

厚板仕上ミル直近 γ 線厚み計による板厚制御Automatic Thickness Control in Plate Rolling Based on γ -ray Thickness Gauge Close to the Finishing Stand住友金属工業(株) 鹿島製鉄所
システムエンジニアリング事業本部
設備技術センター鈴木和裕*・星 俊弘・中野直和
上田一郎・和田凡平・角 裕之
平田 豊

1. 緒言

鹿島製鉄所厚板工場では、板厚精度向上を目的に、平成4年11月にミル直近 γ 線を用いた板厚制御システムを導入し、その後の調整期間を経て平成5年3月に完全戦力化した。本報では、厚み計の概要、AGC制御概要、その適用による効果を報告する。

2. ミル直近 γ 線厚み計

(1) 厚み計概要

Table 1, Fig. 1 に厚み計の仕様および外形図を示す。

圧延機周辺の厳しい環境を考慮し、耐震、耐熱、および耐水性に優れた構造としている。線源部は、ミル後面2.1mのフィードローラー下部に固定されている。

検出部は線源の直上に反固定されているが、メンテナンス時にはスイングブームによりオフライン位置に退避可能な構造となっている。また予備診断用センサー(振動、温度、湿度、各部電圧等)を内蔵し動作状態をモニター可能としている。

(2) 統計ノイズ処理

厚み計には検出原理上統計ノイズがあり、これを低減するために移動平均処理を行なうが、ノイズだけでなく検出板厚信号も同時に鈍ってしまう。これを解決するため、統計ノイズ低下量と板厚信号の誤差増加量の和が最小となる最適積分時間を解析によって決定した。ただし、板厚が厚いほどノイズ成分が大きくなり、最適積分時間は変化するため、板厚毎に積分時間を設定するようにした。

(3) 環境対策

ミル周辺の過酷な環境において、測定精度を維持するための対策を実施した。専用コンプレッサーを用いたエアパーージにより、鋼板表面の水乗りおよび測定空間の粉塵を除去した。また、制御中のデスク噴射インターロック、ミル周辺の冷却ノズル位置の変更を行い、計測の外乱を除去した。

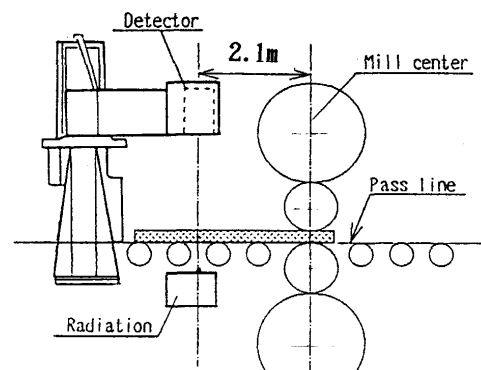


Fig. 1. Thickness gauge close to the mill.

Table 1. Specification of the gauge.

Type	Swing Boom
Detector	Scintillator
Radiation	Cs-137 (1110 GBq)
Work Thickness	4.5~99.9mm
Accuracy	$\pm 35 \mu\text{m}$ at 20mm

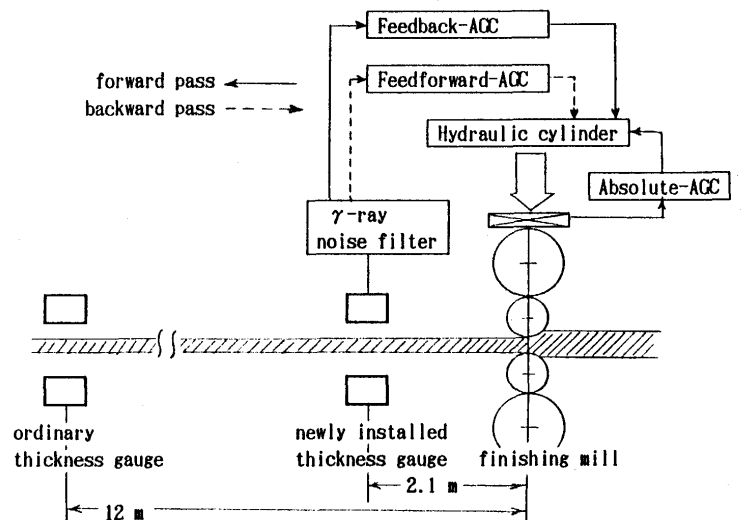


Fig. 2. Thickness control system.

平成6年5月16日受付 (Received on May 16, 1994)

*Kazuhiro Suzuki (Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 3 Oaza-Hikari Kashimamach Kashima-gun Ibaraki-ken 314)

3. 板厚制御の機能概要

(1) システム構成

Fig. 2 に板厚制御システムの構成を示す。従来の絶対値AGCに加え、ミル直近 γ 線を用いて、正転パスでは板全長の狙い厚精度向上を目的として、フィードバックAGC（モニタリングAGC）を、逆転パスでは、板内の板厚偏差を低減するフィードフォワードAGCを実施する構成とした。

(2) フィードバックAGC

厚み計をミル直近に設置することにより、フィードバック制御のおくれ時間は小さくなる。しかしながら、それだけでは不十分であり、更に制御の応答を改善するために、スミス法を適用した。この方法は、プロセスのおくれ時間を予測し、モデルを用いてこれを補償するもので、ミル直下の板厚を狙い厚に制御することが可能である。スミス法ではモデルの精度とおくれ時間の予測精度が重要となるため、実測の荷重、圧下位置によるゲージメーター厚計算によりモデルの精度を向上させ、さらに移動平均による板厚信号のおくれを考慮して、むだ時間の予測精度を向上させた。Fig. 3 に従来法とスミス法の制御構成を比較して示す。

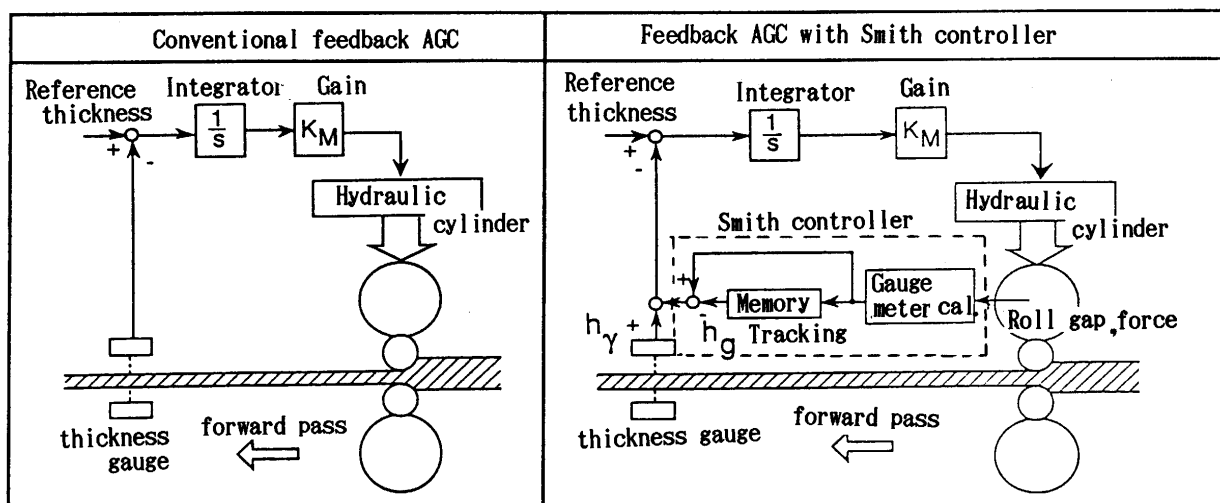


Fig. 3. Comparison of feedback AGC systems.

Fig. 4 は、ゲージメーター厚計算とおくれ時間の予測による板厚推定精度の検証例である。厚み計板厚と推定板厚の差は小さく、実用上十分な精度が実現できている。

(3) フィードフォワードAGC

フィードフォワードAGCは、ミル入り側の板厚を材料の進行に合わせてトラッキングし、この板厚変動と実測荷重変動により圧下位置を制御する。制御を実施する上では、板厚信号のトラッキングが重要であるため、材料速度に加えて先に述べた移動平均処理による時間おくれと、油圧圧下装置の応答おくれを考慮して高精度なトラッキングを実現した。

4. その他の改善内容

板厚精度の向上のため、以下の項目についても、改善を実施した。

(1) ゲージメーター式の見直し

直近 γ 線により、従来と比較し圧延途中での板厚測定回

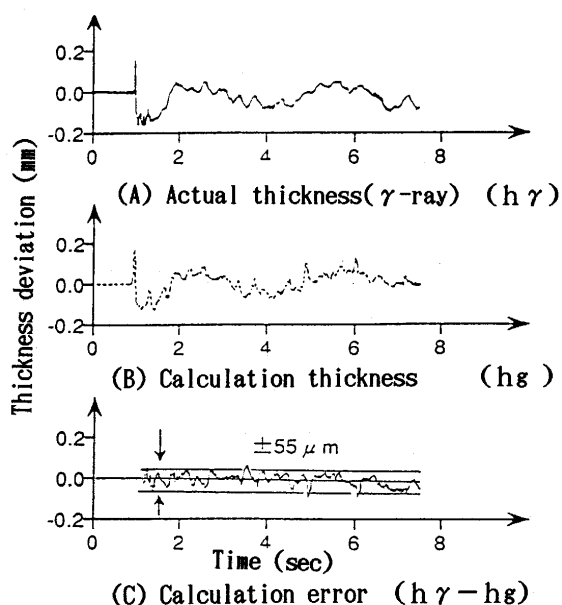


Fig. 4. Deviation of calculation error by means of smith controller.

New gauge meter equations

$$Hg = S + 2(\delta 1 + \delta 2 + \delta 3) + P/MH + \Delta SO$$

- S : roll gap
- $\delta 1$: BUR deformation
- $\delta 2$: deformation between BUR and WR
- $\delta 3$: deformation between WR and plate
- P : rolling force
- MH : mill modulus of housing
- ΔSO : compensation term (roll heatup, roll wear, etc)

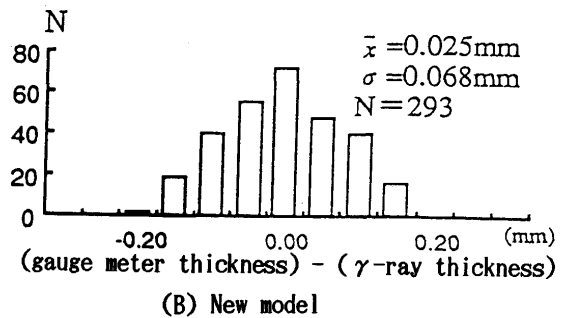
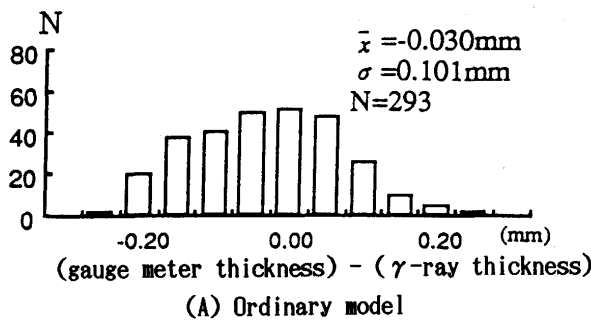


Fig.5. Comparison of gauge meter equations.

数が大幅に拡大され、ゲージメータ式の学習回数が増加した。これと平行しゲージメータ式の見直しを実施し、これらの相乗効果によりゲージメータ精度を向上させた。

ゲージメータ式の構成と効果を、Fig.5に示す。

(2) パススケジュール再計算システム

圧延前に計算されたパススケジュール厚と、実際の圧延中の板厚は、モデルの誤差により差が生じている。この状態で仕上げパス近傍でフィードバックAGCを使用して、板厚をスケジュール厚に合わせると、薄物ではクラウン比率の変化により、平坦形状が変化してしまう。これを防止するため、圧延途中で再パススケジュール計算を行い途中パスの実績により、残パスのスケジュール板厚を変更した。これにより、薄物材へのフィードバックAGCの適用を拡大した。

5. 新板厚制御の適用拡大と板厚精度向上効果

新板厚制御の適用により板内の板厚偏差は、Fig.6のように減少した。Fig.7にはフィードバックAGCの適用率と狙い板厚精度の向上効果を合わせて示す。

6. 結言

上記の板厚精度向上対策の結果板厚精度は大幅に改善され、この結果歩留は0.5%向上した。本システムは現在まで順調に稼働中である。

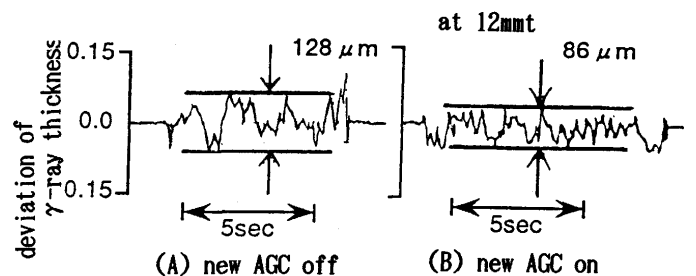


Fig.6. Example of thickness control.

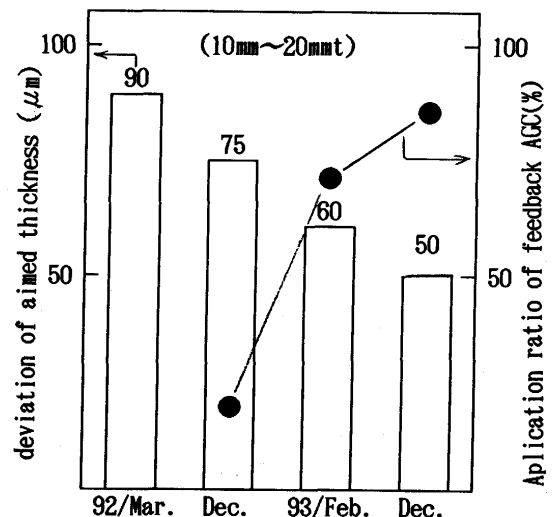


Fig.7. Application of AGC and deviation of aimed thickness.