

## 東予プレ圧延式酸洗圧延設備の設備概要

野内 聡・木谷 智治・平岩 亮紀・内山 匠・岡野 哲彦・三喜 俊典

日新製鋼株式会社  
日新製鋼技報 No.84 別冊  
平成15年12月

## 技術資料

## 東予プレ圧延式酸洗圧延設備の設備概要

野内 聡\* 木谷 智治\* 平岩 亮紀\*  
内山 匠\*\* 岡野 哲彦\*\*\* 三喜 俊典\*\*\*\*

 Overview of Rolling on Scale Pickling and  
Tandem Cold Rolling Mill Facilities at Toyo Works

Akira Nouchi, Tomoharu Kitani, Akinori Hiraiwa, Takumi Uchiyama, Tetsuhiko Okano, Toshinori Miki

## Synopsis :

An RSPM (Rolling on Scale Pickling and Tandem Cold Rolling Mill) was constructed at Toyo Works in the year 2000 to replace the Continuous Pickling line and Tandem Mill located at Sakai Works.

Many technologies were applied to improve productivity and quality. These included automatic handling controls, rolling-on-scale, and newest in automatic gauge control systems.

## 1. 緒言

当社は、普通鋼冷延・溶融めっき製品の最新鋭量産型生産拠点として、東予製造所（愛媛県）の建設を平成8年11月に起工した。その第1ステップとして平成11年10月に酸洗設備の営業生産を開始した。半年後の平成12年4月には第2ステップとして酸洗設備の後段へタンデムミルの増設を行い、プレ圧延式酸洗圧延設備（以下RSPMと称す。Rolling on Scale Pickling and Tandem Cold Rolling Mill）が完成した。

RSPMは高生産性、品質及び市場競争力の向上を目的に最新技術を多数導入した。酸タンク前にはプレ圧延機を設置しデスケリング時間の短縮と設備のミニマム化を図った。また、タンデムには小径ワークロール（以下WRと称すWork Roll）を採用し高圧下圧延を可能とするとともに、高応答のACドライブ・最新のAGC<sup>†</sup>との組合せにより、板厚高精度化を達成した。さらには入出側・ロールショップにも、徹底した自動化を図り高生産性を実現した。ここにその設備概要を紹介する。

† I : AGC Automatic Gauge Controlの略

## 2. RSPMの特徴

## 2.1 プレ圧延設備

RSPMは酸洗槽前にメカニカルデスケラーとして、6Hiミルを配置している（以下この圧延機をRSミルと称すRolling on Scale Mill）。このRSミルでは酸洗槽の前で高圧下圧延を行うことにより、鋼板表面のスケールへ

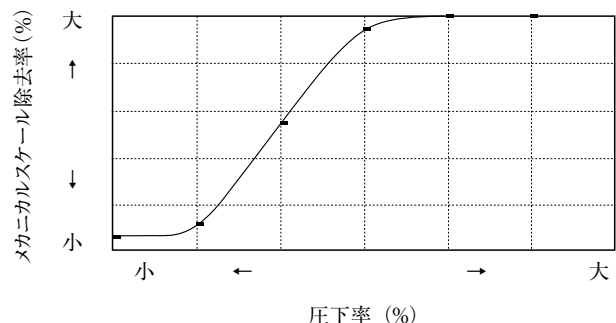


図1 圧下率とスケール除去率の関係

Fig. 1 Effect of descaling on reduction

\*東予製造所 生産技術チーム 主任部員 \*\*東予製造所 生産技術チーム 主任部員（現 日新工機 東予営業所 保全課長）

\*\*\*東予製造所 製造課 課長（現 本社 技術総括部 技術管理チーム 主任部員）

\*\*\*\*東予製造所 所長（現 本社 商品開発部長）

多数のクラックを発生させ、後段のブラシによりスケールを剥離させる。

RSミルの効果、圧下率とスケール除去率の関係を図1に示す。

このスケール除去効果により、酸洗槽に持ち込まれるスケール量は大幅に削減され、従来の酸洗槽の約1/2のタンク長での酸洗を可能とし、設備スペースのミニマム化と酸使用量の低減による環境負荷低減を達成した。

2.2 板厚精度

RSPMの圧延機のモーターには、シングルドライブのACモーターを採用し、応答性は国内トップクラスの40rad/secを実現した。AGCは、全スタンドに速度制御系のマスフローAGC<sup>†2</sup>とAGCによる張力変動を防止する非干渉制御を採用し、全長にわたる板厚変動の低減を図った。また、走間板厚変更点(以下FGCと称すFlying Gauge Change)がNo.1スタンド通過時にセットアップモデルの誤差を補正するダイナミックセットアップを導入することによりコイルトップ部でのオフゲージの短縮を図った。

†2: Mass Flow AGC

3. 基本仕様

3.1 取り扱い材料

コイル製品仕様を表1に示す。

3.2 ライン速度

各セクションにおける最高速度を表2に示す。

表1 コイル製品仕様

Table 1 Coil specification

処理材料	熱間圧延済み低炭素鋼板	
製品品種	熱間圧延済み低炭素鋼板 冷間圧延済み低炭素鋼板	
板厚	入側	1.6~6.6mm
	出側	0.15~6.0mm
板巾	入側	600~1,350mm
	出側	580~1,350mm
内径	入側	φ 762mm
	出側	φ 508,610,762mm
外径	入側	φ 1,200~2,100mm
	出側	φ 1,200~2,100mm
質量	入側	Max.25ton
	出側	Max.25ton

表2 各セクションにおける最高速度

Table 2 Maximum speed of facility

入側	600m/min	
中央	RSミル, 酸洗槽	420m/min
	サイドトリマー	540m/min
出側	1,500m/min	

3.3 生産能力

90,000ton/M

3.4 全体レイアウト

設備構成図を図2に示す。

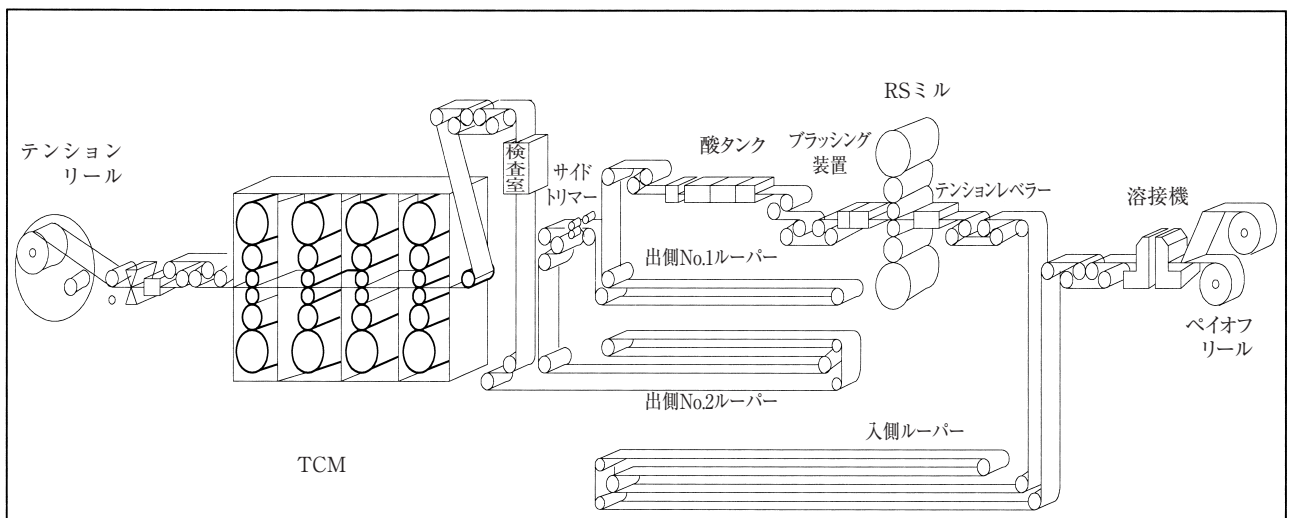


図2 設備レイアウト

Fig. 2 Layout of RSPM

## 4. ライン構成

### 4.1 入側設備

RSPMでは徹底した入側設備の自動化を図り、コイルの搬入から溶接までの1名作業を可能とした。主な自動化装置として、スキッド上へのコイル移載、フィッシュテイル検出、結束バンドカット、余剰フィッシュテイルカット、ペイオフリール挿入及び口出し、形状矯正（ローラーレベラー方式）、溶接（フラッシュバット方式）がある。

このうち、国内2例目となる「フィッシュテイル検出装置」は、コイル外周部へ光を照射し、コイル尾端の暗影を画像解析することにより、コイルの向き、フィッシュテイルの長さ、形状を識別する装置である。現在、コイル尾端は99.9%の精度で検出できており、歩留りの向上並びにコイル先端通板の安定化に貢献している。

### 4.2 中央設備

中央設備はRSミル、ブラッシング装置および酸洗槽で構成される。RSミルは酸洗槽前での高圧下圧延を可能とすべく、 $\phi 300\text{mm}$ の小径ワークロール、中間ロール駆動、5500kWのACモーターを採用した。その後段にはブラッシング装置を配置し、メカニカルデスケーリング量は、従来の酸洗ラインに比べ飛躍的に増加した。

これにより生じる大量のスケールを回収すべく、「遠心分離」「重力沈殿」を基本とした専用のスケール回収装置を配置した。

当該装置の主仕様を表3に示す。

表3 メカニカルデスケーリング装置 主仕様  
Table 3 Specifications of mechanical descaling unit

RSミル	スタンド数	1スタンド	
	型式	6Hi UC	
	モーター	AC5,500kW	
	駆動方式	シングルドライブ	
	圧延速度	最高：420m/min	
	圧下方式	油圧圧下（HYROP-F）	
	ロール径	WR	$\phi 270\sim 300\text{mm}$
	IMR	$\phi 580\sim 640\text{mm}$	
	BUR	$\phi 1,150\sim 1,300\text{mm}$	
ブラッシング装置	スタンド数	3スタンド	
	ブラシ	寸法	$\phi 420\text{mm}\times 1,350\text{mm}$
		材質	砥粒入りナイロンブラシ
回転数	最高 1,200rpm		

酸洗槽はシャローバス3槽から成る塩酸酸洗方式を採用した。先述のプレ圧延によりメカニカルデスケーリン

表4 ケミカルデスケーリング装置 主仕様  
Table 4 Specifications of chemical descaling unit

酸洗槽	方式	塩酸酸洗方式		
	槽型式	シャローバス式		
	槽長さ	予熱槽	15m	
		No.1槽	20m	
No.2槽		20m		
塩酸回収装置	型式	噴霧焙焼式		
	能力	2m <sup>3</sup> /h		

グ量が増加した結果、当該槽長さの大幅な短縮と、付帯装置である塩酸回収装置の小容量化につながった。当該装置の主仕様を表4に示す。

### 4.3 出側設備

#### 4.3.1 タンデムミル式冷間圧延設備

4スタンドの冷間圧延機（以下TCMと称す Tandem Cold Mill）により構成されており、その前後にはブライドル装置を配置している。

当該装置の主仕様を表5に示す。また、その特徴を以下に示す。

表5 タンデム式冷間圧延機 主仕様  
Table 5 Specifications of Tandem Mill

スタンド	No.1	No.2	No.3	No.4
型式	6Hi UC			
モーター	3,300kW	4,400kW	4,400kW	4,400kW
駆動方式	シングルドライブ			
最高速度	—	—	—	1,500mpm
ロール径	WR	$\phi 300\sim 340\text{mm}$		
	IMR	$\phi 440\sim 490\text{mm}$		
	BUR	$\phi 1,150\sim 1,300\text{mm}$		
圧下方式	油圧圧下（HYROP-F）			

- (1) 4スタンドミルで最小板厚0.15mmを達成すべく、全スタンドに世界初となる $\phi 340\text{mm}$ の小径WRを採用。
- (2) 高精度の板厚保証を可能とすべく、駆動系には高応答のACドライブ（40rad/sec）を、また制御には、マスフローAGC、非干渉制御、ダイナミックAGC等を導入した。
- (3) 板幅方向の制御についても、TCM出側に接触式形状検出器と2台のプロフィールメータを配置し、自動形状制御とプロフィール制御を導入した。

#### 4.3.2 ロールショップ

ロールショップは3台のロール研削装置とショットブラスト、チョック着脱装置と各設備へロールを運搬する

自動クレーンにより構成される。タンデム用WRはチョコックの着脱から研磨作業までを完全自動化し、製造所内

すべてのロールの研磨を1名作業にて可能とした。各ロールのフローを図3に整理する。

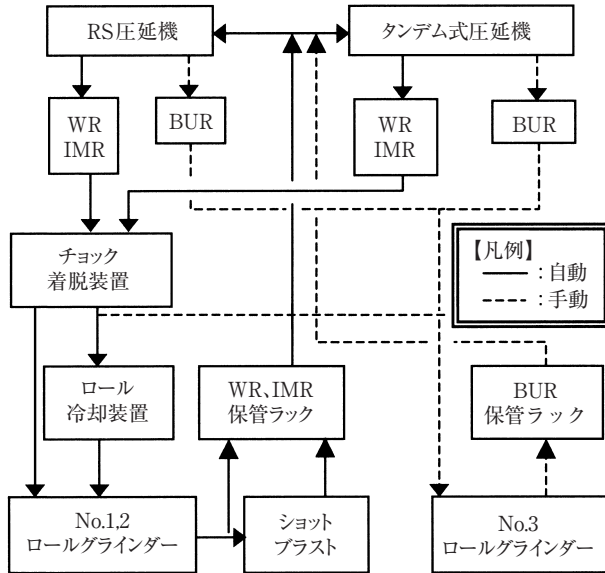


図3 圧延ロールフロー図  
Fig. 3 Operational flow diagram of Roll Shop

### 4.3.3 出側装置

切断装置は「ドラムシャー」「アップカットシャー」を持ち、テンションリールはカラーゼル式を採用した。圧延機出側のオフラインにはコイル表面検査装置を配置し、抜き取り方式にて表面検査を実施している。この検査装置には、「作業の合理化」ならびに「検査装置での擦り疵発生防止」を狙って、巻き出しにドラム方式を採用した。

## 5. 電気・計装システム

### 5.1 システム構成

RSPMのシステム構成図を図4に示す。

システムは上位ワークステーション（以下WSと称す）、プロセスコンピュータ（以下計算機と称す）、プログラマブルロジックコントローラ（以下PLCと称す）の3層構成になっている。

システム内には3種類の計算機が存在し、各々役割を分担している。

酸洗用計算機（以下RSPL計算機と称す Rolling on

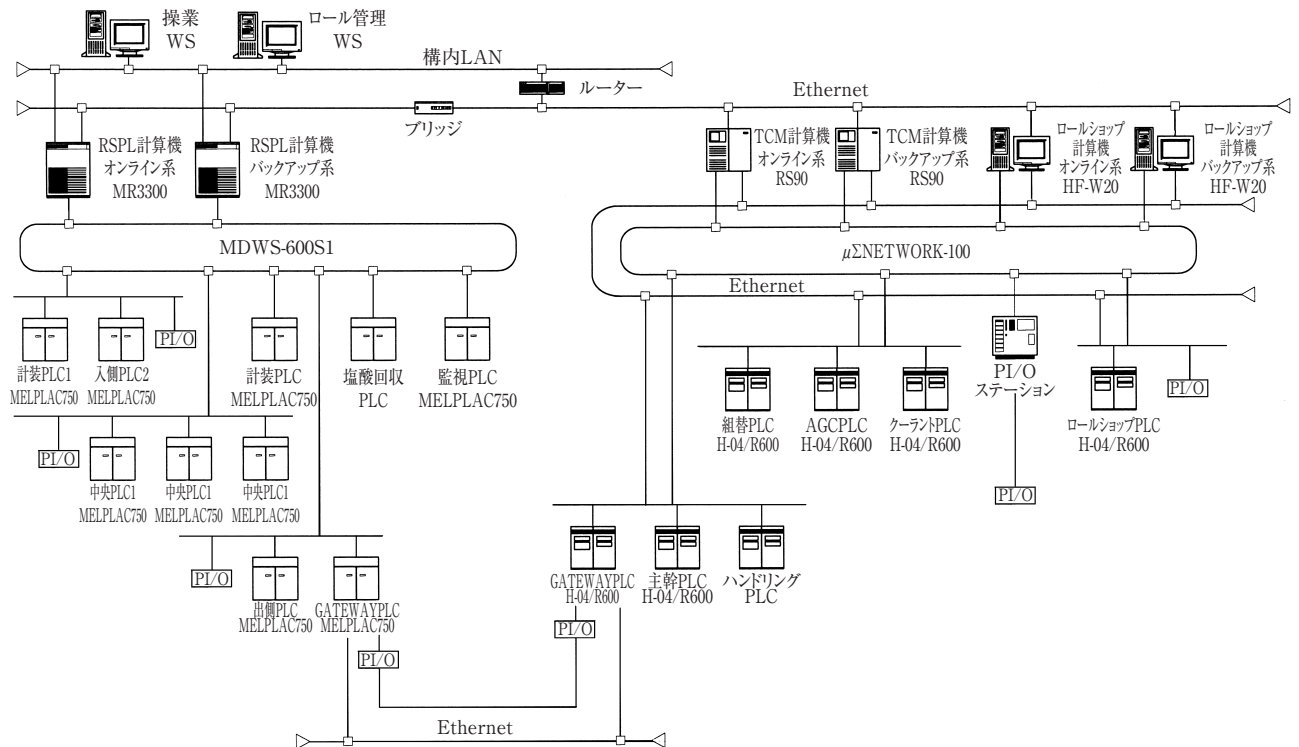


図4 システム構成図  
Fig. 4 Schematic diagram of electric control.

Scale Pickling Line) は計算機を中心に位置し、ライン全体のコイルトラッキングおよび入側・中央設備のセットアップを実施している。操業WSとの通信を実施しているのも、このRSPL計算機である。

圧延用計算機（以下TCM計算機と称す Tandem Cold Mill）は、製造指令から圧延スケジュールを決定し、出側設備に対する各種セットアップを実施している。

ロールショップ計算機は、ロールショップにおける作業スケジュールを作成している。

最下層にあたるPLCは、ロールショップを含めて、17台で構成される。複数のPLCが役割を分担させることにより、高速処理を可能とするとともに、メンテナンス性の向上を図っている。

5.2 AGCシステム

酸タンク入側に位置するRSミルと、出側に位置するTCMとがそれぞれに独立したAGCシステムを構築している。

図5にRSミルのAGCシステムを、図6にTCMのAGCシステムを示す。

RSミル入側、出側には、X線厚み計（以下X-rayと

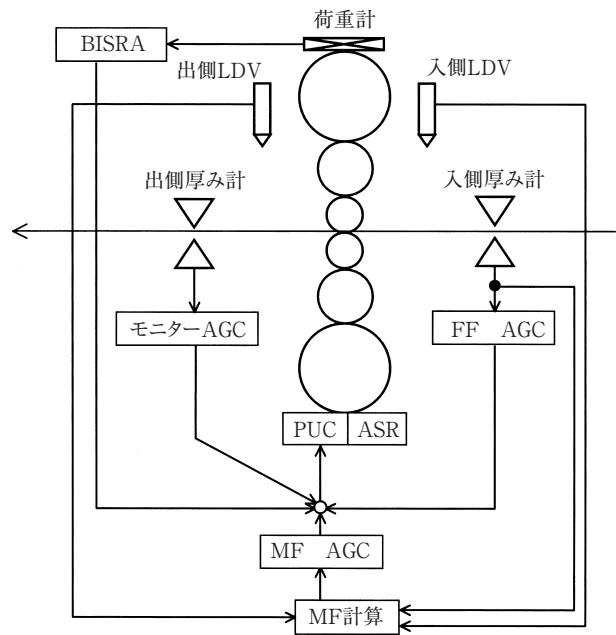


図5 RSミル AGCシステム構成図  
Fig.5 RS mill AGC system configuration

AGCシステム

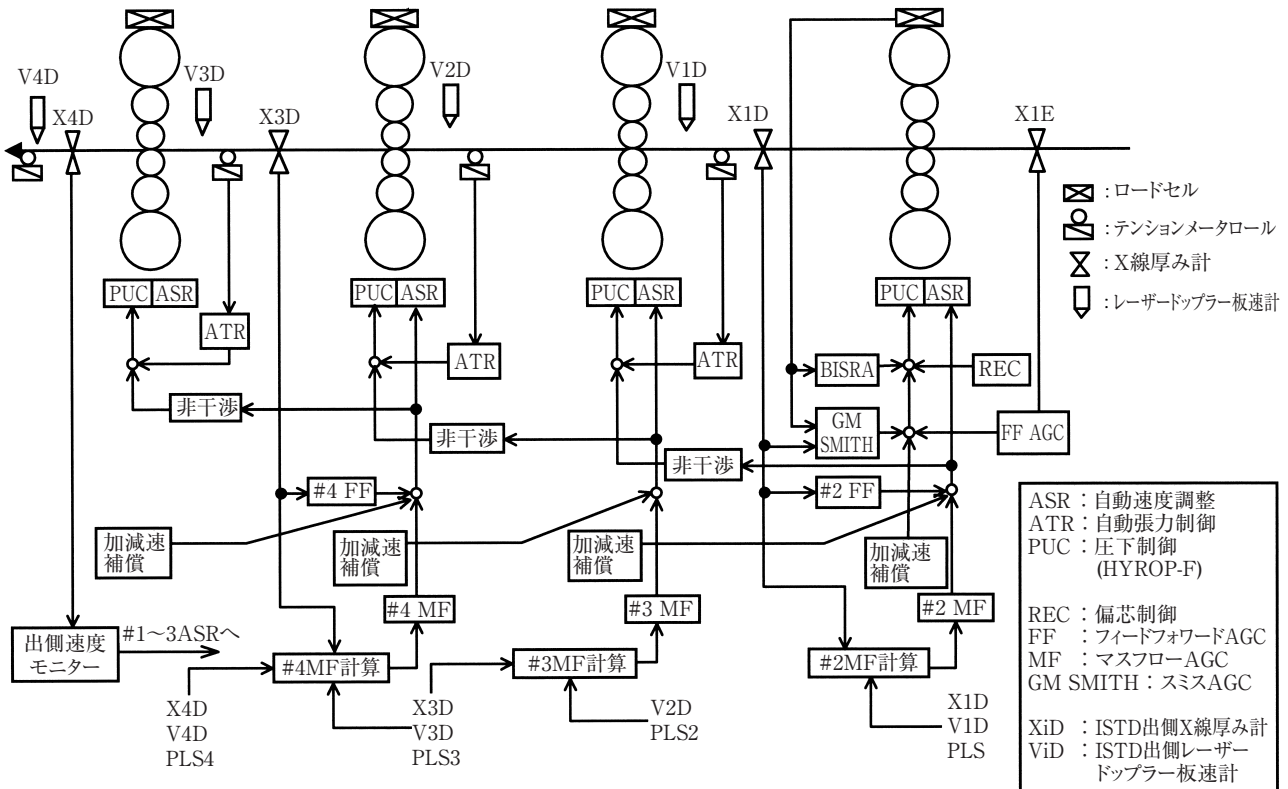


図6 TCM AGCシステム構成図  
Fig.6 TCM AGC system configuration

称す)とレーザードップラー板速計(以下LDVと称す)が設置されており、モニターAGC<sup>†3</sup>、FF AGC<sup>†4</sup>、BISRA AGC、マスフローAGCによりロールギャップをコントロールし、板厚制御を実施している。

TCMではNo.1スタンド入側・出側, No.3スタンド出側, No.4スタンド出側に設置されたX-rayと各スタンド出側に設置されたLDVにより、板厚制御を行っている。

全スタンド、速度制御系のマスフローAGCと非干渉制御により板厚制御を実施し、素材のバラツキを低減すべく、No.1スタンドにモニターAGC、FF AGC、BISRA AGCにより、圧下系の板厚制御を実施している。

またFGC部ではダイナミックセットアップを実施し、オフゲージ長の短縮を図っている。

RSミルを含めると、トータル5スタンドの圧延機になるが、RSミルとTCMがまったくの非干渉で板厚制御を実施できる点が、通常の5スタンド圧延機とは異なっている。

†3: Monitor AGC †4: Feed Forward AGC

### 5.3 形状制御・エッジドロップコントロールシステム

#### 5.3.1 形状制御(平坦度制御)

TCMでは、No.4スタンド出側に形状検出ロールを設置し、フィードバック制御を行うことで鋼板を目標形状に近づけていく。

検出された板形状に応じて、ファジー推論によりNo.4スタンドの中間ロールシフト、WRベンダー、中間ロールベンダー、ゾーンクーラントといった各アクチュエーターに対する制御出力を求め、形状制御を実施している。

#### 5.3.2 エッジドロップ制御

酸タンク出側に設置されたプロフィールメータを使用して、実際のプロフィールを測定しエッジドロップコントロール(以下EDCと称す。Edge Drop Control)のセットアップを実施する。TCM入側よりプロフィールメータを離れたことにより実測したデータを反映したセットアップを可能とした。

EDCのフィードバック制御はTCM出側に設置されたプロフィールメータにより、実施する。

EDCによりスタンド間の形状不良を防止するため、No.1-2スタンド間、No.2-3スタンド間に簡易形状計で形状を監視し、EDCに制約を設けている。

## 6. 操業

### 6.1 張力変動

全スタンド出側にLDV、高応答ACドライブ、油圧圧

下装置を採用することにより全長板厚制御、張力非干渉制御を導入し、AGC時の張力変動を抑え板厚精度の向上を図った。

図7のチャートは、TCMにて非定常な過酸洗部の圧延を実施した際のチャートである。No.1スタンド出側で板厚変動が大きく、これに対しNo.2スタンドのマスフローAGC出力でNo.1スタンドのWR速度を変化させている。そのマスフローAGCの出力に対応してNo.2スタンドでは張力非干渉制御で圧下を動作させ、このような非定常な場合でも、目標に対し、±4.0%以内の変動で張力制御ができていることがわかる。

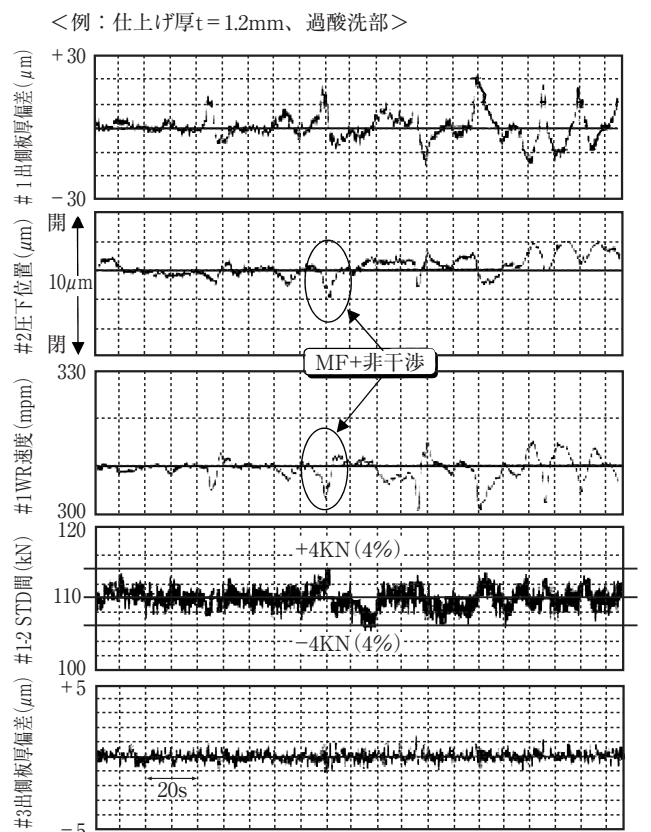


図7 マスフローAGC+非干渉制御による張力変動抑制(仕上げ厚 $t=1.2\text{mm}$ 、過酸洗部)

Fig.7 Gauge and tension performance of MF AGC and Decoupling Control

### 6.2 板厚精度

図8(次ページ)に速度変更時の板厚チャートを示す。先に述べた、全長AGC+張力非干渉制御などの効果により加減速も含め $\pm 2.0\mu\text{m}$ 以内で制御できている。

また図9(次ページ)に板厚別の変動率を示す。

当初建設目標であった板厚 $0.8\text{mm}$ で変動幅 $0.4\%$ 以下を達成していることがわかる。

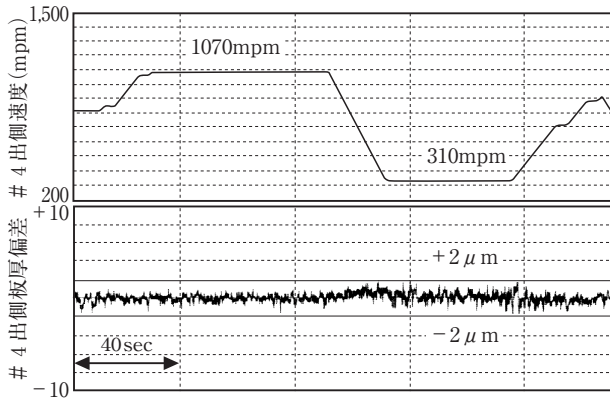


図8 ライン速度と#4出側板厚変動例(仕上げ板厚0.78mm)  
Fig. 8 Gauge performance

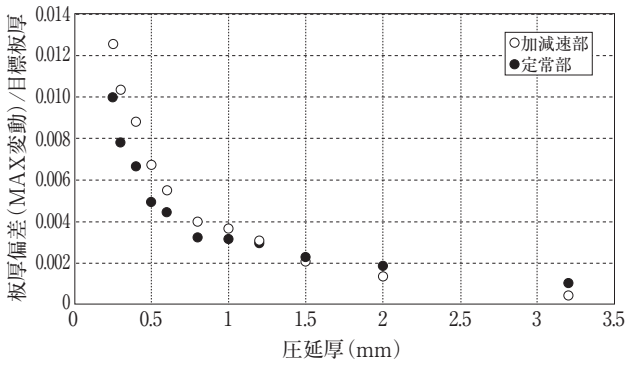
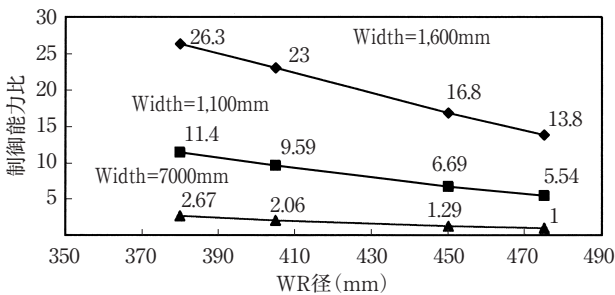


図9 仕上げ板厚別ゲージ変動率  
Fig. 9 Effect of AGC

6.3 形状制御性

TCMでは小径WRの採用により形状修正能力の向上を図った。

図10に6HiミルのWR径別の形状制御性比較シミュレーション結果を示す。比較の基準としてWR径がφ475mmで板幅700mmのフラットな板を圧延した場合の形状制御能力を1としている。



\*WR径φ475mmで板幅 700mmのフラットな板を圧延した場合を1。

図10 WR径別形状制御能力比較  
Fig.10 Effect of WR Diameter on Strip shape

制御モデルには目標形状の数式化, 実績形状認識, 影響係数演算, ファジー推論を取り入れ, 各形状コントロールアクチュエーターへの最適出力配分を決定している。

図11に板厚0.8mm×板幅1,200mmのコイルの形状統計データを示す。

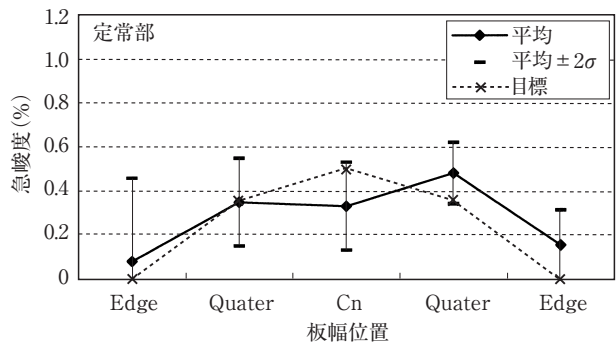
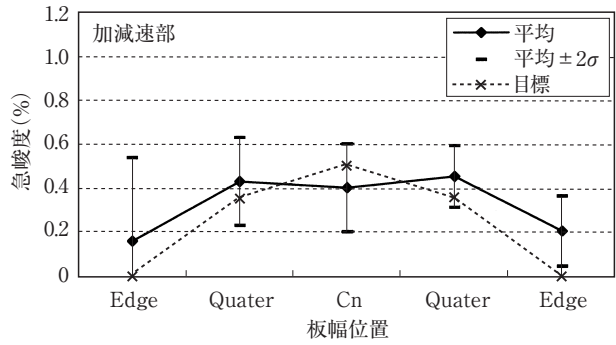


図11 TCM形状制御能力  
Fig.11 Shape Control performance

加減速部, 安定部とも $2\sigma = 0.3\%$ の精度で形状コントロールができています。

7. 結 言

東予製造所RSPMは世界初となるプレ圧延他多数の最新技術を装備した高生産性と高品質を兼ね備えた製造ラインとして建設され, 現在順調に稼働している。

最後に本設備の建設に当り, 建設に携わっていただいた各メーカーの関係各位のご尽力およびご協力に対して深く感謝の意を表したい。