
酸洗ラインと冷間圧延機の完全連続化

Outline of Fully Continuous Descaling and Cold Rolling Mill at Mizushima Works

小松 富夫(Tomio Komatsu) 菅沼 七三雄(Namio Suganuma) 江藤 孝治(Takaharu Eto) 内藤 肅(Tadashi Naito) 土井 克彦(Katsuhiko Doi) 広畑 和宏(Kazuhiro Hirohata)

要旨：

水島製鉄所の No.2 酸洗ラインと No.1 冷間タンデム圧延機の完全連続化を 1985 年 6 月に実現した。酸洗・冷間圧延の連続化に当って、酸洗設備側では、高速脱スケール技術および走間板幅変更機能を有する新トリマーの開発などの新機軸を導入した。また、圧延機側では、従来の走間板厚変更技術を発展させ大変形抵抗差あるいは大異厚における板厚変更を可能とし、ドラムシャーおよびカラーゼルリールの導入によって連続圧延を可能とした。本ラインは、順調な稼動をしており期待された効果を発揮している。この連続化の結果、先に稼動した多目的連続焼鈍設備(1984 年 2 月)と合わせて、冷間圧延工場は 2 工程化を実現した。

Synopsis：

The existing conventional picking line (No.2 CPL) and the batch type cold tandem mill (No.1 TM) at Mizushima Works were modified into a fully continuous descaling and cold rolling mill in June 1985. On the other hand, we have been operating new KM-CAL since February 1984. As a result, we can produce cold rolled strip using only two processes, that is, the fully continuous descaling and cold rolling mill and KM-CAL. This paper reports new technology necessary for combining a picking line with a cold tandem mill for a continuous operation; high efficient descaling technique, continuously width changeable trimmer, and advanced flying-gage changing technology for a large difference in thickness and flow-stress. This modification has brought about improvement in product quality and material yield, an increase in productivity, shortening of production time, and saving of labor cost. Now the operation of the new system runs smoothly and is giving expected benefits.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Outline of Fully Continuous Descaling and Cold Rolling Mill at Mizushima Works



小松 富夫
Tomio Komatsu
千葉製鉄所 冷間圧延
部冷延技術室 主査(掛
長)



菅沼 七三雄
Namio Suganuma
水島製鉄所 珪素鋼製
造設備建設班 主査(課
長)



江藤 孝治
Takaharu Eto
水島製鉄所 薄板圧延
部冷間圧延課 課長



内藤 剛
Tadashi Naito
水島製鉄所 設備部設
備技術室 主査(課長)



土井 克彦
Katsuhiko Doi
水島製鉄所 電気計装
部電気計装技術室 主
査(課長)



広畑 和宏
Kazuhiro Hirohata
水島製鉄所 電気計装
部電気計装技術室 主
査(掛長)

要旨

水島製鉄所の No. 2 酸洗ラインと No. 1 冷間タンデム圧延機の完全連続化を 1985 年 6 月に実現した。酸洗-冷間圧延の連続化に当って、酸洗設備側では、高速脱スケール技術および走間板幅変更機能を有する新トリマーの開発などの新機軸を導入した。また、圧延機側では、従来の走間板厚変更技術を発展させ大変形抵抗差あるいは大異厚における板厚変更を可能とし、ドラムシャーおよびカラーゼリールの導入によって連続圧延を可能とした。本ラインは、順調な稼動をしており期待された効果を発揮している。この連続化の結果、先に稼動した多目的連続焼鈍設備(1984 年 2 月)と合わせて、冷間圧延工場は 2 工程化を実現した。

Synopsis:

The existing conventional pickling line (No. 2 CPL) and the batch type cold tandem mill (No. 1 TM) at Mizushima Works were modified into a fully continuous descaling and cold rolling mill in June 1985. On the other hand, we have been operating new KM-CAL since February 1984. As a result, we can produce cold rolled strip using only two processes, that is, the fully continuous descaling and cold rolling mill and KM-CAL. This paper reports new technology necessary for combining a pickling line with a cold tandem mill for a continuous operation; high efficient descaling technique, continuously width changeable trimmer, and advanced flying-gage changing technology for a large difference in thickness and flow-stress. This modification has brought about improvement in product quality and material yield, an increase in productivity, shortening of production time, and saving of labor cost. Now the operation of the new system runs smoothly and is giving expected benefits.

1 緒 言

自動車や家庭電気製品などに用いられる冷延鋼板は、熱間圧延以降は、酸洗、冷間圧延、洗浄、焼鈍、調質圧延および精整の各工程よりなっており、冷延製品の品質均一化、無欠陥化、リードタイム短縮およびコスト低減のために、これら工程の連続化と省略化が大きな課題であった。水島製鉄所においては、1984 年 2 月の多目的連続焼鈍設備 (KM-CAL) の稼動¹⁾により、洗浄以降の工程合理化が達成された。しかし、熱延コイル表面スケール除去を目的とした酸洗と最終製品板厚への仕上げを目的とした冷間圧延の連続化が残された課題となっていた。

酸洗と冷間圧延の連続化には、両ラインの操業および速度整合化技術の開発が必要不可欠であった。とくに、KM-CAL 稼動にともなう難脱スケール材の増加に対応した高速脱スケール技術の開発²⁾、酸洗での第 2 目的であるエッジトリミングのチャンスフリー化技術³⁾など酸洗側の技術開発のウェイトが高く要求された。また、水

島製鉄所 No. 1 冷間圧延ミルは、1981 年 10 月 No. 5 スタンドの HC ミル化およびデジタル ASR 化⁴⁾、1982 年 7 月の走間板厚変更機能を有する全スタンド AGC (ATGC) の導入⁵⁾などにより、圧延機としてのチャンスフリー化および高生産性を有するミルとなっていた。しかしながら、従来の通板および尻抜きをともなう圧延法では、先後端の板厚不良部は避けられず、通板および尻抜きの際にワークロールに疵が入りやすく、またこの部分の平坦度も安定化しないという限界を有していた。

今回、酸洗における技術開発を達成し、またバッチ方式の冷間圧延法の限界を克服すべく水島製鉄所 No. 2 酸洗設備と No. 1 冷間圧延機の連続化を実現し、1985 年 6 月に稼動を開始した。以下に、本設備の概要および連続化にあたって開発された新技術について報告する。

* 昭和61年4月1日原稿受付

Table 1 Main specifications

Entry section		Descaling section		Trimmer section		Mill section	
Line speed	620 m/min	Line speed	320 m/min	Line speed	380 m/min	Mill speed	1 930 m/min
Loop car capacity	480 m	Loop car capacity	200 m	Loop car capacity	350 m	Cutting speed	400 m/min max
Welder	(1) Laser (2) Flush-butt (KMW)	Descaling equipment	(1) Tension leveler (2) Mechanical descaler (ISHICLEAN) (3) HCL	Trimmer	Tarret trimmer	#1 #2~4 #5	4 Hi with WR shift 4 Hi 6 Hi
Coil weight	35 t max	—	—	—	—	Coil weight	50 t max
Size	1.6~6.0 mm × 600~1 630 mm	—	—	—	—	Size	0.15~3.3 mm × 600~1 630 mm

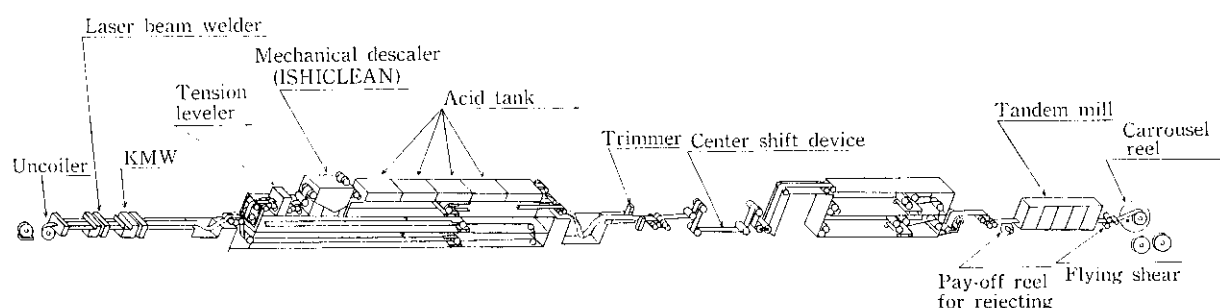


Fig. 1 Outline of fully continuous descaling and cold rolling mill

2 設備概要

2.1 ライン仕様

本ラインの主仕様を Table 1 に示す。本ラインは、熱延コイルを連続的に接続する溶接機を備えた入側セクション、脱スケールを行うデスケリングセクション、エッジトリミングを実施するトリマーセクションおよびミルセクションよりなり、各セクション間には操業内容の違いを吸収するルーバー設備を備えている。本ライン全体構成を Fig. 1 に示す。

2.2 入側セクション

本ラインは、冷延鋼板とともに珪素鋼も同時に処理するために、冷延鋼板用のフラッシュバットウェルダと珪素鋼板のレーザービームウェルダ⁶⁾を各1基備えている。フラッシュバットウェルダは、従来型全自動溶接機をコンパクト化したものである。

2.3 デスケリングセクション

酸洗と冷間圧延の連続化に当って本セクションの高速化が不可欠である。この目的を達成するため、本セクションを、

- (1) 熱延ストリップの表面スケールに引張り曲げによってクラックを入れることを目的としたテンションレベラー
 - (2) クラックの入ったスケールを液体ホーニング方式により研削するメカニカルデスケレーター (IHI の開発によるイシクリーン)
 - (3) スケールを最終的に除去する塩酸酸洗槽
- により構成した。本セクションの構成を Fig. 2 に、また各デスケリング装置の仕様を Table 2 に示す。

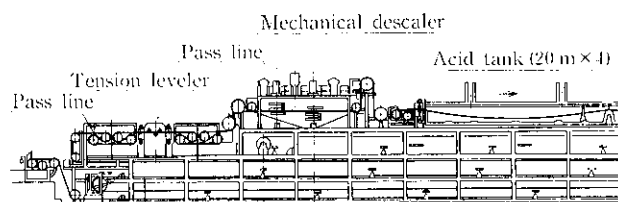


Fig. 2 Layout of descaling equipment

Table 2 Specifications of descaling equipment

Tension leveler	1. Elongation ratio	4% max
	2. Stretching work roll	80 mmφ × 2
	Leveling work roll	80 mmφ × 1
Mechanical descaler (Ishi-clean)	3. Motor power	
	Main motor	1 000 kW
	Stretching motor	110 kW
Acid tank	1. Water pressure at outlet of spray nozzle	350 kg/cm ² max
	Plunger pump	13 plungers
	Motor power	3 000 kW
	2. Slurry quantity	22 t/min max
	Motor power	330 kW
Acid tank		20 m × 4 Tanks

2.4 トリマーセクション

エッジトリミング（耳切り）技術に関しては、トリミング作業時の耳切用丸刃からのストリップ端外れ（耳づまり）トラブルを解消する方法などの報告⁷⁾があるが、根本的なトリミング時のライン停止および耳切トラブルの解消とはなっていない。今回、酸洗と冷間圧延との連続化に当ってトリミング技術の飛躍的向上を目的として、

- (1) 走間での幅変更機能
- (2) 自動刃替機能
- (3) 耳づまりトラブルを最小限とする機能

を有した全く新しいトリマー設備とした。トリマー設備の外観を Fig. 3 に示す。

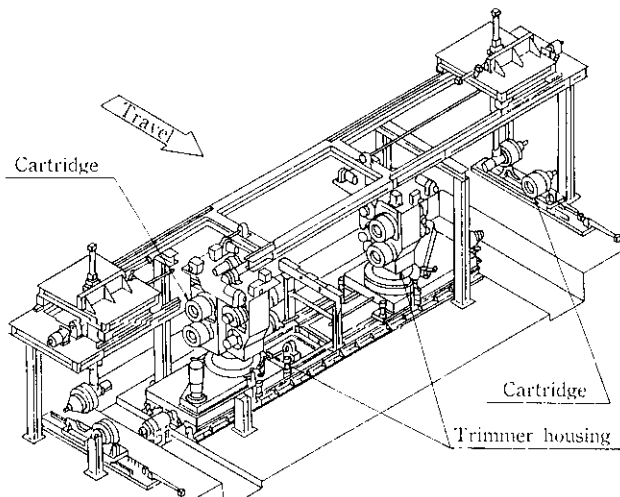


Fig. 3 View of trimmer

2.5 酸洗-冷間圧延連結設備

No. 1 冷間圧延機は、No. 2 酸洗ラインの延長線上に平行に設置されているが、500 mm のライン芯ずれがあった。500 mm のライン芯ずれは、Fig. 4 に示すように 2 本のデフレクターロールを傾斜させることにより吸収している。また、トリマーセクションとミルセクション間は、4 ストランドずつ 2 台のルーバーカーとしたマルチストランドルーバーカーを採用した。これは、架構を低くし仮設門型クレーンによるルーバーク建設を行うための工夫であり、このためミルヤードのクレーンを使用せずミルの操業には、全く影響を与えずに工事が出来た。No. 3 ルーバーク概観を Photo 1 に示す。

また、酸洗との連続化に当ってとくに配慮しなければならないのは、休止工事中に使用する通板材の処置である。このため、既設の圧延機入側の巻戻し機を改造し、巻取り機として通板材の巻取りを可能とした。さらに、交換頻度の高いロール類は、板有り交換を可能とし、通板切断頻度を下げた。

2.6 圧延機

珪素鋼板を中心とした板厚精度向上に対するユーザーニーズに対応するため、No. 1 スタンドは、従来のメカニカルサーボ方式の油圧圧下より電磁油圧サーボ方式の油圧圧下に変更し、さらに、冷間圧延としては、世界に先駆けて川鉄ワークロールソフトミルを導入^{8,9)}した。

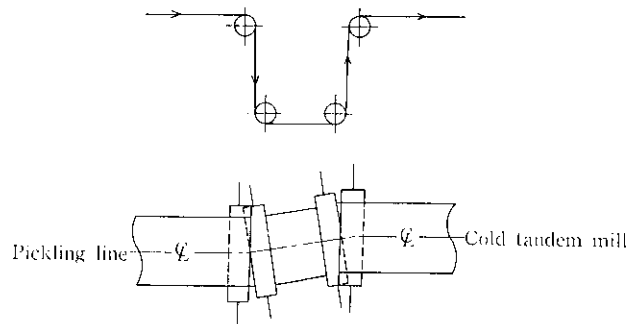


Fig. 4 Strip shifting device for coupling of pickling line and cold tandem mill

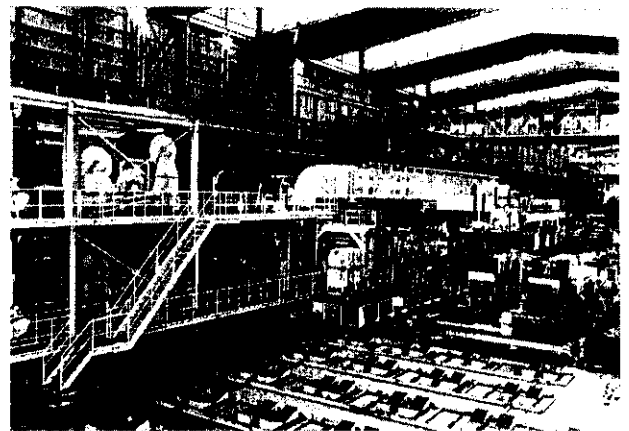


Photo 1 View of mill section from No. 3 loop

2.7 出側設備

圧延機出側には、ピンチロール・ドラムシャーおよびカローゼルタイプのテンションリールを設置し、走間剪断・巻取りを可能とした。出側コイルハンドリングは、薄物用のスプール供給も含めて全自動化をはかり、ミルフロアのオペレータを完全に省力化した。

2.8 プロセスコンピュータシステム

全ラインのプロセスコントロールを果すために、既設の No. 1 冷間圧延機用プロセスコンピュータ (V-90) を増強し、酸洗側をもカバーするシステムとした。本プロセスコンピュータは、酸洗側とミル側の各々に溶接点トラッキング演算を行うマイクロコンピュータ (H-08L) を持ち、トラッキング演算に基づきアンコイラーからカローゼルテンションリールまでのセットアップ計算および入側コンベアから出側コンベアに至るコイルトラッキングを実施している。溶接点検出器は、計 6 台あり、塑性加工をとまう装置（テンションレベラー、トリマーおよび圧延機）の直前に重点設置している。また、酸洗側は、テンションレベラー、メカニカルデスケラーおよび塩酸槽を効率的に使用するために、デスケリング制御用計算機 ADSC (Automatic Descaling Controller) H08L を新たな試みとして導入した。

DDC システムは、AGC・ASC 用として計 3 台の H08L、電気側は、酸洗ラインに計 7 台の MICREX、ミルに計 6 台の H04E、M を設置した。また、従来のオイルマンパネルを一掃しオイルセラーおよび酸洗計装は、CRT とキーボードからの操作とし、全自動化をはかった。Fig. 5 には、プロセスコンピュータシステムと計装機器の配置を示した。

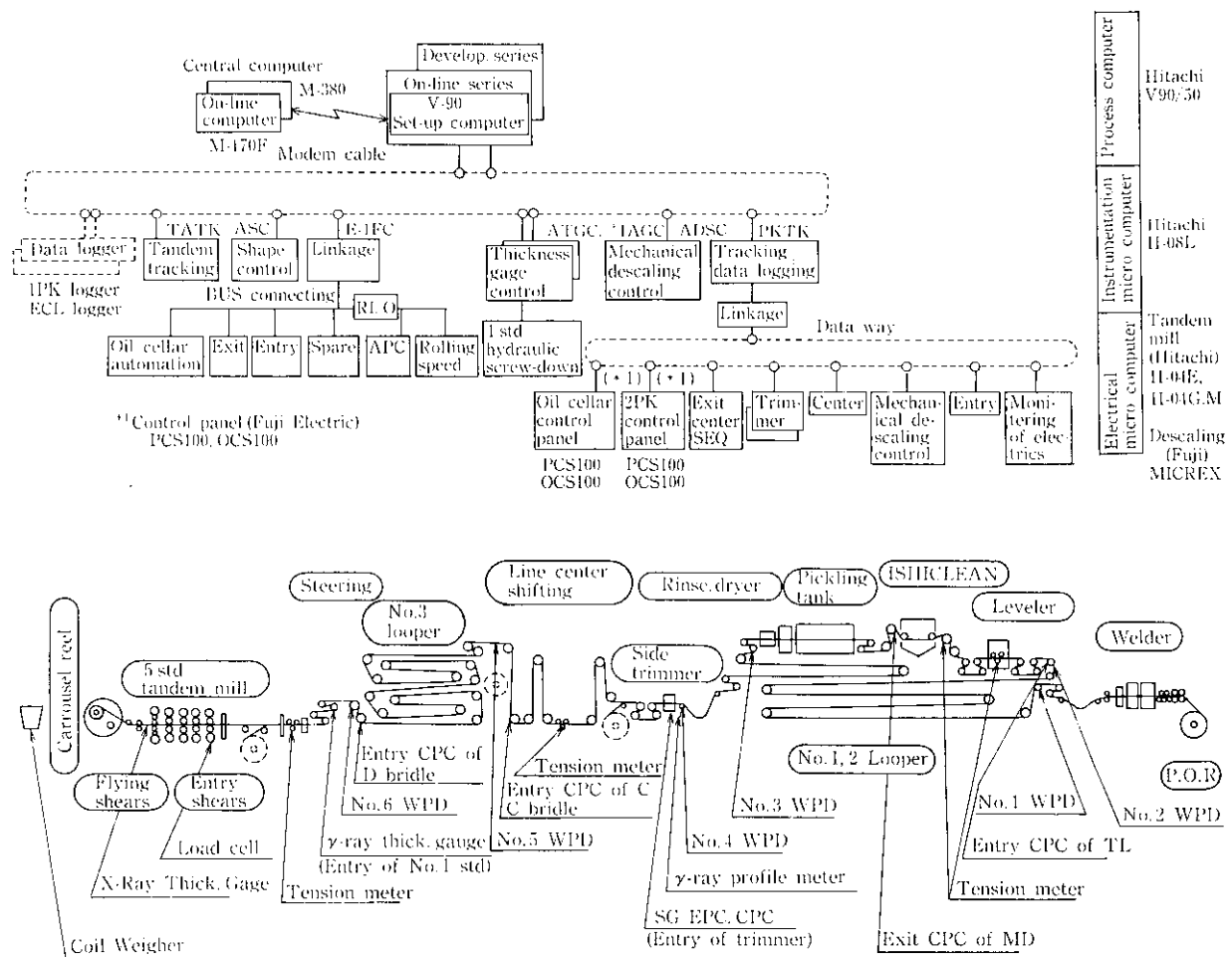


Fig. 5 Process computer system and layout of instrumentation device

3 酸洗-冷間圧延連続化のための新技術

3.1 高速脱スケール技術の開発

3.1.1 高速脱スケール技術の開発

KM-CAL 稼動にともない極低炭素鋼を中心とした難脱スケール材が増加してきた。Fig. 6 各素材のスケール厚みと必要酸洗時間を示しているが、高温巻取り極低炭素鋼は、低温巻取り低炭素鋼に比して必要酸洗時間が2倍長くなる。また、前処理としてのスキnpass処理の効果はあるが、通過工程が増えるためリードタイム増加となる。このため、従来の塩酸酸洗のみでの脱スケール能力低下防止とリードタイム短縮を目的とした高速脱スケール技術の開発が必要であった。今回、脱スケール設備として、スケールブレイカーおよびメカニカルデスケラーに関し種々の検討¹⁰⁾を行った結果、テンションレベラーとインクリーンの組合せを採用した。

3.1.2 脱スケール設備の実機性能

実機脱スケール性について、Fig. 7 はテンションレベラー単独使用時の伸び率と脱スケール速度の関係を、Fig. 8 にメカニカルデスケラーとの複合効果を示す。テンションレベラー効果は、伸び率増加にともなって増加するが伸び率2%以上で飽和する。また、メカニカルデスケラーも併用した時の複合効果は、ストリップ長手方向中央部で脱スケール速度270 m/minに達し、塩酸酸洗単独時の80 m/minに比して3倍以上の効果を発揮している。

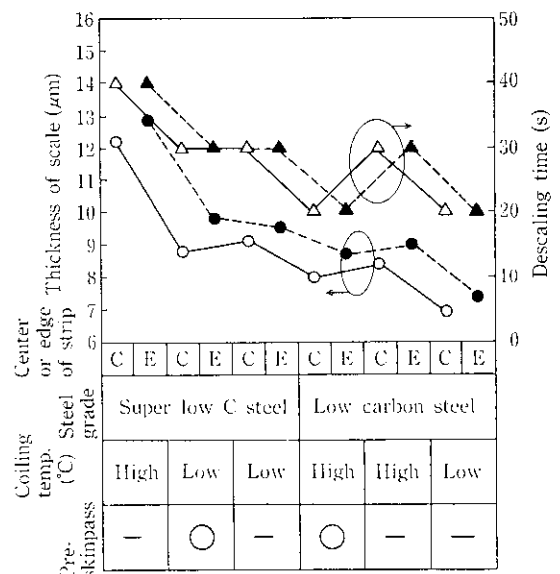


Fig. 6 Relationship between scale thickness and descaling time (5% HCl)

3.1.3 デスケーリング制御

デスケーリングは、テンションレベラー、メカニカルデスケラー、塩酸酸洗の複合効果として達成される。塩酸濃度および温度は

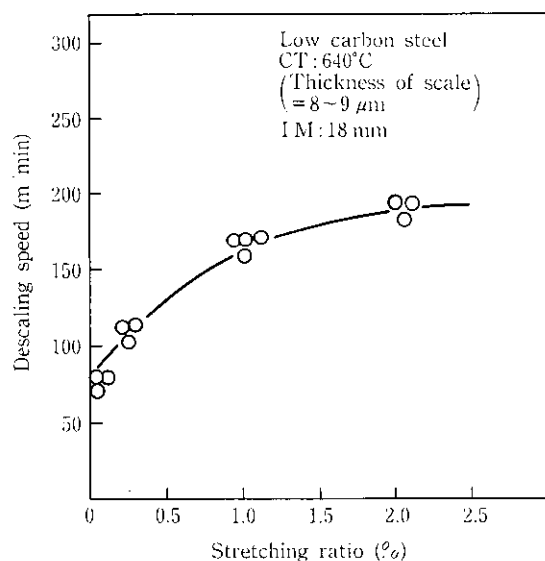


Fig. 7 Effect of stretching ratio in tension leveller on descaling speed

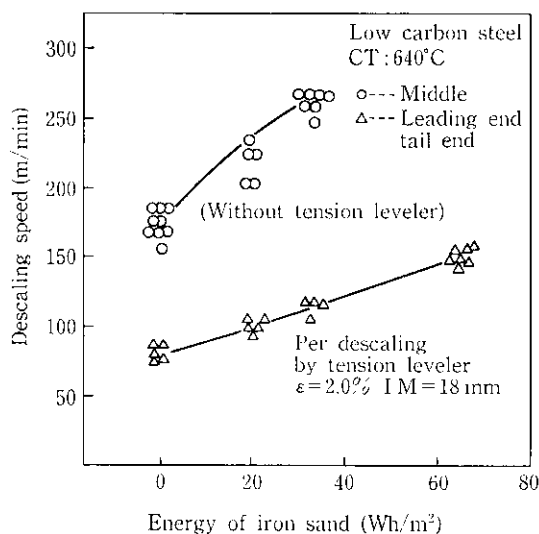


Fig. 8 Effect of mechanical Descaler on descaling speed

制御時定数が大きいのでダイナミック制御になじまない。テンションレベラーは、インターメッシュと伸び率をコイルごとに設定している。したがって、脱スケール状況に応じてダイナミックに制御できるのは、メカニカルデスケラーパワーと脱スケール速度である。

ADSC の考え方は、ストリップ表面スケール量に対するテンションレベラー、メカニカルデスケラーおよび塩酸酸洗の単独および複合脱スケール効果を定式化し、塩酸槽出側で残スケール量が零となるようにメカニカルデスケラーパワーおよび脱スケール速度を制御することを特徴としている。その機能構成を以下に示す。

(1) スケール量トラッキング

テンションレベラーから塩酸槽出側までのストリップを 1 m ごとに区切り、各設備を通過するごとに定式化したデスケリング効果分だけ残スケール量を減じてトラッキングを行う。

(2) メカニカルデスケラーパワーの決定

メカニカルデスケラー入口での残スケール量と脱スケール速度から、塩酸槽出側で残スケール量が零でかつ最大能率となるようにメカニカルデスケラーパワーを決定する。

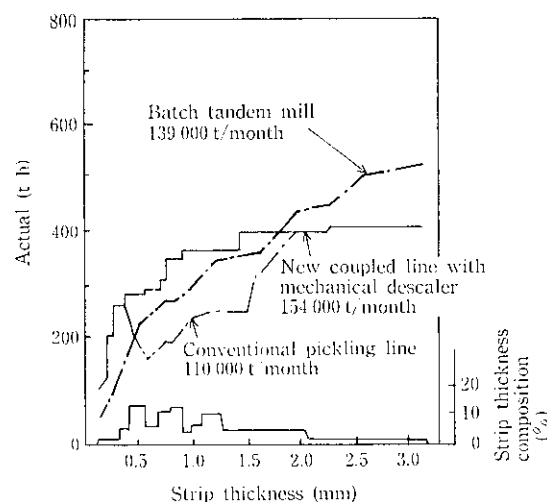


Fig. 9 Comparison of rolling capacity between conventional lines with new coupled line

(3) 脱スケール速度の決定

最外周ループとして、塩酸槽中の各区分の残スケール量を実績のメカニカルデスケラーパワーと現在までの塩酸浸漬時間より予想し、各区分の所要酸洗時間より脱スケール速度を決定する。

高速脱スケール技術の開発により、デスケリング能率は、塩酸酸洗単独時に比して 25% 以上向上し、冷間圧延との連続化にその威力を発揮している。バッチ圧延機、塩酸酸洗のみの酸洗ラインと今回脱スケール設備設置後の能力比較を Fig. 9 に示す。

3.2 トリマー走間板幅変更技術の開発

3.2.1 走間板幅変更技術の必要性

従来のトリマー設備では、ストリップ幅が変わるごとに、酸洗入側で溶接後クリッピングし、トリマー位置まで通板後クリップ部で停止し、トリマー幅調整して再起動する方式を取っていた。入側でのクリッピングは、溶接時間に重畳され、またトリマー幅設定替作業によるライン停止により、トリミング材は、ノントリミング材に比して約 10% の能率低下になっていた。トリミング材の能率低下と、トリマー幅替作業の自動化の困難から、走間板幅変更技術が望まれた。これらの背景をベースに、約 2 年間にわたる基礎実験の結果、画期的な走間板幅変更技術を開発し、導入した。走間板幅変更法の従来法との比較を Fig. 10 に示す。

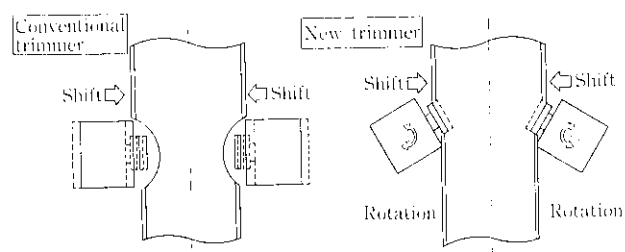


Fig. 10 Comparison of width change methods between conventional trimmer and new trimmer

3.2.2 走間板幅変更機能

走間板幅変更は、ターレットタイプトリマーのハウジング回転機能と幅調整機能を連動させることによって行っている。走間板幅変

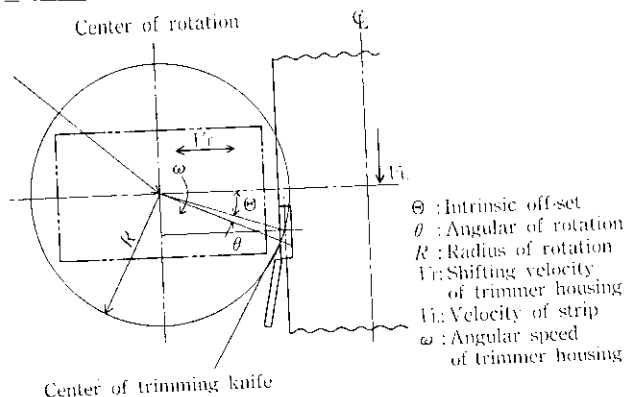


Fig. 11 Definition of symbols in relation to flying width change

更機能を Fig. 11 に沿って説明する。トリマーハウジングの旋回速度と横行速度は、幾何学的関係から (1) 式のように定まる。

$$\tan \theta = \frac{V_T + R\omega \sin(\Theta + \theta)}{V_L + R\omega \cos(\Theta + \theta)} \quad (1)$$

ここで、

ストリップ移動量: $L(t)$

トリマーハウジング移動量: $T(L)$

トリマーハウジング旋回角度: $\theta(L)$

とすると、次式に示すように、 V_T , ω は、 V_L によって関係付けられる。

$$V_L = \frac{dL(t)}{dt} \quad (2)$$

$$V_T = \frac{dT(L)}{dt} = \frac{dT(L)}{dL} \times \frac{dL}{dt} = \frac{dT(L)}{dL} \times V_L \quad (3)$$

$$\omega = \frac{d\theta(L)}{dt} = \frac{d\theta(L)}{dL} \times \frac{dL}{dt} = \frac{d\theta(L)}{dL} \times V_L \quad (4)$$

今回導入した走間板幅変更制御では、(3), (4) 式中の時間に依存しない項はハウジング旋回速度パターンを基本として、ハウジング横行速度は (1) 式を満足するように求め、ストリップ移動量をパラメーターとしたテーブルより与える方式としている。また、走間板幅制御は、ストリップ速度一定のもとに実行しているが、ストリップ速度変動に対応するため、実ストリップ速度補償を実施している。さらに、ハウジング横行および旋回速度制御のみでは、横行位置および旋回角度にオフセットを生じるので、横行位置および旋回角度の APC ループを重畳させ、細い位置ずれを位置エラーの検出値により補正している。

3.2.3 制御効果

走間板幅変更制御による実際の剪断軌跡を Fig. 12 に示す。本制御の結果、幅替量 (最大) ± 100 mm, 幅替長さ 1000 mm, 幅替精度 0.2 mm 以内が可能である。

また、剪断点においてトリマー刃を剪断軌跡に対して逃げ角を与

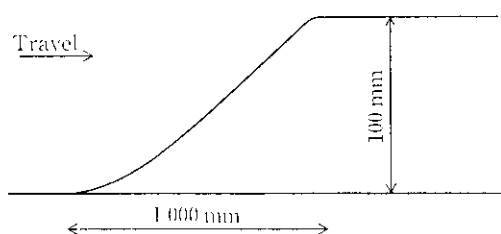


Fig. 12 Example of shearing locus

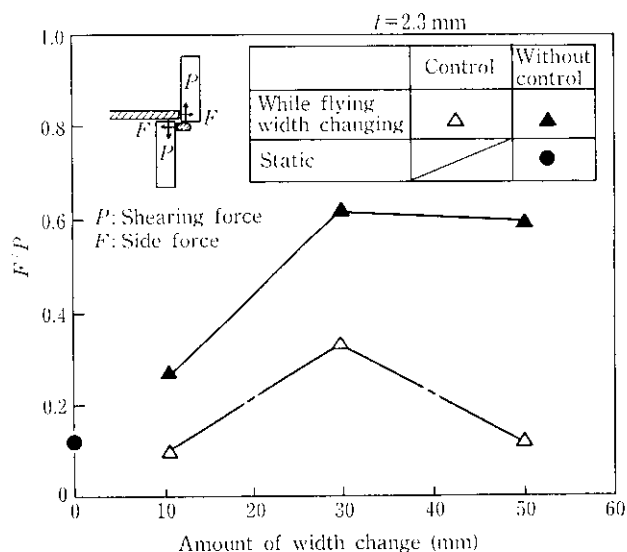


Fig. 13 Prevention of interference between blade and strip while flying width changing

えるように旋回角度を制御して、ナイフ側面と鋼板端面との干渉を防止することも可能である。Fig. 13 は、本干渉補正効果を示したものである。

新トリマー導入後、トリマーによる休止率は、刃替も含めてほぼ 0% であり、能率もノントリミング材とほとんど差がない。

3.3 走間板厚変更技術の改善

No. 1 冷間圧延機では、従来からコイル大型化を目的として走間板厚変更技術を確認してきたが、当ミルは水島製鉄所で唯一の冷間圧延機のため、板厚 0.15 mm~3.3 mm と製造サイズ範囲が広い。また、鋼種範囲も広く、圧延材の変形抵抗値の範囲も広い (Fig. 14)。今回の連続化によって変形抵抗差あるいは板厚差の大きな走間板厚変更の機会が増加するため、次の 2 項目に関してレベルアップをはかった。

(1) 圧延荷重演算精度

(2) 高精度なミル内トラッキング

(1) 項に関しては、従来の鋼種区分のモデル式を、成分および熱延条件を考慮した規格区分に細分化する方式とした。従来法と改造後の圧延荷重演算精度比較を Fig. 15 に示す。(2) 項に関しては、ミル直前に溶接点検出器を配置すること、トラッキング中のストリップ速度をダイナミックに補正することにより精度を上げている。

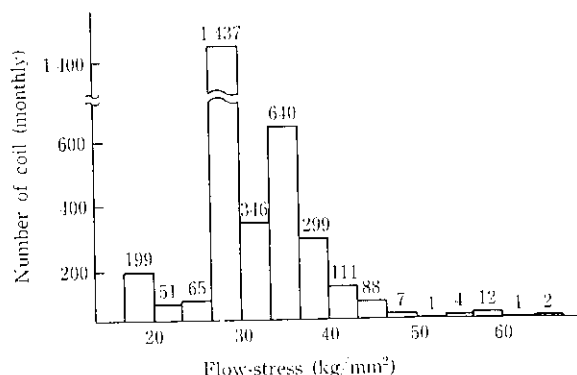


Fig. 14 Distribution of flow-stress

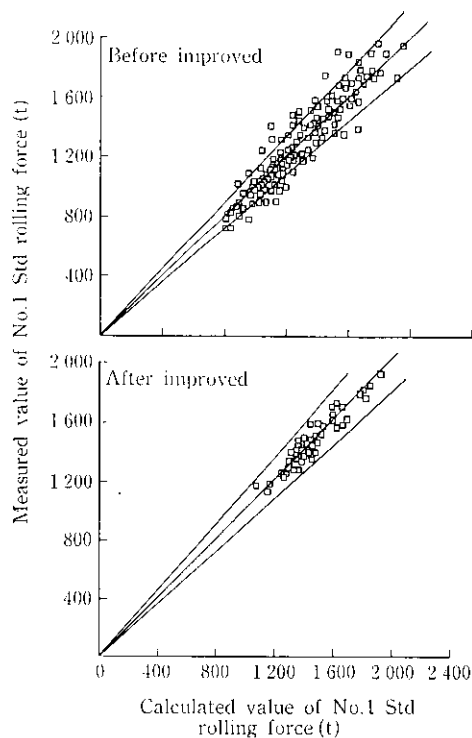


Fig. 15 Improvement in calculation method of rolling force

本レベルアップにより、全鋼種、全サイズにわたってトラブルなく連続圧延が可能となり、連続圧延効果をいかに発揮し、ロールマーク発生頻度の減少（従来の 1/8）およびオフゲージの減少（従来 1/7）が達成できた。

4 結 言

水島製鉄所における酸洗-冷間圧延の完全連続化の概要を紹介した。本ラインは、時代の要請に応じた高品質、短納期、高歩留り、高生産性を達成するものである。今回の連続化改造に当っては、高速脱スケール技術、走間板幅変更技術、走間板厚変更技術などの技術開発を行った。本ラインは、順調に稼動しており期待された効果を発揮している。酸洗-冷間圧延連続化により、先に稼動し洗浄～精整を 1 工程化した多目的連続焼鈍設備と合せて、冷間圧延工場の 2 工程化を実現した。

おわりに、テンションレベラー、新トリマーの実用化に協力いただいた三菱重工株式会社、メカニカルデスケーラーの効率向上に協力いただいた石川島播磨重工業株式会社、連続化建設に多大の協力をいただいた川崎重工業株式会社、株式会社日立製作所および富士電機製造株式会社の関係各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- 菅沼七三雄, 鮫島一郎, 上野宏昭, 白石典久, 村上進次郎, 橋本 修: 鉄と鋼, **70** (1984) 10, S1062
- 湯浅博康, 菅沼七三雄, 小松富夫, 田淵 衛, 大野斗志雄, 鹿日光助: 鉄と鋼, **72** (1986) 4, S368
- 菅沼七三雄, 小松富夫, 大野斗志雄, 成瀬 豊, 黒田 茂, 田淵 衛: 鉄と鋼, **72** (1986) 4, S369
- 土井克彦, 佃 一二三, 山本和明, 石井功一, 江藤 孝治, 小松富夫: 川崎製鉄技報, **15** (1983) 1, 37
- T. Eto, T. Fujiwara, A. Yoshida, T. Naoi: International Conference on Steel Rolling, ISIJ, Tokyo (Japan), April (1980), 439
- 河合義人, 相原正樹, 石井功一, 田淵 衛, 佐々木弘明: 川崎製鉄技報, **16** (1984) 1, 53
- 武田 豊, 安藤成海, 才木 孝, 市田弘三郎, 井家上 洋, 縄田康隆: 機械振興, **17** (1984) 11, 57
- 菅沼七三雄, 小松富夫, 内藤 肅, 渋谷 聡, 広畑和宏, 山本和明: 昭和60年度塑性加工春季講演会講演論文集, (1985), 41
- 小松富夫, 進 修, 菅沼七三雄, 中西敏修, 渋谷 聡, 黒田 茂: 昭和60年度塑性加工春季講演会講演論文集, (1985), 45
- 菅沼七三雄, 石井功一, 湯浅博康, 下里省夫, 江川庸夫, 和田哲義, 重村貞人, 宮本忠典, 玉田功治, 太田訓郎: 三菱重工技報, **21** (1984) 6, 97