

住友金属工業(株) 中央技術研究所 横井玉雄・美坂佳助

鹿島製鉄所

吉松幸敏・木村俊一・大高 保

I 緒 言

厚板圧延の板内板厚変動・板内板巾変動を減少させることが歩留向上の為に必須である。板内板厚変動の減少はAGC装置の導入で完成している。著者らは板内板巾変動の減少の為に下記の2つの方策を考案、実用化している。厚板圧延は、巾出し前圧延・巾出し圧延・仕上圧延の3段階を経るのが一般的であるが、先ず厚板圧延の圧延中の平面形状変化を観察し、巾出し前圧延の全圧下量と板内板巾変動との間に大きな相関があることを見出し、巾出し前圧延の全圧下量の最適値を巾出し比に応じて計算機が決定し、板内板巾変動、いわゆるたいこ代の少ない成品を製造する方式を確立した。第2の方策はスキッド部が加熱不足でひょうたん形の成品平面形状となり、歩留低下を来していることに対する対策であり、巾出し前圧延制御専用のミニコンを導入し、スキッドマークの影響による板巾変動の解消を狙ったものである。⁽¹⁾

II 巾出し前圧延全圧下量の最適化

厚板圧延における巾出し前圧延・巾出し圧延・仕上圧延における平面形状変化は図1のごとく模式的に表わせる。この場合巾出し前圧延の全圧下量を最適化することにより、巾出し前圧延により生じた角部(図1④)と巾出し圧延により生じるバレル部(図1⑤)を相殺し、成品たいこ代を零にすることが可能となる。同一材料・同一巾出し比(成品巾/スラブ巾)の圧延で、巾出し前全圧下量を種々変化させた実験(鹿島製鉄所厚板ミル)を行った。244厚×2096巾×2800長のスラブより9.6厚×3781巾の成品を圧延する過程において、巾出し前全圧下量を3種類変化させて板内板巾変動を調査した結果を図2に示すが、板長方向板巾は端部より200mm, 1200mm, 2200mm及び板中央を計測している。これより、巾出し前全圧下量が小さいとたいこ代になること、巾出し前圧延の全圧下量を適正に選ぶことにより成品たいこ代を制御出来ることを示している。

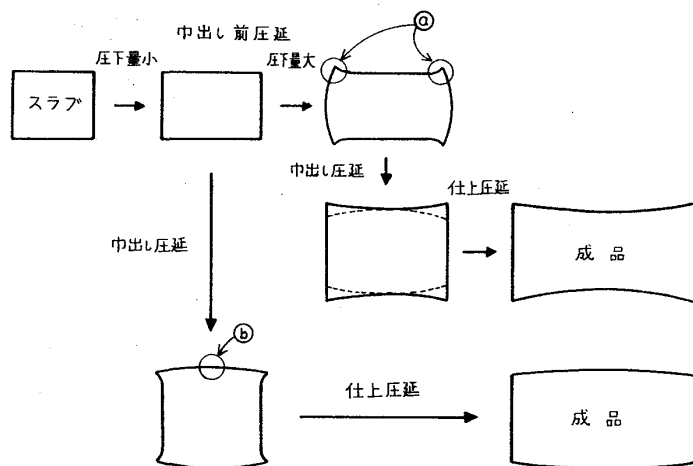


図1 厚板圧延中の材料平面形状変化

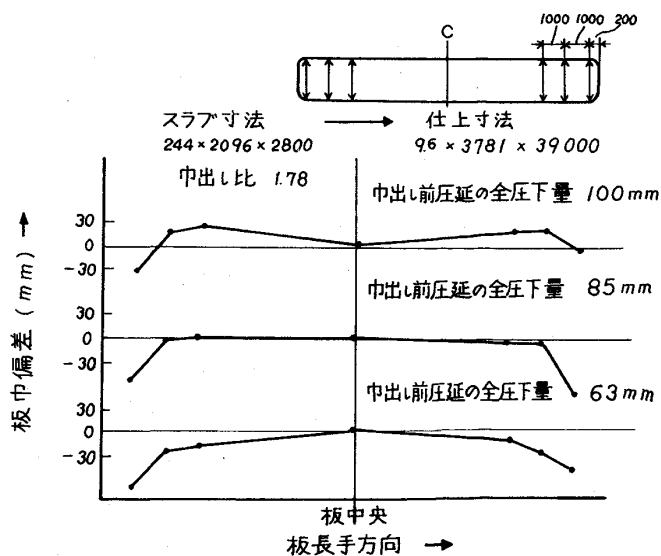


図2 成品たいこ代の比較

Ⅲ 巾出し前圧延のフィードフォワード制御

以上のごとく圧延中の材料の中央部と端部の巾拡りの差に基く平面形状変化は、巾出し前圧延の全圧下量を制御することにより、成品たいこ代を零に出来ることが判った。しかし、成品板巾変動を生じる原因は前述の1つのみではなく、材料スキッド部が加熱不足の場合、図3-③のごとくひょうたん形の成品平面形状になる。この原因は巾出し前圧延完了時の材料の板厚変動(図3-①)が、後続する巾出し圧延により板巾変動(図3-②)として表われる為であり、その結果として成品がひょうたん形になる。従って、この段階における板厚変動を防止する目的で以下の巾出し前圧延時の板厚制御システムを開発した。

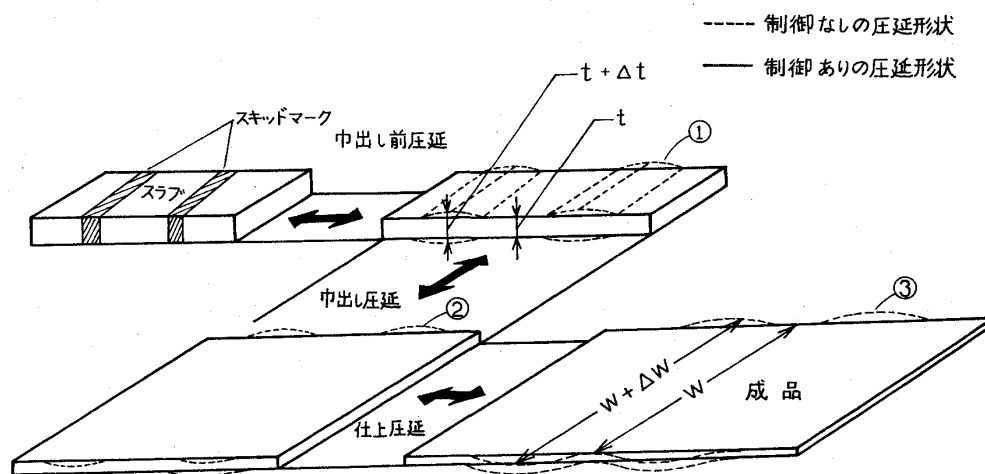


図3. 厚板圧延中の材料平面形状変化(スキッド部あり)

Ⅲ-1. 制御方法

鹿島厚板工場の粗圧延機には電動AGC装置が設置されている。材料長さが短かく、かつ大きな压下位置の移動を伴う巾出し前圧延板厚制御においては、従来のBISRAAGCでは制御不能であり、以下に示すフィードフォワード板厚制御を行う。巾出し前圧延3パスの圧延荷重より板長手方向の材料硬さ分布を認識し、第4パス(最終パス)にてフィードフォワード板厚制御を行う。以下図4に基いて具体的な制御方法について述べる。巾出し前圧延の第3パス開始と共にロール軸に直結されたパルス計より板長を計測し、所定パルス毎にその時点の圧延荷重を取込み、材料の板長方向の圧延荷重を記憶する。この圧延荷重変動より3パスの出口厚変動・材料硬さの変動を計算し、次パスも同様な変動が生じるであろうとの仮定の基に、上記外乱による板厚変動を零にする最適压下量 ΔS^* が次式により計算される。⁽²⁾

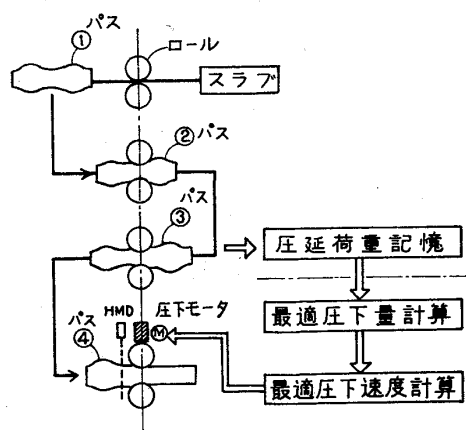


図4 制御方法

$$\Delta S_4^* = - \left\{ \frac{Q}{M} - \frac{P_4}{P_3} \cdot \left(1 + \frac{\partial P_3}{\partial h_3} \right) \right\} \cdot \frac{\Delta P_3}{M}$$

ΔS_4^* : 4パスの最適圧下量

M : ミル剛性

ΔP_3 : 3パスの圧延荷重変動

Q : 塑性係数

P_3, P_4 : 3・4パスの圧延荷重

$(\partial P_3 / \partial h_3)$: 出口厚に対する荷重影響係数 (3パス)

圧延材先端の過度に焼けのよい個所を制御する為、ミルにかみ込んでから制御するのでは遅すぎるので、非常に信頼性の高いHMDを用い第4パスのかみ込直前に圧下モータを起動し、丁度材料がミルにかみ込んだ瞬間から実際に制御出来る方式を採用した。圧延中は3パスで所定板長毎に記憶された最適圧下量 ΔS^* を用いて次式で計算した最適圧下速度 V_i^* が4パスでの板伸び率Kを考慮して圧下モータに出力される。

$$V_i^* = \frac{\Delta S_{i-1}^* - \Delta S_{i+1}^*}{2 \cdot \bar{t}}$$

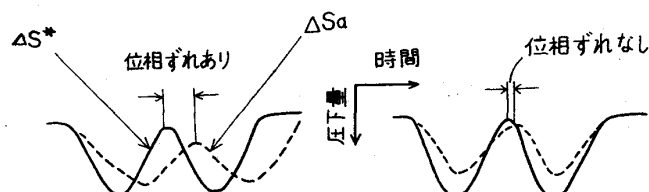
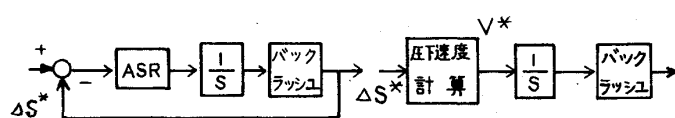
$$= \frac{\Delta S_{i-1}^* - \Delta S_{i+1}^*}{2 \cdot (\ell \times K / V_R)}$$

ℓ : サンプル長

V_R : 圧延速度

$\bar{t}$: 材料が $(\ell \times K)$

圧延される圧延時間



(a) 従来方式

(b) 新方式

図5 圧下速度制御方式

従来の圧下制御は図5(a)のごとく ΔS^* の指令値と実測圧下位置 ΔS_a の差を圧下モータへの速度指令値として出力するが、本システムのように圧下モータと圧下スクリュウの間にバックラッシュがあり、かつ圧下量が大で外乱の周波数が高い場合は ΔS^* と ΔS_a の間に位相のずれを生じ、最悪の場合は発振状態となる。従って図5(b)のごとくの少なくとも位相は一致する制御方式を採用した。

Ⅲ-2. 制御結果

図6に制御を実施・未実施の場合の巾出し前圧延完了時と巾出し圧延完了時の材料平面形状を示す。これより制御なしの場合は巾出し圧延完了材のスキッドマーク部で板巾が大きくなっていることが判かる。

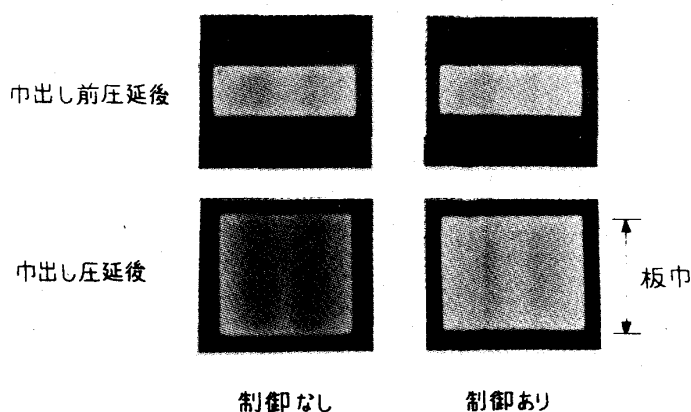


図6 材料平面形状の比較

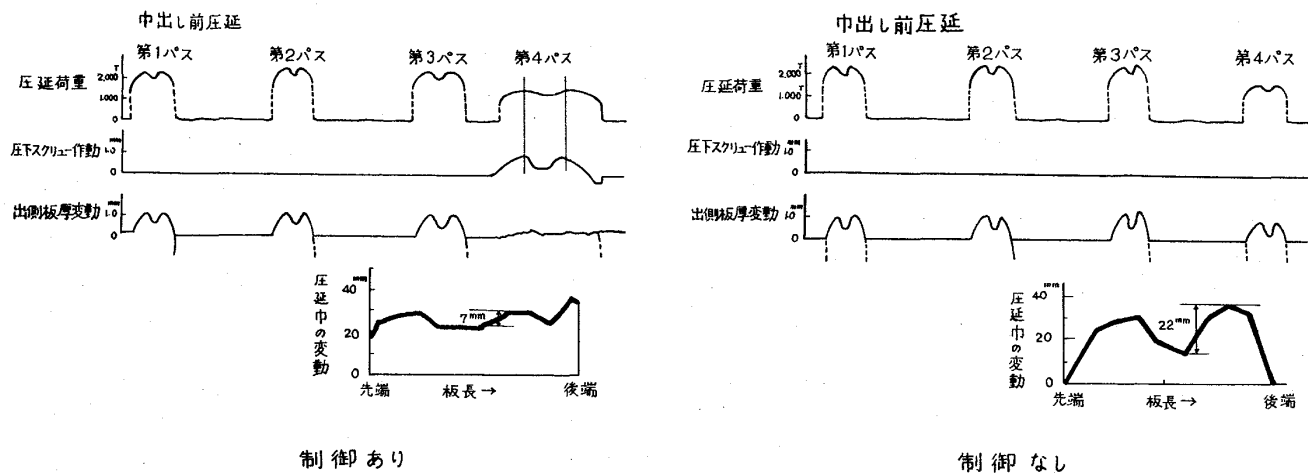


図7 制御結果

図7に制御を実施・未実施の場合の圧延荷重・压下量・板厚・板巾の変化の例を示す。これより未実施の場合は板巾変動，すなわちひょうたん形が大きいこと，最終ゲージメータ厚分布と板巾変動が一致していることが判かり，実施の場合は4パス圧延開始と同時に压下が動いていること，圧延荷重と压下位置の位相が一致していることが判かり，良好な制御が行われている。その結果として板巾変動は急減している。

IV 結 言

先ず，板内板巾変動の中で成品たいこ形状に対しては，巾出し前圧延の全压下量を制御することにより板巾変動をなくし，スラブのスキッドマークに起因する成品のひょうたん形状に対しては，内出し前圧延の最終パスの板厚制御により解決する板巾制御システムを完成させた。

参考文献

- (1) 久保田・八柳： 住友金属 Vol 30 no. 4 (1978-10) P 102
- (2) 高橋・美坂： 塑性と加工 Vol 16 no. 168 (1975-1) P 25