

ロールに摩耗プロファイルを与えた場合の 板の形状について

—— 第2報 補助ロールのみに摩耗プロファイルが
ある場合と作業, 補助両ロールに
摩耗プロファイルがある場合 ——

柳本 左門*・青木 至**・高橋 肇*

Effect of Wear Pattern in Rolls on the Shape of Strip
—— 2nd Report, the Rolling with Wear Pattern in Backup
Rolls, and the Rolling with Wear Pattern in
Working and Backup rolls ——

Samon YANAGIMOTO, Itaru AOKI and Hajime TAKAHASHI

Abstract

Further study has made the effect of wear pattern in work and backup rolls on the shape of strip. This report follows the previous one. In this paper, the research has been indicated in the case of rolling with flat work rolls and worn backup rolls, and with wear pattern in work and backup rolls. The consequence is that the shape of strip has been predicted theoretically in the rolling with flat work rolls and worn backup rolls. However, the theoretical prediction has not been obtained in the rolling with wear pattern in work and backup rolls because of the complicated behavior in roll deformation. Further study has been expected. In the case of rolling in wider strip than the wear profile width, the shape of strip has followed the buildup that means the local change of thickness, so that the change of shape has been remarkably complicated.

1. はじめに

板材の圧延で、幅の広い板を良好な平坦度を保持しつつ圧延することは極めて難しい問題である。特にロールに摩耗が存在すると板の形状は直接大きな影響を受けることになる。

前報¹⁾では、作業ロールに摩耗プロファイルが存在する場合について板の形状を検討したが、本報告は補助ロールに摩耗プロファイルが存在し、作業ロールはフラットとした場合および作業, 補助両ロールに摩耗プロファイルが存在する場合の2種類について板の形状変

化について検討をおこなったものである。

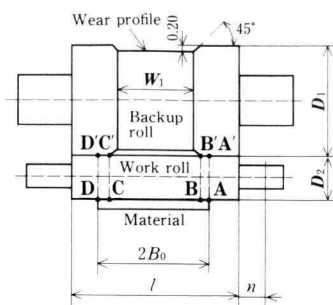
2. 実験方法および圧延諸元について

図1に補助ロール(Backup roll)のみに摩耗プロファイルを与えた場合の寸法を示し、図2に補助ロールと作業ロール(Work roll)の双方に摩耗プロファイルを与えた場合の寸法を示した。図2に示した両ロールに摩耗プロファイルが存在する場合には作業ロールの摩耗プロファイル幅の方を狭くとってある。圧延材料は幅を80~280 mm間の5種類とし、厚さ3.0 mmの熱延板を使用した。また、潤滑油はダイロールを使用した。

1993年9月24日受理

* 機械工学科

** 新日本製鉄株式会社



$W_1 = 200 \text{ mm}$, $D_1 = 480 \text{ mm}$, $D_2 = 165 \text{ mm}$, $l = 480 \text{ mm}$
 $2B_0$: Width of material

Fig. 1. Rolling mill in experiment in the case of rolling with the worn backup rolls.

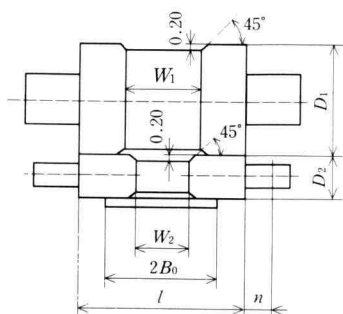


Fig. 2. The shape and dimension of experimental rolls in the case of rolling with wear pattern in both working and backup rolls.

3. 実験結果

3.1. 補助ロールにのみ摩耗プロファイルをつけた場合

図3はパス毎の圧下率 η_p を20%から30%の間にはほぼ一定に保って圧延し、板の中心からの肉厚差 $2\Delta h_i$ を板幅方向 $y' (= y/B_0)$ の関数として図示したものである。図からパス回数が進むにつれて明らかに形状が悪くなり、 Δh_i が大きくなることを示している。この原因となるものは加工硬化によるロール負荷の増加で、負荷が増加するほどロールの曲げ弾性変形が大きくなり、その結果として板の形状が悪くなると考えられる。

図4, 5, 6は板幅を120から200mmに変化して、パス毎の圧下率の平均 η_{pm} (4~9パスの平均値)とそれに対応する圧延中の平均ロール接触弧長 l_m を求め、板と作業ロールの間の接触変形のバレル方向差

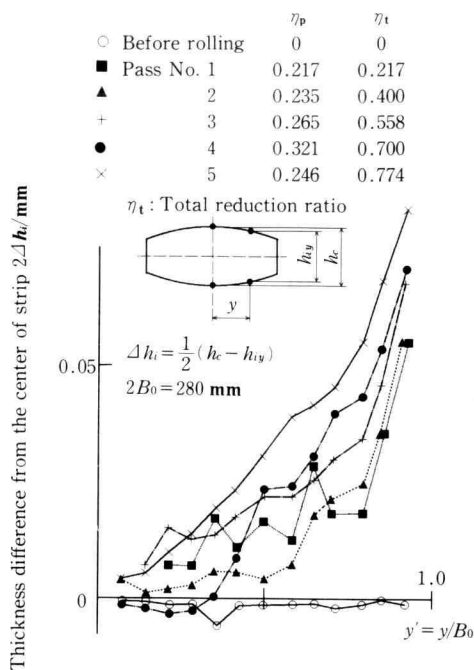


Fig. 3. Thickness difference along the width direction.

	η_{pm}	$l_m (\text{mm})$
×	0.074	5.40
●	0.120	5.51
■	0.172	5.53
▲	0.217	6.55
+	0.252	6.85
○	0.276	7.24

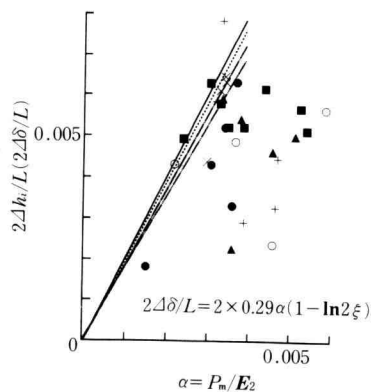


Fig. 4. The comparison of thickness difference between the contact theory and the experiment in the case of $2B_0 = 120 \text{ mm}$

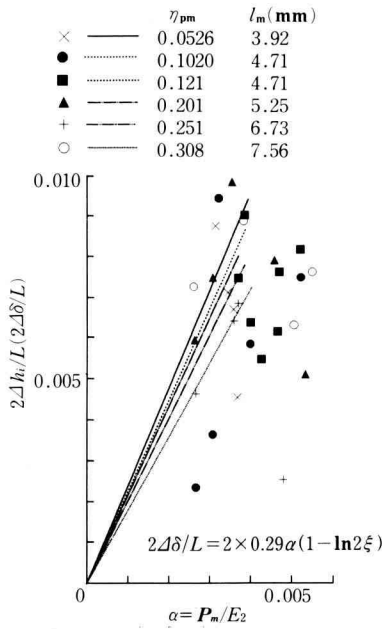


Fig. 5. The comparison of thickness difference between the contact theory and the experiment in the case of $2B_0 = 160$ mm

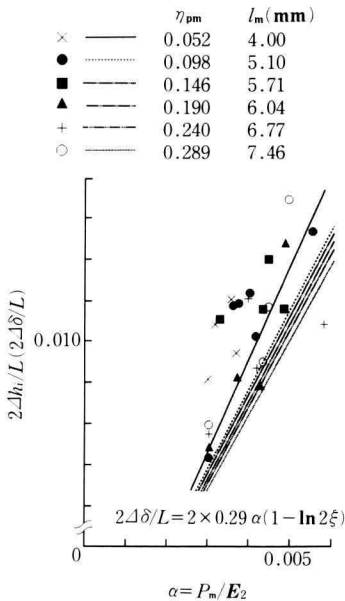


Fig. 6. The comparison of thickness difference between the contact theory and the experiment in the case of $2B_0 = 200$ mm

($2\Delta\delta$)を与える量($2\Delta\delta/L$)との関係を求めたものを肉厚差 $2\Delta h_i$ より求めた量($2\Delta h_i/L$)と比較した結果である。ここで、 L はロールの偏平を考慮した接触弧長である。作業ロールと材料との間の接触変形を与える理論²⁾は必ずしも種々の板幅を圧延した場合に対して適用できるものではないが、その式は

$$\frac{2\Delta\delta}{L} = 2 \times 0.29\alpha \{1 - \ln(2\xi)\} \quad (1)$$

$$\alpha = P_m/E_2, \quad \xi = L/2B_0$$

ここで、 P_m は平均圧延圧力、 E_2 は作業ロールの縦弾性係数である。何れも理論の方が過大評価しているようであるが、板幅が摩耗プロファイルに接近すると図6に示したように一致の度合いが良くなる。

また、4段ロールの曲げとせん断による変形を与える式は³⁾,

$$\frac{\Delta\delta}{L} = \frac{1}{6\pi} \cdot \frac{ax^3(12x_2 - 7x_1)}{e + \gamma^4} + \frac{5}{4\pi} \cdot \frac{ax^2}{e + \gamma^2} \quad (2)$$

$$x_1 = 2B_0/D_1, \quad x_2 = (l + 2n)/D_1$$

$$\gamma = D_2/D_1, \quad e = E_1/E_2$$

であるが、この(2)式を計算して追加すると更に理論の方が過大になってしまう。今後更に検討を加えなくてはならない問題である(三次元的な考察が必要かも知れない)。

図7は板幅を80 mmから280 mmまで変化し、パス回数とは無関係に $\Delta h_i/L$ と P_m/E の関係を求め、理論と比較したものである。板幅が摩耗プロファイル幅(本実験では200 mm)よりも明らかに小さい80 mmと120 mmの場合は、ほぼ直線関係が成立しているが、板幅が摩耗プロファイルの幅に接近するか又はそれを超えると非線形となり、複雑な曲線関係となっている。これは図1に示したA'B'部およびC'D'部のロール間の接触変形が影響するためと考えられる。しかしながら、図7にまとめられているように、作業ロールがフラットで補助ロールのみに摩耗プロファイルが存在する場合には、近似的に理論(1)、(2) ($\Delta\delta/L \propto \Delta h_i/L$)により圧延後の板の形状の推定が可能のように思われる。

3.2. 補助ロールと作業ロールの両方に摩耗プロファイルがある場合

摩耗プロファイルの形状は図2に示されている通りである。摩耗プロファイルが両方のロールに存在すると、それにより圧延されたあとの板の形状は極めて複雑で、理論的な予測は十分なものではない。一例として図8

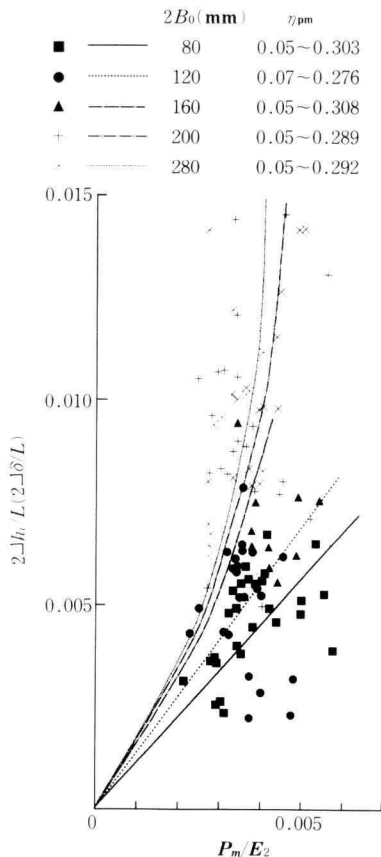


Fig. 7. The relation between the thickness difference and mean roll pressure

に板幅を2種類に選定し、圧下率を25%と30%にした場合の板の形状変化例を示した。板幅が広い場合ほど極めて複雑な形状を示すが、この現象を変形前のロール形状とそのロールにより圧延された材料の形状をあわせて示した図9より明らかなように、ロールの摩耗プロファイルの終るBC部は材料にはB'C'としてプリントされ、弾性変形の影響により極めて大きな差が存在することがわかる。

図10, 11に圧延による板の形状の変化例を示した。前報¹⁾に考察したデータに比して、更に大きな形状の変化がみられ、しかもパス回数が進むにつれて、板厚が局部的に増加するような傾向さえ示し、極めて複雑である。特にロールの摩耗部からロールのフラット部に移行する部分で著しく変化が大きくなるので、可能な限り摩耗プロファイルはなだらかな曲線に研削し、管

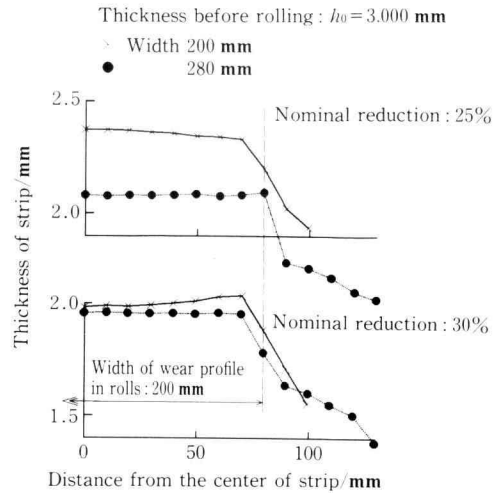


Fig. 8. The deformation of strip near the wear pattern in rolls.

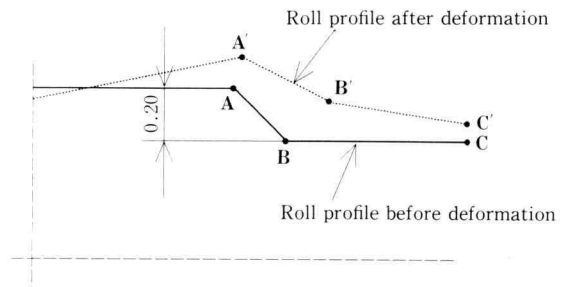


Fig. 9. Schematic diagram of the shape in strip after rolling

理するようにしなければならない(本実験では図2に示すように45°になっている)。

図12, 13, 14に板幅を200 mmの一定値に保持し、パス毎の圧下率を5, 25および30%にして圧延をおこなった結果の板の形状の変化を示した。図中でcase 1は比較のために作業ロールのみに摩耗プロファイルをつけ、補助ロールはフラットとした場合の実験データである。各図よりcase 1の方が明らかに板厚の変化は小さく、case 2の両ロールに摩耗プロファイルがある場合には板厚差はかなり大きい。図から、また、パス毎の圧下率が高いほど板厚差のばらつきが大きくなることわかる。

図15は板厚を変化して、板の中心より40 mmはなれた位置の形状を比較したものである。図から板幅が

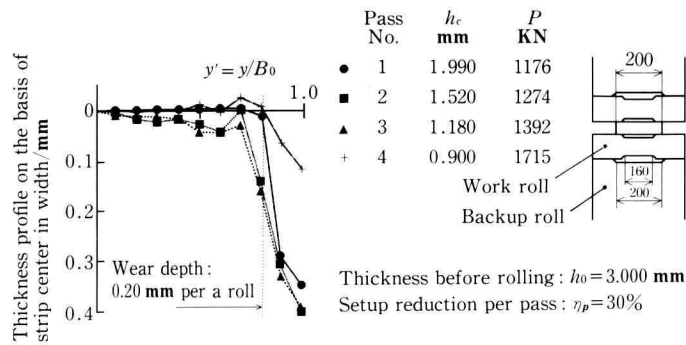


Fig. 10. The shape variation of strip in the case of rolling with wear pattern in the working and backup rolls. ($2B_0 = 200$ mm)

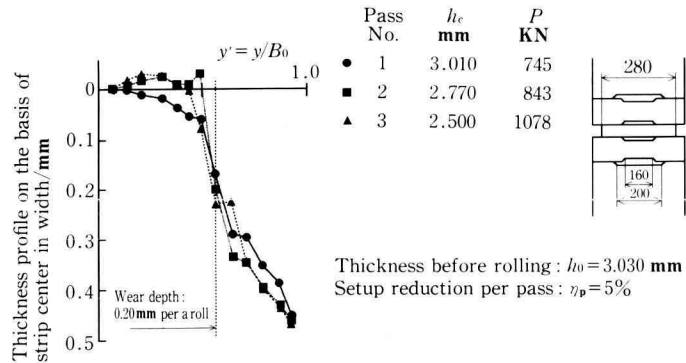


Fig. 11. The shape variation of strip in the case of rolling with wear pattern in the working and backup rolls. ($2B_0 = 280$ mm)

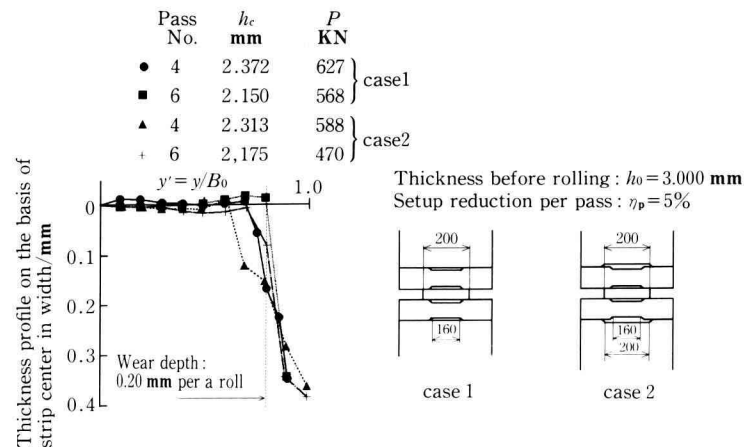


Fig. 12. The relation between the wear pattern in rolls and the shape of strip.

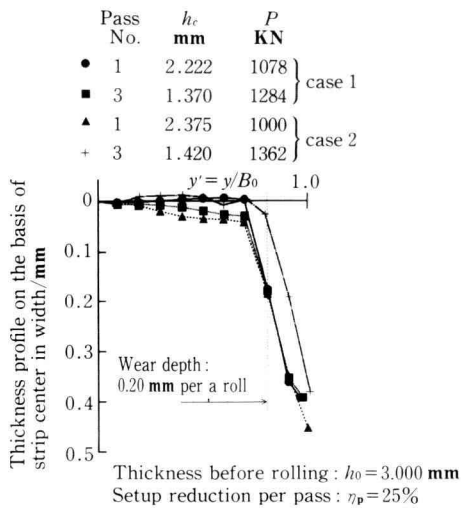


Fig. 13. The relation between the wear pattern in rolls and the shape of strip.

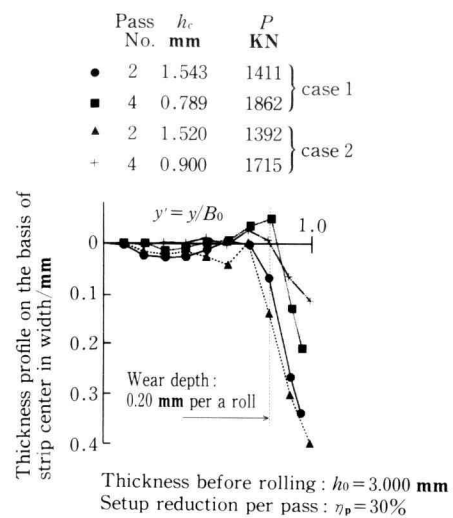


Fig. 14. The relation between the wear pattern in rolls and the shape of strip.

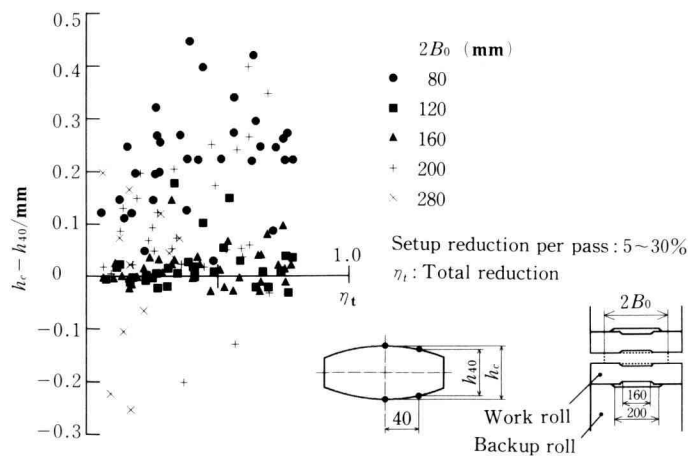


Fig. 15. The shape change based on the change of width.

摩耗プロファイルより小さい場合には正の板厚変化（凸型の形状になる）がみられるのに対し、板幅が摩耗プロファイルより大きくなると負の板厚変化（凹型の形状になる）さえみられるようになることがわかる。

4. お わ り に

本研究は作業ロールと補助ロールに摩耗プロファイルを有する場合について、板の形状がどのように変化する

るかを実験的に検討したものであるが、現象は余りにも複雑で定量的な議論をおこなうことができなかった。しかしながら近似的には、4段ロールの曲げ理論と接触理論の導入により、かなり定性的な説明ができるように思えた。今後、分割モデルにより更に理論的な説明をおこない得るよう研究を続けてみたいと思っている。

参 考 文 献

- 1) 柳本, 青木, 高橋: 神奈川工科大学紀要, B-17 (1993), 92.
- 2) R.J. Roark: Formulas for Stress and Strain, 3rd Edit., McGraw-Hill Co.
- 3) ラーク社, 鈴木弘訳: 板材の圧延, コロナ社 (1960).