

エルハルト製管法における熱間押抜加工について*

住友金属工業，鋼管製造所

中村 久司・相場 道夫
高橋 啓三・中西 久幸

On the Hot Tube Pushing of Ehrhardt Process

Hisaji NAKAMURA, Michio AIBA
Keizo TAKAHASHI and Hisayuki NAKANISHI

1. 緒 言

鋼管の製造法の1つとしてのエルハルト製管法においては、縦プレスにおいて穿孔された鋼塊はさらに横プレスでマンドレルとダイスの間で押抜加工を受け、厚肉大径鋼管の製造に適用されている。

本試験は、その押抜加工工程において、主として押抜力とピレット寸法変化の点に関して最適なダイス半角を求めるために鋼小試片を用いて行なつた模型試験結果の一部である。

2. 試験方法

2.1 試験装置および試験工具

装置の全体は 100 t アムスラー万能試験機とカンタル線環状加熱炉 (90φ×1m)，および Fig. 1 に示す押抜試験用工具などである。

2.2 試験方法と測定項目

加熱炉内に鋼小試片を 4~6 個装入して 1200°C に加熱し、20 min 間均熱後直ちに炉より取出し、ピレット外面に潤滑剤を塗付した上で、アムスラー試験機上の横型押抜工具によつて押抜加工を行なう。この際の測定項目としては、

- ①ピレット炉出前炉内温度 (ピレット加熱温度)
- ②炉出しより押抜開始までのピレット運送時間 (ピレット降下温度)
- ③押抜力とストローク曲線
- ④押抜加工時間 (押抜速度)
- ⑤押抜後ピレット温度
- ⑥押抜後のピレットおよび工具の表面状況
- ⑦押抜後のピレット寸法測定

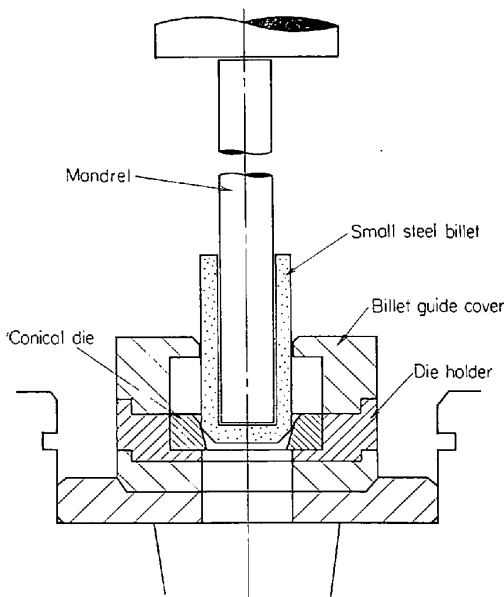


Fig. 1. Experimental instruments.

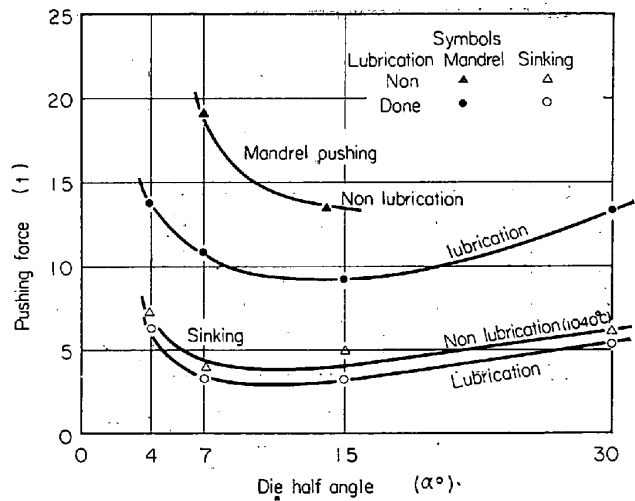


Fig. 2. Relationship between pushing force and die half angle (working temperature 1020 °C).

3. 試験結果

3.1 押抜力と押抜条件について

潤滑条件，減面率，ピレット寸法，ピレット温度，ダイス径，ダイス半角の各々の押抜条件と押抜力の関係を検討した。

1) 減面率 (押抜加工前の断面積に対する押抜加工後の絶対的減少断面積の比率，すなわち $(A_1 - A_2)/A_1$ で表わす) ピレット肉厚，ピレット温度一定の場合のダイス半角潤滑剤の有無と押抜力の関係は Fig. 2 に示すように潤滑を施したものが当然押抜力は小さく，その程度は約 30% である。また最小押抜力を与える最適ダイス半角について見ると，それらは押抜加工法によつて若干異なつており，芯金押 (ピレット内径とマンドレル外径のクリアランスが全くない場合) で潤滑を行なつた場合の押抜では 13~15° 前後に，空押しピレット内径とマンドレル外径にクリアランスがある場合) の場合は，潤滑の有無に関係せず 7~10° 前後にあるものと考えられる。

2) ピレット寸法，ピレット温度を一定にし，減面率を変化させて，押抜後の材料断面についての押抜応力との関係を潤滑を施した場合について見ると Fig. 3 のようになる。潤滑を施した場合，最小押抜力は減面率が 17%~32% 前後では，ダイス半角 15° で与えられ，ダイス半角が小さくなるほどまた減面率が大きくなるほど押抜力は急激に増加する傾向にある。しかし減面率が 32% 以上では 30° ダイスが最小押抜力を与えるようになる。また無潤滑での試験結果では，最小押抜力はダイス半角 15° が使用した 4 種のダイスのうちで最適であつて，30° ではいずれも底抜けの現象を起した。

Fig. 3 より押抜加工限界を推定するならば，ダイス半角 4° は減面率の増加と共に押抜力が極端に増加するため底抜けなどの可能性が大きく不適当と考えられ，30° の

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 139 昭和42年5月10日受付

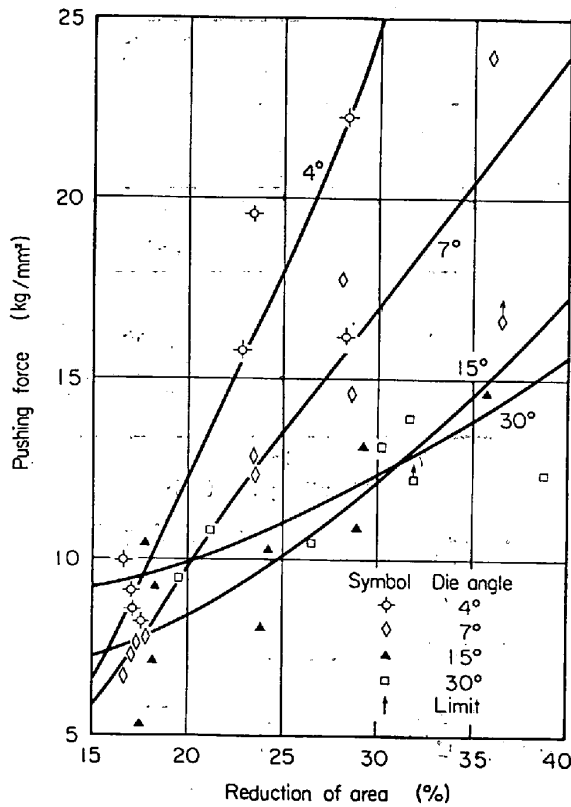


Fig. 3. Relationship between pushing force and reduction of area (lubrication: done)

無潤滑の場合は二次剪断力が大きく加工不能でやはり不適当と判断された。また7°の場合1回の押抜加工で与える減面率の上限は今回の実験では約3.6%と考えられるが、さらに高い上限が予想される。しかしM. VATER 1)らの実験によると加工度は30%が上限としている。

3.2 寸法変化について

最も安定した加工寸法を与えるダイス半角を1と同様に潤滑条件、減面率、ビレット寸法別に検討した。

潤滑条件とダイス半角の関係をみるとFig. 4に示すとおり、下記の点が観察される。外径は省略する。

1) 潤滑を行なった場合、外径、肉厚いずれもダイス半角による影響が見られ、半角30°ではダイス寸法との差および長手方向の変化は極めて大きく角度が小さくなるほどダイス寸法に対する寸法変化は小さい。

2) 無潤滑の場合、上記の傾向は鈍化している。

4. 押抜加工度と押抜力の関係式についての一考察

潤滑剤使用時の各種ダイス角度に対する押抜加工度と押抜力との関係をまとめるとFig. 5のようになる。ただし、

A_1 : 押抜前ビレット断面積 (mm²)

A_2 : 押抜後ビレット断面積 (mm²)

P : 押抜力 (kg)

押抜力と押抜加工度の理論式としては、ダイ

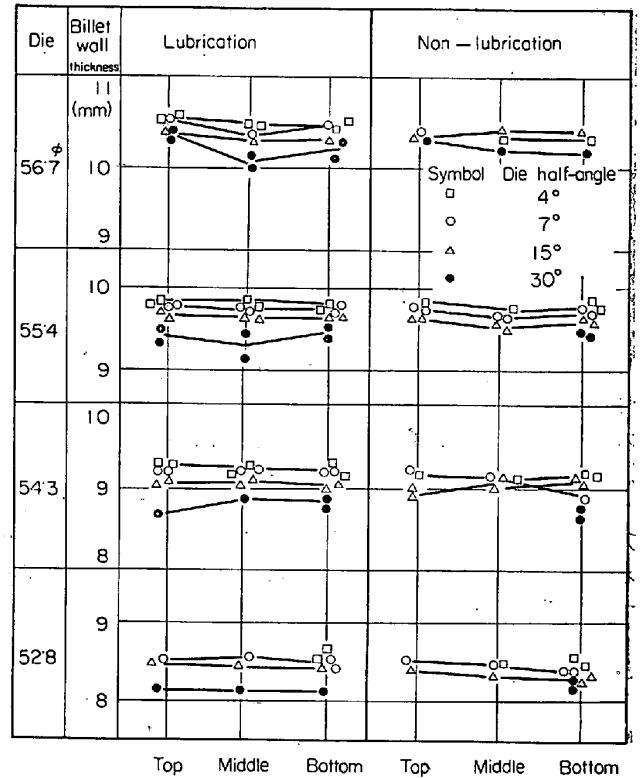


Fig. 4. Variation of billet wall thickness (mm) (Billet: 60φ×36φ_i×12t×120l const.)

ス半角、摩擦係数、付加的な剪断仕事の影響を考慮に入れた丸棒の引抜の式²⁾を適用した。

$$\frac{P}{A_2 k} = (1 + \mu \cot \alpha) \ln \frac{A_1}{A_2} + \frac{4}{3\sqrt{3}} \alpha$$

摩擦係数はM. VATER¹⁾の実測値にしたがつて $\mu = 0.2$ と仮定し、実効変形抵抗 $k = 16.4 \text{ kg/mm}^2$ をえた。

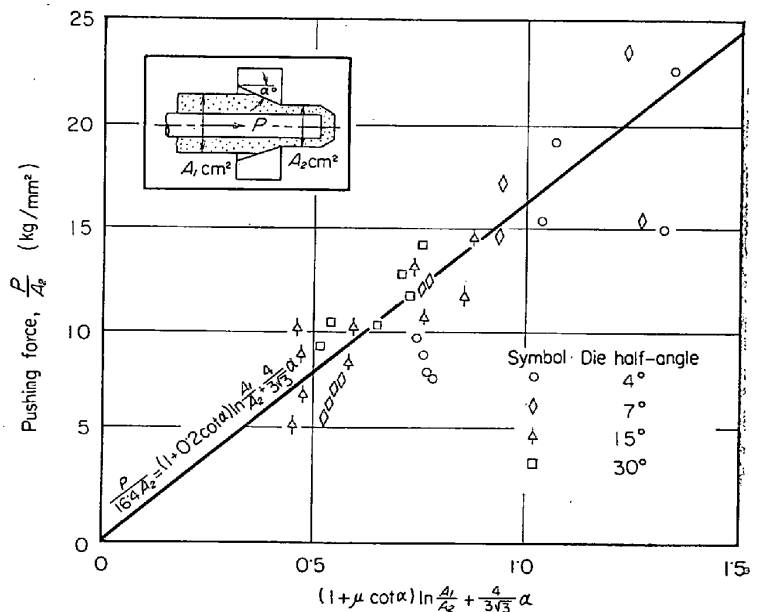


Fig. 5. Determination of experimental formula. (friction coefficient $\mu = 0.2$)

5. 結 言

以上エルハルト製管法における押抜加工工程に対して押抜力と寸法変化の点より最適ダイス半角を鋼小試片によつて検討したが、ダイス半角 4° , 7° , 15° , 30° の模型ダイスについて結果をまとめると次の4点になる。

1. 潤滑を行なつた場合の芯金押抜応力は無潤滑の場合に較べ約 30% 少なく、しかも最低押抜応力の得られるダイス角度は潤滑を行なつた方が小角の方に寄っている。

2. 最小押抜力を与えるダイス半角は減面率大略 17~32% の範囲に対しては、 15° 前後である。また押抜加工限界としては、 4° 程度では押抜力の過大、 30° 程度では切断の現象があり、 15° 前後の場合が最も広く取り得るものとする。

3. 押抜加工におけるピレットの外径、肉厚に対して均一な寸法変化を与えるダイス半角は、 $4\sim 15^\circ$ の範囲では大差はないが、やや小角の方が良好であり、 30° 程度では、極めて不安定な状態となる。

4. 押抜力を与える実験式としては、次の丸棒の引抜の式が適用でき、 $k=16.4 \text{ kg/mm}^2$, $\mu=0.2$ とおいた場合に相当する。

$$\frac{P}{kA_2} = (1 + \mu \cot \alpha) \ln \frac{A_1}{A_2} + \frac{4}{3\sqrt{3}} \alpha$$

文 献

- 1) Max VATER, Fritz ANKE, Friedrich FISCHER and Karl BECKER: Stahl und Eisen, 86 (1966) 9, S. 532~542
- 2) 益田, 室田: 工業塑性力学, 養賢堂(1965) p. 189

マンネスマン穿孔機による鋼管肉厚の変動解析*

日本鋼管, 川崎製鉄所

生嶋 栄次・五十部賢次郎

辻 齊・上村 治男・笹生 宏明

The Variation Analysis of Tube Wall

Thickness on Mannesmann Piercer

Eiji IKUSHIMA, Kenjiro ISOBE

Hitoshi TSUJI, Haruo KAMIMURA

and Hiroaki SASAO

1. 緒 言

マンネスマン穿孔機を用いてピレットから継目無鋼管を熱間で製造する際の変形については、すでにいくつかの研究が発表されているが、肉厚変動についての研究は少ない。ここでは、鋼管品質上の偏肉発生原因をより究明するために、マンネスマン穿孔過程で発生する肉厚変動とマンドレルバー、ホロピースなどの挙動との関係を主に、各種計測技術ならびに統計的手法(数学的手法)を用いて、工場実験を含め研究調査したので、その結果を報告する。

2. 実験方法

実験はすべて実際の穿孔機を用い、ロール周速、プ

グの自由、固定などの穿孔条件を変え、鋼管肉厚、穿孔時のマンドレルバー、ホロピースなどの挙動、穿孔ロールのスピントルクおよびプラグ荷重を測定した。

2.1 穿孔機の諸元と実験条件

2.1.1 穿孔機諸元

型式: スティーフェルマンネスマン式
(樽型穿孔ロール)

穿孔ロール: 最大径 915 mm, 胴長 660 mm,
回転数 80~210 rpm

主電動機: DC 2200kW

2.1.2 供試材

材質: 炭素鋼

寸法: ピレット, $140 \phi \times 212.5 \text{ kg} \times 1760 \text{ mm}$

ホロピース $146.0 \phi \times 12 \text{ mm} \times 5260 \text{ mm}$

鋼管: $139.8 \phi \times 6 \text{ mm} \times 10250 \text{ mm}$

2.1.3 実験条件

ロール周速(空転時): 5.2, 5.7, 6.2 m/s

3水準

プラグ : 固定, 自由 2水準

ほか、ロール傾斜角度、ロール間隔、フェー間隔、プラグ形状などの条件はすべて同一。

2.2 測定項目と寸法

2.2.1 鋼管肉厚 円周4カ所(等分点・A, B, C, D), 管軸方向 20 mm 間隔で管全長にわたつて超音波厚み計(精度 $\pm 0.05 \text{ mm}$)を用いて測定。

2.2.2 ピレット, マンドレルバー, ホロピース挙動 中速度カメラを用いて、ピレットの回転周期, マンドレルバー, ホロピースの振動周期, 振巾, 回転周期, ホワールの回転周期方向, ロール回転周期を測定。

2.2.3 荷重 ストレーンゲージを用いて、ロールのスピントルクならびにプラグ荷重を測定。

3. 測定値解析方法

鋼管肉厚およびマンドレルバー, ホロピースの挙動測定値は間欠的かつある一定周期毎に採取したので、肉厚あるいは挙動の解析は確率過程論の手法により自己相関関数とパワースペクトルを求めて検討した。

3.1 自己相関関数

自己相関関数は、次の式により規準化した相関関数の型で IBM 7074 により算出した。

$$\varphi(l, \Delta t) = \frac{\sum_{i=1}^{N-l} \left[\left(x_i - \frac{1}{N-l} \sum_{j=1}^{N-l} x_j \right) \left(x_{i+l} - \frac{1}{N-l} \sum_{j=l+1}^N x_j \right) \right]}{\sum_{i=1}^{N-l} \left(x_i - \frac{1}{N-l} \sum_{j=1}^{N-l} x_j \right)^2 \sum_{i=l+1}^N \left(x_i - \frac{1}{N-l} \sum_{j=l+1}^N x_j \right)^2}$$

ただし、 $l=0, 1, 2, \dots, h$, N : データ数, Δt : 測定ピッチ, x_i : 測定値

3.2 パワースペクトル

パワースペクトル $\phi(f)$ は、自己相関関数 $\varphi(\tau)$ のフーリエ変換でつぎのごとく一般には定義される。

$$\phi(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\tau) e^{-2\pi f \tau} d\tau$$

ところが、実際にはデジタル計算機で離散的データかつ有限データを用いる場合には、フーリエ変換を数値積分の型で求めることはできないので、自己相関関数 $\varphi(l, \Delta t)$ のフーリエ変換 $P(f)$ は

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 140 昭和42年5月12日受付