

(討11)

新日本製鐵株式會社

中村 弥寿家 ○ 沢井 繁之

1 緒 論 冷延板の形状には、熱延板の性状と酸洗以後の作業とが重複して影響を与える。又、冷延板の形状不良は、耳波(エッジ部の伸び)、中伸(中央部の伸び)、条延(巾方向の局部伸び)に大分類することが出来る。耳波及び中伸に関しては、比較的歪部の巾が広いが、条延に関してはその巾が比較的狭いという点で定性的に区分される。

熱延板の性状で、形状に影響を与える要因としては、熱延板の(1)クラウン(2)プロフィール(3)硬度分布がある。本報ではこれらに対して、現場的かつ定量的な調査結果を報告すると共に、その冷延作業に於ける改善策について言及するものである。

まず、熱延板の性状が冷延形状に及ぼす影響について事実を列挙する。

1) 中伸、耳波に関しては、熱延仕上げ出口温度と炭素等価量に相関がある。これはA₃点直下の圧延にて巾方向で局部的に混粒組織が生ずる為である。

(Fig-1)

2) 熱延で同一ワークロールでの圧延長さが長くなるに従って、条延の発生率は高くなり、特に一定の圧延長さを超えると急激に増加する。その一定値は、圧延機によって若干変るが、60~80KMである。これはロール摩耗及びサーマルクラウンによって熱延板のクラウンが逐次低下すると共に、局部的異常突起が発生し易くなる為である。クラウン量についてみれば、概ね40μ以下で発生し易く異常突起についてみれば、その高さが10μ以上で発生し易い。

3) 条延の巾方向発生位置は、熱間圧延機によって一定の傾向を有する。圧延長さの少ない間は中央部に、後半にはエッジ部に発生し易くなるが3ミルでは共に中央部に発生する傾向が強い。これは異常突起の発生位置とよく一致する。

4) まったく、クラウン異常がなく、仕上出口温度が正常であっても条延の発生が見られる場合があるが、これを巾方向に調査すると、成分偏析に起因する異常組織が認められる場合がある。

次に、冷間圧延以後の作業の形状に及ぼす影響について言及する。

5) 冷延成品ゲージが、薄いほど、条延の発生傾向は大きく、0.8mm程度からその発生をみ、0.3mm以下で著るしくなる。

6) 調質圧延表面粗度も条延発生に密接な関係があり、粗度が低い程、その発生率は高くなる。0.3mm以下の薄手ゲージ材についてみると、0.15μR.M.Sと0.40μR.M.Sで、前者の発生率は後者の発生率の数倍に達する。

2 形状不良の発生原因とその改善策についての考察

前項1)に関しては、A₃点以上の仕上出口温度を確保し、スケール発生防止を考慮して条件が設定されるが、Table-1にその一例を示す。

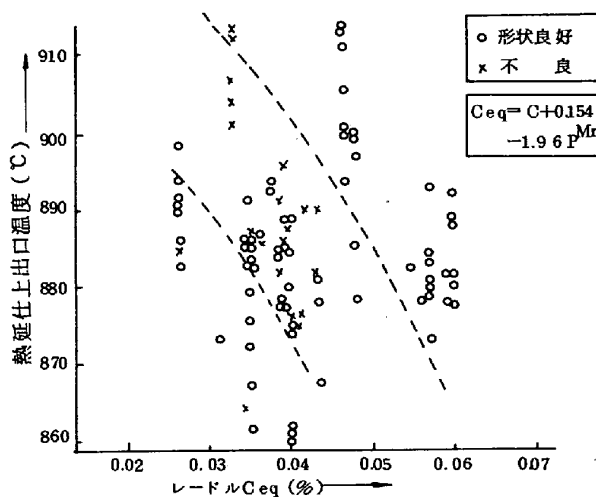


Fig 1. 鋼成分-熱延条件と形状

Table - 1

板厚 Temp区分	1.6 ≤ t < 2.0 mm	2.0 ≤ t < 2.3 mm	2.3 ≤ t mm
仕上出口 温度℃	840 ^{+α} ₋₃₀	850 ^{+α} ₋₃₀	870 ^{+α} ₋₄₀
捲取温度℃	620 ± 50	620 ± 50	620 ± 50

エッジ部分は、比較的冷え易く、耳波形状不良を発生し易い。この傾向はリムド鋼ではそのリム層の影響で増大される。

2) に関しては、熱延一スケジュールの編成時に、品種、厚みを考慮した換算圧延長さで管理する事が行なわれているが Fig-2,3 の如く、クラウン及びプロフィールの変化が生ずる事に制限を加えるものである。

現在、熱延の作業率向上及び熱延板品位向上のため、熱間潤滑油圧延が一般的になってきている。これはロールとストリップ間の摩擦係数を50%減少し、圧延力は14~40%減少する。この結果、ロール摩耗は20~40%減少した例がある。これはシミュレーション結果と一致する。

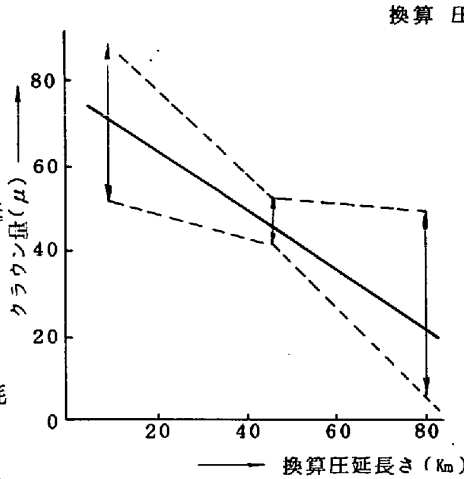


Fig 2 圧延量とプロフィールの関係

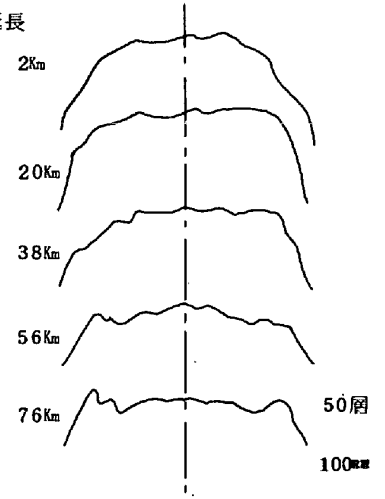


Fig 3 熱延板プロフィール(一例)

3) に関しては、この発生位置の差が、圧延機のディメンションから生ずる可能性についてシミュレーションを行ってみた。この結果3'ミルについては中央部に異常突起の生じる可能性が判った。その一例を3'ミルについて示す。(Fig-4)

これは、熱延で局部冷却の必要性を示している。なお、このシミュレーションは次の考え方で行った。ロールの変形に関する弾性力学的取扱いと、ストリップの変形に関する塑性力学的取扱いを結合し、板巾方向の圧延力分布とロール変形量を解析的に求めるものである。板をN分割し単位巾当りの圧延力 $P_j (j=1 \sim N)$ とすれば、これらの圧延圧力 P_j によるi番目の分割点の各種ロールの歪み量の計 δ_i ハウジング及び圧下装置の歪量 δ は次のように表わされる。

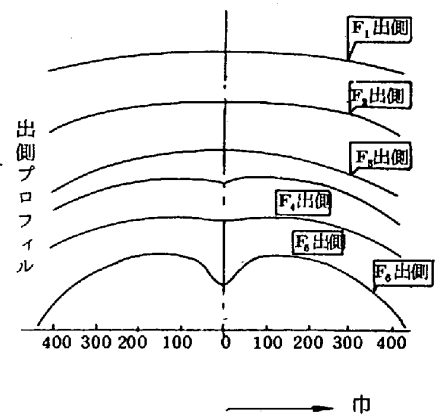


Fig 4 理論計算プロフィール

$$\delta_i = f_1 (P_1, P_2, \dots, P_N) \quad (1)$$

$$\delta_H = f_2 (P_1, P_2, \dots, P_N) \quad (2)$$

次に初期ロール間隔を δ_{0i} とすればi番目の分割点の出側板厚 h_i は(3)式のように表わせる。

$$\begin{aligned} h_i &= \delta_{0i} + \delta_H + \delta_i \\ &= \delta_{0i} + f_1 (P_1, P_2, \dots, P_N) + f_2 (P_1, P_2, \dots, P_N) \end{aligned} \quad (3)$$

他方、入出側板厚、変形抵抗 etc の圧延条件が決ると単位巾当り

$$P_k = P_1 (H_k, h_k, \mu, R, k_k) \quad (4)$$

のようになり、(4)式を出側板厚 h_k に関する式に変形すると

$$h_k = P_2 (H_k, \mu, R, k_k) \quad (5)$$

のようになる。(5)式と(4)式を連立させることにより

$$P_2 = (H, \mu, R, K_i) = \delta_{0i} + f_1 (P_1, P_2, \dots, P_N) + f_2 (P_1, P_2, \dots, P_N) \quad (6)$$

(記号の説明)

δ_{ji} : j点荷重によるi点変形量

H : 入側板厚

h : 出側板厚

μ : 摩擦係数

k : 2次元変形抵抗

δ_0 : 初期ロールギャップ量

δ_H : ハウジング圧下装置の変形量

ψ : Newton-Raphson の解法を

使用するために必要な関数

P : 圧延圧力

R : ロール径

を得る。(6)式は未知数 $P_j (j=1\sim N)$ に関し、 $j=1\sim N$ 個成立するため解析的に解けるはずである。今回、Newton-Raphson の方法で解くため(7)式で定義する ψ なる関数を定義する。

$$\psi_i = P_2 (H_i, \mu, R, K_i) - \delta \sigma_i - f_1 (P_1, P_2, \dots, P_N) - f_2 (P_1, P_2, \dots, P_N) \quad (7)$$

Newton-Raphson の解法によると、零次近似解より精度の高い近似解 P_k は次式で求まる。

$$\sum_{k=1}^N \frac{\partial \psi_k}{\partial P_k} (P_{ok} - P_k) + \psi_i = 0 \quad (i=1\sim N) \quad (8)$$

P_{ok} が P_k に近くなるまで $P_{ok} = P_k$ とおき、(8)式を繰返す事により充分精度の高い解を得る。このようにして得た $P_k (k=1\sim N)$ を(3)式に代入する事により、各分割点での出側板厚が決る。

次に異常突起の大きさによって、冷延板の形状不良の発生率は変化し、 10μ 以上では急激に悪化し成品合格率は低下する。(Table-2)

4) に関しては、巾方向の硬度分布の一例を、Fig-5 に示すが、 ΔH_v で 20 の局部的硬度上昇がある。この原因としては、この部分の圧延方向断面の顕微鏡組織を見ると、フェライトバンドと、 $MnS, (MnFe)O$ 等の介在物を多く含んでいる場合がある。この事は硬質部が、その変形抵抗の違いにより正常部との間に伸び率の差を生じ、冷延でのサーマルクラウンが、局部的に大きくなる事によって、異常突起のない後続コイルにも、条延を発生させるものと考えられる。

5) に関しては、薄手ゲージ材(ブリキ原板)は比較的巾狭材が多くホットチャンスとの交絡があり、プロフィールとの関連と考えられる。

6) に関しては条延が、コイルを捲もどしし、ブランキングした状態で、平坦度が悪くなる事で問題となるので、異常突起部をなるべく、冷間圧延及び調質圧延で保存した状態で圧延を完了すればブランキング後、良好な形状が得られるはずである。従って、粗面化を計る事によって、外部摩擦係数を高くし、この目的を果すことが可能である。この事は、Fig-6 に示すシミュレーション結果と一致する。尚 Fig-6 は前述の圧延力分布(1)~(8)式により異常突起部を、入側板厚 H に仮定し、出側板厚 h を計算して、板厚保存率で示したものである。

$$\text{板厚保存率} = \frac{(h_o - h_1)}{(H_o - H_1)} \times 100 (\%) \quad (9)$$

H_o ; 板巾方向中央部(異常突起部)の入側板厚

h_o ; 板巾方向中央部の出側板厚

H_1 ; 板巾方向中央部近傍(健全部)の入側板厚

h_1 ; 板巾方向中央部近傍の出側板厚

3 冷延形状向上のための諸方策について

2項で論及したが、冷延形状向上策を次に列挙する。

異常突起 検定基準	5 μ 以上	5~10 μ	10 μ 以上
急峻度 $\times 1$ ~0.5%	○	×	×
急峻度 0.5~1.0%	○	○	×
急峻度 1.0%~	○	○	△

(○合格率大 △合格率中 ×合格率小)
Table-2 異常突起と形状合格の関係

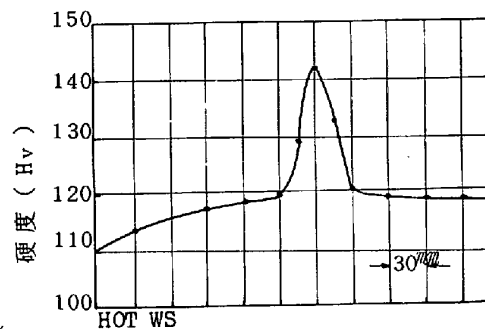


Fig 5 熱延板巾方向硬度分布例

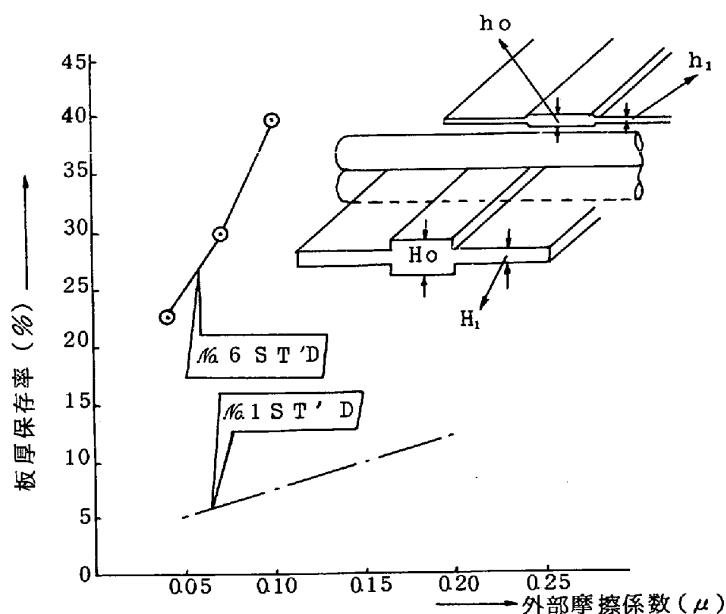


Fig 6 摩擦係数と異常クラウン保存率

73-A44

1) 熱延ワークロール局部冷却

圧力 50~150kg/cm² 程度の高圧冷却水を使用し、ワークロール中央部の不均一膨脹部を冷却する事により、ワークロールの巾方向のサーマルクラウンを均一化して、異常突起部を抑える。更に、中央部のワークロール温度も低下し、摩耗量を減少出来る。

2) 熱間潤滑油圧延

3) 熱延圧延ピッチ制限

サーマルクラウンの安定化を計る。

4) 冷延及び調圧ワークロールの粗度増大

ワークロールの摩擦係数を増大させる事により異常突起を保存する。

5) 調圧に於ける緩衝材の捲込み、スタッガー捲及び低張力捲取

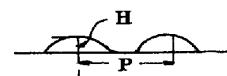
異常突起部を保存して圧延完了した後、積層による局部伸びを防止する。

6) テンションレベラーによる矯正

4 まとめ

- 1) 冷延形状に及ぼす熱延板の性状は、寸法的及び機械的性質の板巾方向の不均一が大ききいてくる。
- 2) 熱延板の巾方向に、性状異常部がある場合、冷間圧延及び調質圧延にて、なるべくその部分を保存して圧延することにより冷延板の形状の向上を図ることができる。

※ 1 急峻度の定義 形状不良の表し方の一つで $\frac{H}{P} \times 100 (\%)$



参考文献

- 1 Sibakin, J.G., J.S. Ride, and W. Sherwood, "Factors Affecting Strip Profile in Cold and Hot strip Mill" Flat Rolled Products I, Interscience, New York, 1959 PP3-45
- 2 Christoph, G.R., and J.E. Griffin, "Influence of Hot Strip Profile on Subsequent Operations" Flat Rolled Products I, Interscience, New York, 1959 PP47-65
- 3 W.F. Gilberton, "Hot Rolled Strip Abnormalities leading to ridge in Cold Reduced Sheets and Tin plate" Journal of The Iron and Steel Institute, June 1965, PP553-561
- 4 E. Rocquet, G. Jegaden, J. Voinchet "Study of The Origin of Ridges Occuring During Cold Rolling" Flat Rolled Product II
- 5 G.R. Markie, "Control of Flatness in coils" Flat Rolled Product II