寄 書

621.771.1:621.944.142

冷間圧延における材料の中高について*

藤 沢 寛 二** 東 城 一 朗***

On Gauge Variation Across the width of Materials in Cold Rolling

by Kanji FUJISAWA and Ichirō Tōjō

緒言 かたい材料を冷間圧延すると、幅方向の厚さは中央付近で最大で、端へゆくにつれ薄くなる現象、すなわち中高はロールの曲げたわみで生ずると考えられているようである。しかし比較的幅の狭い材料でロールの曲げたわみがほとんど認められない場合も中高は存在し、材料の両端ではとうていロールの曲りとは考えられない急激なだれを生ずる。筆者はロールの変形を考察し、幅の比較的狭い材料の中高は、むしろ高い分布荷重によるワークロールの接触たわみによることを見出した。

解析 半無限体の境界面上の一部に作用する分布荷重によって生ずる荷重方向の変位は⁽¹⁾

$$w = \frac{(1-\nu^2)}{\pi E} \iint_D p_s' d\psi dS \quad (1)$$

ここに、 w は半無限体の境界面上の一点 M の荷重方向の変位、 p_s' は境界面上の任意の閉曲線で囲まれた面積上に作用する分布荷重、 E は境界面近傍の縦*

$$w = \frac{(1-\nu^2)p_s'}{\pi E} \int_0^b \int_0^a \frac{dx dy}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} = \frac{(1-\nu^2)p_s'}{\pi E} \left[(b-y_1) \log_e \frac{a-x_1 + \sqrt{(a-x_1)^2 + (b-y_1)^2}}{-x_1 + \sqrt{x_1^2 + (b-y_1)^2}} \right. \\ \left. + (a-x_1) \log_e \frac{b-y_1 + \sqrt{(a-x_1)^2 + (b-y_1)^2}}{-y_1 + \sqrt{(a-x_1)^2 + y_1^2}} + y_1 \log_e \frac{a-x_1 + \sqrt{(a-x_1)^2 + y_1^2}}{-x_1 + \sqrt{x_1^2 + y_1^2}} \right. \\ \left. + x_1 \log_e \frac{b-y_1 + \sqrt{x_1^2 + (b-y_1)^2}}{-y_1 + \sqrt{x_1^2 + y_1^2}} \right] \quad (3)$$

厚さが比較的小さく弾性回復を無視できるときは、材料がロールから出た口のロールの変形がそのまま材料の中高になると仮定すると、(3)において $y_1 \rightarrow 0$ の極限をとり、出口のロールの変形

$$w = \frac{(1-\nu^2)p_s'}{\pi E} \left\{ b \log_e \frac{a-x_1 + \sqrt{(a-x_1)^2 + b^2}}{-x_1 + \sqrt{x_1^2 + b^2}} + (a-x_1) \log_e \frac{b + \sqrt{(a-x_1)^2 + b^2}}{a-x_1} + x_1 \log_e \frac{b + \sqrt{x_1^2 + b^2}}{x_1} \right\} \quad (4)$$

をうる。接触弧の長さ b が $a-x_1$ に比べて小さいときは (4) の括弧内の第 2 項は b となるから

$$w = \frac{(1-\nu^2)p_s'}{\pi E} \left\{ b \log_e \frac{2(a-x_1)}{\sqrt{x_1^2 + b^2} - x_1} + b + x_1 \log_e \frac{b + \sqrt{x_1^2 + b^2}}{x_1} \right\} \quad (5)$$

と変形できる。(4)、(5) 式の w は上または下のロールの変位であり、圧延の場合は上下が同時に変形するから、中高の量 Δw は材料幅の中央の変位 $w_{x_1=a/2}$ と任意の点の変位 $w_{x_1=x_1}$ との差の 2 倍

$$\Delta w = 2(w_{x_1=a/2} - w_{x_1=x_1}) \quad (6)$$

である。鍛鋼ロールの場合、 $\nu=0.3$ 、 $E=2.1 \times 10^4$

* 昭和 29 年 10 月 28 日 第 591 回講演会において講演、原稿受付 昭和 30 年 10 月 9 日。

、* 正員、特殊金属工業会社。

第 1 図

(x, y) との距離を $S = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}$ とすれば (1) は

$$w = \frac{(1-\nu^2)}{\pi E} \iint_D \frac{p_s' dxdy}{S} \quad (2)$$

ロールを半無限体と考え、材料の幅 a 、ロールと材料との接触弧の長さ b なる長方形の接触面積上に作用する材料の変形抵抗を p_s' として (2) を積分すれば、ロールの変位が求まる。 p_s' を等分布荷重とみなし、ロールと材料の間の平均圧力をとる。

kg/mm² とすれば (4)、(5) の 2 倍はそれぞれ

$$2w = 2.76 \times 10^{-5} p_s' \left\{ b \log_e \frac{a-x_1 + \sqrt{(a-x_1)^2 + b^2}}{-x_1 + \sqrt{x_1^2 + b^2}} \right. \\ \left. + (a-x_1) \log_e \frac{b + \sqrt{(a-x_1)^2 + b^2}}{a-x_1} \right. \\ \left. + x_1 \log_e \frac{b + \sqrt{x_1^2 + b^2}}{x_1} \right\} \quad (7)$$

(kg-mm 単位)

$$2w = 2.76 \times 10^{-5} p_s' \left\{ b \log_e \frac{2(a-x_1)}{\sqrt{x_1^2 + b^2} - x_1} + b + x_1 \log_e \frac{b + \sqrt{x_1^2 + b^2}}{x_1} \right\}$$

(kg-mm 単位) (8)

実験 第 2 図のごとく油圧装置を圧延機ねじとハウジングの間に装備し、油圧を圧力計で読んで圧下力を求めた。油圧装置は焼入後十分すり合わせたラムとシリンダよりなり、ラムとシリンダヘッド間にビニール

1. シリンダ, 2. シリンダヘッド, 3. ラム,
4. ビニール薄膜, 5. 圧力計, 6. ねじ,
7. サポートロールハウジング

第 2 図

膜を入れて油漏れを止め⁽²⁾, 圧力計はシリンダヘッドに直接取付けた。 p_s' はこの測定圧下力から求め、 b は Hitchcock の式⁽³⁾

$$b = \sqrt{\left\{ \frac{8R(1-\nu^2)p_s'}{\pi E} \right\}^2 + \Delta h R} + \frac{8R(1-\nu^2)p_s'}{\pi E}$$

より求めた。 R は変形前のロール径, Δh は圧下量である。材料の厚さは幅の中央の厚さの絶対値を光学測長器で求め、相対値すなわち中高量はアムピルの丸いマイクロメータで測った。

(6), (8) 式による Δw と実験値の比較を第 3 図に示す。(7), (8) 式の差はきわめて小さい。実験機はサポートロール $250\phi \times 260$, ワークロール $115\phi \times 260$, の四段圧延機で、実験時のワークロール径は上 114.50ϕ , 下 114.90ϕ で、圧延油は軽油+1% ステアリン酸、ロール温度は圧延前後とも上中央 55°C , 上両端 50°C , 下中央 54°C , 下両端 50°C であった。

考察 ワークロールを半無限体と考えるのは、接触弧はロール径に比べきわめて小さいが、材料幅とロール胴長に関しては多くの場合正しいとはいえず、計算された Δw は小さくあらわれる。

p_s' は積分を行う上で一様分布としたが、応力分布は接触弧方向、幅方向ともに一様ではなく、幅方向の応力分布は中高に大きい関係をもつように思われる。

第 3 図

少なくとも定性的には幅方向の応力分布は材料の端で低く中央で高い山形であるので実際得られる中高は計算値より大きくなると思われる。

圧延前に中高のない材料では、上の場合と逆に材料の耳部が圧延されて応力分布はむしろ谷形に近くなるので Δw は大きい値となり過ぎる傾向にある。第 4 図はこの一例である。

ロールの曲げたわみの影響は、極端な場合としてサ

第 4 図

ポートロールのみが曲ると仮定しても、本実験の場合は材料の中央と端ではその差はわずか 0.0006 mm 程度である。

圧延する材料の幅は中高量に大きい関係をもつ。材料の幅だけを異にし、 k および r を同一になるように圧延したとき、幅の狭いときと広いときでは中高の曲線は相似ではなく幅の狭いときほど、材料の耳部への急激なだれを増し、幅の広いほど中高のほとんどない平らな部分が大きい。しかし中高の絶対量は幅の広い方が大きい。

結論 冷間圧延した材料に生ずる中高の主原因は少くとも比較的幅の狭い材料では、ロールと材料との

間の高い分布荷重によるワークロールの接触たわみであると考えるところによって、実際とよく一致した中高の曲線を求めることができた。中高に作用するおもな因子は、与えられた厚さおよび幅の材料では、接触弧の長さ、ロール材質、材料の変形抵抗であるが、これを変えるには、ロール径、付加張力、圧下量、ロールと材料との間の外部摩擦係数である。

文 献

- (1) S. Timoshenko, 弾性体の力学, 井坂, 外 2 名共訳, p. 287.
- (2) たとえば L.R. Underwood, *The Rolling of the metals*, p. 290.
- (3) 曾田, 宮川, 高圧軸受試験機の試作, 機械学会講演会前刷 (昭 29-4-6).

ニ ュ ー ス

小形無人飛行機無線操縦用自動制御装置

本装置は翼幅 3.5 m , 機長 3.6 m , 4 シリンダ, 75 HP の往復機関をもつ小形無人飛行機を無線操縦するための自動制御装置で、日本電気会社において試作された。

この自動制御装置は構造簡単で極度に軽量にする必要から飛行機の固有安定性の不足を補い、無線操縦を容易にする目的で設計され、元来この飛行機は方向だをもたないので自動制御装置としては昇降だ方向と補助翼方向よりなっている。

昇降だ方向に対しては機体が十分安定なので、自動制御系をもたず単に無線命令によって昇降だを操作するためのモータを有するのみで、補助翼に対しては主翼に上り角をつけて機体自身に十分復元力をもたせ、このために減少する横揺れの減衰力を補う意味で、拘束ジャイロにより横揺れ角速度を検出し、これによってオンオフ式に動作するサーボモータよりなる自動制御系を形成している。

第 1 図は装置全体で番号 4 は拘束ジャイロ (補助翼用)、番号 3 は補助翼サーボモータ、番号 6 は昇降だ用モータで他は接続箱である。

拘束ジャイロの内部詳細は第 2 図に示してあって、この拘束ジャイロは電源として直流 28 V , 0.3 A で回転数は約 $10\,000\text{ rpm}$, サーボモータは直流 28 V , 作動時 0.5 A を必要とし全備重量約 7 kg である。

第 1 図

第 2 図

LM-1 “日光” 多用途連絡機

LM-1 は富士重工業会社が生産中のメンター B-45 初歩基本練習機のキャビン上部を改造して 4~5 座の多用途連絡機としたもので、既に陸上自衛隊の制式機として量産に入るべく準備中のものである。民間用としてもかなりの需要が期待されている。

性能: $\sim 1\,500\text{ km}$ 以上というこの種機体としては最大の航続力を持ち、東京—鹿屋—上海 (または台北) 間の無着陸飛行が可能であり、増加タンクを設ければ $1\,750\text{ km}$ に延長することが出来る。

積載能力: 一天蓋には大きな取はずし可能部分があり、装備のコンチネンタルと同級の発動機のほか 300 kg までの重量物を運搬できる。生産機は胴体左側面からも大容積物を搭載することができる。旅客は正規 4 名、最大 5 名まで搭乗できる。

用途: 一使用目的に応じ一部の改装で、連絡機、貨物輸送機、患者輸送機、観測機、写真撮影機、広告宣伝機、物糧投下機、機上作業練習機、港湾哨戒機、改装により水上機および雪上機などに利用できる。

機体要目

主要寸法: 一全幅 10.004 m , 全長 7.90 m , 全高 2.92 m .

主翼: 一翼面積 16.50 m^2 , 取付け角 4° (付根) 1° .