

酸洗-冷間圧延工程の完全連続化

技術報告

湯浅 博康*・中西 敏修*・竹野 忠吉*
田淵 衛*・山本 和明*・小松 富夫*²

The Fully Continuous Descaling and Cold Rollig Mill

Hiroyasu YUASA, Toshinobu NAKANISHI, Tadayoshi TAKENO,
Mamoru TABUTI, Kazuaki YAMAMOTO and Tomio KOMATU

Synopsis:

Mizushima works has remodeled the existing pickling line (No. 2CPL) and the batch type cold tandem mill (No. 1TM) into a fully continuous line in June 1985. Some necessary technologies for combining a pickling line with a cold tandem mill have been developed for a continuous operation; highly efficient descaling technique through introducing tension leveller and mechanical descaler, continuously width changeable trimmer, and advanced flying-gauge changing technology. Improvement in product quality and material yield, increase in productivity, shortened of production time, and labor saving have been obtained. We can produce cold rolled strip using only two processes, which are KM-CAL installed in February 1984 and the fully continuous descaling and cold rolling mill.

Now the operation of the new system is smooth and the benefits are as expected.

Key words: rolling; cold rolled product; automation; process control; production control.

1. 緒 言

2. 連続化の目的

水島製鉄所冷延工場において、既存の No2 酸洗設備と No1 冷間圧延機の連続化を実施し、1985年6月より稼動を開始した。この連続化の狙いは、冷延製品の品質の均一化、製造コストの低減化、リードタイムの短縮にあり、1984年2月に稼動した連続焼鈍ライン(KM-CAL)¹⁾とこの連続化により冷延工程の合理化を達成した。

酸洗設備と冷間圧延機を連続化する上での課題は、ストリップの材質、寸法により生産性の異なる両工程をいかに整合させ高生産性を得るか、またライン停止をいかに防ぎ高い作業率を得るかという点にある。具体的には酸洗設備において、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、エッジトリミング工程における走間でのトリミング幅変更技術の開発を行い、圧延機において走間板厚変更技術を発展させること等により、課題を解決している。

以下にこの連続化設備の概要と技術開発内容および操業実績について報告する。

酸洗ラインと冷間圧延設備を連続化する第一の目的は品質の改善である。表面欠陥のうち発生頻度の高いロール疵は、鋼帯の先端部の通板、後端部の尻抜き作業をなくすことにより削減され、同様に先後端部のオフゲージも削減できる。第二の目的はリードタイムの短縮であり、熱延工程の物流合理化計画と合わせ、大幅な納期短縮を果たす。第三の目的は製造コストの削減である。高生産性を達成することで省エネルギーを果たし、品質の改善により歩留りの向上を果たす。酸洗ライン出側とタンデムミル入側の作業を省略することにより、労働生産性を大幅に向上する。また生産能力は2割以上向上させ、153 000 t/月 とすることを目的としている。

3. 設 備 概 要

酸洗-タンデムミル連続ラインの全体構成を Fig. 1 に示す。

3.1 基本仕様

本ラインでは一般冷間圧延鋼板、亜鉛めつき原板を製

昭和 61 年 12 月 4 日受付 (Received Dec. 4, 1986)

* 川崎製鉄(株)水島製鉄所 (Mizushima Works, Kawasaki Steel Corp. 1 Mizushimakawasakidori Kurashiki 712)

*2 川崎製鉄(株)千葉製鉄所 (Chiba Works, Kawasaki Steel Corp.)

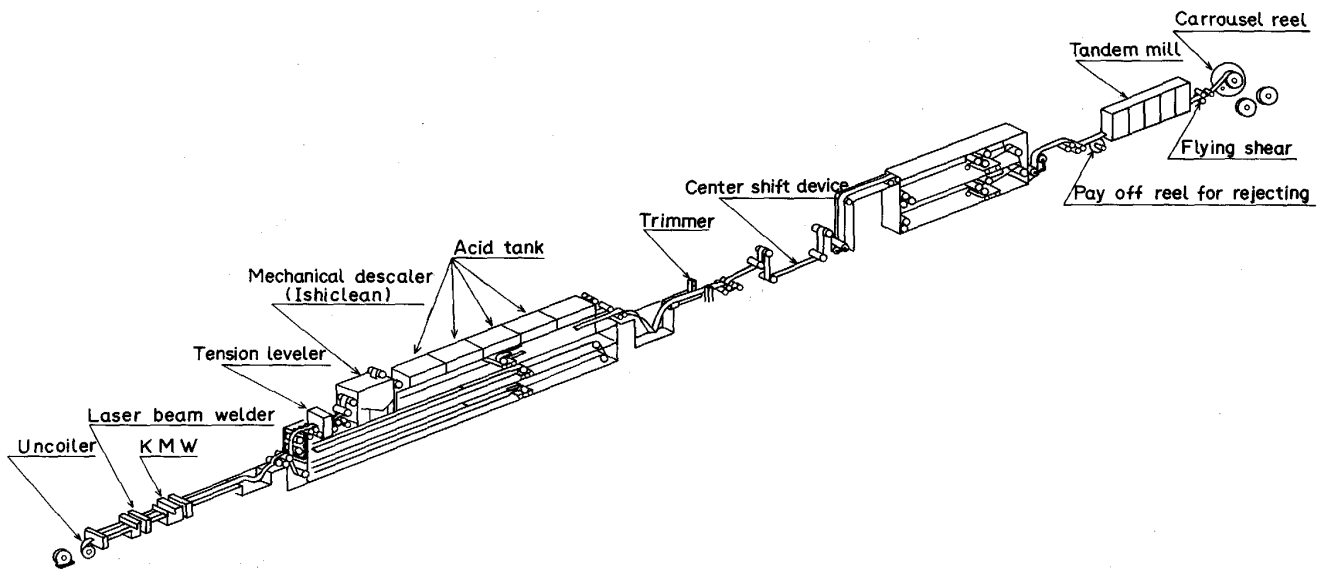


Fig. 1. Outline of fully continuous descaling and cold rolling mill.

Table 1. Main specification.

Item	Specification
Ent. strip thickness	1.6~6.0 mm
Del. strip thickness	0.15~3.2 mm
Strip width	600~1 630 mm
Capacity	15 300 t/月
Entry speed	Max. 620 mpm
Tank section speed	Max. 320 mpm
Delivery speed	Max. 1 930 mpm

造しており、製品の板厚は 0.15~3.20 mm、板幅は 600~1 630 mm である。主仕様を Table 1 に示す。

本ラインへは熱間圧延後、冷却された鋼帯が供給され、これを連続的に接続する溶接機を備えた入側セクション、スケールを除去する脱スケールセクション、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成り立つ。すべてのセクションの間にはルーパー設備を配している。

3.2 入側セクション

熱延鋼帯の巻戻し用ペイオフリールと、珪素鋼板の溶接用としてレーザービーム溶接機²⁾、一般冷延鋼板用の溶接用として、従来型全自動フラッシュバット溶接機をコンパクト化した新型溶接機を備えている。

3.3 デスケーリングセクション

従来、脱スケールは塩酸酸洗槽 (20 m 長×5 槽) のみで行っていた。冷延ミルとの連続化に当たり、デスケーリング速度の高速化が不可欠であるため、下記の設備構成とした。

- (1) 熱延鋼板の引張り曲げにより表面のスケールに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

式により研掃するメカニカルデスケーラー (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
Fig. 2 に設備構成図を示す。

3.4 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、丸刃寿命延長を狙ったタンガロイ丸刃の採用などの報告があるが、根本的なトリミング時のライン停止、耳切トラブルの解消とはなっていない。今回、これらの問題を解決することを目的に

- (1) 走間での板幅変更機能
- (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、新しいトリマー設備を開発した。トリマー設備の概観を Fig. 3 に示す。

3.5 酸洗-冷間圧延連結設備

No1 冷間圧延機は No2 酸洗ラインの出側延長線上に配されていたがそれらのライン芯は 500 mm ずれている。これらの設備を連結するために、2本のデフレクターロールを傾斜させ、ストリップの進行方向を変えた。これを、Fig. 4 に示す。このラインセンター移動設備の出側に、2台のマルチストランドルーパークを備えた8ストランドルーパー設備を設置している。

また、休止工事時に酸洗ラインで使用する通板材の巻取機は、既設のミル入側巻戻し機を改造したものを使用している。

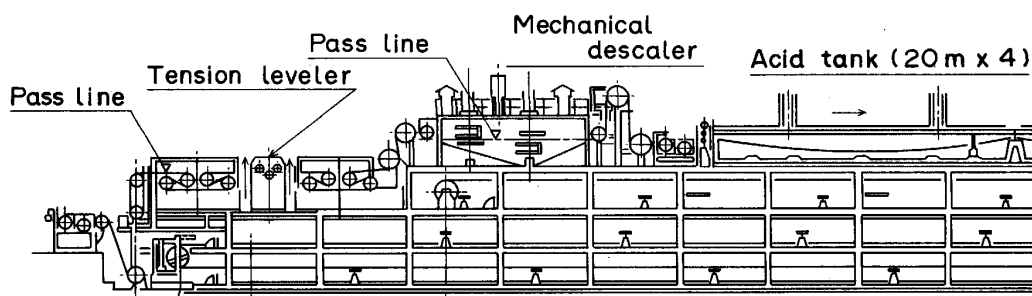


Fig. 2. Layout of descaling equipment.

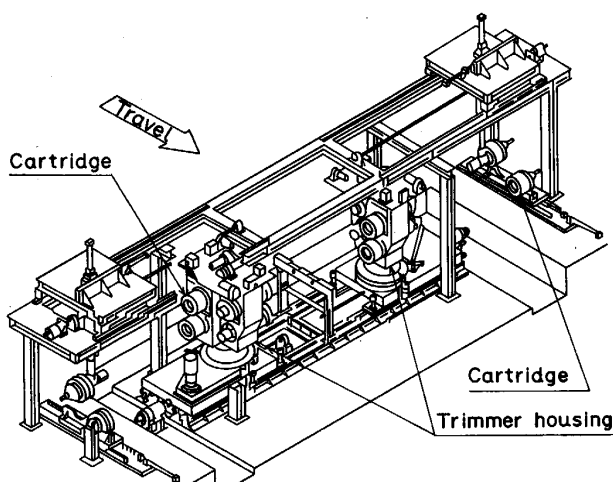


Fig. 3. View of trimmer.

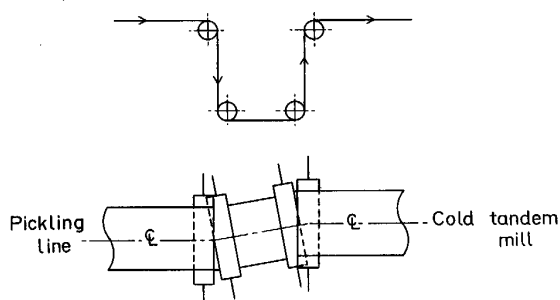


Fig. 4. Strip shifting device for coupling of pickling line & cold tandem mill.

3.6 圧延機

珪素鋼板を中心に、板厚精度の向上はユーザーから強く要求されている。これに対応するために、#1 スタンドの油圧圧下をメカニカルサーボ方式から電磁油圧サーボ方式に変更した。さらに冷間圧延用として初めてワークロールシフトを導入した³⁾⁴⁾。

3.7 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ラーゼルタイプのテンションリールを設置し、走間剪

断、巻取りを可能にした。出側の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図り、ミルフローアのオペレーションをなくした。

3.8 プロセスコンピューターシステム

全ラインのプロセスコントロールを果たすために、既設の No1 冷間圧延機用プロセスコンピューターを強化し、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ーは、酸洗側とミル側のおおのにおに溶接点トラッキング演算用のマイクロコンピューターをもち、トラッキング演算に基づき、アンコイラーからカラ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、ルーバー設備の前後に計6台設置している。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、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 (Automatic descaling controller : ADSC) を導入した。

Fig. 5 にプロセスコンピューターシステムと計装機器の構成を示す。

4. 酸洗-冷間圧延工程連続化のための新技術

4.1 高速脱スケール技術の開発

4.1.1 開発の背景

連続焼鈍ラインにおいて、深絞り性の良い材料として極低炭素材および熱延高温巻取材の処理量が増加している。これらの材料はスケール厚みが厚く、塩酸酸洗性が悪い。Fig. 6 はスケール厚みと必要酸洗時間の関係を表す。高温巻取極低炭素鋼は 12 μm 以上スケール厚みがあり、低温巻取低炭素鋼の2倍の酸洗時間を要する。このように従来の塩酸酸洗のみでは全体として30% 近くの能率低下を招くため、高速脱スケール技術の開発を要した。

脱スケール方式としては、スケール生成制御を狙ったコイル水冷方式、スケールにクラックを入れることによりその酸洗性向上を狙った黒皮圧延⁵⁾、テンションレベ

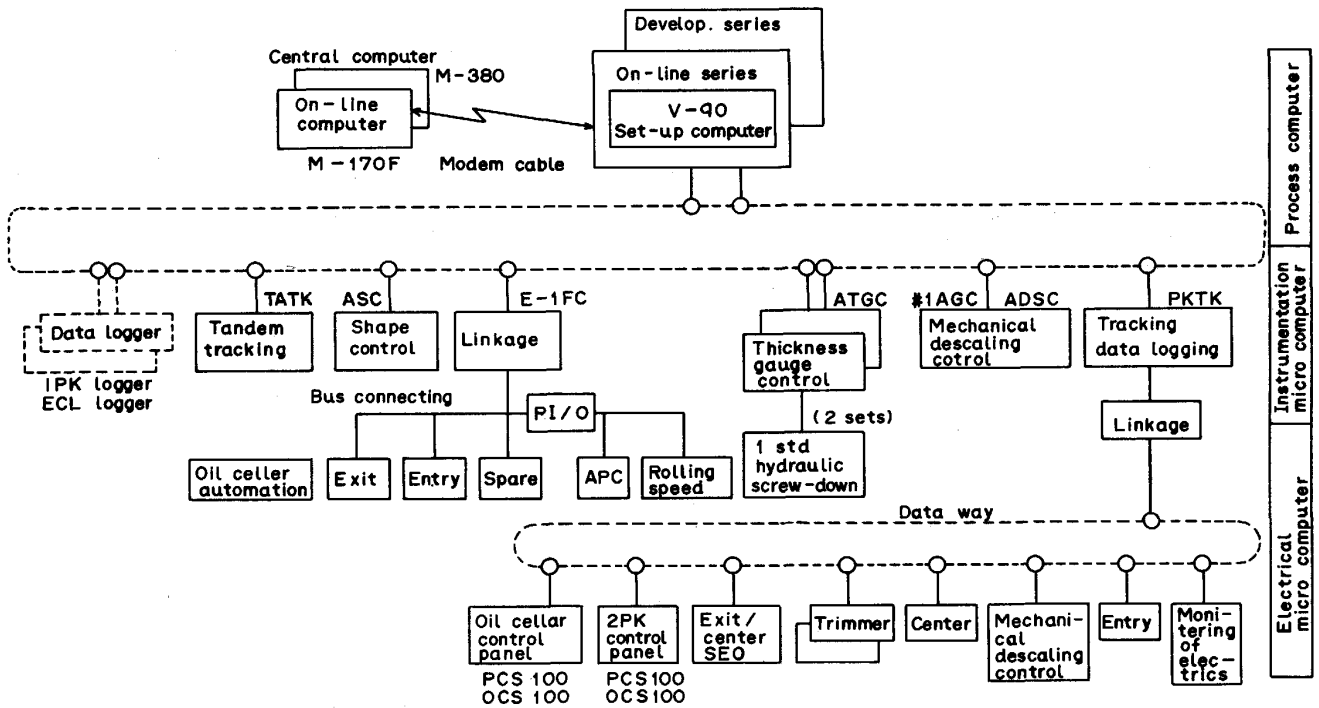


Fig. 5. Computer system.

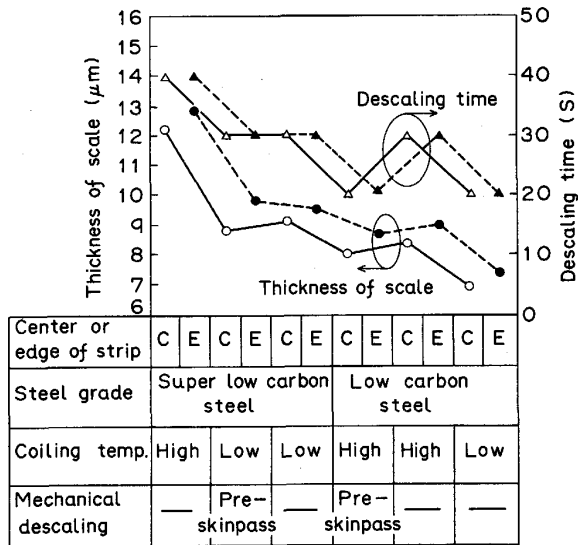


Fig. 6. Relationship between scale thickness and descaling time (5% HCl).

ラー、異周速圧延などがある。また、スケールの研掃方法には、液体ショットブラスター（イシクリーン）⁶⁾、ドライショットブラスター⁷⁾、高圧水、ブラシ、弾性砥石などがある。これらの中で、品質上問題なく、脱スケール性が優れかつ低コストな脱スケール方法として、テンションレベラー+イシクリーン方式を採用した。

4.1.2 脱スケール設備の実機仕様

脱スケール設備の仕様を Table 2 に示す。テンシ

Table 2. Specification of descaling equipment.

Tension leveller		Mechanical descaler ishiclean	
1	Elongation ratio: max. 4%	1	Water pressure: max. 350 kg/cm ²
2	Stretching roll: φ80×2	①	Plunger pump: 13 plungers
3	Levelling roll: φ80×1	②	Motor power: 3 000 kW
	Motor power	③	Nozzle: 35×2
	Main motor: 1 000 kW	2	Slurry quantity: max. 22 t
	Stretching motor: 110 kW	①	Motor power: 330 kW
		②	Density of slurry: 70%
Acid tank 20 m×4 tanks			

ンレベラーは最大伸率4%まで与えられるものである。入側と出側のブライドルロールは、遊星歯車を介して連結されている。系全体を駆動するメインモーターと回転差を与えるためのストレッチングモーターの速度制御はデジタル ASR 方式を採用し、高精度な伸率制御を行うことにより安定した脱スケール性能を得ている。

イシクリーンは高速脱スケールを実施するために、大出力化している。脱スケール方式は Fig. 7 に示すように高圧水ノズルより 350 kg/cm² の水を噴射し、それに対し砂鉄濃度 70 vol% のスラリーを吹きつけるものである。なおこの高圧水を毎分 4.7 cm³ 供給するために 3 000 kW の 13 連型プランジャーポンプを導入している。

4.1.3 脱スケール設備の効果

実機での脱スケール性を確認した。テンションレベラーを使用し、その伸率と塩酸による脱スケール速度の関係を Fig. 8 に示す。伸率が増加すると脱スケール速

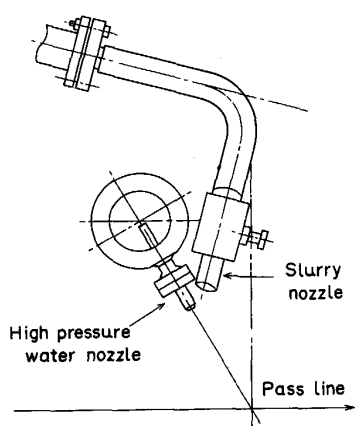


Fig. 7. View of spray nozzle.

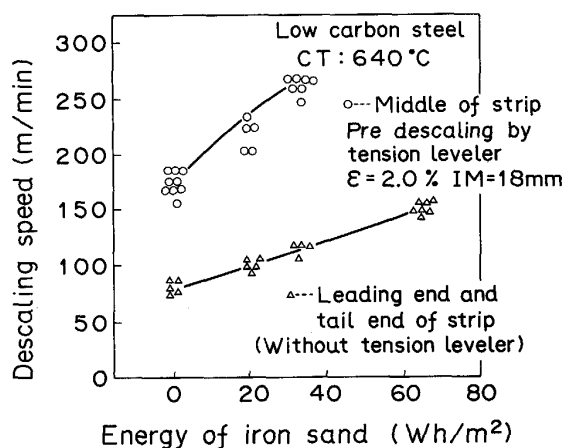


Fig. 9. Effect of mechanical descaler on descaling speed.

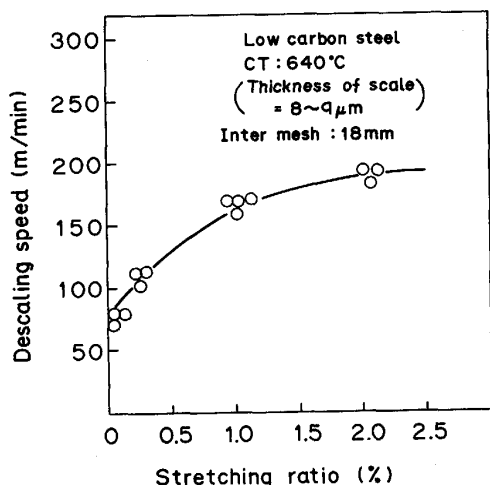


Fig. 8. Effect of stretching ratio in tension leveler on descaling speed.

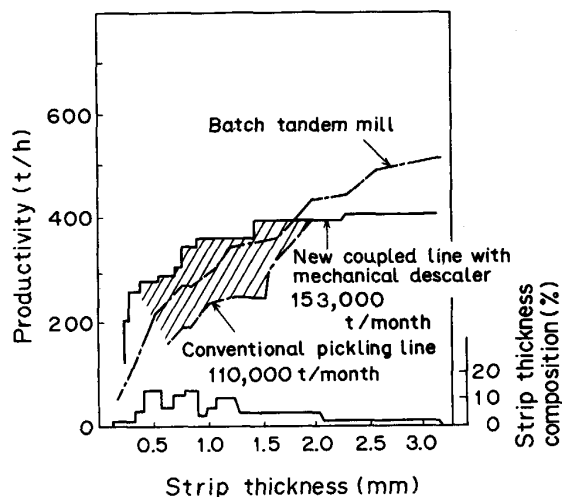


Fig. 10. Comparison of rolling capacity between conventional lines with new coupled line.

度は向上し、伸率2%を与えた時に、未処理材と比較して2倍以上の脱スケール速度が得られた。またテンションレベラーとメカニカルデスケラーとの複合効果を Fig. 9 に示す。ストリップ長手方向中央部で、砂鉄の運動エネルギーが 40 Wh/m^2 の時、脱スケール速度は5割以上向上する。テンションレベラーも使わない材料と比較すると3倍以上の増速効果が得られる。なお図中のコイルの先後端部のデータはテンションレベラー不使用であり、この先後端部はスケール厚みが中央部より2~4割厚いので脱スケール性は劣る。

これらの高速脱スケール設備の導入による生産能率の向上効果を Fig. 10 に示す。横軸は板厚、縦軸は稼働能率を示す。本設備導入により、従来の塩酸による単独酸洗時に比べて総合で25%以上の能率向上を果たしている。

4.2 トリマー走間板幅変更技術の開発

4.2.1 走間板幅変更技術の必要性

従来、トリマー設備では切断後の板幅を変える時にはラインを停止し、その板幅にトリマーの切断幅を合わせラインを再起動する方式をとっていた。Fig. 11 (a) に示すように板幅が狭くなる時はトリマー刃を板幅より内側にセットするために、入側セクションで事前に板幅変更部のサイドクリップを行っていた。このため生産性が低下していた。連続化後は幅広材から幅狭材へ圧延サイクルを組むためいつそうの能率低下が懸念された。このような背景の基に、ライン運転中にトリマー切断幅を変更するという、走間板幅変更技術の開発に着手し、各種の基礎試験の結果、この技術の実用化に成功した。この板幅変更方法を Fig. 11 (b) に示す。

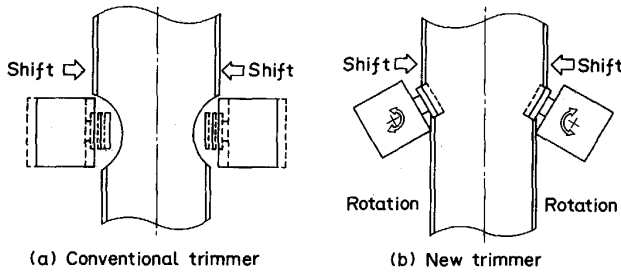


Fig. 11. Comparison of width change method between conventional trimmer with new trimmer.

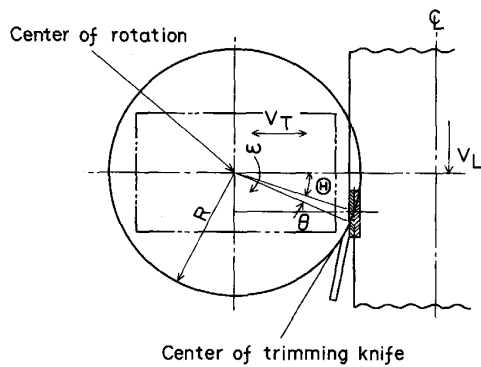


Fig. 12. Definition of symbols in relation to flying width change.

4.2.2 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旋回機能と幅調整機能を連動させることにより行う。Fig. 12において、トリマーハウジングの施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。

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

ここでは V_T はトリマーハウジングの横行速度、 V_L はストリップ速度、 R は施回半径、 ω は施回角速度、 θ はカッター取付位置によるオフセット量、 θ は θ からのカッターのずれ角度である。一方、ストリップ移動量を $L(t)$ 、トリマーハウジング移動量を $T(L)$ 、トリマーハウジング施回角度を $\theta(L)$ とすると、次式のように、 V_T 、 ω は V_L により関係づけられる。

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

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

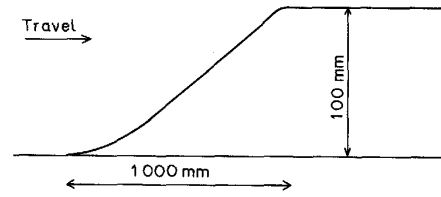


Fig. 13. Example of shearing locus.

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

今回導入した制御では(3)、(4)式中の時間に依存しない項は、あらかじめテーブルを作成して与えており、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決定する。また、走間板幅変更制御はストリップ速度一定のもとに実行しているが、ストリップ速度の変動に対応するため、実ストリップ速度の補償を実施している。さらに、ハウジングの横行および旋回角度制御のみでは、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。

4.2.3 制御効果

走間板幅変更制御による実際の剪断軌跡を Fig. 13 に示す。走間板幅変更時のストリップ速度は 30 m/min である。板幅変更量は最大 ± 100 mm であり、幅設定精度は 0.2 mm 以内である。

また、旋回時に剪断中のトリマー刃の側面の一部が、鋼板端面と接触することを防止するために、トリマー刃の剪断角度は剪断面に対して一定の逃げ角を保つように設定する。この逃げ角を保つように旋回角度の制御を行うことで、鋼板との干渉を防止することが可能となる。Fig. 14 は本干渉補正効果を示したものであり、幅変更量が増えても側方力の増加を低く抑えられることがわかる。

新トリマー導入後、トリマーによる休止は、刃替時間も含めてほとんどなく、能率もノントリミング材と変わらず、高生産性が得られている。

4.3 走間板厚変更技術の改善

連続化にあたり、コイル大型化を目的に確立していた走間板厚変更技術のレベルアップを図った。

当ミルは、板厚 0.15~3.2 mm と製造サイズ範囲が広く、しかも鋼種は Fig. 15 に示すように多様であり、変

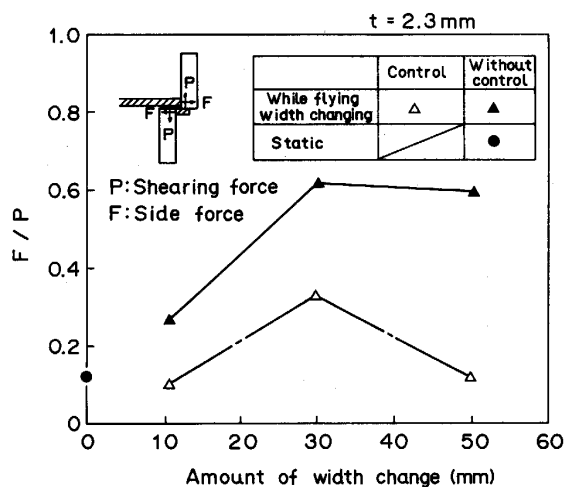


Fig. 14. Prevention of interference between blade and strip while flying width changing.

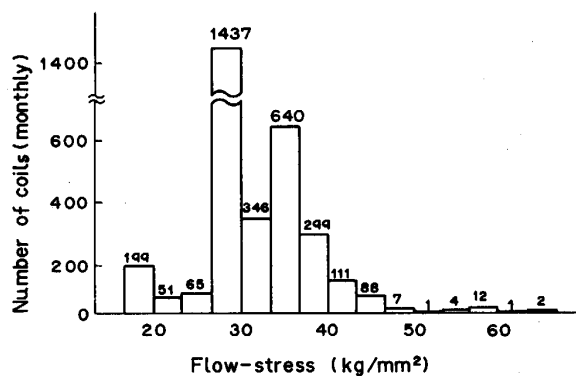


Fig. 15. Distribution of flow-stress.

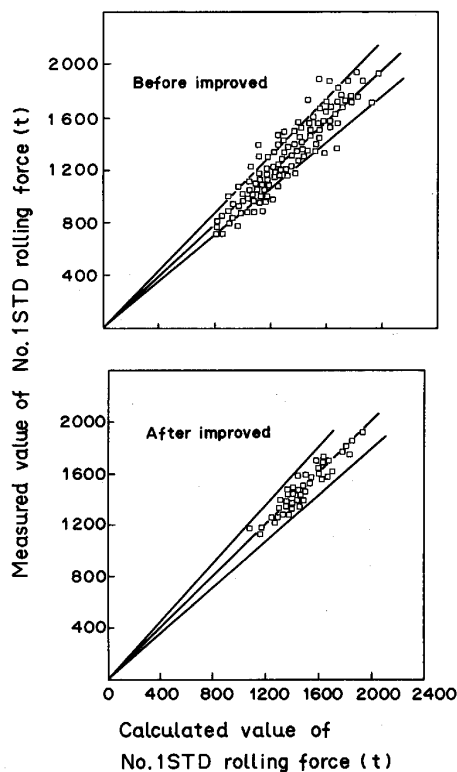


Fig. 16. Improvement in calculation method of rolling force.

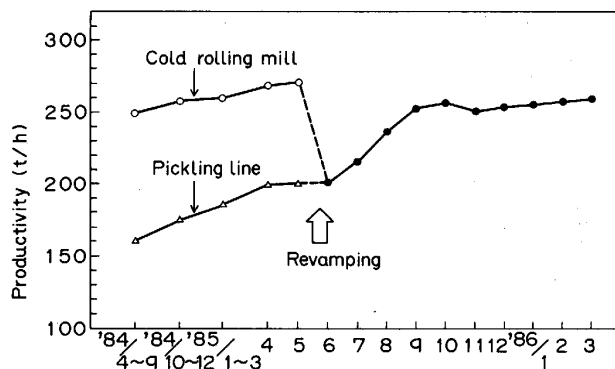


Fig. 17. Operational results of productivity.

5. 操業実績と連続化による効果

酸洗-冷間圧延の連続化による効果を以下に示す。

(1) 酸洗の生産性は連続化により 25% 以上向上させることができた。連続化後の生産性の推移を Fig. 17 に示す。

(2) 連続圧延によりロールマーク等の表面欠陥を減少できた。Fig. 18 にロールマーク発生によるロール替頻度減少の効果を示す。

(3) 連続圧延によりオフゲージが削減されて、歩留

形抵抗差, 板厚差の大きい接続部が連続化時に激増する。これに対処するために,

- (1) 圧延荷重演算精度の大幅な向上
- (2) 高精度なミル内トラッキング

等の課題を解決する必要があった。(1)項に関しては、従来の鋼種区分のモデル式を成分、熱延条件を考慮した規格区分に細分化する方式とした。従来法と改善後の圧延荷重演算精度の比較結果を Fig. 16 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目標とする速度パターンに適合させるためにダイナミックに補正することにより、精度を上げている。この結果、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、その効果をいかに発揮している。

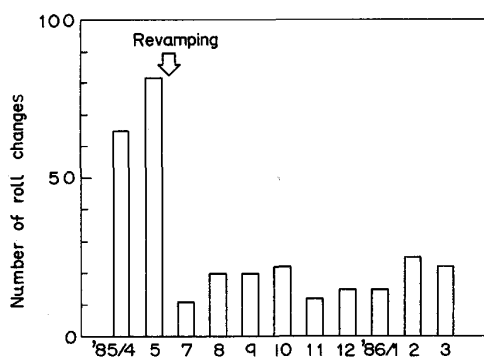


Fig. 18. Number of roll changes due to roll mark.

り向上に結びついている。Fig. 19 に歩留り向上の一例を示す。連続化前に比較し、0.7~0.8% 向上している。また、板厚精度の向上対策により、板厚変動が従来の半分になり、高品質材の製造が可能となった。

(4) 難脱スケール材の酸洗前処理としてのスキンパス工程を省略し、酸洗ラインの一本化がはかられ、全体としてリードタイムを4日間短縮できた。

(5) 連続化により要員省力が達成され、労働生産性は5割向上した。

6. 結 言

酸洗と冷間圧延機の連続化により、既存の KM-CAL と併せて、冷延製品を2工程で製造する体制を確立した。本ラインは、脱スケール設備、トリマー設備に多数の新技術を導入することで、冷延ミルと酸洗ラインの速度整合性をとることに成功し、期待された効果を発揮し、現在順調に稼動している。

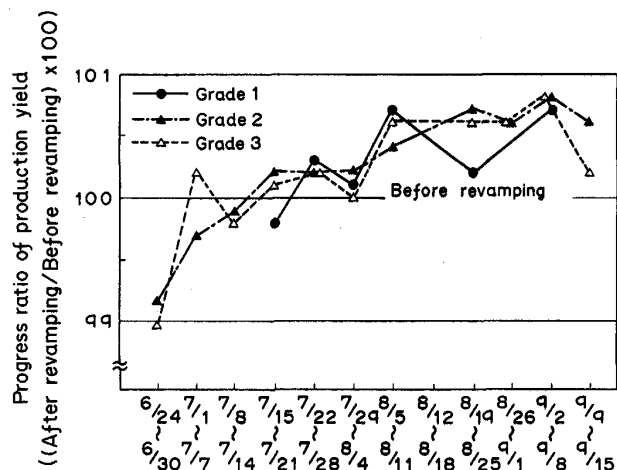


Fig. 19. Progress of production yield (1985).

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), S 1062
- 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), p. 53
- 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), p. 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), p. 45
- 花井 諭, 竹本長舟, 水山弥一郎: 鉄と鋼, **58** (1972), S 574
- 古谷 尚, 川並高雄, 東 光郎, 村上 靖, 大村保弘, 野村 進, 平田泰昌, 柴田秀夫, 桐沢豊彦, 中村幸司: 石川島播磨技報, **18** (1978), p. 425
- 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: 三菱重工技報, **21-6** (1984), p. 97