

ミスト冷却技術を活用した高強度線材

High Tensile Steel Wire Rods Applied Mist Cooling Process

1. はじめに

硬鋼線材など高炭素鋼線材の強度、延性を圧延オンライン上で調整する方法として、圧延した線材を強風で冷却するステルモア冷却法がある。この方法は、衝風による強制冷却のため冷却能力が十分でない。そのため、二次加工メーカーで再加熱、鉛浴に浸漬する鉛パテンティングによる線材に比べ、ステルモア冷却法による線材の強度、延性が低い。そこで、低温で変態する鉛パテンティングと同じような冷却能力を確保可能なミスト冷却に着目し、世界に先駆けてこれを設備化し、高強度線材の開発に活用した。

ミスト冷却と従来の冷却方法を図1に示すが、ミスト冷却は従来の冷却方法に対して次のような利点を持つ。

- (1) 空気で微細化した水滴を高速で吹き付けるため、熱伝達係数が大きい。
- (2) 微細な水滴のため、均一な冷却が可能である。
- (3) 冷却能力を広範に制御できる。
- (4) 現行ステルモアラインに併設し、現行操業と兼用できる。

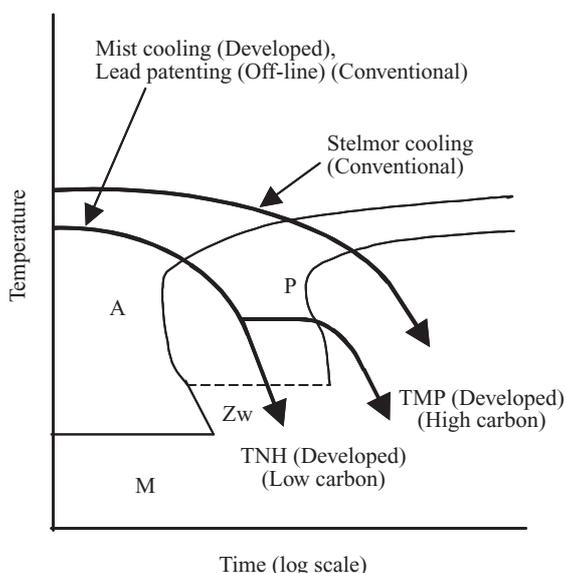


図1 鉛パテンティング、ミスト冷却とステルモア冷却の温度履歴の比較

Fig.1 Schematic cooling curve of lead patenting, mist cooling and stelmor cooling

- (5) 二次加工メーカーでの鉛パテンティングの撤廃により、地球環境改善に貢献する。

ミスト噴射装置は、所定の温度で巻き取った線材を直ちに急冷するため、巻き取り装置直近のステルモア第一風冷帯のコンベア上に設置した。ミスト水量は、温度計によりオンライン测温を行いつつ、線材径、鋼種に応じて制御している。

ミスト冷却技術を活用した高強度線材としては以下のものがあるが、紙面の都合上、本報告では(1)、(2)を紹介する。

- (1) 硬鋼線材の高強度化、高延性化「TMP 線材」
(旧オーステナイト粒微細化、パーライトラメラ微細化)
- (2) 低炭素高強度線材「TNH[®] 線材」
(高い冷却能活用、強度と溶接性の両立)
- (3) 中炭素鋼線材の非調質化
(高い冷却能活用、熱処理プロセスの省略)

2. 硬鋼線材の高強度化、高延性化「TMP 線材」

図2にφ5.5硬鋼線材の引張特性を示す。ミストパテンティング線材は熱間圧延後ダイレクトパテンティングされるため、旧オーステナイト結晶粒が小さく、さらに冷却能力の向上により低温側で変態が生じるため、パーライトラメラ間隔がステルモア冷却線材に比べ狭くなる。その結

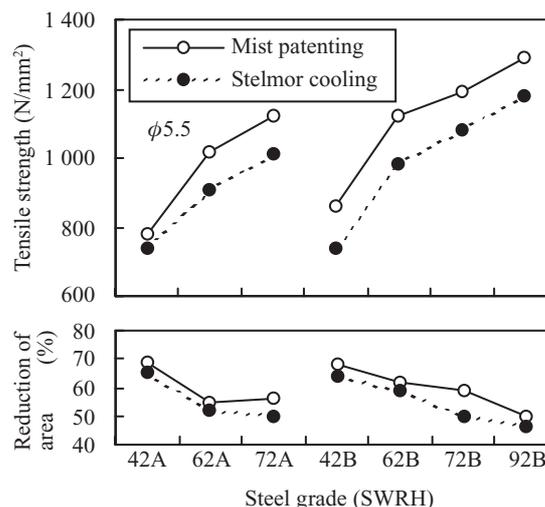


図2 φ5.5硬鋼線材の引張試験値

Fig.2 Tensile properties of wire rods (φ5.5)

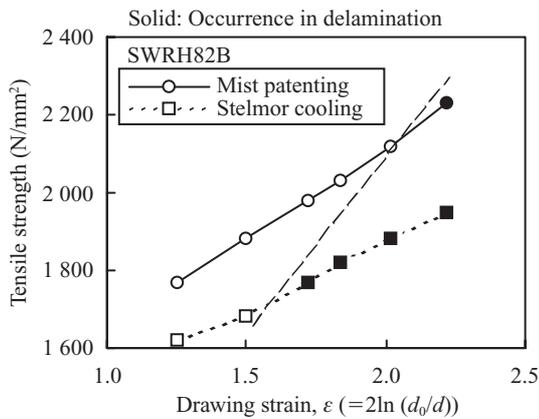


図3 デラミネーションの発生限界

Fig.3 Limit of occurrence in delamination

果、高強度化と同時に高延性が達成されている。

図3にSWRH82B鋼線のねじり試験でのデラミネーション(縦割れ)発生限界を示す。ステルモア冷却線材の限界伸線ひずみが約1.5に対し、ミストパテンティング線材の限界は約2.0まで向上しており、その結果、ステルモア冷却線材では約1700 N/mm²の強度の鋼線しか得られなかったものが、ミストパテンティング線材では約2100 N/mm²まで得られるようになり、硬鋼線材の高強度化が可能となった。

3. 低炭素高強度線材「TNH[®]線材」

自動車のシートフレームにはワイヤ構造のフレームがある。この用途にはSWRM6クラスの低炭素鋼やSWRH62A, SWRH82Bといった高炭素鋼が使用されてきたが、表1に示すように、低炭素鋼では強度が低く重量が増える、高炭素鋼では強度が高いが溶接性が悪く、かしめ接合のため生産性が劣るなどの問題があった。

そこで、強度は高炭素鋼並みで溶接性、延性に優れた低炭素高強度線材を開発すべく、高強度化、高延性化の手段にミスト冷却の高い冷却能を活用することとした。

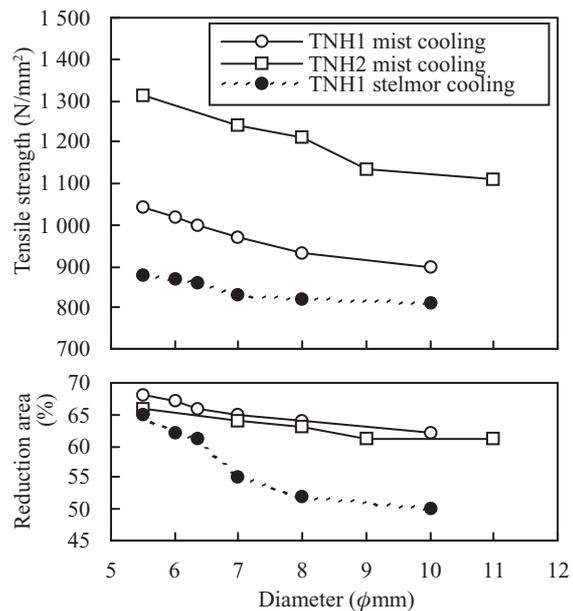
図4に開発した低炭素高強度線材の引張特性を示す。開

表1 シートフレーム用ワイヤの特性比較

Table 1 Comparison of wire rods properties for sheet frame

Grade		Strength	Ductility	Weldability	Total
Conventional	High C type	○	△	△	△
	Low C type	△	○	○	△
Developed (Low C-high Si-Mn-Cr type)		○	○	○	○

○: Good
△: Inferior



TNH1: 0.13C-0.76Si-1.48Mn-0.52Cr-Nb, Ti added
TNH2: 0.14C-0.84Si-1.97Mn-0.55Cr-Nb, Ti added

図4 低炭素高強度線材の引張試験値

Fig.4 Tensile properties of developed steels

表2 溶接性比較

Table 2 Comparison of weldability between developed steels and conventional steels

Steel	Wire size (φ mm)	Annealing	Tensile test		Bending test	
			TS of bond (N/mm²)	Rupture part	Bond	HAZ
TNH1	3.2	Not	1 422	HAZ	Good	Good
	3.2	Done	1 191	HAZ	Good	Good
SWRH62A	3.2	Not	1 393	HAZ	Inferior	Inferior
	3.2	Done	1 152	HAZ	Good	Good

TS: Tensile strength HAZ: Heat affected zone

発鋼は低炭素-Mn-Cr鋼をベースに、耐へたり性向上のために高Siとしている。TNH1, TNH2はそれぞれSWRH62A, SWRH82Bクラスの強度に相当する。TNH1において、ミスト冷却材はステルモア冷却材に比べ、強度が100 N/mm²程度高く、絞りもφ7 mm以上の太径で10%以上向上しているが、これは、ミスト冷却材のベイナイト組織が微細で炭化物も微細であることに起因する。

表2に溶接性の比較結果を示すが、TNH1は焼なましなしでも引張および曲げ試験に異常はみられず、焼なましが必要なSWRH62Aとは異なり、溶接ままで使用可能である。また、焼なましが不要なため、結果として、溶接部の保証強度も高い。

4. おわりに

ミスト冷却技術を活用した高強度線材として、(1) 硬鋼

線材の高強度化、高延性化（TMP 線材）、（2）低炭素高強度線材（TNH[®] 線材）を紹介した。本稿では触れなかったが、中炭素鋼線材の非調質化も実用化している¹⁾。

また、冷間鍛造用線材の前組織の調整、制御に本冷却技術を適用し、二次加工メーカーでの球状化焼鈍の簡略化、迅速化と冷間鍛造性の向上にも取り組んでいる。

参考文献

- 1) 村上俊之, 大和田能由, 玉井豊, 白神哲夫. ミストパテンティング活用線材. NKK 技報. 2001, no. 174, p. 41-51.

〈問い合わせ先〉

JFE 条鋼 仙台製造所 商品技術部
TEL : 022-258-5515 FAX : 022-259-4677
ホームページ : <http://www.jfe-bs.co.jp/>