

## 熱延製品冷却設備の開発と改善

## Development and Improvement of Strip Cooling Equipment on Hot Strip Mill

(株)神戸製鋼所加古川製鉄所

徳重啓司\*・島津英実・松浦義和

浅田秀樹

機械研究所

安永繁信

## 1 緒言

熱延ランアウトテーブル上での製品冷却は、製品の機械的性質を決める重要な工程である。

加古川製鉄所熱延工場では、複雑な冷却履歴制御の実現・冷却能力の増強・制御範囲の拡大・制御精度の向上を目的とした設備・制御システムの開発を進め、1989年12月に実機化を完了し、1991年頃からいくつかの改善を実施した。本報では、その設備開発経緯と稼動後の改善事例について報告する。

## 2 設備概要と特徴

## 2-1 設備概要

今回開発し、実機化した冷却設備の全体構成をFig. 1に、主仕様をTable 1に示す。

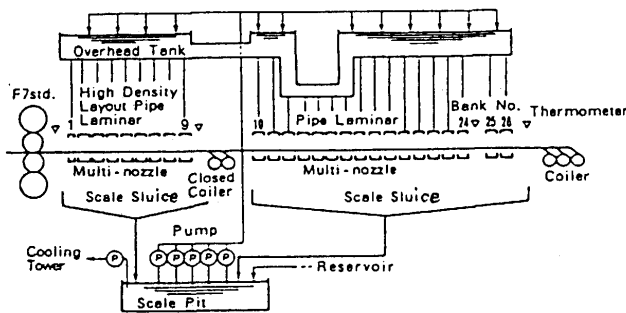


Fig. 1 Configuration of new cooling equipment

Table 1 Specifications of new strip cooling equipment

Pumping Capacity		3000 m <sup>3</sup> /hr × 5
Overhead Tank Capacity		450 m <sup>3</sup>
Number of Headers	Top	412
	Bottom	302
Water Flow Rate (Top/Bottom)	No. 1~ 9	90/90 m <sup>3</sup> /hr · m <sup>2</sup>
	No. 10~ 26	60/60 m <sup>3</sup> /hr · m <sup>2</sup>

## 2-2 設備の特徴

本設備の開発に際し、

- ① 機械的特性の改善や新製品開発に不可欠な高精度冷却履歴制御の導入
- ② コイル全長にわたる材質の均一化のための巻取温度制御精度の向上
- ③ 省エネルギー・投資コストミニマム化とメンテナンス性への配慮

に主眼を置いた。

特徴としては、

- ① 上部冷却方式への高密度パイプラミナー採用による高冷却能力の達成
- ② 下部冷却方式への柱状多孔式スプレーの開発・採用による低給水圧力下での高冷却能力の確保
- ③ ヘッドタンク方式及び送水系統へVWVFによる省電力と水量の安定化
- ④ バンク構成の細分化による高精度な温度制御

が上げられる。

2-3 実機における冷却速度測定結果

各注水バルブ数における実機冷却速度測定結果をFig. 2に示す。

各バンクの注水バルブ数を使い分けることにより、バンク内の冷却速度を空冷から100℃/secまでの広範囲で制御する事が可能となった。

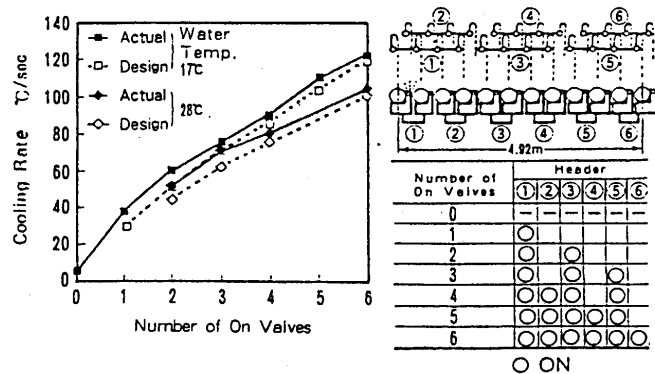


Fig. 2 Actual Cooling Rate

3 設備開発の経緯

本設備の開発に際して、

- ①〔第Ⅰステップ〕ミニモデル実験による基本仕様の検討
- ②〔第Ⅱステップ〕実機大モデル実験による詳細仕様の決定

を実施した。以下、具体例について述べる。

3-1 下部冷却方式の決定

各下部冷却方式の各種性能テストを実施した。結果の一例を以下に示す。

ヘッドタンクによる低圧力の給水方式でも高い冷却能力がえられる柱状多孔ノズル (Fig. 3のB)を開発し採用した。

この他、詳細設計においては、

- ① ノズル取替作業の簡易化
- ② 給水配管の工夫による配管レス化と工事期間の短縮・コストダウン
- ③ 幅方向流量分布の改善  
(流量バラツキ3%以内)

等を実施した。

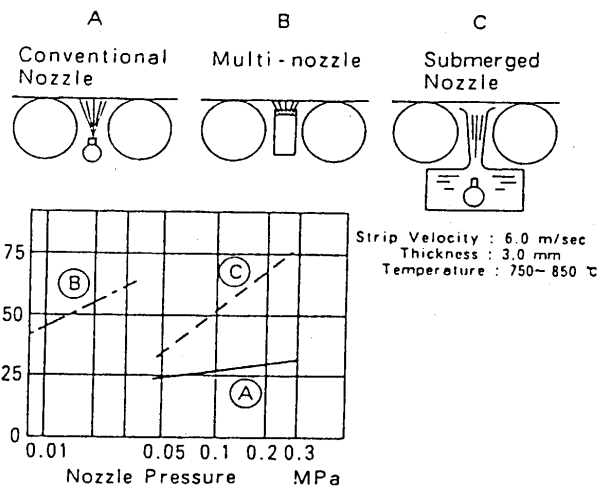


Fig. 3 Comparison of cooling rate among each type of bottom cooling header

3-2 タンク形状の決定

ヘッダーへの給水圧力の安定化と省電力を図るため、給水方式としてヘッドタンク方式を採用した。

ヘッドタンク仕様を決定するため各種のテストを実施した。その結果の一例としてヘッドタンク水位と流量の関係をFig. 4に示す。給水配管径とタンク水位の比 (D/L) が大きくなるにつれてタンク給水管吸込部で渦が発生し、流量が低下する。

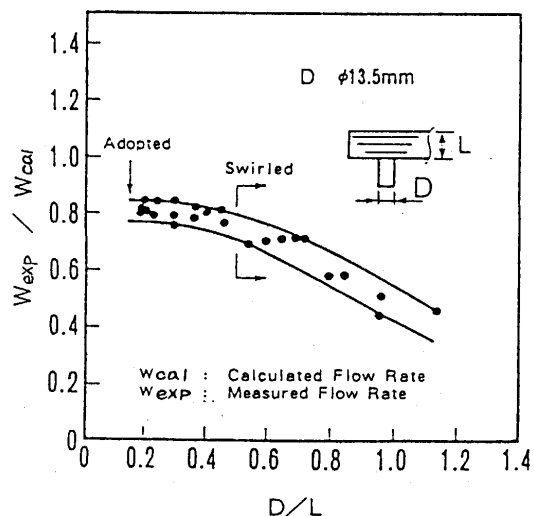


Fig. 4 Relation between overhead tank level and flow rate

本結果・他の実験結果・送水系統能力・ライン流れ方向ヘッドタンク内の水位挙動・タンク内へのスラッジ等の堆積量、等を考慮し、ヘッドタンクの詳細設計を実施した。

また、本結果により水位変動の制御方法・範囲や運転中の許容範囲を決定した。

### 3-3 冷却水のオンオフ性能の調査

ヘッダーへの注水指令から冷却水が鋼板に到達するまでの応答時間を短く且つ安定させる事が制御精度を高める上で重要でありこれについて種々の実験を実施した。

一例としてバルブ開閉速度と設備の振動加速度について実機大モデルで調査した結果をFig. 5に示す。

これらの実験より各設備仕様を決定した。最終的な実機の応答時間をTable 2に示す。

Table 2 On-off time of the system(sec)

	On	Off
Top	1.8	1.7
Bottom	0.9	1.4

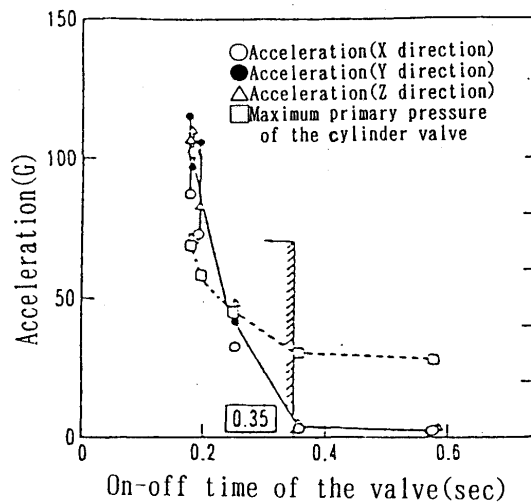


Fig. 5 Relation between on-off time of the valve and oscillation

## 4 稼働後の設備改善事例

稼働後いくつかの問題点が発生したため、改善を実施した。具体例を以下に報告する。

### 4-1 下部スプレーへの詰まり発生

稼働後1年経過した頃よりFig. 6に示すノズル詰まりが発生し、1991年より調査、解析を行った。

この詰まりは

- ◇非常に硬く、通常の清掃では除去できない
- ◇鋼板温度の高い（仕上ミルに近い）所で発生
- ◇幅方向で中央部分に発生
- ◇ノズル板の上面に発生

といった特徴があり、この付着物を成分分析した結果75wt%がCaCO<sub>3</sub>であった。

以上より、このノズル詰まりはヘッダーが鋼板の熱により加熱されることによる冷却水中のCaのスケール生成が原因と推察された。

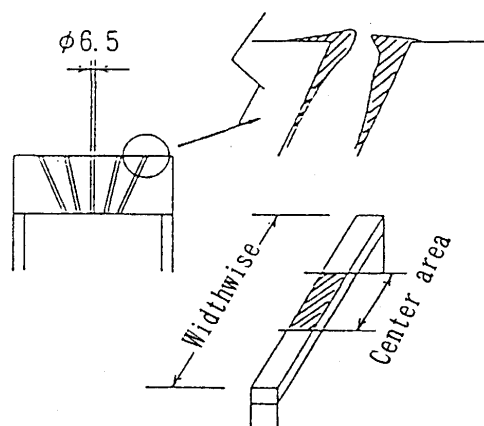


Fig. 6 The situation of the nozzle clogging at bottom header

いくつかの対策を検討・実施した。一例として常時ヘッダーが濡れる程度の微量注水を実施した場合のヘッダー温度測定結果をFig. 7に示す。この結果、ノズル詰まりをかなり改善することができた。

#### 4-2 温度計環境対策

鋼板への水のり・鋼板と温度計間への蒸気発生による板温度測定不良が発生した。

この対策として

- ① 温度計の型式変更（素子の変更）
- ② 水切り装置の改造
- ③ ライン直上への蒸気対策ファンの設置

を実施した。

対策前後の効果についてFig. 8に示す。

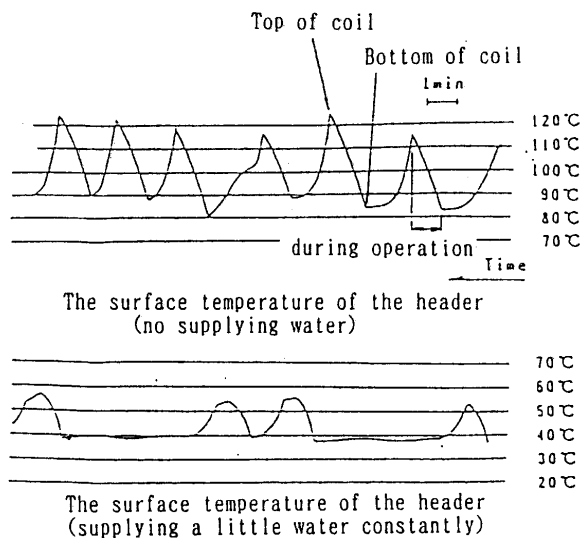


Fig. 7 The measuring result of the header temperature

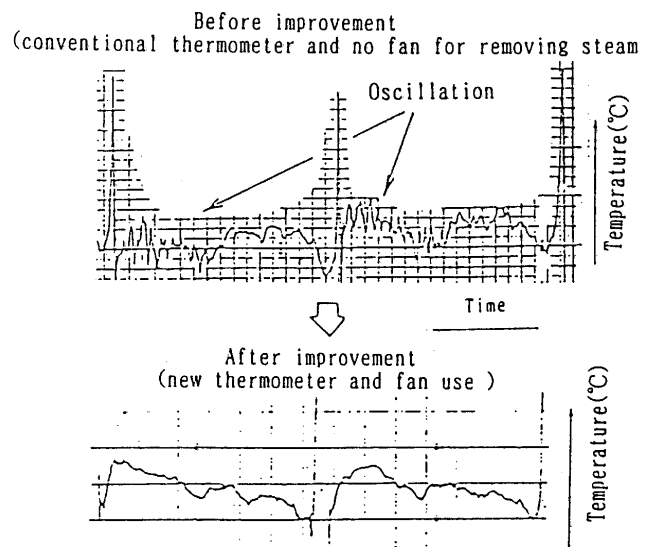


Fig. 8 The Effect on countermeasure for environment of thermometer

## 5 結言

鋼板冷却の試験設備及び実機でのテストにより、最適な冷却方法の追求を行い実機化を完了した。

また、稼動後の改善活動、更に制御システムの高精度化を図り、巻取温度制御精度が大幅に向上<sup>1)</sup>した。

参考文献 1) 井上尚和ほか：R&D神戸製鋼所技報, Vol. 42, No. 4 (1992), P75