

# 住友金属 鹿島製鉄所 第2冷間圧延設備について

重松 健二郎 / 住友金属工業(株)鹿島製鉄所

近年、お客様の冷延製品に対する要求（長手方向・幅方向の板厚精度、平坦度、成形性等の機械特性、表面品位等）は、ますます厳格化し、これに応えるべく多様な製品を高能率に安定生産することが重要な技術課題となっている。

第2冷間圧延設備は、多様化するニーズに対応すべく、以下に示す3つのコンセプトを掲げ設計に入った。

① 製造範囲世界一……薄物・広幅ハイテン材、高成形性鋼板など最先端のニーズに応える。

② 製造精度世界一……板厚、形状共に、世界の精度を狙う。

③ お客様満足度世界一……①と②に加え、商品をお届けすることによってお客様に満足して頂くことに加え、本設備を見学・視察されるお客様に好印象を持って頂ける設備にする。

当社は、冷間圧延設備として、和歌山製鉄所にタンデムミル（平成6年2月、連続化完了）が1基とレバースミルが2基あり、鹿島製鉄所には、平成5年4月より営業生産を開始した第2冷間圧延設備の完成により、2基の連続タンデムミルがある。

本稿では、第2冷間圧延設備が設置された新薄板工場の概要を簡単に紹介した後、第2冷間圧延設備の新技术の概要と実績について紹介したい。

## 新薄板工場の概要

第2冷間圧延設備は、平成4年4月に発足した新薄板工

表1 新薄板工場主要設備概要

設備名	公称能力 (KT/M)	板厚 (mm)	板幅 (mm)	備考
第3酸洗設備 (3CPL)	90	1.0~4.5 4.51~6.3	610~1673 ~1250	・2Hiスキンプラスミル ・酸洗槽；20m×4 ・入・出側ルーパ
第2冷間圧延機 (2KCM)	100	入：2.0~6.0 出：0.35~2.4	600~1880	・5スタンド連続ミル 1-3スタンド；ペアクロスミル 4-5スタンド；CVCミル ・最高圧延速度1,300mpm
第2連続焼鈍設備 (2KAP)	50	0.4~2.0	600~1850	・気水冷却式 ・後処理；酸洗 Ni フラッシュ・メッキ
第2溶融亜鉛メッキ設備 (2CGL)	30	0.35~2.3	600~1830	・2ポット切替式 ・メッキ；GI, GA ・後処理；GA-Feフラッシュ
第6リコイルライン (6RL)	18	0.35~2.3	600~1850	・かえり無トリム ・プロフィール計 ・塗油量計

場に設置され、本設備の稼働により、先行して稼働開始した第2溶融亜鉛メッキ設備（平成4年1月営業運転）と第2連続焼鈍設備（平成4年5月営業運転）と合わせ新薄板系列のラインナップが整い、一貫製造体制が完成した。

新薄板工場の主要設備の概要を表1に示す。

## 第2冷間圧延設備の概要

第2冷間設備の設備レイアウトを図1に示す

第2冷間圧延設備は、高精度、高性能冷延鋼板の製造を可能にし、且つ、ロールショップ・オイルセラーを含めた設備全体の完全自動化を図った高生産性ミルである<sup>1)</sup>。

第2冷間圧延設備には、前述のコンセプトを満たすべく以下の特徴を持たせた。

### (1) ミル形式

高精度、高性能冷延鋼板の製造を狙い、前段スタンドの役割と後段スタンドの役割を明瞭に意識した上でミル形式を選定した。

まず、前段スタンドであるが、高圧下率圧延に対応するには、ロール間ヘルツ圧力の点で、4Hiミルが有利である。しかし、従来の4Hiミルでは、エッジプロフィール改善の為に、クラウン制御能力が不十分であり、強大なクラウン制御能力を有する多機能型の4Hiミルが望ましい。

高圧下、板厚精度、走間設定替等の観点から種々のミル形式を比較検討した結果、冷間圧延では世界で初めてのペアクロスミルをNo.1~No.3スタンドに採用した。

後段スタンドの役割は、冷延鋼板としての基本品質（板厚精度、表面性状等）を確保した上で、次工程の通板性を考慮した形状（平坦度）をつくることであり、荷重特性を

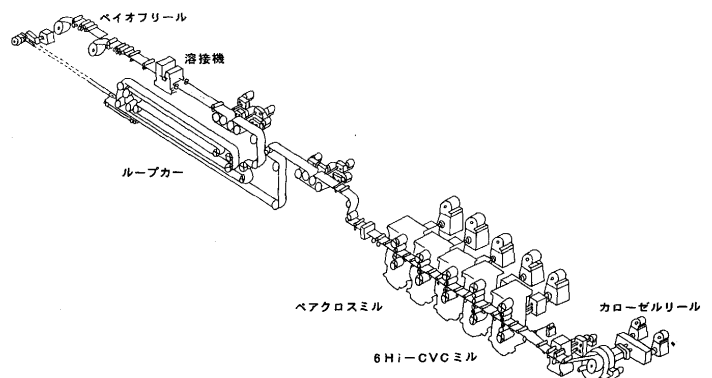


図1 2KCM設備レイアウト

考慮し選定した。

形状制御能力、表面品質、完成度等で種々のミル形式を総合的に検討した結果、当社和歌山製鉄所の第2レバースミルで実績のある6 Hi-CVCをNo.4～No.5スタンドに採用した。

結果として、異なる2つのミル形式を組み合わせることになった。

(2) 高板厚精度の達成

第2冷間圧延設備は、スピードを追求したミルではなく、速度変動を最小限にすべくループ長を決定し、更に、ループ量予測に基づく加減速抑制制御等も実施した新板厚制御システムとしている。

(3) 完全自動化

ロールショップは、自動チョックリムーバーの設置、自動クレーンの採用等により、ハンドリング作業を自動化し、通常作業に関しては、無人である。チョック等の保守要員に昼勤のみ若干名を配置しているだけである。

ミルは、コイルの受け入れから次工程への払い出しまでのコイルのハンドリング作業を完全に自動化し、オイルセラーの無人化を図ることにより、シフト4名(食交込み)での操業を可能とした。

(4) パーフェクトクリーンミル

作業環境の整備と外観の印象を大切に、ミル全体をカバーすることにより、ヒューム等の飛散を無くし、且つ、ミルの汚れを最小限に押さえる為に、圧延油も合成エステルを採用した。

第2 冷間圧延設備の新技术と実績

(1) 矩形断面鋼板の製造技術

長手方向と幅方向共に断面が矩形な鋼板を製造するためには、幅方向のどの位置でも長手方向での板厚偏差が無いことと幅方向に板厚偏差が無いことが必要である。

長手方向の板厚精度は、最適圧延速度設定、圧延速度変動最小化制御、最適ミル剛性制御などの新機能を採用し、且つ、全スタンド間に板厚計、板速計、張力計などのセンサーを設置し、更に、主機モーターのAC化、高応答の油圧圧下、ローラーベアリングなどの従来技術を充実させることにより、業界トップクラスの板厚精度を達成している。

図2に第2冷間圧延設備の板厚チャート例を示す。第2冷間圧延設備の長手方向板厚精度は、加減速を含め±0.4%を達成している。

幅方向の板厚偏差(エッジドロップ)は、冷間圧延時のロール偏平、たわみ等による板端部での板厚減少によるものであり、エッジドロップの低減の為に種々の圧延法が考案されている。一方、これらの特殊圧延法とは、別に上流スタンドで板クラウン制御を行えばエッジドロップが改善するという報告もある<sup>2)</sup>。

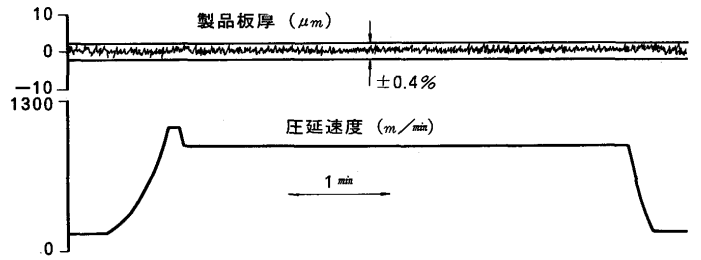


図2 板厚精度 (0.498mm×1064mm/低炭材)

そこで、冷間圧延時の幅方向の材料流れの挙動を明確にすべく、冷間クロス圧延における材料の変形挙動と板プロフィールの制御特性についてモデル試験により検討した<sup>3)</sup>。

ペアクロスミルでは、クロス角を付与すると幅方向全域において圧延方向とロール回転方向が一致しないために、ロールと鋼板間に相対滑りが発生する。

ワークロールに意図的に傷をつけて圧延すると圧延機の鋼板表面には、ロールと鋼板間の相対速度の向きに応じて、図3に示す様な転写マークが観察できる。我々は、このマークをシュリンプマークと称することにした。

このシュリンプマークの幅を測定することによって、圧延材の幅変化を定量化できることを見だし、この手法によりモデルクロス圧延機における幅方向の材料流れを定量化した。その結果を図4に示す。

図4より、板端では幅縮みとなり、エッジプロフィールはエッジドロップからエッジアップへと変化していることが判る。また、エッジアップ型のプロフィールが生じる圧延条



図3 ロール転写マーク (シュリンプマーク)

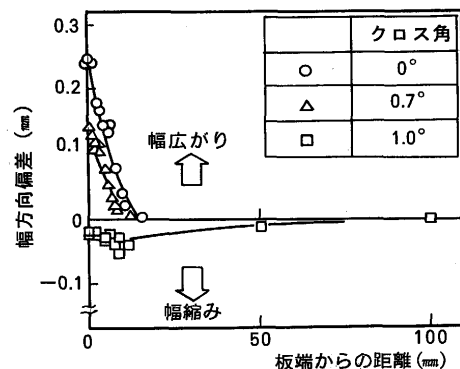


図4 幅方向偏差の分布

件では、板端より比較的広い領域で幅方向のメタルフローが生じている。このことは、冷間圧延において、クロス角を制御することによりエッジドロップ制御の可能性を示唆するものである。

そこで、冷延では、世界初のペアクロスミルの強力なプロフィール制御能力を活かした実機におけるエッジプロフィール制御の可能性を追求した。

図5に実機でのエッジプロフィール改善効果を示す<sup>4)5)</sup>。

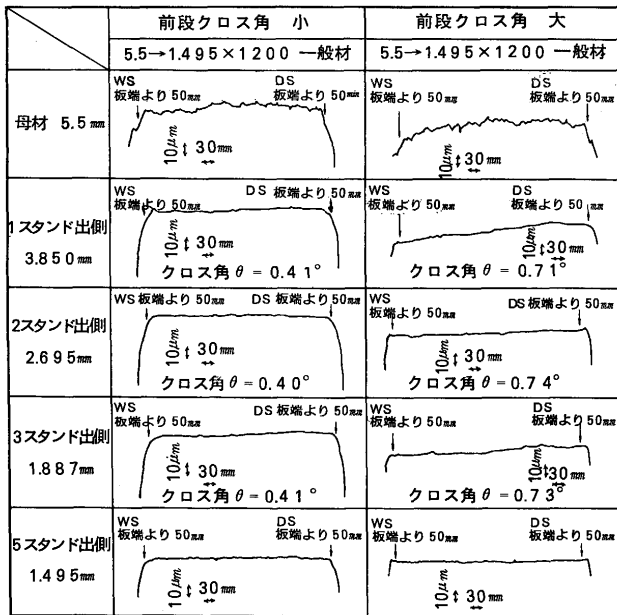


図5 各スタンド後のエッジプロフィール変化 (2 KCM実機圧延結果)

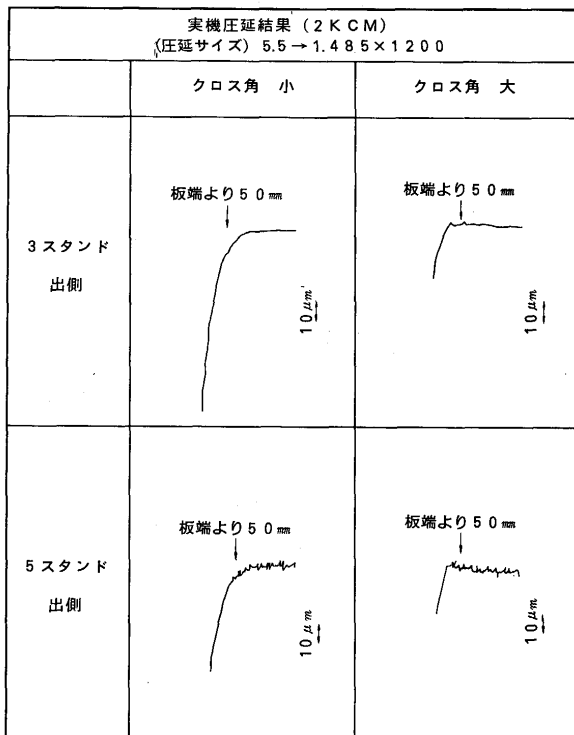


図6 実機圧延時のエッジプロフィール変化 (拡大)

クロス角を0.7°前後で圧延することにより、エッジドロップの発生が抑制されているのが判る。また、No.3スタンド出側での板端プロフィールは形状変化係数の小さな後段スタンドで圧延した後もほぼ維持されている。図6にエッジ部を拡大したプロフィールを示す。

前段スタンドで高クロス角圧延を行なうと、図5、図6から明らかな通り、エッジドロップの低減が可能なが実機ミルで実証された。

(2) 走間クロス角変更技術

連続ミルへのペアクロスミルの導入に際して、ハードとして、バックアップロールチョックとハウジング間の摺動抵抗低減の為に円筒コロを扇状に配置したフラットベアリングを開発し、実機に適用した。また、制御としては、種々のサイズに対して走間変更時に目標とするロールギャッププロフィールを設定する為に、必要に応じ、ワークロールベンダーとの振替を含むクロス角走間変更制御を開発し、連続冷間圧延設備へのペアクロスミルの適用を可能とした。

(3) 計測

本冷間圧延機のスタンド間距離は、世界最大級の6.7mとし、今後発展するであろう計器を含め、あらゆる計測機器がスタンド間で設置可能となる様に考えた。現時点で設置している機器は、全スタンド間及び入出側の板厚計、板速計、張力計、そして最終スタンド出側の平坦度計、プロフィール計である。そして、今後、最も期待している計測器は、低温度型の温度計である。

以上示した様に形状変化係数が冷間圧延でのタンDEM圧延では、有効的な程度に小さいことの適用と、そのツールとしてのペアクロスミルによる強力な板幅方向のロールギャッププロフィール制御及び、新機能を加えた自動板厚制御システムにより、矩形断面鋼板の製造が可能となった。

(4) 表面光沢特性

冷間ペアクロスミルの基礎研究段階で、クロス圧延することによって、鋼板の表面光沢が著しく向上することがわかった<sup>6)~8)</sup>。図7は、ラボミルでおこなった圧延速度800

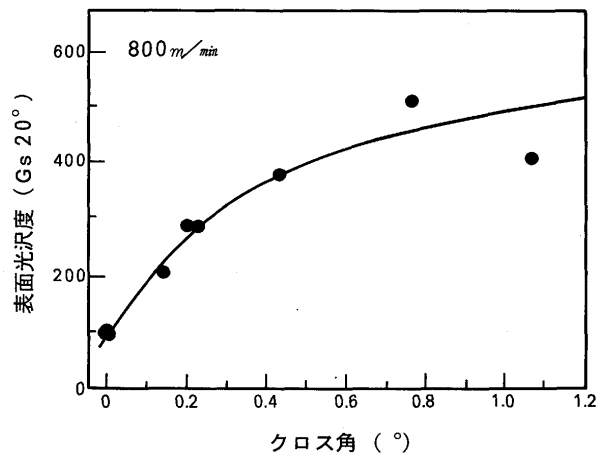


図7 クロス角と板幅方向光沢度の関係 (ラボ結果)

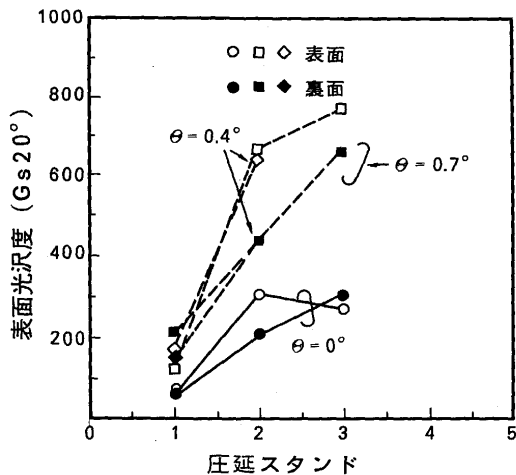
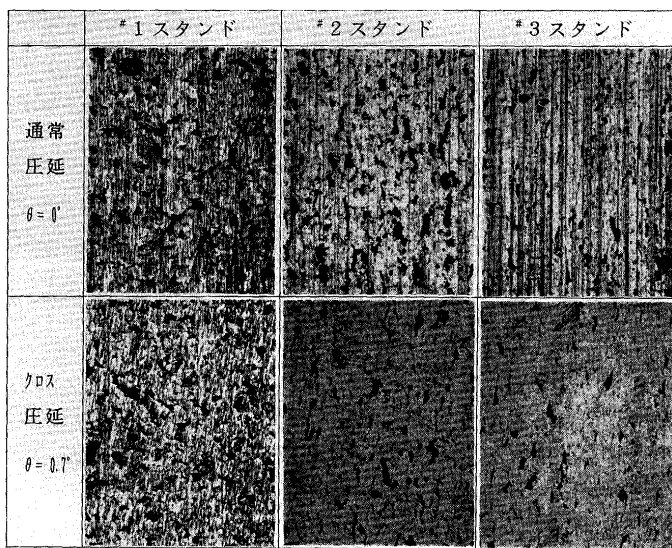


図8 圧延後の表面顕微鏡写真 (板幅中央 表面)



\*クロス圧延の#4スタンド目は $\theta = 0^\circ$

0.1mm

図9 各圧延スタンドにおける圧延方向光沢度

mpmでの表面光沢(Gs20°)とクロス角との関係を示す。クロス角が増加するに従い、表面光沢が著しく向上することがわかる。図8に実機にてクロス角を0°, 0.4°, 0.7°と変化した場合の各スタンド出側における鋼板表面の光沢度を示す。実機においてもクロス圧延によって、光沢向上することを確認した。図9は、実機圧延による各スタンド鋼板表面の光学顕微鏡写真を示す。クロス角をつけると、鋼板表面は、板幅方向へ平滑化され、且つ、オイルピットが減少している。これは、先に延べたクロス圧延機特有の幅方向への相対滑りによるものであると推定している。

クロス圧延によって、光沢向上が得られたことは、冷間圧延分野にとって新しい光沢制御技術の幕開けになると考

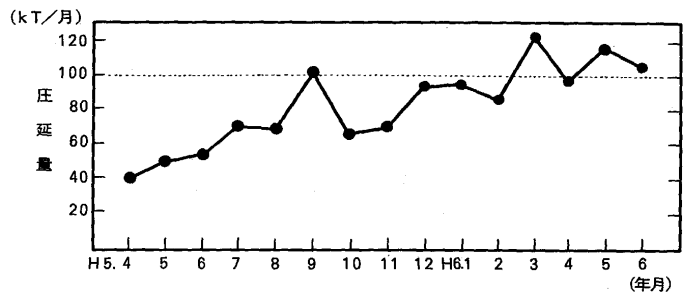


図10 2 KCM生産量推移

える。

### 生産状況

図10に、第2冷間圧延設備の生産量推移を示す。圧延機は、平成5年4月の営業生産開始から順調に立ち上がり、半年後の9月には、既に、公称能力である生産量10万tを達成した。これは、連続ミルとしては、世界最短の早さである。現在も順調に稼働している。

今回、当社の新冷間圧延機についての概略を紹介した。第2冷間圧延設備は、お客様の要求する高精度、高性能冷延鋼板の製造を可能にし、冷間初のペアクロスミルにより前段でロールギャッププロファイルを制御することができ、その結果、長手方向、幅方向共に断面が矩形な鋼板(矩形断面鋼板)の製造を可能にした。また、ペアクロス圧延によって冷圧後の表面光沢が向上することがわかり、冷間圧延分野の新技術の幕開けをもたらした。そして、第2冷間圧延設備は、我々が掲げた3つのコンセプト(製造可能範囲世界一、製造精度世界一、お客様満足度世界一)を十分満足するものである。

### 文 献

- 1) T. Kaneko, K. Shigematsu, A. Tomizawa, T. Nakano, K. Hayashi and T. Kajihara; 6th Int. Rolling Conf., (1994), p. 95
- 2) 河野輝雄, 長谷 登, 西野隆夫; 住友金属誌, 32-3, (1980), p. 107
- 3) 林 寛治, 梶原哲雄, 森本和夫, 古元秀昭, 金子 亨; 材料とプロセス, 5 (1992), p. 449
- 4) 富澤 淳, 浜田龍次, 松浦征浩, 金子 亨, 梶原哲雄, 林 寛治; 第44回塑性加工連合講演会, (1993), p. 149
- 5) 浜田龍次, 堀 清貴, 金子 亨, 梶原哲雄, 古元秀昭, 林 寛治; 塑性加工春季講演会, (1994), p. 25
- 6) 山本秀男, 富澤 淳, 金子 亨, 梶原哲雄, 林 寛治; 塑性加工春季講演会, (1993), p. 351
- 7) 古元秀昭, 梶原哲雄, 林 寛治, 山本秀男, 金子 亨; 塑性加工春季講演会, (1993, 5), p. 355
- 8) 山本秀男, 富澤 淳, 金子 亨, 鎌田俊二, 梶原哲雄, 林 寛治; 第44回塑性加工連合講演会, (1993), p. 153

(平成6年9月27日受付)