

(130) エルハルト穿孔におけるメタルフロー模型実験について

住友金属工業, 鋼管製造所

前田泰正・井上睦夫・高橋啓三

On the Metal Flow of Erhardt Piercing Process.

Yasumasa MAEDA, Mutsuo INOUE and Keizou TAKAHASHI.

1. 緒言

大型鋼塊から大径鋼管をエルハルト穿孔法により、製管する場合のメタルフローを知ることは、鋼塊の切捨量の検討および製管条件と材料各部の受ける加工度との関係を調査するために必要であるが、実際の材料で調査することは、容易なことではないので、模型的試験が必要になってくる。この模型試験としては、さきに鉛を用いた試験結果を報告したが、今回は取扱いがより容易であり、さらに定量的な取扱いにおいても精度がよいと考えられるプラスチックを用いて、そのエルハルト穿孔に対する適用性および穿孔メタルフローの2,3の点について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験装置

穿孔用ポットは、内径 50mmφ、長さ 160mm で軸方向にテーパをつけて、材料の装入、取出しを容易にするため軸方向に2つに分割可能にした。またマンドレルは、径が 20mmφ と 30mmφ で平頭とした。穿孔荷重は、5t レバー式引張圧縮試験機によつて与え、荷重-ストローク曲線をドラムに描くようにした。

2.2 実験用インゴット

Table 1 に実際のインゴット(鋼塊)の一例と模型実験用インゴットの寸法を比較して示した。実際のインゴットは、断面が幾分円形に近い正方形であり、また軸方向にはテーパがついているが、模型実験では簡単のため正方形断面でテーパなしのインゴットを用いた。

2.3 潤滑

プラスチックを用いた鋼の熱間鍛造の模型実験では、炭酸カルシウム潤滑によつて、よい相似が得られるとの報告があるが、本試験では、実際の鋼のエルハルト穿孔と相似なメタルフローを得るために、インゴット外面およびマンドレルの潤滑として、それぞれ炭酸カルシウムとシリコングリスを用いた。

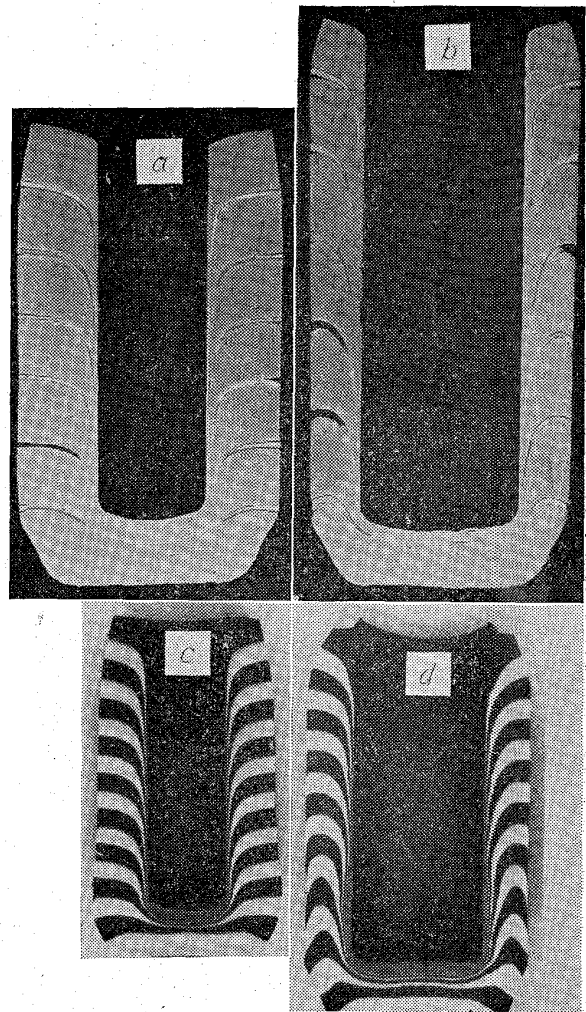
2.4 穿孔条件

穿孔比(マンドレル径/ポット径)  $d/D$  は、実際の場合が、40~60% の範囲であるので、40 と 60% の2種類とした。マンドレルの先端形状は、実際の場合と相似

Table 1. Dimension of actual and model ingot.

Ingot	D	Width (top) $d$ (mm)	Height $H$ (mm)	$H/d$ (mean)	Taper
Actual		711	1760	2.7	31/1000
		920	1880	2.2	30/1000
Model		35	90	2.6	0

D: Dimension.



(a) Steel,  $d/D=40%$ , (b) Steel,  $d/D=60%$ , (c), (d) Plasticine(Lubrication: out,  $CaCO_3$ ; inn, silicon grease).

Photo. 1. Metal flow of steel and plasticine ingot.

の平頭とし、穿孔速度は、50 mm/min、とした。

3. 実験結果および考察

3.1 鋼のメタルフローとの比較

Photo. 1 にピン法による鋼とプラスチックのメタルフローを比較して示した。いずれも上層部の材料は切断されることなく底部に達している。

$d/D=40%$  の場合は、マンドレル潤滑にシリコングリスを用いてもデットメタルを生じ、また  $d/D=60%$  の場合は、マンドレル潤滑にシリコングリスを用いると、デットメタルは認められないが、下部内面附近に異常なメタルフローが認められ、ステンレスピンを入れた鋼のメタルフローとは、若干の相異があるが、実際の鋼の場合のメタルフローを推定するには充分利用できるものと判断される。

3.2 穿孔におけるメタルフロー

横および縦のしま状に白、黒、のプラスチックを重ねあわせて作ったインゴットを用いて外面および断面のメタルフローを観察した。

3.2.1  $d/D=40%$  の場合

自由穿孔に近い状態であり、穿孔が終了した部分にお

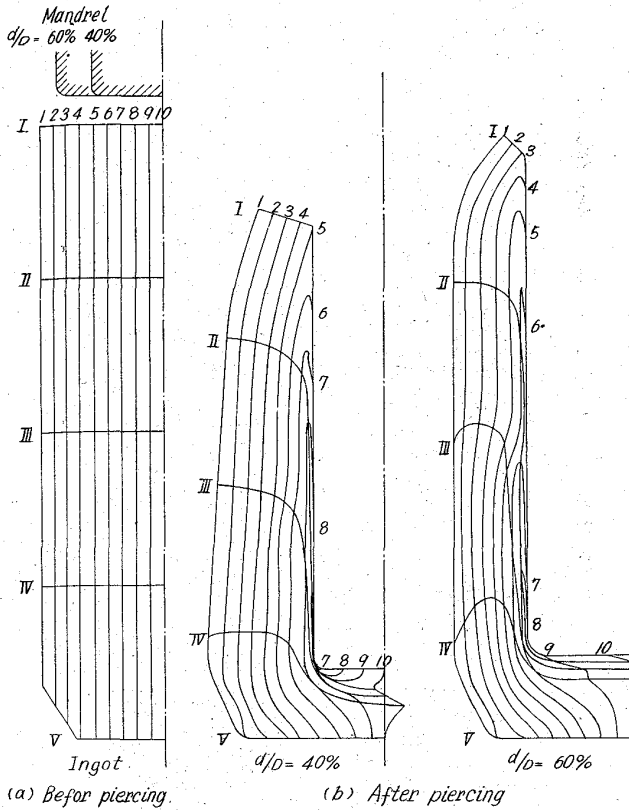


Fig. 1. The displacement of particles by piercing process.

いてもインゴット外面はポットに接してなく、穿孔が進むとともに材料は低くなり、最後まで上昇しない。

3.2.2 d/D=60% の場合

理想的な側方排除穿孔であるが、穿孔初期は自由穿孔の状態に近く、マンドレルストロークが 40mm 程度までは、材料は低くなり、約 60mm 以後は上昇穿孔に近い状態となつて、材料は上昇し最終的には上部の一部分以外はポット内に充満して、穿孔前の高さになる。なお変形は d/D=40% の場合と異なり、穿孔が進みストローク 80mm においては、内面附近に異常なメタルフローが認められる。これは、以前に報告した鉛の場合と同様であり、穿孔後期の上昇穿孔の過程で、外面の摩擦が大きい場合に内面附近の局所的な材料の上昇によつて生ずることが考えられる。

3.2.3 穿孔による縦断面上の各点の移動

Fig. 1 に d/D=40% および 60% で穿孔した場合の材料内部各点の移動を示した。移動は d/D に関係なくマンドレル径の約 60% 以内にある材料は、大きく伸びて内面層を形成するが、60% より外側にある材料は、ほとんど変形していない。また穿孔材の底部になる部分は、マンドレル径の 20% 前後の中心部である。

3.3 鍛造比の分布

以上のべたように肉厚方向の位置により変形が大きく異なり、断面積の変化で平均

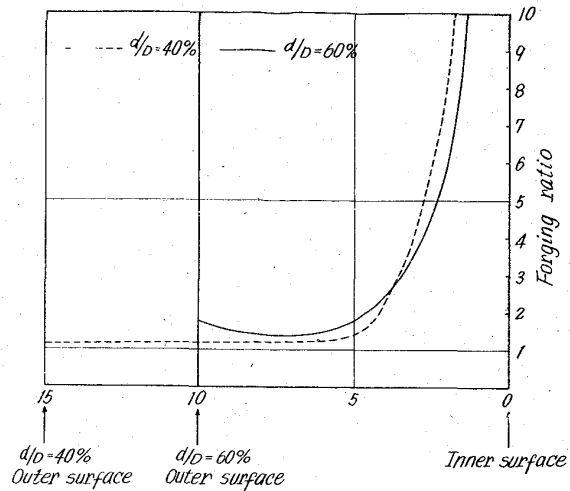


Fig. 2. The distribution of forging ratio on the longitudinal section.

の加工度を論じても厳密には意味がない。したがつて材料断面における鍛造比の分布を求めた、各格子点における歪状態を表わすのに有効歪の概念を用いると、

$$\bar{\varphi} = \sqrt{2(\varphi_z^2 + \varphi_\theta^2 + \varphi_R^2 + \frac{1}{2}\gamma_{zr}^2)} / 3$$

$\varphi_z, \varphi_\theta, \varphi_R, \dots$  軸方向, 円周方向, 肉厚方向の歪  
 $\gamma_{zr}$  軸方向剪断歪  
 となる。したがつて鍛造比  $\delta$  は次式で求められる。

$$\delta = e^{\bar{\varphi}}$$

Fig. 2 に長手方向の代表的な位置における肉厚方向の鍛造比の分布を示した。長手方向の位置による差は小さく、また規則性も認められないが、肉厚方向の分布は d/D に関係なく、内壁からの距離にのみ依存するようである。すなわち内壁に近い部分は鍛造比は大きい、内面から離れるにしたがつて、急激に小さくなり 1 に近くなる。

3.4 穿孔力

プラスチックの模型実験における加工力については、摩擦係数と工具面圧、歪速度と変形抵抗などの関係が明

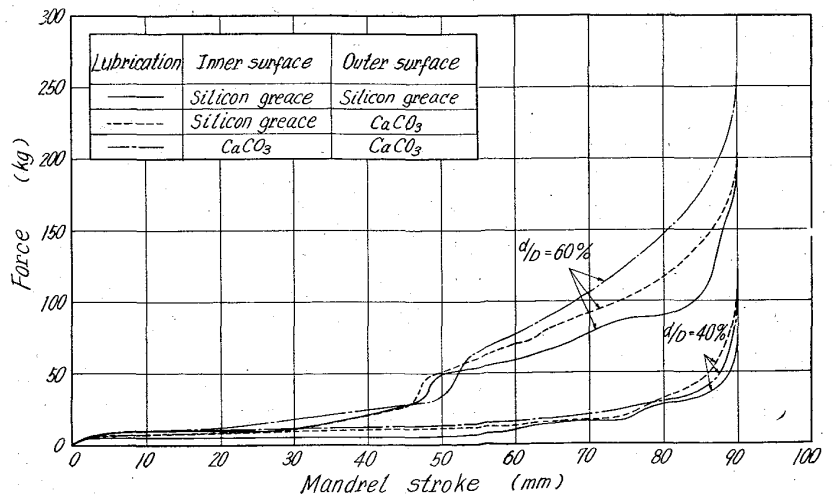


Fig. 3. Piercing force-mandrel stroke diagram by plasticine.

らかにされていないため、従来あまり取扱われた例がない。この実験においては、 $d/D$  および潤滑の有無が穿孔力におよぼす影響において、定性的に比較するために穿孔力を測定した。Fig. 3 に荷重-ストローク曲線を示した。 $d/D=40\%$  の場合においては、全ストロークが、自由穿孔に近い状態であるため潤滑の影響は現われていない。ストローク 75~80mm 附近でインゴットの下部の側面がポット底部のテーパ部壁面に達したために、荷重が段階的に増加している。

$d/D=60\%$  の場合は穿孔初期の自由穿孔に近い状態から上昇穿孔に移る位置のストローク 50mm 前後において、荷重の段階的増加が明瞭に認められる。また潤滑の影響は上昇穿孔に移るまでは大差ないが、上昇穿孔に移行後は、差は大きくなり、潤滑性のよいものほど荷重は小さい。

#### 4. 結 言

プラスチックを用いてエルハルト穿孔についての模型実験を行なった結果次のことが得られた。

- 1) プラスチックによる堅穿孔模型実験は、実際の鋼のメタルフローを推定するうえで充分利用できる。
- 2) 穿孔前、マンドレル径の約 60~20% の範囲にあった材料は、大きく変形して内面層を形成し、中心の 20% の部分が底部となる。
- 3) 鍛造比の分布は、 $d/D$  に関係なく穿孔材の内面からの距離に依存し、内面付近は非常に大きい、内面から離れるとともに急激に小さくなり、1 に近くなる。
- 4) 外面潤滑は穿孔後期における穿孔力の上昇をおさえた外面における変形を一様にし、潤滑不良による外面の附加的な剪断変形および内面の異常メタルフローを消失させる効果がある。

#### 文 献

- 1) 岡本, 高橋: 機械学会誌, 62 (1959) 489, p. 1452.
- 2) 久能木: 機械学会論文集, 22 (1956), 1188, p. 418.
- 3) 栗野: 名古屋工業技術試験所報告, 6 (1957) 1, p. 10.

### (131) 熱間タンデムミル仕上圧延機用 ワークロールの肌荒れについて

三菱製鋼, 長崎製鋼所

横山隆吉・竹下勝人・○竹内秀光  
青木慎一郎・林 満洲雄

On the Irregular Wear of Work Roll  
Used for the Early Stand of Hot Tan-  
dem Finishing Train.

Ryūkichi YOKOYAMA, Masato TAKESHITA,  
Hidemitsu TAKEUCHI, Shinichiro AOKI  
and Masuo HAYASHI.

#### 1. 結 言

熱間タンデム仕上圧延機の No. 1 および No. 2 スタンドに使用されるワークロールにおいては、異常肌荒

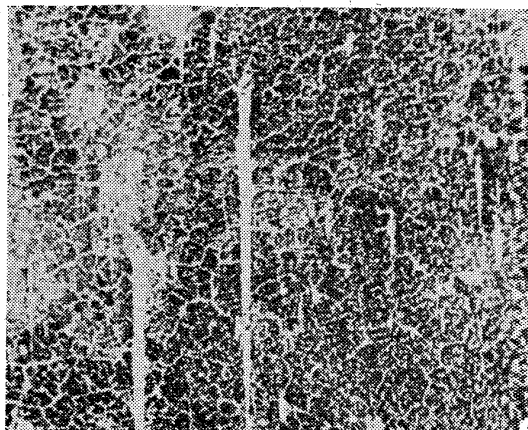


Photo. 1. Typical streak wear.

れおよび噛み止めクラックの発生などが問題となり、これらに関する対策として、近年特殊鋼製ロールが多用されるようになってきた。

しかし鉄製と鋼製とは、その発生傾向は異なるとしても、特殊鋼製ロールにおいてもかなりの異常肌荒れが認められるのでその発生機構について検討し、あわせてこれに関する若干の実験を行なったので報告する。

#### 2. ロールの肌荒れ状況

ロール表面の異常肌荒れには、外観的に2種類のものが認められる。すなわちストリーク (streak) あるいはコメット (comet) といわれる流星状のもの (Photo. 1) とバンディング (banding) といわれる楕円形状の全面剝離の2種である。これらの剝離面は著しく粗くまた製品にプリントされて有害であることは両者全く同様であるが、その発生機構は若干異なるものとみなされる。

前者の発生経過は次のとおりであろう。すなわち圧延の初期においては、周知のとおりロール表面は黒色の薄膜によつておおわれその後ヒートクラックの進行とともにクラック周辺でこの皮膜の剝離が起るが、さらにロール廻転逆方向へのストリーク状の剝離へと進行する。この時点において、ロール性状と圧延条件のある組合せによつて、黒色皮膜のみでなくその直下の金属面も同時に剝離する場合がある。これが一般にストリークまたはコメットと称される肌荒れであつて、したがつてこの肌荒れは黒色皮膜の存在する条件のもとで、横方向クラックを起点として発生する。

次にバンディングといわれる比較的広範囲の肌荒れは、黒色皮膜が完全に剝離し金属面が露出した時点において、点状ピットを起点として形成されるのが普通である。なお広範囲の肌荒れでバンディングと混同されやすいものに、噛み止めクラックあるいは当て疵を起点とした肌荒れがあり、これは広範囲であること、および肌荒面の性状より見てバンディングと酷似しているが、その周辺に黒色皮膜の存在することおよび起点が線状であることより流星状肌荒れの範疇に入るべきものと考えられる。

以上のように流星状肌荒れとバンディングはその発生状況がかなり異なり、同一原因による肌荒れとはみなされにくいのでさらにヒートクラックの進行状況および肌荒れ面の硬度変化との関係を調査した。