

最新冷間圧延機における板厚制御システム

Outline of New Automatic Gauge Control System
in New Cold Strip Mill at Nippon Steel's Yawata Works

新日本製鉄(株)八幡製鉄所

谷口弘志*・川崎順一・大西忠治

寺崎忠男・平山嘸一・井ノ口齊亮

設備技術センター

谷口政隆・服部正志

1. 緒 言

当社八幡製鉄所では、冷間薄板材に対する需要家の品質要求の多様化や厳格化に応えるべく、多品種・高品質生産ミルとして最新鋭の冷間圧延機（八幡新冷延）を建設し、平成2年8月より営業運転を開始した。本報では、当該冷間圧延機の品質制御の要であり、高度な制御技術を駆使した新板厚制御システムについて、その全体像と成果の概要を報告する。

2. 新冷延設備概要

八幡製鉄所新冷延工場は、高品質、多品種・高生産性及び新圧延プロセスに対応可能な様に高度な自動化を図った最新鋭の高機能圧延機である。

Fig.1 に全体レイアウトを示す。

この完全連続圧延機の主な特徴は、

- ①多品種圧延に対応可能なレーザー溶接機
- ②高生産性確保のための長大ルーパー
- ③板厚、形状、クラウンに対する高制御性を有する6Hi-UC-ミルと圧延機駆動系への高性能交流可変速技術の採用
- ④出側設備コンパクト化のためのカラーゼリールの設置
- ⑤A Iを使用したロールショップの完全自動化設備

である。

Table.1 に新冷延工場の主な設備仕様を示す。

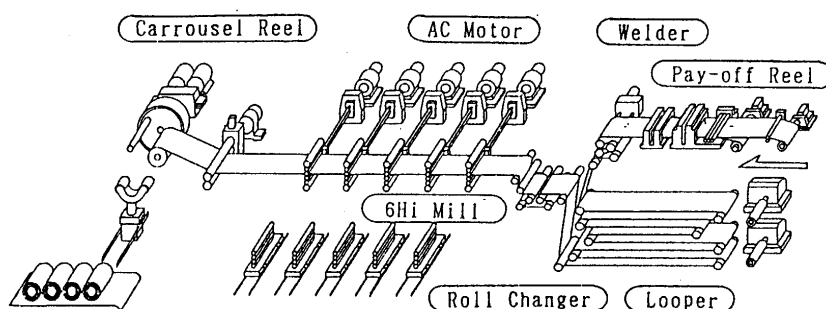


Fig.1 Layout of the New Cold Strip Mill

Table.1 Main Specification
of the New Cold Strip Mill

Item	Specification
Mill Type	5-Stands 6Hi Fully-Continuous Tandem Cold Mill (with Work Roll Shift)
Capacity	147,000 ton/M
Products	Mild Steel Strip, Electrical Steel Strip, Stainless Steel Strip
Strip Thickness	Ent. 1.6 - 6.0 mm / Del. 0.25 - 3.2 mm
Strip Width	600 - 1,880 mm
Coil Weight	Ent. 40 ton / Del. 27.3 ton
Line Speed	Ent. 750 mpm / Mill 1,800 mpm
Mill Motor Power	30,000 kW (AC)

3. 新板厚制御システム

3-1 新板厚制御の機能構成と特徴

新冷延の使命は、多品種に渡り高生産性を確保しつつ高品質な製品を生産することにあるが、この品質の要である板厚精度で世界トップクラスレベルを実現するために新板厚制御技術を開発した。

本技術は長年のプロセス現象解析などを通して培って来た当社独自の技術を具現化したものであり、今回、社内完全自製化を実現した。Fig.3に新板厚制御システムの機能構成の概要を示す。

本制御システム機能の特徴を以下に述べる。

(1) 高速・高機能制御の実現

板厚制御31ループ、張力制御8ループ、それに高精度トラッキング処理や各種自己診断機能を合わせて総計約65kstepのソフトウェア容量を、複数台のPCでマルチタスク処理等を行い制御周期15msecで実行するなど、従来にない高速制御性を実現している。

(2) 高精度マスフロー演算による加減速部板厚精度の向上

最新鋭のX線板厚計、レーザードップラー板厚計を全スタンドの入側/出側に装備し、マスフロー保存則から定常圧延及び加減速圧延時のマスフロー変動による板厚変化を推定して制御することで、大幅な加減速部板厚精度の向上が図

れた。Fig.2に板速計の動作説明を示す。

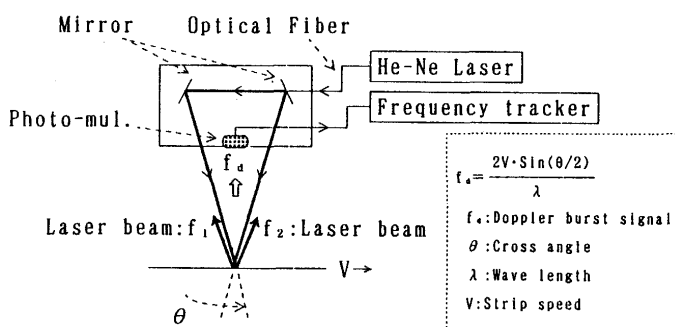


Fig.2 Principle of New Strip Speed Meter

尚、当該板速計を使ったマスフローAGCの制御構成についてはFig.4の制御ブロックを参照されたい。

(3) 高応答定圧延力制御ループによるロール偏芯対策

従来と異なり油圧圧下制御装置内に高応答な定圧延力制御ループを組み込み、ロール偏芯に伴い発生する荷重変動を当該制御ループの外乱抑制機構にて相殺する。この時、板厚制御指令は圧下位置指令からそれに対応する圧延力偏差指令に変換して圧下制御装置に出力される。

(Fig.5参照)。

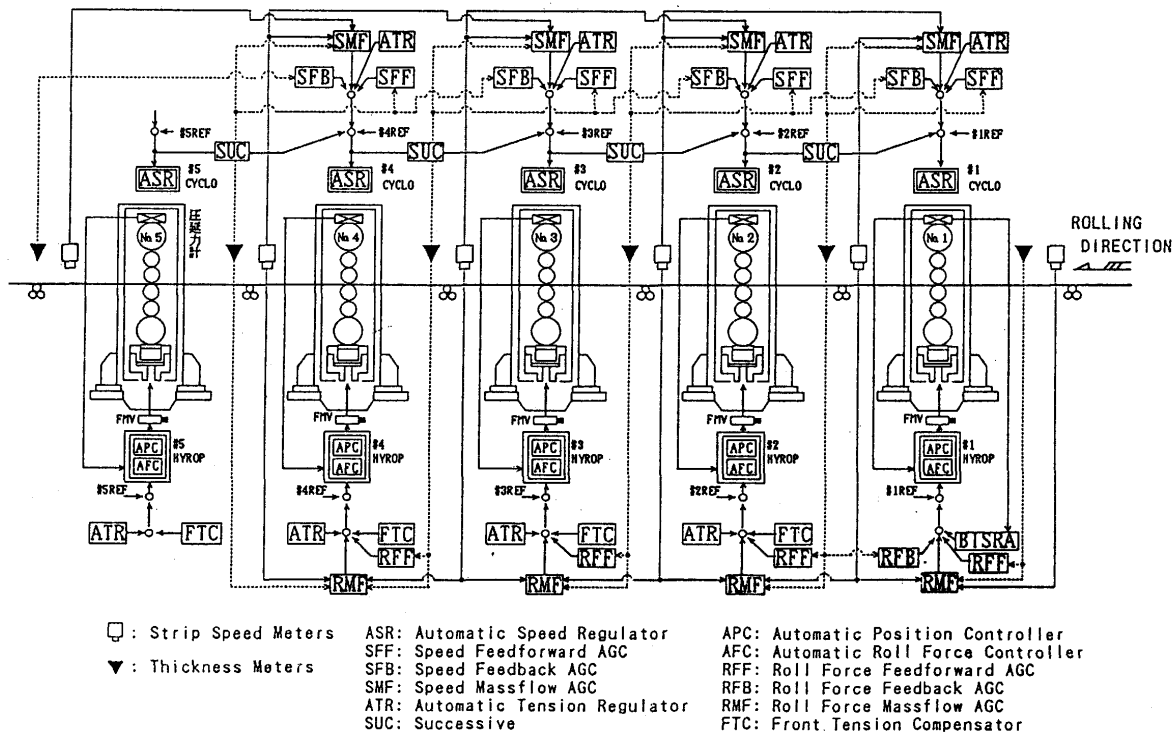


Fig.3 System Configuration of New Cold Strip Mill with New-AGC

(4) 信号処理技術適用による圧下と速度の非干渉化

全スタンドで板厚制御は、板厚修正指令として速度変更量と圧下位置変更量を独立で且つ同時に各制御操作装置に出力する。このため同一スタンドで同時に圧下と速度の指令修正を行なえ

ば、通常は制御上過大補償となるが、これを防止する目的でリアルタイムディジタルフィルタ（専用プロセッサ）を適用して制御周波数帯を分離することで非干渉化を行なっている。本制御方式を周波数分離型AGCと呼び、制御構成はFig.4で示される様な構造となる。

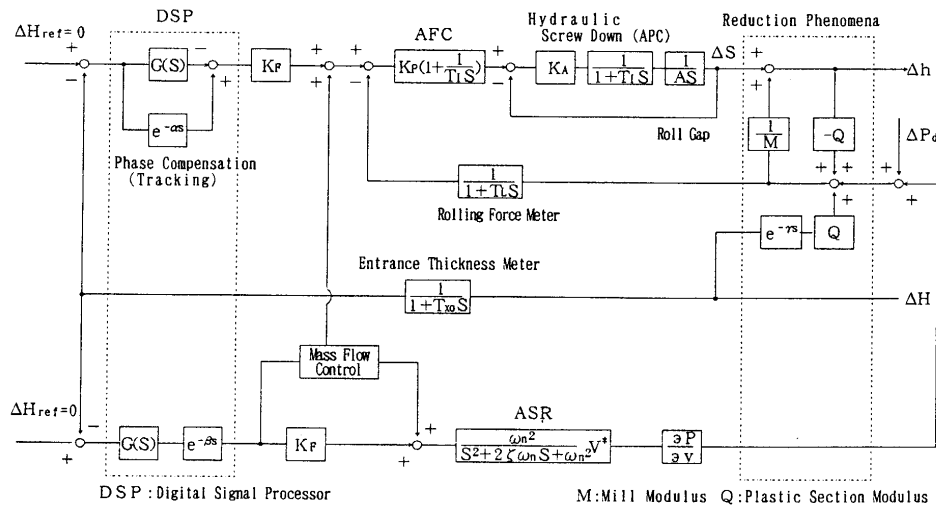


Fig.4 The Block Diagram of New AGC with Frequency Separator

(5) 張力制御と板厚制御の非干渉化による安定圧延の実現

張力制御と板厚制御は主要制御操作装置を区別し（張力制御：圧下操作主体 板厚制御：速度操作主体）、且つ、板厚制御と張力制御間の非干渉化ループを構築することで、安定圧延を実現している。

(6) 板厚制御技術の社内完全自製化

新板厚制御技術は、前述の通り独自開発したものであるため、DDC制御のソフトウェアの設計から製作、更には試運転迄の全てを一貫して自製化した。この事により開発機能全ての具現化と全鋼種に渡って精密調整を行なうことができ、早期目標達成を可能にするなど多大のメリットを享受することができた。

3-2 制御操作装置の性能

高精度な板厚精度を確保し、圧延安定を実現するためには、板厚制御システムの制御操作装置として、高精度で且つ高応答性を有する油圧圧下装置並びに圧延機駆動装置を必要とする。

(1) 高応答油圧圧下装置

当該制御システムにおいては、ロールギャップコントロールを原板の高周波板厚変動の除去、ロール偏芯成分（但し、ローラーベアリング採用により極小化）の除去、あるいは張力制御の操作装置として使用している。従って、制御応答周波数としては高応答性を要求されるが、本装置として

は2次系近似評価（90度位相遅れ周波数で評価）で、定位置制御：23Hz以上、定圧延力制御：15Hz以上の高応答を実現した。Fig.5に新油圧圧下制御システムの構造を、Fig.6に周波数応答の代表例を示す。

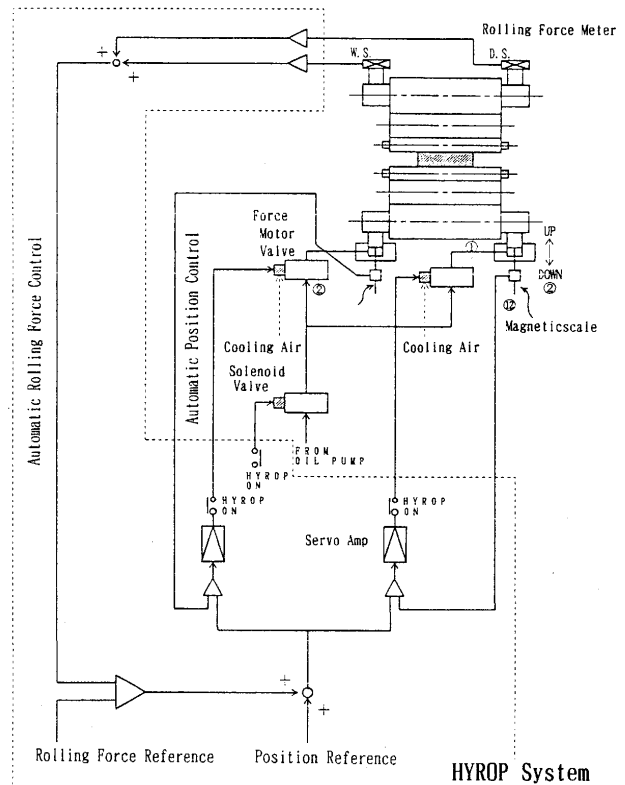


Fig.5 Hydraulic Screw Down Control System

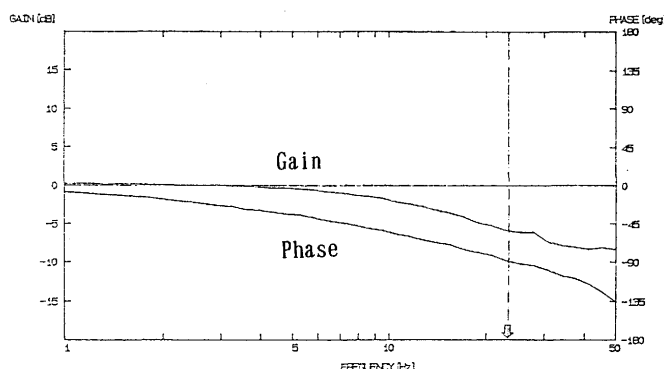


Fig. 6 Frequency Characteristics of Automatic Position Control

(2) 高精度圧延機駆動装置

圧延機駆動装置は、多品種、多サイズ圧延を可能とするためにワイドレンジの可変速制御と高トルク制御が必要であり、更に板厚制御上は高精度な揃速性と高応答性を実現しなければならない。これら全ての条件を具現化するために誘導電動機とサイクロコンバータドライブを用いた最新鋭の交流可変速制御技術を確立した。Fig.7 に周波数特性の一例を示す。

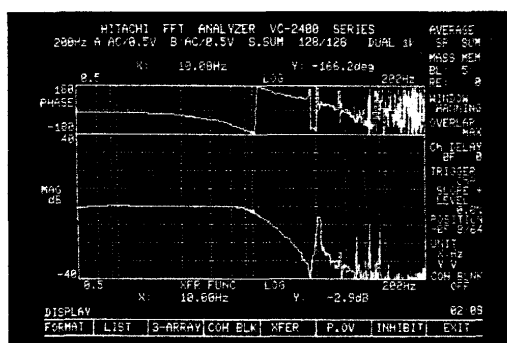


Fig. 7 Frequency Characteristics of AC Drive Control

速度制御応答は、Fig.7 より遮断周波数で47 rad/secを実現していることが分かる。加減速圧延時の板厚精度に影響を及ぼす速度制御精度（揃速性）は、 $\pm 0.01\%$ である。設計当初からの懸念事項であったトルクリプルについても、負荷軸にストレインゲージを貼った測定結果から発生リップル量として、 0.007% 程度と極めて小さい値に低減されていることが判明した。

4. 板厚制御効果

当該制御システムによる圧延結果例をFig.8 に示す。被圧延材は特殊鋼材である。最終製品板厚の 0.5 mm に対してほぼコイル全長に渡り目標板厚精度 0.5% 以内を実現している。又、従来圧延機では制御不可能であった加減速圧延部の精度

も、定常圧延部の精度並になっており、板厚制御の顕著な効果を実証することができた。

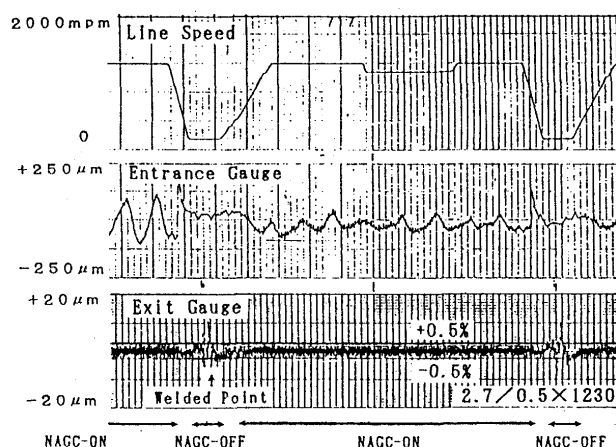


Fig. 8 (a) An Actual Operation Result on Accuracy of Thickness

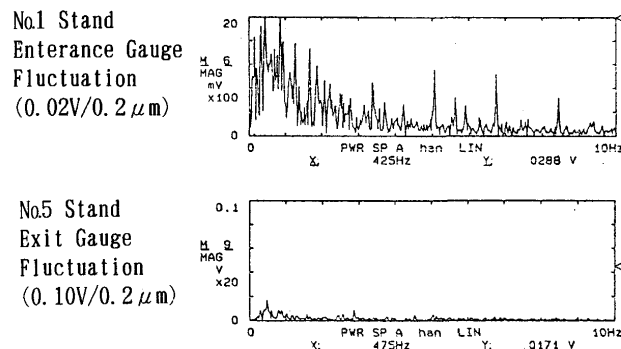


Fig. 8 (b) Frequency characteristics of Thickness Gauge measured by FFT Analyzer

5. 結 言

高性能交流可変速ドライブシステムや新油圧圧下システムの導入による制御操作装置の高応答化、最新鋭の板厚、板速計による制御検出器の高精度化、更には制御の中核として独自開発技術を駆使した高速・高機能制御システムの具現化など、新しいハードウェア及びソフトウェア技術により新板厚制御システムの構築が可能となった。

本制御システムの完成により、八幡新冷延では世界トップクラスの板厚精度を確保することができ、高品質な冷間薄板製品の安定供給に大きく貢献している。

参考文献

- 1) 服部ほか, NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT No49(1991)
- 2) 谷口ほか, 計測自動制御学会九州支部 第10回学術講演会予稿集