

熱延仕上蛇行制御による通板性改善

Application of Steering Control in Hot Strip Mill

新日本製鉄(株)名古屋製鉄所 古川 洋一*・藤井 昭吾・田岡 洋

1. 緒言

新日鉄名古屋製鉄所連続熱延工場では、歩留等の原単位悪化、生産能力減等をもたらす圧延での絞り低減を図る為ミル差荷重フィードバック方式蛇行制御を導入した。その結果、絞りが低減し、通板性の大幅な改善が図れたので報告する。

2. 蛇行制御の考え方

(1) 絞りと蛇行

熱延における「絞り」とは圧延材がテール部で板寄り（蛇行）し、ロール部よりはずれたり、エッジ部が折り重なり2枚噛みとなり局部的に破断を起こす現象で、ロール疵・臨時のロール組替等を招き、コスト・生産能力を悪化させている。(Fig. 1)

この絞りの原因となる蛇行は以下の原理で発生すると考えられている。

- ① 圧延材のWS, DSの偏熱、板厚差等により幅方向の圧下バランスが崩れ、圧延材入側の両サイドの速度差が生じ、蛇行が始まる。
- ② 一度蛇行が始まると蛇行した側の荷重が更に増加し、ロール間隙が広がり、入側の回転が増大する為、蛇行は板の進行に伴い助長され遂には絞りが発生する。(Fig. 2)

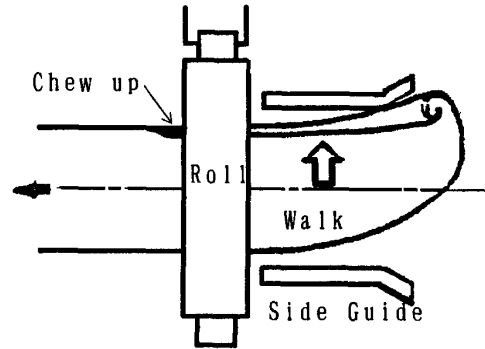


Fig.1 Example of Chew up

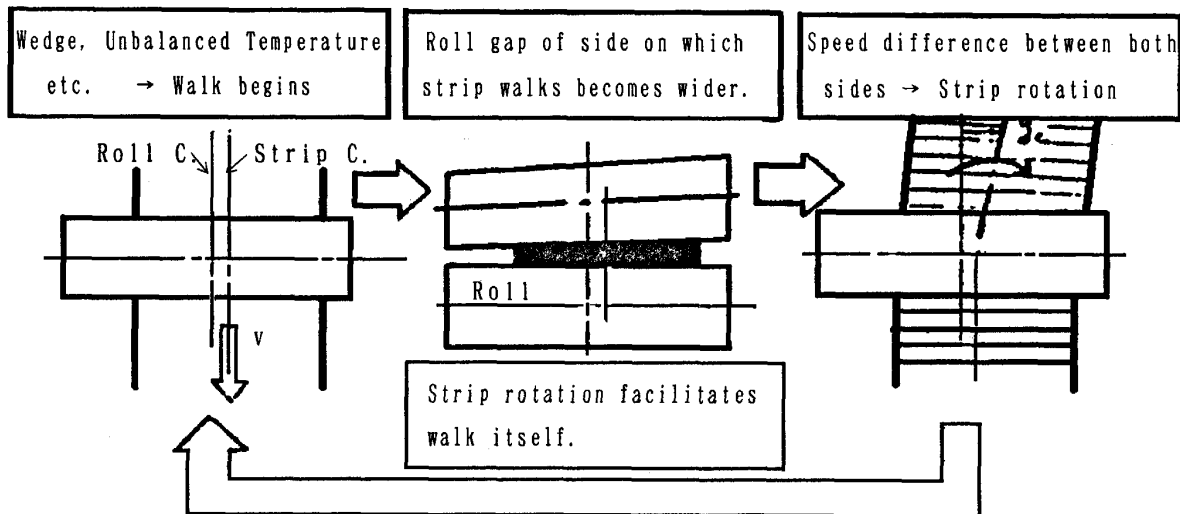


Fig.2 Theory of Walk

(2) 蛇行制御方法

上述の蛇行は何らかの方法で蛇行量を検出し、ロールレベリングによりWS、DSの速度差を打ち消せば抑制が可能である。今回は従来より実績のあるWSとDSの荷重差（以下差荷重と呼ぶ）を検出し、差荷重変化を0とする様に制御するミル差荷重フィードバック方式蛇行制御を導入した。その制御方法をFig.3に、モデル構成をFig.4に示す。

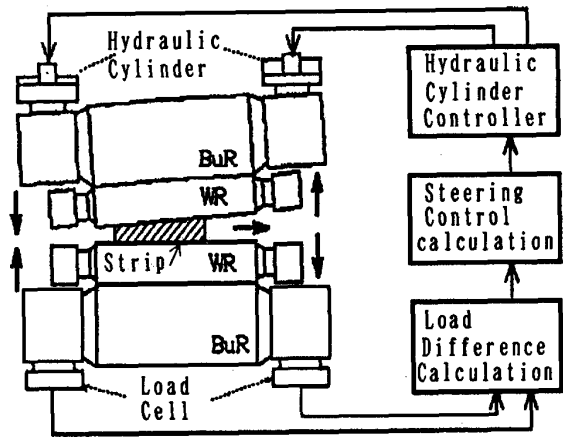


Fig. 3 Steering Control
(Load Difference Type)

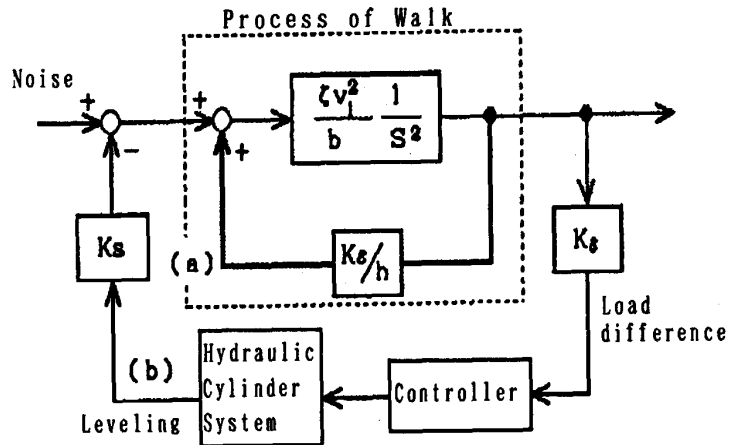


Fig. 4 Control Model

3. 制御システム構成

スタンド別の絞り発生調査より絞りの92%がF5~F7スタンドで発生している事が判明した (Fig. 5)。そこで蛇行制御をF5~F7の3スタンドで実施する事とし、高速レベリングに必要な油圧圧下装置を設置した。

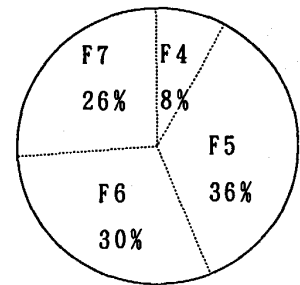


Fig. 5 Chew up Ratio

制御システム構成をFig.6に、主仕様をFig.7に示す

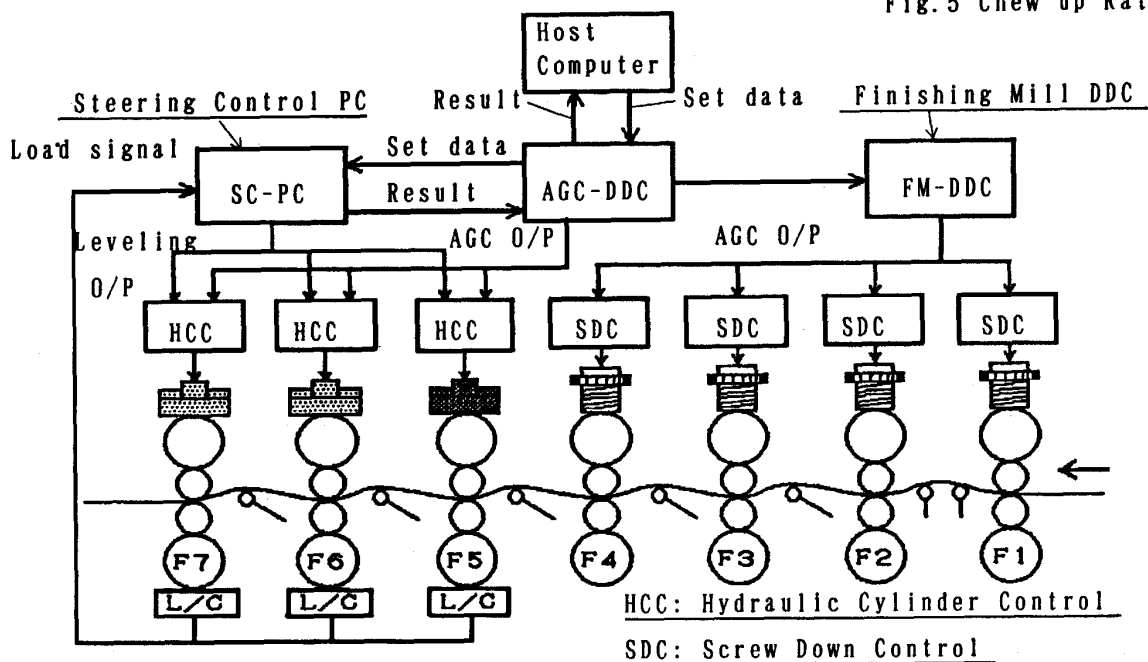


Fig. 6 System Configuration of Steering Control

Hydraulic Cylinder	Max Load : 3200t Speed : 5mm/sec	Controller	Cycle : 15 msec Timing : Previous std. off
--------------------	-------------------------------------	------------	---

Fig.7 Main Specification

4. 実機適用状況

(1) 実機適用上の問題点

① 制御特性ばらつき

実機適用開始後、同一条件で制御を適用しても制御特性がばらつき制御不足や過動作が発生し絞り防止が困難な事が判明した。Fig.8にF6での同一サイズ、ゲインでの制御例を示す。

Fig.8-1ではF5板抜け後、WSに蛇行しF6差荷重率が急増したがF6レベリングでWSを締め足らず蛇行を防止できなかった。(制御不足)

Fig.8-2ではF5板抜け後、一旦DSに蛇行したがF6レベリングでDSを締め過ぎ、WSで絞りが発生した。(過動作)

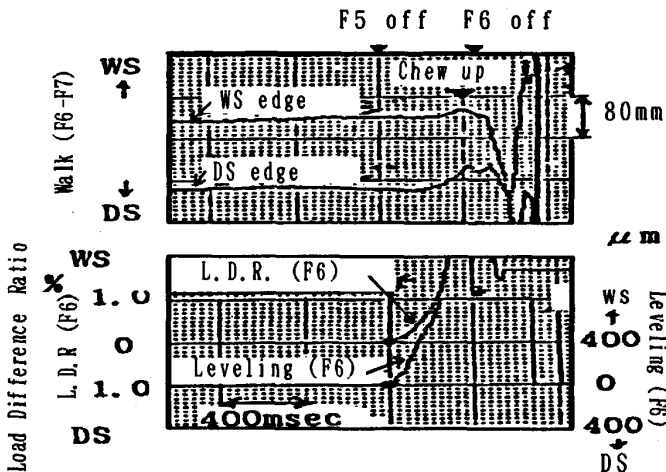


Fig.8-1 Example of Bad Control (Too Less Action)

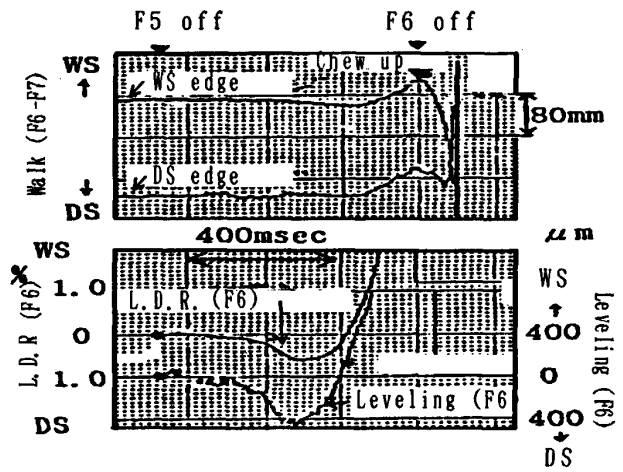


Fig.8-2 Example of Bad Control (Too Much Action)

② 制御逆動作

蛇行方向と制御方向が逆となり、蛇行を助長する方向にレベリングを行う逆動作が特に薄物で発生し安定した制御が得られなかった。

(2) 蛇行量と差荷重相関調査

上記問題点の原因究明の為、F6-7間に光学式蛇行計を設置し、蛇行量とF7差荷重率(差荷重/和荷重)を調査した。その結果

① 概ね正の相関があるが、ばらつきの為一部負の相関となる領域がある。

② 板厚 ≥ 4 mm ではバイアスが大きく、負の相関となる領域が広い。

事が判明した。(Fig.9) この相関のばらつきは差荷重率が蛇行のみでなく圧延材の板厚差等からも変化するためと推定される。

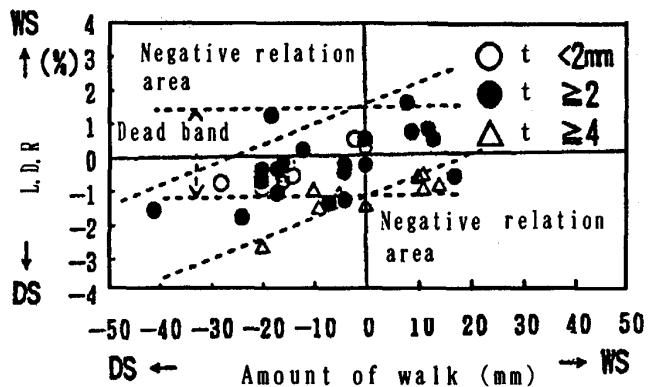


Fig.9 Relation between Walk and Load Difference Ratio

逆動作に関して特に発生の多い薄物についてテール形状に注目して差荷重を調査した結果、

- ① 逆動作はテール部での差荷重の逆転により生じている。
- ② 差荷重の逆転は板が片伸びした場合に発生する為、片伸びしやすい薄物に多い事が判明した。

Fig. 10 に差荷重の逆転減少および板厚別の差荷重の逆転量を示す。

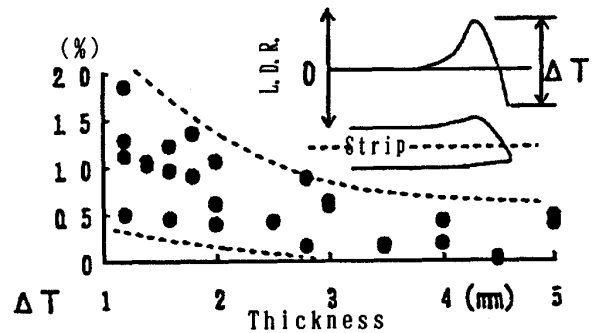


Fig.10 Relation between Thickness and Load Difference Ratio

(3) 制御改善

上記制御特性のばらつき低減および逆動作防止の為以下の対策を講じた。

- ① 制御を差荷重と蛇行量に正の相関がありかつ絞りの多い板厚 < 4 mm に適用
 - ② 過動作の発生しない最大ゲインの調整
 - ③ 一定差荷重以下で制御しない不動作域設定
- 対策後の制御例を Fig.11 に示すが、F 6 板抜け後 DS に蛇行し、F 7 DS の差荷重率が増加したのに対し、DS 締めめの制御を行い、差荷重率が 0 方向に戻り、蛇行を改善している。

この制御改善により逆動作、過動作の発生は現在まで皆無でありその結果絞りが激減した。

Fig. 12 にサイズ毎の絞り率改善結果を示すがいずれのサイズでもほぼ半減の効果を得た。

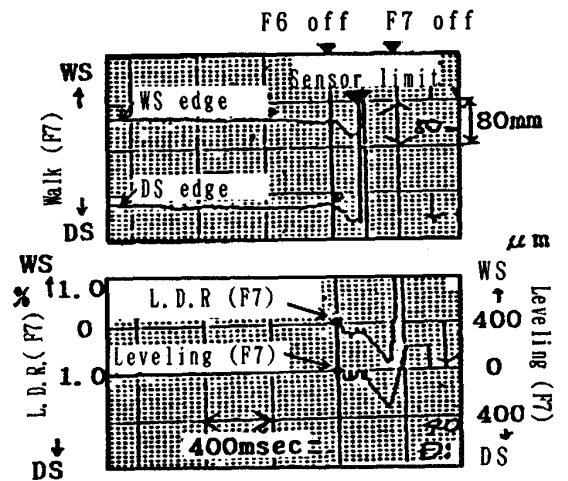


Fig.11 Example of Good Control (F7)

Chew up Ratio	Thickness	without control	with control
	1.2 - 2.3 mm	3.3%	1.7%
2.3 - 4.0 mm	0.3%	0.15%	

Fig.12 Effect of Steering Control

5. 結言

適正なゲイン調整や不動作域の設定等、逆動作防止を図り、ミル差荷重フィードバック方式蛇行制御を実施することで、絞りの半減に成功し仕上通板性を改善できた。

しかし差荷重検出のみでは蛇行量の正確な把握は困難であり、今後は蛇行検出精度向上の為蛇行センサー等を導入し、蛇行制御の高度化に取り組んでいく。