

討11

差厚幅出し圧延法の開発

(厚板圧延における平面形状制御圧延法)

川崎製鉄株式会社千葉製鉄所

饗場満雄

渡辺秀規

高橋祥之

金田欣亮

1. 緒言

厚板圧延では、鋼板の幅方向、長さ方向の先後端部に不均一変形が生じ、いわゆるタイコ、クロップが形成される。これら平面形状不良部は厚板歩留ロスの約50%を占めるため、厚板歩留を向上するためには、タイコ、クロップを減少し鋼板の平面形状をできるだけ矩形に近づけることが必要である。平面形状制御の最近の技術としては、MAS圧延法、エッジャー制御法などがあるが¹⁾、著者らは新たに、既設圧延機への適用が容易である「差厚幅出し圧延法」²⁾を開発したので、その制御方法、効果について概要を報告する。

2. 厚板圧延の幅形状

2-1 タイコ量

厚板圧延では普通、幅出し圧延の精度を向上させるために、スラブの長さ方向に1~4パスの圧延(成形圧延)を行い、次に90度圧延方向を変えてスラブの幅方向に幅出し圧延を行って所定の圧延幅を得る。しかし、この幅出し圧延の過程では、スラブの両サイドで幅広がりが起こるため、幅方向の端部と中央部に伸び率の差が生じる。その結果、最終製品の先後端部と中央部との幅差となつて残り、タイコ形状を呈する結果となる。

図1には普通圧延材の幅出し比とタイコ量の関係を示す。タイコ量は図中に示すように、先後端部の幅の平均値と中央部の幅の差で定義する。タイコ量は幅出し比1.5を境にして正・負に分かれるが、幅出し比が増加するに従って大きくなる。また、幅出し圧延時のロールクラウン、成形パスの圧下量によっても変化する。

2-2 タイコ量予測式

平面形状制御では、形状を予測してその修正量を決めることが必要となる。タイコ量は、幅出し比(圧延幅/スラブ幅)、成形パスの圧下量、幅出し圧延開始時の形状比(成形圧延後の長さ/幅出し開始厚)などを使つて予測することが可能である。さらに、ロールクラウンも考慮することによつて、時系列的な変化を予測することも可能である。この時のロールクラウンとしては、ロールセンターのロール径と幅出し圧延時のスラブ端部のロール径の差を使えば良い。予測式を(1)式に、予測精度を図2に示す。予測精度は標準偏差で $1\sigma = 12.0(\text{mm})$ である。

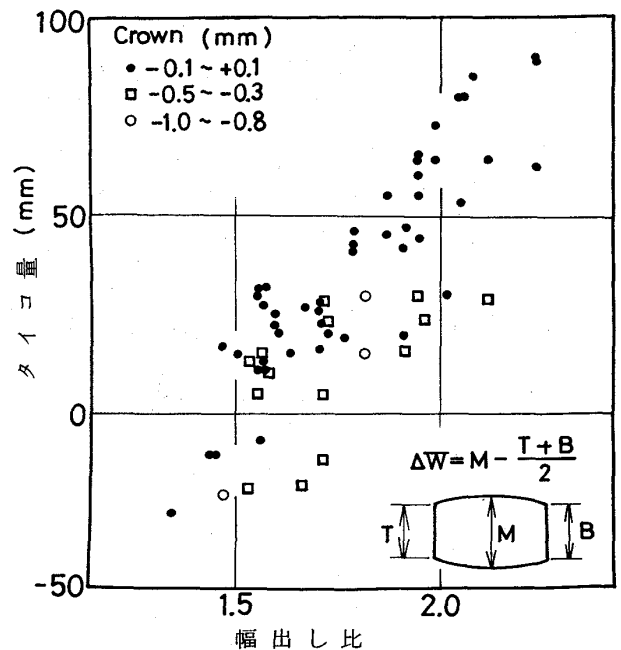


図1 普通圧延材のタイコ量

$$\Delta W = a_0 + a_1 \cdot BR + a_2 \cdot (\Delta H_s)^{b_1} + a_3 \cdot \frac{(\Delta H_b)^{b_2}}{TS} + a_4 \cdot (\Delta H_r)^{b_3} + a_5 \cdot \frac{1}{TS - \Delta H_s} + a_6 \cdot \frac{C_{ew} \cdot M}{t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ΔW : タイコ量 ΔH_s : 成形パス圧下量 l : 成形圧延後長さ

BR : 幅出し比

 ΔH_B : 幅出しパス圧下量

Cew : ロールクラウン

TS : 初期スラブ厚

 ΔH_F : 仕上パス圧下量 t : 幅出し終了厚 M : 圧延幅 $a_0 \sim a_6, b_1 \sim b_3$: 定数

3. 差厚幅出し圧延の原理

3-1 差厚幅出し圧延法

この圧延法の特徴は、幅出し圧延の過程で不均一に変形する両サイドだけを、その変形量に応じてロールを傾斜して圧延することである。図3に圧延方法を示す。

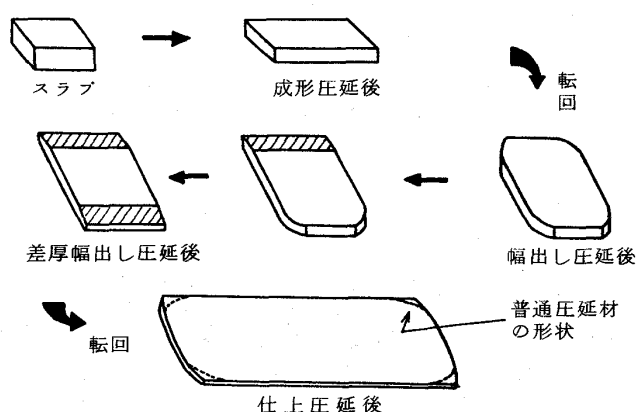


図3 差厚幅出し圧延方法

3-2 ロール傾斜量計算式

普通の幅出し圧延後のスラブの平面形状を図4(a)断面形状を(b)のように考えれば、この平面形状を修正して(a')のように矩形にするためには、ロールを傾斜させて(b')のようにスラブの断面がなるように圧延を行えば良い。そこで、不均一変形部分(図3斜線部)の長さ方向の要素 dx を考え、この体積が差厚幅出し圧延前後で一定とすると(2)式が成立し、スラブエッジの圧下量 Δh_e は(3)式で表わされる。

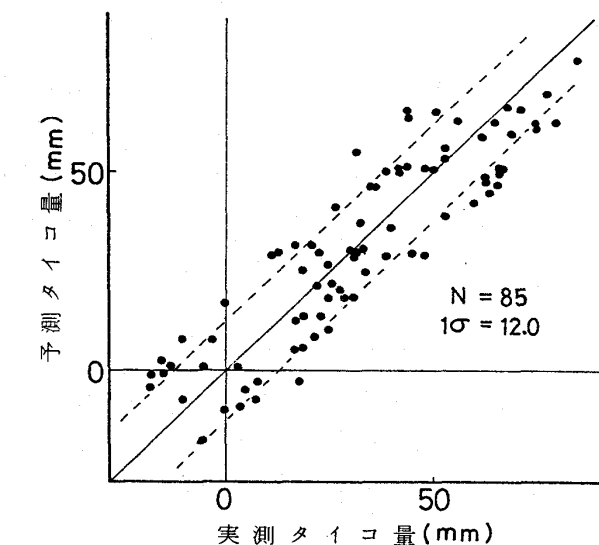


図2 タイコ量予測精度

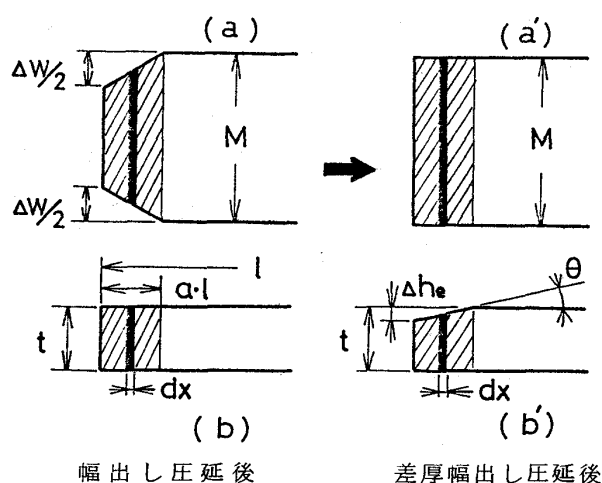


図4 差厚幅出し圧延の原理

$$\left(M - \frac{\Delta W}{\alpha \cdot l} \cdot x\right) \cdot t \cdot dx = \left(t - \frac{\Delta h_e}{\alpha \cdot l} \cdot x\right) \cdot M \cdot dx \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta h_e = \frac{t \cdot \Delta W}{M} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Δh_e : スラベッジの圧下量 α : 定数

次に、ロールの傾斜角度 θ は(3)式で求めた Δh_e と不均一変形部分の長さ $\alpha \cdot l$ によつて(4)式で表わされる。ただし、この時はロールはクラウンがないものと仮定している。

$$\tan \theta = \frac{4he}{\alpha \cdot l} = \frac{t \cdot \Delta W}{\alpha \cdot l \cdot M} \quad \dots\dots (4)$$

このようにして、ロールの傾斜角度と圧下量を決めれば、差厚幅出し圧延パスのワークサイドとドライブサイドの圧下設定値は、幅出し終了厚を基準にして、図5から(5)式のように決めることができる。

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= t + \left(\frac{L+l}{2} - \alpha \cdot l \right) \cdot \tan \theta \\ S_2 &= t - \left(\frac{L-l}{2} + \alpha \cdot l \right) \cdot \tan \theta \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots (5)$$

θ : ロール傾斜角度 S_1, S_2 : 圧下設定値

L : ハウジング中心間距離

初めにドライブサイドを S_1 、ワークサイドを S_2 に設定して差厚幅出し圧延を行い、ワークサイドの形状を修正する。次に S_1, S_2 を逆に設定して差厚幅出し圧延を行い、ドライブサイドの形状を修正すれば矩形化が図れることになる。

なお、(5)式は幅出し圧延後に形状修正を行う場合の式であるが、(1)式で予測されるタイコ量のみで幅出し圧延前に形状を修正しておくということも可能である。

3-3 形状修正係数

図4の中の α は、不均一変形部分が成形圧延後の長さに占める割合を表わすもので、図6に示すように、圧延比／幅出し比に無関係な一定の値となつている。(圧延比＝圧延長／スラブ長)

3-4 差厚幅出し圧延によるメタルフロー

差厚幅出し圧延によるメタルフローを調査した。実験は幅出し終了後の形状を想定し、切断加工によつて作製したスラブを使い実験で行つた。実験条件を表1に、実験結果を図7に示す。

図7から形状がほぼ矩形に修正されていることがわかる。また、両サイドに生じているふくらみは、ロールバレル方向の幅広がり量の差に起因するものと思われる。

表1 実験条件

ロール寸法	$\phi 991 \times 3500$ / $\phi 1580 \times 3400$ (mm)
スラブ寸法	$t60 \times w2500 \times l3200$ (mm)
タイコ量	80 (mm)
傾斜角度	0.23 (度)
圧下量	1.92 (mm)

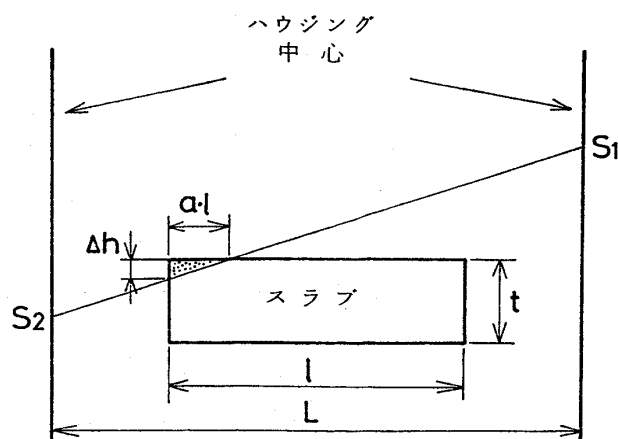


図5 圧下設定値

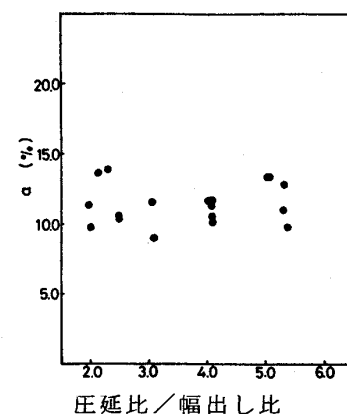


図6 形状修正係数

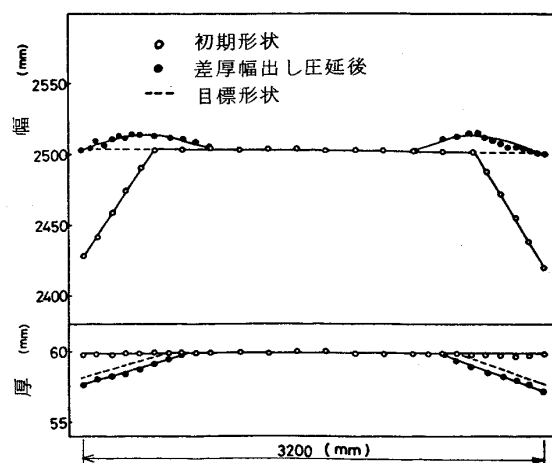


図7 差厚幅出し圧延のメタルフロー

4. 差厚幅出し圧延の制御システム

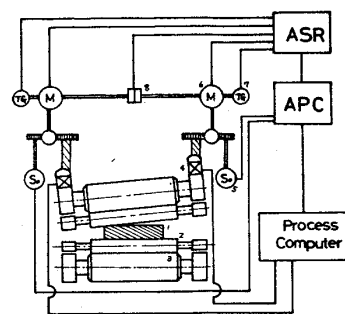
図8に差厚幅出し圧延制御システムを示す。あらかじめ計算された圧下スケジュールに対して、圧下位置センサー、ロードセルの信号によつてパス進捗を行い、差厚幅出し圧延時には、ワークサイド、ドライブサイドの圧下位置を別設定する。

本圧延法では、幅出しパスが普通のものに比べて2パス追加されることになるが、粗圧延機、仕上圧延機の2スタンド型式であれば仕上圧延機の能率を阻害することはほとんどない。

5. 効果

幅出し圧延後に差厚幅出し圧延を実施してタイコ形状の修正を行った結果を図9に示す。普通圧延材では鋼板の先後端部の幅と中央部の幅が大きく異なっているが、差厚幅出し圧延材ではこの幅差がほとんどなくなっている。また、ロス面積の比較でも、差厚幅出し圧延材は少なくなることがわかる。歩留ロスはこの面積に相当するものであるが、この例の場合、差厚幅出し圧延によつて約1%向上している。

次に、図10にタイコ量改善効果を示す。普通圧延材では、幅出し比の増加に従つてタイコ量も大きくなっているが、差厚幅出し圧延材では、幅形状がほぼ矩形化されているので幅出し比に関係なく一定の値に収めることが可能である。



1. スラブ 2. ワークロール 3. パンタフロール
4. ロードセル 5. 圧下位置センサー
6. 圧下モーター 7. タコジェネレーター 8. クラッチ

図8 制御システム

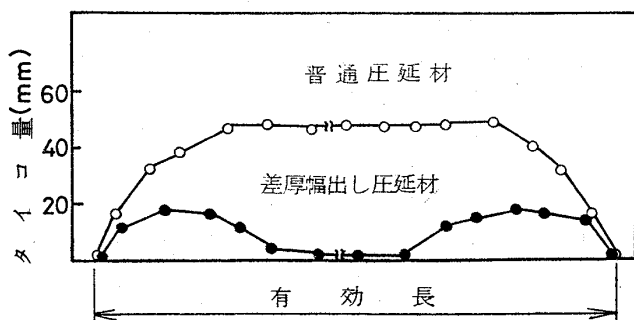


図9 幅形状の比較

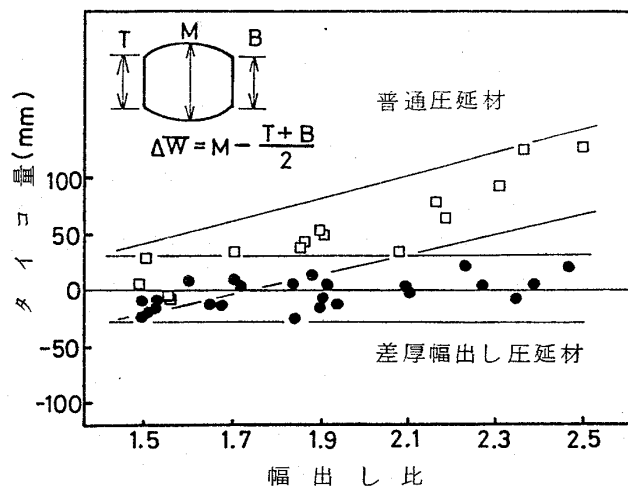


図10 タイコ量改善効果

6. 結 言

既設圧延機への適用が容易で、しかも歩留向上効果の大きい差厚幅出し圧延法を開発しその効果を確認した。本圧延法はタイコ量に応じてロールを傾斜させスラブの端部だけを圧延する方法であるが、この圧延法によつて厚板圧延の歩留を1%近く向上することが可能である。

参 考 文 献

- 1) 濤崎 : 日本金属学会報 19(1980) No. 2 P. 79
- 2) 渡辺 他 : 鉄と鋼 66(1980) No. 4 S 291