、降伏強さは、上昇し、引張強さは低下する (図 2)。一方 600°C から 630°C にすると、降伏強さ、引張強さとも上昇するが、靱性は、急激に劣化する。

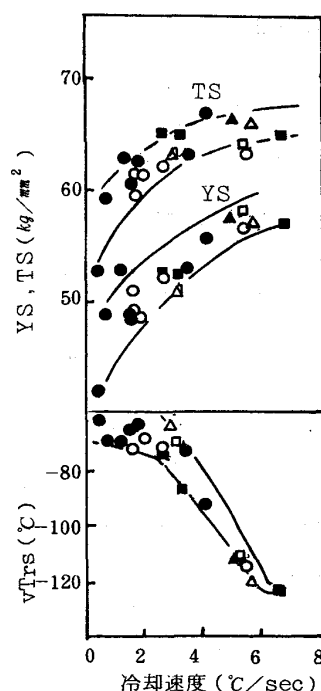


図 1 X65 鋼の強靱性に及ぼす制御冷却効果

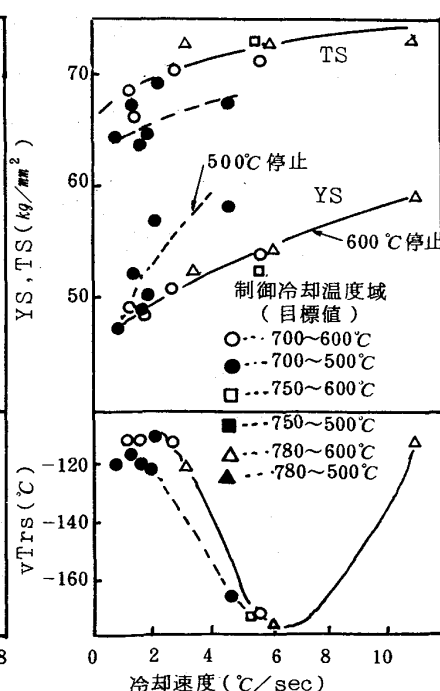


図 2 X70 鋼の強靱性に及ぼす制御冷却効果