

討13 厚板圧延における形状制御について

日本鋼管㈱ 技術研究所 福山 ○升田 貞和 平沢 猛志 Ph.D.市之 頼弘之
福山製鉄所 田中 明広 鎌田 正誠 平部 謙二

I 緒言

近年、厚板圧延においても、省資源、省エネルギーの観点からの歩留向上及び製品の品質化（高精度化）への関心が高まっており、フラットで真四角な圧延形状を得ようとする高精度圧延技術に対する研究、実機適用が行なわれつつある。

そこで、本報では、板クラウン、板平坦度、板キャンバーの問題点を取り上げ、モデル実験、シミュレーション計算を中心に基礎的な検討を行ない、各問題点に対する防止技術を開発し、実機においても成果を上げつつあるので、ここに報告する。

II 板クラウン、板平坦度の向上

板クラウンを減少させる事は、歩留向上の大きな要素である。しかし、板クラウンと板平坦度は密接な相関を持ち、むやみに最終板クラウンのみを減少させる事は、板平坦度不良を生じさせる事になり、かえって歩留ロスを生じる事にもなりかねない。そこで、板平坦度不良を生じさせない、板クラウン減少技術の開発が必要となる。

1. 平坦度不良に関する基礎特性

著者らは、既に平坦度不良に関する基礎特性として、平坦度不良発生限界、比率クラウン変化と急峻度の関係等をモデル実験等により¹⁾²⁾解明している。以下にその要旨を示す。

(1) 平坦度不良発生限界

比率クラウン変化で平坦度不良発生限界を表わすと、出側板厚が厚くなるほど限界値は大きくなり、その傾向は耳波の方が若干大きい、更に、板巾は狭い方が限界値は大きくなる。全体的に見て比率クラウン変化 $\pm 0.5\%$ が平坦度不良発生限界と考えられる。

(2) 比率クラウン変化と急峻度の関係

比率クラウン変化と急峻度の関係は①式の形で表わされ、³⁾a値は板厚が薄くなると大きくなり、中伸と耳波の違いは、a値は中伸、b値は耳波の方が大きい。これらの結果より圧延材の巾方向塑性流動は、板厚が厚い方が大きく、耳波域の方が起こり易い。

$$\text{急峻度 } \lambda = a \cdot \sqrt{\left| \frac{\Delta Gr}{H} \right|} - b \quad \text{-----①}$$

$\frac{\Delta Gr}{H}$: 比率クラウン変化 [%]
a: 形状換算係数、b: 不感帯比率クラウン%

一度平坦度不良が発生すると、元のクラウン率一定に戻しても必ずしも形状が元の良に戻るとは限らず、比率クラウン変化に対する急峻度変化は敏感になる。

2. 板クラウン、板平坦度制御法

平坦度不良を発生させず、板クラウンを小さくするには、比率クラウン変化を $\pm 0.5\%$ 以内になる様に圧延し、かつ板クラウン制御を行えば良いわけである。しかし、圧延能率、圧延荷重予測精度、板クラウン制御能力等の問題より、必ずしもその様な圧延は可能ではない。そこで、圧延荷重変動に対して板クラウン変化が小さくかつ板クラウン制御能力が大きくなる方法として、チャンファーバックアップロール及びWRベンダー圧力制御法が有効であると考えた。

(1) チャンファアーバックアップロールによる効果

図-1はチャンファアー及びクラウンロールによる圧延荷重に対する板クラウン変化を示す。チャンファアーロールの方が圧延荷重に対する板クラウン変化が鈍感である。即ち、チャンファアーロールを用いる事により、ロール横剛性が大きくなり、平坦度不良を発生させない圧延荷重偏動巾が大きくなる。

図-2は福山厚板ミルを対象とした板クラウンシミュレーション計算の結果を示し、チャンファアーロールによる板クラウン減少効果を表わしている。

(2) WRベンダー制御

図-3にWRベンダーによる板クラウン制御能力を示す。チャンファアーロールを用いる事により、従来の制御能力が大巾に向上する。この事より、チャンファアーロールのみで防止しきれない狭巾材や大きな圧延荷重変動に対しても、WRベンダー圧力を制御する事により、平坦度不良の発生しない圧延が可能と考えられる。

WRベンダー制御法を以下に簡単に示す。ロール摩耗・ヒートクラウン等を除けば、板クラウンは②式で表わされる。

$$Cr = K(B) \cdot P - C(B) - \alpha(B, P) \cdot PB \quad \text{--- ②}$$

Cr : 板クラウン, P : 圧延荷重, B : 板巾, PB : ベンダー力

$K(B)$: ロールベンディング係数, $C(B)$: ロールイニシヤンクラウン

$\alpha(B, P)$: ベンダー制御係数

$K(B)$, $C(B)$, $\alpha(B, P)$ は、ミル仕様が決めればそれぞれ板巾、圧延荷重の関数として決定され、②式より所定の板クラウンに対するベンダー力が板巾、圧延荷重の関数として与えられる。そこで、圧延荷重により、WRベンダー圧力を制御すれば良い。

図-4にモデル実験による一例を示す。チャンファアーロールによるWRベンダー圧力制御により、かなり自由度の高い圧延スケジュールが可能であり、同時に製品板クラウン減少も可能である。

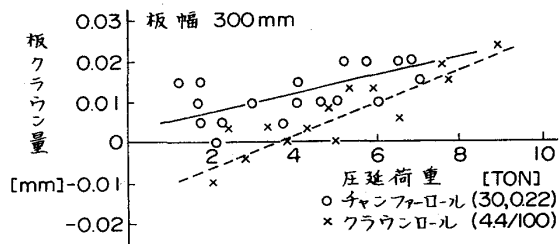


図-1. 圧延荷重と板クラウンの関係

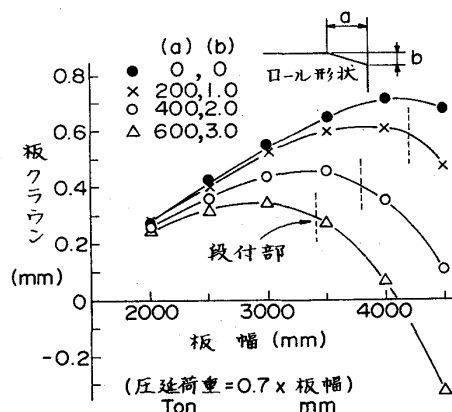


図-2. チャンファアー量と板クラウンの関係

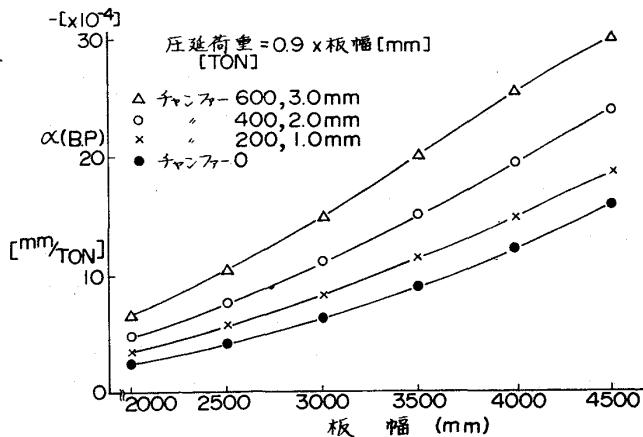


図-3. WRベンダー制御能力

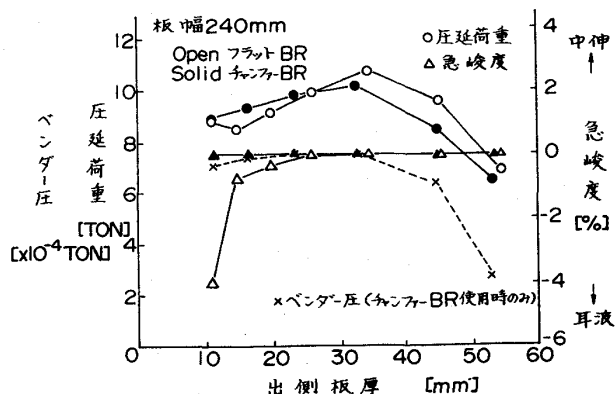


図-4. WRベンダーによる形状制御法

2 実機試験結果

図-5 に福山厚板ミルにおける、チャンファー (400, 2.0 mm) 及びクラウンロールでの平坦度不良発生状況を示す。図中の破線がクラウンロール、実線がチャンファーロールの平坦度不良発生限界を表わし、チャンファーロールの平坦度不良防止効果が認められる。

図-6 には、チャンファーロールの板クラウン減少効果を示す。板巾3000 mm 以上において大きな板クラウン減少効果が認められる。更により大きな効果が期待できる。WR ベンダー圧力制御に関しては、現在実機適用を検討中である。

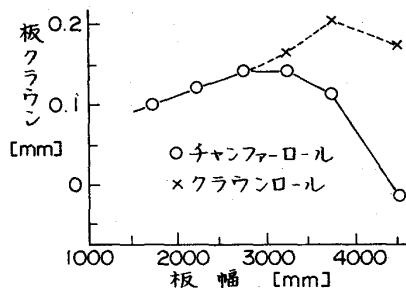


図-6. 実機板クラウン

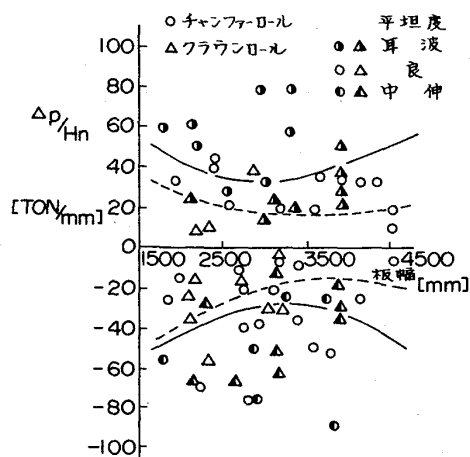


図-5 平坦度不良発生状況 (実機)

Ⅲ、キャンバー防止技術

板キャンバーの防止は、そのもの自体が大きな歩留向上要素であると共に、板巾精度の向上、平面形状の短形化等の他の技術への影響も大きなものがある。

1. キャンバー発生要因

圧延中のキャンバー発生は、鋼板の巾方向左右での伸びの不均一によるもので発生要因は、この巾方向左右の不均一を生じさせるもので、圧延機による要因、圧延素材による要因に大別される。表-1 にそれらの種々の要因を示す。実際には、これらの中の多くの要因が複雑に絡み合っているものと思われる。

2. キャンバー基礎特性⁴⁾

(1) モデル実験結果

レベリング不良圧延の結果として、キャンバー量は、レベリング不良量と

表-1 キャンバー発生要因表

圧延機による要因

1. レベリング不良
2. 左右ロール径不均一 (偏摩耗、偏熱)
3. サイドガイド設定不良
4. エッジャー設定不良
5. ローラーテーブル走行異常
6. キーパープレートのガタ (ロールの巾方向へのずれ)
7. チョックのガタ
8. オフセット量左右偏差
9. ミル剛性左右偏差 (左右剛性)
10. ロール冷却水・潤滑材流量不均一 (巾方向冷却能…潤滑性不均一)

圧延素材による要因

1. 板温度巾方向不均一
2. 表面状態の巾方向不均一
3. 先端直角度不良
4. 素材ウェッジ
5. 素材キャンバー

ほぼ比例関係にあり、圧下率依存性はない。板厚が薄くなるとキャンバー量は板厚比以上に大きくなる。それらの結果より以下に示す横流れ率実験式を導いた。伸び率差がすべて伸びの差 (円弧状の曲がり) として現われず、平均伸びからの差が巾方向への材料の流れで緩和されると考えられる。
(横流れ率実験式)

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= r^3 - ar^2 + ar + \frac{1}{10}a(1 - r^3 + ar^2 - ar) \\ a &= 0.03H \cdot (1 + W/10000) \\ 0 \leq \alpha \leq 1 \end{aligned} \right\} \text{--- ③} \quad \begin{aligned} \alpha &: \text{横流れ率}, r: \text{圧下率} \\ H &: \text{入側板厚 (mm)}, W: \text{板巾 (mm)} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha = 0 &: \text{理想伸び (伸び率分布のまま)} \\ \alpha = 1 &: \text{すべて平均伸び (伸び差なし)} \end{aligned} \right.$$

(2) シミュレーション計算

非対称4段ロール変形モデルと前述の横流れ率を用いたキャンパーシミュレーション計算による、福山厚板ミル仕様(板厚15→13mm、板巾3000mm)での計算結果を表-2に示す。ミル剛性左右偏差、レベリング不良の影響が大きい。これらは、1パスでの結果であるが、多パスの場合には各パスでの重ね合わせと考えられ、実験値と良く一致している。

2.実機要因調査

上記検討より影響度が大きいと考えられるミル剛性左右偏差をキスロール法で調べた。図-6にミル特性とキスロール時の差荷重の一般的な関係を示す。図-7に福山厚板仕上ミル特性を示す。明らかにミル剛性左右偏差が認められその値は約4%である。更に、正逆転での有意差も認められる。圧延方法の違いによってもキャンパー量に有意差が認められた。これらの原因は明らかではないが、各部のガタやオフセット等による接触条件の違いによると思われる。

3.防止技術

キャンパーを防止する基本的な方法は、キャンパー発生要因をすべてなくす事である。しかし、前述の様なすべての要因を正確に把握し、完全になくす事は不可能に近い。そこでそのミルにおける影響度の大きな要因を把握し、正確にとらえられる要因により制御する事である。福山厚板ミルにおいては、ミル剛性左右偏差や正逆転の差が明らかであり影響度も大きい。そこで左右剛性差及び正逆転の差分をあらかじめレベリング調整としてそれぞれのパスの予測圧延荷重に基づいて与えるパス間レベリング法が有効な手段となり得る。油圧々下化に伴ないパス間レベリング法のシステム化が現在行

表2 シミュレーション計算結果(厚板サイズ)

キャンパー要因	キャンパー量 [mm/10m]	各単位要因当りの キャンパー量 [mm/10m]	起こり得る要因量 起こり得るキャンパー量
レベリング不良0.25mm 0.50	56 113	225/mm	0.1mm 23[mm/10m]
入側板エッジ0.25mm 0.50	47 94	188/mm	0.1mm 19[mm/10m]
入側板左右偏熱25°C 50	7 14	0.3/°C	30°C 9[mm/10m]
ミル剛性左右偏差56% 139	17 46	3.2/%	10% 32[mm/10m]
オフセット量100mm	12	0.1/mm	10mm 1[mm/10m]

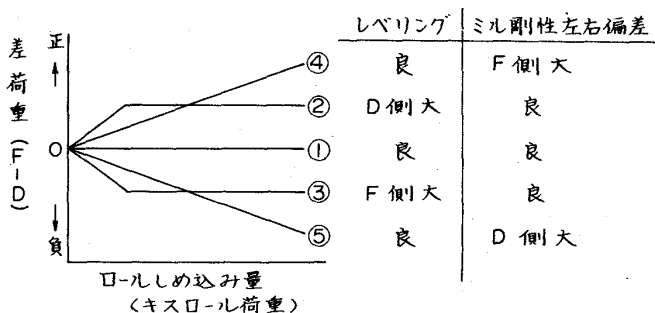


図-6 ミル特性とキスロール時の差荷重の関係

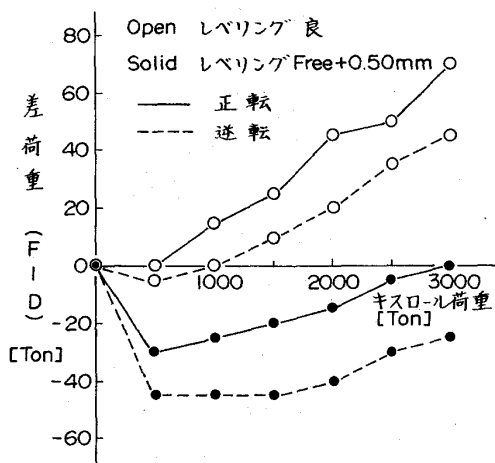


図-7 福山仕上ミル特性

IV、結 言

○板クラウン、板平坦度向上に関しては、チャンファークラックアップロールの適用を行ない、大きな成果を上げている。更に、WRベンダー制御を併用する事により、より大きな効果が期待できる。
○板キャンパー防止に関しては、ミルの固有値が問題となるが、福山厚板ミルにおいてはミル剛性左右偏差をレベリング補正するパス間レベリング法の有効性を見出し、システム化を推進中である。

- 参考文献 1) 升田ら：第60回圧理資料 2) 升田ら：鉄と鋼，65(1979)4S300
3) 塩崎ら：IHI技報1959、8別第2号P.44他 4) 升田ら：鉄と鋼，64(1978)11S698