

傾斜壓延に関する研究 (I)

(昭和 22 年 4 月本會講演大會にて講演)

池 島 俊 雄*

STUDY ON THE OBLIQUE ROLLING (I)

Toshio Ikeshima

Synopsis:-

The analysis of the piercing mechanism of Mannesmann type piercing machine—the most important application of the oblique rolling—was projected from various experiments.

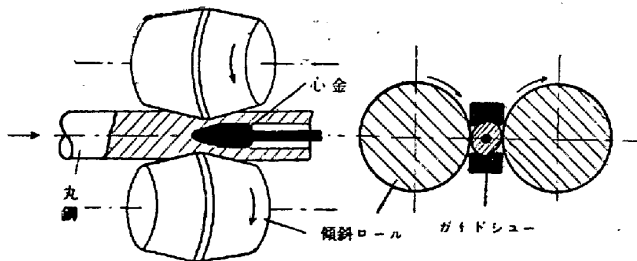
This report contains the results of experiments on the axial slip between main rolls—oblique rolls and rolled billet and on the power consumption in piercing. The results obtained are as follows:

1. The axial slip is higher than the case of ordinary rolling.
2. Power consumption per ton of pierced billet A/W (KWH/ton) is proportional to the deformation degree of piercing ϕ rm, i. d.

$$A/W = 17. \phi \text{ rm}$$
3. Ideal piercing work is nearly 15% of real piercing power consumption of the driving motor.

I. 緒 言

傾斜壓延とは壓延材の軸に對しロールの軸が平行でも直角でもなく、或る角度をもつたロールで壓延する事を意味するが、その重要な應用例としてはマンネスマン穿孔機及びステイフル穿孔機がある。この報告ではこれら鋼管を製造するのに大切な役割をする穿孔機に於ける穿孔現象を傾斜壓延として取上げ、その理論と實際上の問題を研究した結果を述べる。この穿孔現象は非常に複雑で本報はその解析の第一歩に過ぎない事を御断りしておく。



第1圖 マンネスマン穿孔機

マンネスマン穿孔機は第1圖に示すやうに2箇の傾斜ロールとプラグと2箇のガイドシューと稱する工具から成りだつてゐる。ロールの面轉により壓延材は面轉及び前進運動を與へられ、且つロールの前半では横壓縮を受ける。こゝに於て壓延材は回轉し乍ら横壓縮を受け一

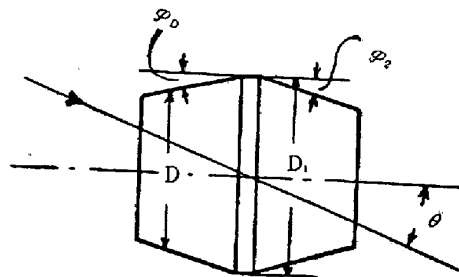
これを揉み作用 (Friemelung) と稱する—その中心に孔を生ずるに至る。この理論については第3報に述べる豫定である。續いてロールの後半ではロール、プラグ及びガイドシューの共同作用で孔を擴大し、孔の内面を滑らかにし、更に肉厚を減少して中空の素管を作るのである。このやうな仕事が1回のパスで行はれる上にこの穿孔現象は次に示す多くの setting の因子によつて影響される。

1. 壓 延 材

穿孔前の直径 d_0 、穿孔後の外径 d_2 、内径 d_2' 。

2. 傾斜ロール

直径 D_1 (最大部分)、傾斜角 θ 、入口角 ϕ_0 、出口角 ϕ_2 、回轉數 N 、ロール開き p 、ロールの形狀… (第2圖参照)



第2圖 傾 斜 ロ ー ル

* 新扶桑金屬工業株式會社鋼管製造所

3. ブラッグ

直径 (最大部分) dp , 位置 a , 形状

4. ガイドシュエ

ガイドシュエ開き q , 形状

これらの因子を適宜に調整する事によつて満足な穿孔作業が行はれるのであるが、あまりに因子が多いため個々の影響を見出す事は困難である。

このやうに極めて複雑な内容をもつ圧延現象であるのでこれを種々の角度から実験し、解析を行ふ事が本研究の目的である。第1報に於ては実際の穿孔機に於て穿孔速度及び電力消費量を測定した結果を述べ、穿孔現象解析の資料としようとするものである。

II. 実験を行つた穿孔機

実験は次の場合に就て行つた。

1. 電動機

誘導電動機。容量 1500KW, 電圧 3300V, サイクル 60, 面轉數 294 r. p. m.

2. ロール

直径約 900mm, 出入口角 4.5° , 5.5° 及 6.5° 傾斜角 $3 \sim 12^\circ$, 回轉數 80 r. p. m.

3. 穿孔可能な丸鋼寸法

直径 85~230mm

III. 穿孔速度について

(1) 穿孔速度の理論

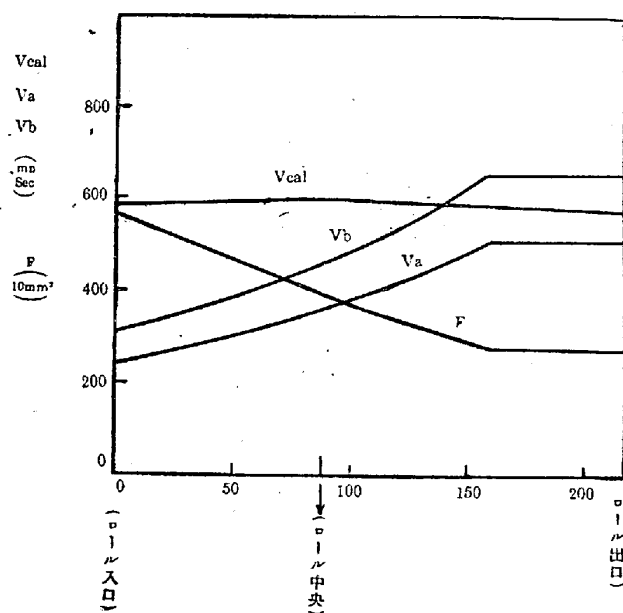
ロールの円周速度の壓延材の軸方向の成分 V_{cal} は次式で表はされる。

$$V_{cal} = \pi D N \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$

この V_{cal} の値と実際の壓延材の前進速度 (穿孔速度と同一の意味) V の値との差が迂りとなる。第3圖に示すやうに V_{cal} の値は壓延材の軸に沿つて變化している。一方壓延材の斷面積 F の値は第3圖のやうに變化する事が實驗され居り、 $V \times F$ の値は連續の法則により如何なる點でも一定でなければならぬから V の値は第3圖 V_a 又は V_b のやうになるであらう。この V_a 及び V_b と V_{cal} の曲線は一致する筈がなくこゝに迂りを生ずる。こゝで V_a 曲線は常にロールの方が早く回轉し、 V_b はロール出口附近では壓延材の方が先進する場合を示す。上記の理由の外に普通の板、棒の壓延と違つてブラッグ及びガイドシュエの摩擦抵抗があるため迂りは増加する。

(2) 穿孔速度に及ぼす加工度の影響

穿孔速度に影響する因子も多數あるが、壓延材の温度



第 3 圖

穿孔中に於る壓延材軸方向のロール円周速度と壓延材の速度との比較の1例

$$D_1 = 960\text{mm}, \varphi_1 = \varphi_2 = 5.5^\circ \\ \theta = 8.50^\circ, d_0 = 85\text{mm}, d_2 = 93\text{mm} \\ d_2' = 71.5\text{mm}$$

壓延材の軸方向の長さ (mm)

(ロールと壓延材との接觸開始點を0とす)

ブラッグの材質、その表面状況並びに形状、ロールの表面状態が夫々相當の影響をもつ。これ等に關する實驗結果については省略し加工度の影響について述べる。加工度としては穿孔前後の壓延材の寸法を測定し次式で與へられる φ_{rm} を採用したり、 φ_{rm} がこの場合最大主歪であるからである。

$$\varphi_{rm} = -\frac{1}{2} \left(\log \frac{F_0}{F} - \frac{F_1}{F} \log \frac{F_1}{f} + \log \frac{f}{F} \right) \dots \dots \dots (2)$$

こゝに F_0 は丸鋼斷面積、 F_1 及 f は穿孔後の中空體の外周及内周の占める面積、 $F = F_1 - f$ である。

實驗としては約 50 種の寸法又は材質の異つた丸鋼を用い、穿孔温度は 1200°C 附近とし、穿孔時間及穿孔前後の寸法を各 5~10 本の壓延材につき測定した。穿孔時間を τ とするとロールの入口及出口に於る穿孔速度 V_0 及 V_2 は次式で表はされる。

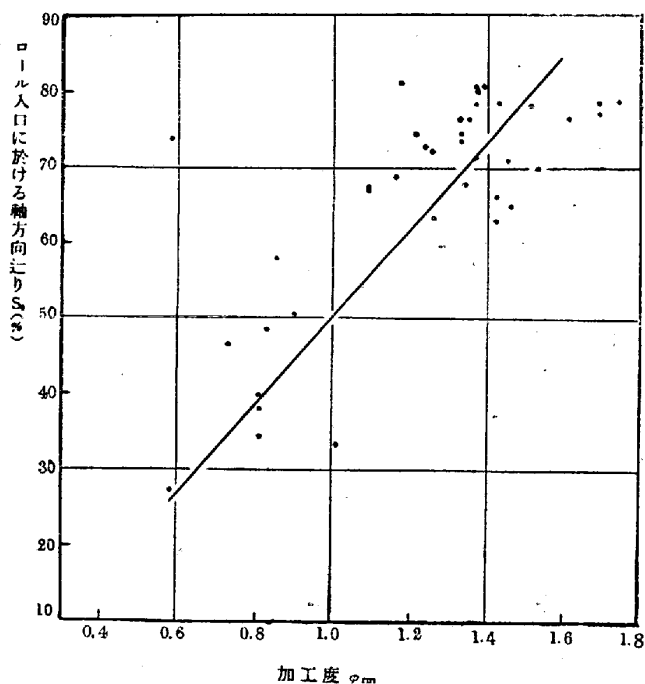
$$V_0 = l_0 / \tau \dots \dots \dots (3), \quad V_2 = l_2 / \tau \dots \dots \dots (4)$$

こゝに l_0 及 l_2 は穿孔前後の壓延材の長さである。一方ロールの入口及出口に於けるロール円周速度の壓延材軸方向の成分 V_0' 及 V_2' は (1) 式で與へられる故にその二點に於ける迂り (但し軸方向のみの迂り) s_0 及 s_2 は

次の式で與へられる。

$$s_0 = 1 - \frac{V_0'}{V_0} \dots\dots\dots (5) \quad s_2 = 1 - \frac{V_2'}{V_2} \dots\dots\dots (6)$$

實驗結果から ϕ_{rm} と s_0, s_2 との關係を計算して圖示すると第4及5圖のようになる。第4圖から s_0 は加工度が大きくなると共に増加し 20% から 80% の範圍にある。第5圖から s_2 は加工度との關係は明らかでないが、60% から -15% の範圍にある。この負の迂りは壓延材の方がロールより先進する事を意味する。板や棒の壓延の際には s_2 の値は常に負であるが、この穿孔の場合には前進方向への抵抗が大きいので少數の例を除くと正になつてゐる。この實驗は約6ヶ月に亘つて行つたため、實驗の條件を一定に出来なかつたので加工度以外の因子の影響があつて可なり測定値にばらつきを生じたが、第4圖の場合には加工度の影響が非常に大きいので略一つの曲線で表はし得た。この曲線は今後の研究の基礎資料として使用する。



第4圖 加工度とロール入口に於ける迂りとの關係

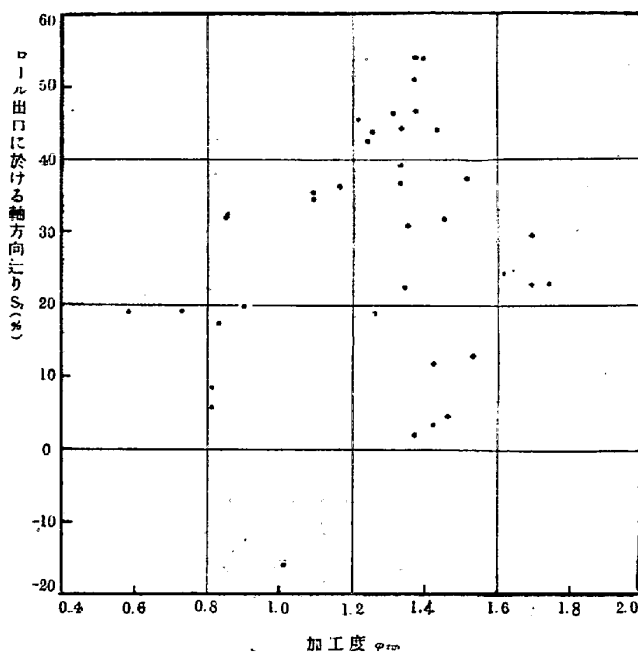
IV. 電力消費量について

(1) 穿孔に要する仕事

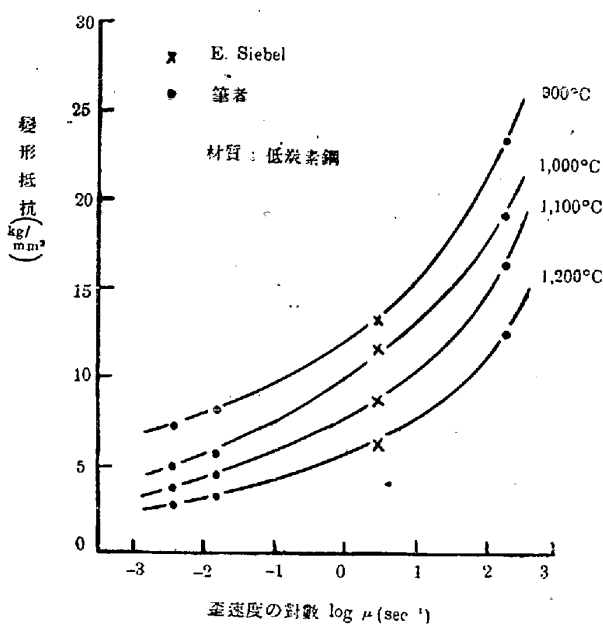
丸鋼を理想的な加工方法で中空體にした場合の理想仕事 A_{id} は次式で與へられる。

$$A_{id} = V \cdot \kappa f \cdot \phi_{rm} \dots\dots\dots (7)$$

ここに V は加工をうける體積、 κf は壓延材の變形抵抗、 ϕ_{rm} は加工度で (2) 式で與へられる。實際穿孔に要した仕事と理想仕事との關係を求めて見る事が目的である。(7) 式に於ける κf の値については第6圖に



第5圖 加工度とロール出口に於ける迂りとの關係



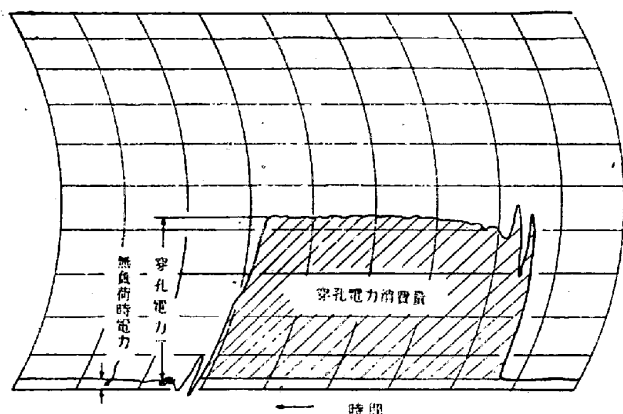
第6圖 歪 10% に於る歪速度と變形抵抗との關係

示す歪速度と變形抵抗との曲線を用ひて求める。穿孔の際の歪速度は場所によつて異なるが $2 \sim 15 \text{ sec}^{-1}$ と考へられるので 1200°C に於ては $\kappa f = 6 \sim 8 \text{ kg/mm}^2$ とする事にする。

(2) 電力及電力消費量の測定

穿孔時間を測定した前記の數十種の壓延材につき穿孔温度及電力を併せて測定した。電力の測定は記録式電力計により第7圖のような曲線を取り、この曲線の平均の高さから無負何時の電力を差引いた數値を穿孔電力とした。穿孔に要した電力消費量は第7圖の斜線の面積に相

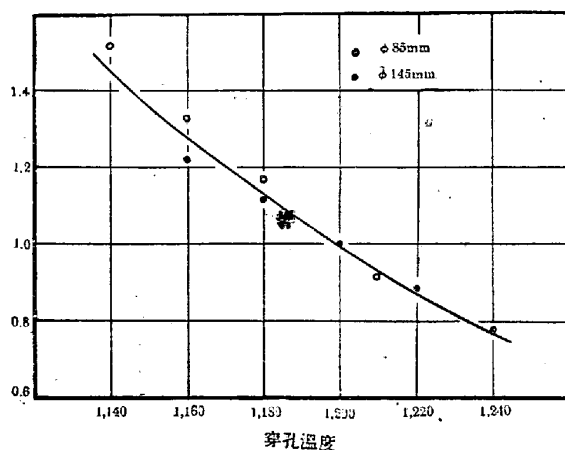
當する電力量とした。



第7圖 穿孔中に於る時間—電力曲線

(3) 穿孔温度と電力及電力消費量との関係

穿孔温度と電力との間には常に一定の関係が得られなかつたが、穿孔温度と電力消費量との間には第8圖に示すような関係が得られた。この関係を用ひて電力消費量に関するすべての測定値を穿孔温度 1200°C の場合に補正する事とした。



電力消費量 (1200度の場合を1とす)

第8圖 穿孔電力消費量の温度による補正曲線

(4) 電力消費量と加工度との関係

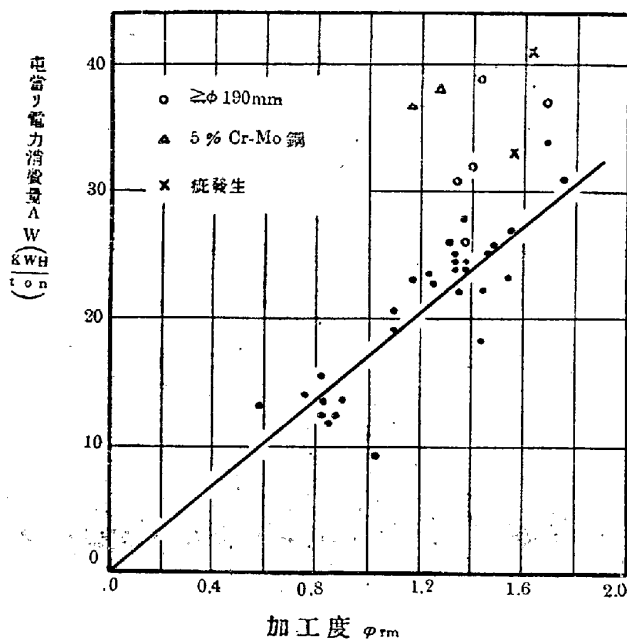
1200°C の穿孔温度に於ける電力消費量 A をその壓延材の重量 W で割つた値 A/W と加工度 ϕ_{rm} との関係を示す。この結果太径丸鋼 ($\leq \phi 190\text{mm}$)、Cr=5% の Cr-Mo 鋼及び疵の発生した場合を除くと A/W と ϕ_{rm} は略々直線的な関係があり

$$A = 17 \times W \cdot \phi_{rm} \dots \dots \dots (8)$$

となる。 A の単位は KWH, W は ton である。

(5) 傾斜壓延の加工効率

実際に穿孔に要した仕事と理想仕事との比 η を計算して見ると



第9圖 加工度と電力消費量との関係

$$\eta = \frac{A_{id}}{A} = \frac{V \cdot \kappa f \cdot \phi_{rm}}{W \cdot 17 \cdot \phi_{rm}} = \frac{\kappa f (\text{kg/mm}^2)}{48 \cdot 6 (\text{kg/mm}^2)} \dots \dots \dots (9)$$

となる。そこで前述の通り $\kappa f = 6 \sim 8 \text{ kg/mm}^2$ とすると

$$\eta = 12.3 \sim 16.5\%$$

となる。従つて穿孔機の電動機から出たエネルギーの中約 15% が理想仕事に相當する事となる。この残りの仕事は次の事に消費されたと考へられる。

A. 外部仕事

(i) カムワルツ、カップリング等のロール迄の傳達部分に於ける損失

(ii) ロール軸受部分に於ける損失

(iii) ロール、プラグ及ガイドシュエと壓延材との間の摩擦損失

但しこの外部仕事は無負荷時の時に比べて増加した分のみである。

B. 内部仕事

(i) 壓延中、外径を一度減少した後再び擴大するのでこれに要する仕事及び揉み作用に要する仕事の一部

(ii) 壓延材の各部分に於ける不均一な變形例へば振れ等に要する仕事

以上の夫々の損失に関する定量的な検討は後に譲るとして、このような加工効率から云つて必ずしも良いと思はれぬこの穿孔法が他の製管方法に卓越している事は、長尺の材料を穿孔出来る事、工具の消耗が比較的少ない

事、偏肉が少ない事及び多量生産に適している事が考へられる。

V. 結 語

傾斜壓延法の一つとしてマンネスマン穿孔機につき穿孔時間、電力消費量を測定した結果次の結論を得た。

(1) ロールの入口に於てはロールの方が壓延材より早く進み、ロールと壓延材の迂りは加工度と一定の関係にある。

(2) ロールの出口に於ては少数の例を除いてはやは

りロールの進みの方が早くこの現象は普通の壓延に比し傾斜壓延の場合は前進に對する抵抗が大きい事を示す。

(3) 壓延材單位重量當りの穿孔電力消費量は加工度に略々比例する。この電力量に對し理想的穿孔仕事はその約 15 % に相當する。この事は傾斜壓延では摩擦及び附加的な變形に要する仕事の多い事を示す。

(昭和 25 年 4 月寄稿)

文 献

- 1) E. Siebel und E. Fangmeier, Mitt K.-W.-Inst. Eisenforsch. 13 (1931) S. 29

鋼に於ける炭化物の球狀化に就て (II)

(焼入鋼繰返加熱に依るセメントタイトの球狀化に及ぼす炭素含有量の影響に就て)

佐 藤 知 雄* 矢 島 悦 次 郎*

ON SPHEROIDIZING OF CARBIDE IN STEELS (II)

(Effect of Carbon Content on the Spheroidizing of Cementite of Quenched Steel by Repeated Heating and Cooling.)

Tomo-o Sato and Etsujiro Yajima

Synopsis:

Quenched Sweden carbon steels containing about 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.2 and 1.3%C were subjected to repeated heating and cooling passing A_1 point, and the effect of carbon content on the spheroidizing of cementite in those steels was studied.

One cycle of heating and cooling was carried out as follows:

700° → 760°, heating 1°/min., hold at 760° for 14 min.

760° → 700°, cooling 1°/min., hold at 700° for 30 min.

This cycle was repeated 1 to 5 times, and after each cycle the rate of spheroidizing of cementite was measured by means of Rockwell hardness tester.

After 3 times of the cycle in Hypo-eutectoid steel and after 5 times of it in Hyper-eutectoid steel the spheroidizing was completed — that is, the lowest constant hardness was obtained.

Difference of the quenched structure — if the same steel — does no effect on the final spheroidal structure and its hardness by this heat treatment.

The final hardness of spheroidized steel thus obtained is expressed by following formula:

$$\text{Rockwell hardness in B scale} = 21 \times C\% + 72.9$$

This hardness is more or less higher than that of the spheroidized one made from the same steel having the lamellar pearlite structure.

I. 緒 言

著者等は第 1 報¹⁾に於て、鋼の焼入焼戻による炭化物の球狀化に及ぼす各種元素の影響に就て報告した。本報

は焼入炭素鋼を A_1 變態點の上下に繰返し加熱冷却してセメントタイトの球狀化を行う場合、球狀化に及ぼす鋼

* 東北大學工學部金屬工學科