

スではオレンジ肌になる特徴があり、ダブルダイスでは滑らかな表面になり改善されている。また押出力についても平ダイスで 1550 t に対し、ダブルダイスでは -50 t、コニカルダイスでは -100 t 程度それぞれ低くなる事が認められた。5回ずつ押し出したときのダイスをみると、コニカルダイスに比べ、ダブルダイスは、ダイス①と②の段の部分に潤滑ガラスの溜り場ができるため摩耗が少なくすぐれている。また 45° コニカルダイスは押し出製品寸法に対しダイス厚さが変わるのに比べ、ダブルダイスでは一定厚さでよい点実用上の利点がある。

IV. 結 言

コニカルダイスとそれに類似の効果を持つダブルダイスについて、押し出し中のダイス形状によるメタルフローの調査を容易にするため実験装置 Photo. 1 を考案し、油粘土による実験を行なった。その結果、45° コニカルダイスが最もすぐれ、30° コニカルは効果が少なく、適当な組合せのダブルダイスのほうがよかつた。ダブルダイスについては、入口面取り形状が丸味を持ち R の大きなものがよい。

粘土実験による結果をもとにして工場実験を行なった結果、表面性状、押出力の点で平ダイスに対して 45° コニカルダイス、ダブルダイスがすぐれており、ダイス摩耗の点でダブルダイスがよく、実用上ダブルダイスのすぐれていることを認めた。

など一般にはほとんど報告されていない。そこで体系的調査の手初めとして若干の現場実験をおこなつた。

II. 加工荷重について

(1) 加工荷重測定実験

供試材として、0.12% C-1.18% Cr-0.50% Mo なる成分のものを選び、圧延加工後外径 200mm、内径 30mm、長さ 400mm に切削し、1050°C に加熱後拡大加工をおこなつた。

加工用のプラグは半頂角 15°、最大外径 50mm、70mm、90mm、110mm、130mm の計 5 種類を採用し、荷重の測定はプラグに水圧力を伝達するマンドレルにストレーンゲージを張り付け、歪をペン書オッシログラフに記録することより得た。

加工荷重の測定によると、加工の進行とともに荷重の変動は認められず、計算式の作成において定常状態のみを考えればよいことが明らかとなつた。

(2) 加工荷重計算用理論式の作成—全歪理論による初等解および平面すべり線場理論による解。

まず全歪理論による解として、衆知の Siebel が線引荷重計算用に作成した式を変形し、採用した。すなわち加工荷重 P は以下のごとく示される。

$$P = \pi(1 + \mu \cot \alpha) \cdot \sigma_e \cdot$$

$$\left\{ (1 + \mu \cot \alpha) (R^2 - r_1^2) \log \frac{R_2 - r_1^2}{R^2 - r_0^2} - \mu (r_0^2 - r_1^2) \cot \alpha \right\}$$

ただし、 σ_e : 変形抵抗、 r_1 : 加工前材料の内径、 r_0 : 加工後の材料内径、 R : コンテナ内径、 α : プラグ半頂角、 μ : 工具面と材料との接触摩擦係数。

次にすべり線の解としては、工具と材料との間の接触摩擦係数はないものとし、プラグ角部を応力の特異点と仮定した 15° 等角平面すべり線を描き、Hency の定理を使用してこの図から応力を計算し、しかる後このすべり線がそのまま軸対称応力解であるとして計算した。ここで描かれたすべり線は正解であるか否かは証明されていない。

(3) 理論式と実験との比較

結果を Fig. 2 に示した。

理論式を使用して加工荷重を計算する場合の変形抵抗は押し出しにおける実効変形抵抗 15 kg/mm² (1050°C にて) を採用した。また全歪理論式において摩擦係数 μ の値はガラスの高温での最大摩擦係数 0.01 を採つてある。しかし実際にはこれ以下でほとんど無視し得る程度である。

図によつて明らかなごとく全歪理論による解は、平面すべり線場理論による解に比し、かなり小さくなつている。しかし、これは前者は剪断歪による影響を考慮していないのであるから当然のことである。したがつて平面すべり線による解は種々の仮定を含んではいるが、より實際を説明し得ると考えられる。

以上のごとくホットエキスパンション加工法における荷重の計算に際しては平面すべり線場理論の採用がより信頼性があることがあきらかとなつたが、最終的には変形抵抗 (実効変形抵抗) をいかに評価するかが問題であり、平面すべり線場理論式から逆算した実効変形抵抗の実験値をあらゆる条件において集積しておくことが大切である。

62/774.3815392741539.388.24.
(177) ホットエキスパンションにおける

荷重および材料の流れについて

住友金属工業、鋼管製造所 No. 64229
小島 浩・○宇多小路勝

On the Necessary Pressure and the Flow of the Metal in Hot Expansion Process.

Hiroschi KOJIMA and Masaru UTAKOZI.

I. 緒 言

ユージン・セジュール式製管法において、押し出しの前工程として深穴ボーリングされた (たとえば径 20mm ~ 30mm) ビレットを Fig. 1 のごとく逆円錐形プラグにより内径を拡大 (Expand) する作業がある。工具と材料の接触部はすべてガラス潤滑とし、加工温度は押し出しの場合と大差なく、1000°C ~ 1200°C である。

この加工法は、大変特異なため加工荷重、材料の流れ

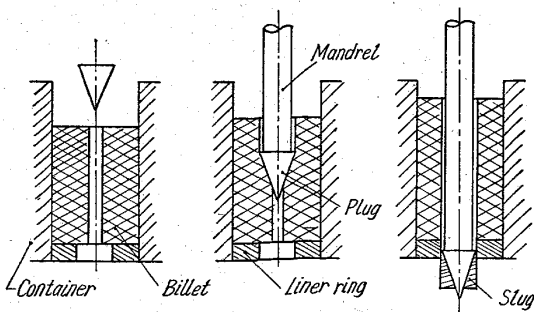


Fig. 1. Process of hot expansion.

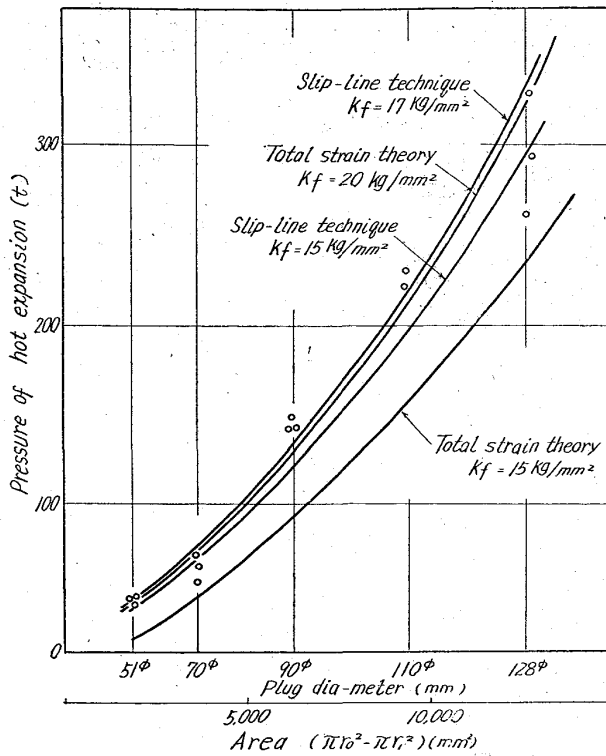


Fig. 2. Comparison of hot expansion pressures obtained from experiments and theoretical analyses.

III. 材料のフローについて

ホットエクステンションによる材料の変形（フロー）状態を知るため、加工前の材料を対称軸を通る平面で半割し、これに基盤の目を刻み、これを再び合わせて加熱、加工後再び半割にし、材料の変形状態を見た。

材料は低炭素鋼を使用し、加工寸法は内径 120mm、プラグの半頂角は 15° とした。

Photo. 1 に加工後の半割材の写真を示した。

加工後の歪は Photo. 1 の格子目を測定することにより対数歪にて算出した。Fig. 3 は加工前の材料断面を基準座標に採り、半径方向の対数歪の分布を示したものであり、Fig. 4 は長手方向の対数歪の分布を示したものである。

図によつて明らかのごとく、歪の分布がある部分より異常になるが、これは Fig. 1 に模型的に示したごとく、加工の最終過程で材料がプラグとライナ

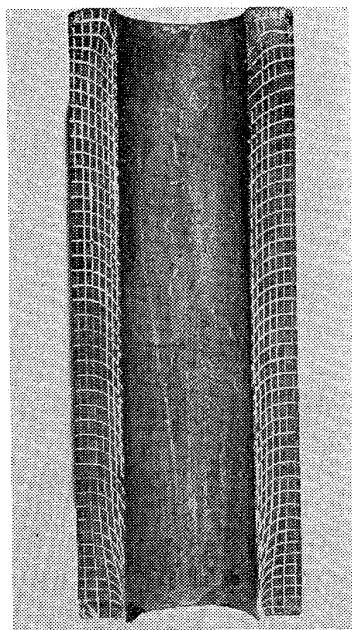


Photo. 1. Flow of hot expanded billet.

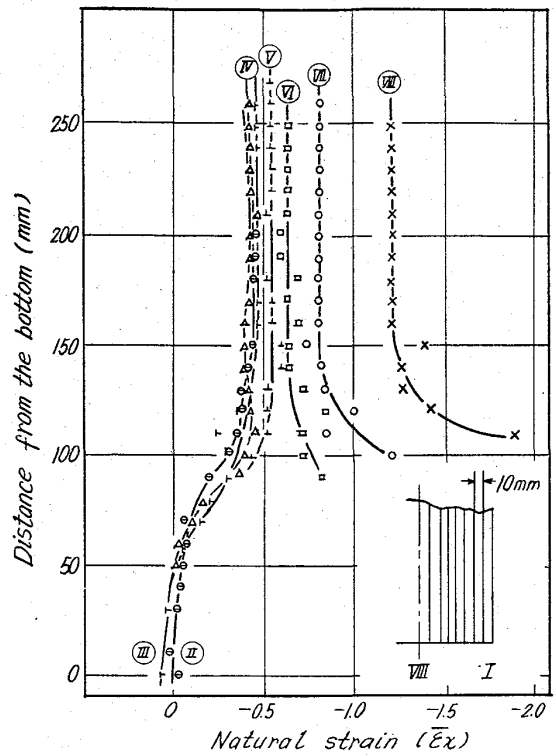


Fig. 3. Distribution of natural strain in the radial direction.

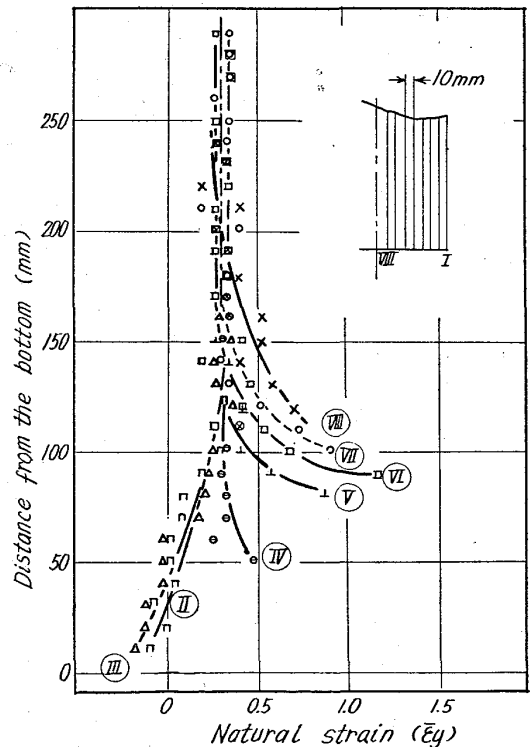


Fig. 4. Distribution of natural strain in the longitudinal direction.

ーリングにより剪断されスラッグとなるためである。しかも今回の実験では、スラッグとなる部分はピレット下部から 100mm の範囲でしかもプラグの外径により囲れた中空円筒に相当する部分であることが想像される。

IV. 結 言

ホットエクspansionは荷重は平面すべり線場理論の適用により、比較的良好に算出し得ることが明らかとなり、また網目法の採用でこの加工法における材料の挙動も定性的にある程度把握することができた。

621.777.4.011:669.14

(178) 鋼の衝撃押出し

金属材料技術研究所

No. 64340

理博 河田和美・工博 鈴木正敏・池田定雄
名古屋大学工学部 ○隈 部 智 雄

Impact Extrusion of Steels.

Dr. Tomoyoshi KAWADA, Dr. Masatoshi SUZUKI,
Sadao IKEDA and Tomoo KUMABE.

I. 緒 言 PP2048-2050

先に筆者らは数種の鋼について熱間で前方衝撃押出しを行ない、押出圧力に対する押出比、押出速度の影響などについて報告した¹⁾²⁾。本報では 900°C 以下室温までの温度範囲で衝撃押出しを行ない、そのときの押出圧力、およびポンチとダイスの相対変位をシンクロスコープで測定し、主として押出圧力に対する押出温度および押出比の影響について考察した。また衝撃押出しを行なった鋼の顕微鏡組織を検討するとともに硬度分布を測定した。

II. 実 験 方 法

衝撃押出しに使用した機械はダイナパック 1220 型で、衝撃速度が 7.1m/sec になるようにセットした。押出しは前方押出しで、コンテナ内径は 40.0mm φ、ダイスは押出比が 1.67, 2, 3, 4, 6.25 になるような穴径 (31.0, 28.3, 23.1, 20.0, 16.0mm φ) のものを用いた。潤滑剤としては油脂を主成分とした OWS を主に用い、一部黒鉛、シリカ、油脂を主成分としたもの (Hot forging compound B) も用い、コンテナとダイスの内面に塗布した。

供試材は 2 種類の炭素鋼 JIS S15C, S20C, 13Cr ステンレス鋼 SUS22, および 18-8 ステンレス鋼 SUS27 で、その成分は Table 1 に示すとおりである。S15C, S20C については一部ピレットに加工する前に窒素ガスを通じた電気炉中で 890°C に 2 hr 保持後炉冷し焼きなましを行なった。

試料は市販の丸棒から 38.0mm φ × 60.0mm のピレットに仕上げ、窒素ガスを通じた電気炉中で 900°C から 100°C までほぼ 100°C ごとに設定した予熱温度に 30min 保持し、炉から取り出して直ちに押出しを行なった。このさいの温度降下は非常に小さいと考えられる

Table 1. Chemical compositions of examined steels (%).

| Steels | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr |
|--------|------|------|------|-------|-------|------|-------|
| S15C | 0.11 | 0.26 | 0.32 | 0.005 | 0.033 | — | — |
| S20C | 0.25 | 0.26 | 0.60 | 0.021 | 0.011 | — | — |
| SUS22 | 0.15 | 0.60 | 0.48 | 0.028 | 0.011 | — | 12.40 |
| SUS27 | 0.07 | 0.65 | 1.18 | 0.020 | 0.010 | 8.86 | 18.67 |

ので、押出温度としてこの予熱温度をとる。

測定方法³⁾は、押出圧力はポンチに直接ストレン・ゲージを 2 枚はつてアクティブ・ゲージとし、同じゲージ 2 枚をダミー・ゲージに使い、ブリッジに組んで、その出力を二現象観測用のシンクロスコープの第 1 チャンネルで観測した。実際の押出圧力とブリッジの出力との間の較正は、200 t の万能試験機で静的荷重を加えて行なった。ポンチとダイスの相対変位は摺動抵抗式の変位計を用いその出力を先にのべたシンクロスコープの第 2 チャンネルで観測した。

III. 実 験 結 果

1. 最大押出圧力に対する押出温度の影響

押出圧力に対する押出温度の影響を調べるために S20C, SUS22, SUS27 についてピレットの予熱温度を 900°C から大体 100°C おきに室温まで下げ、衝撃速度 7.1m/sec 押出比 2, 潤滑剤に OWS を用い同一の条件で衝撃押出しを行なった。

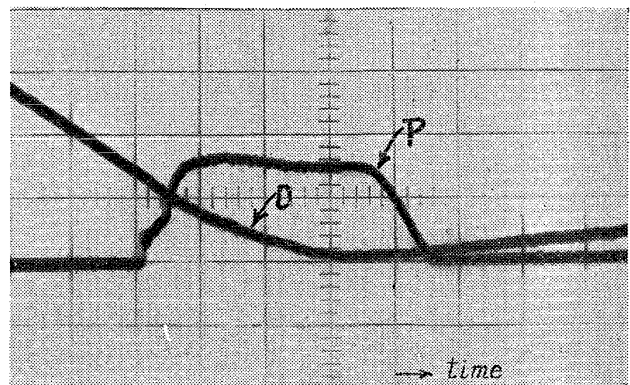
Photo. 1 にそのさいの押出圧力およびポンチとダイスの相対変位の測定例として、S20C を 400°C で押出した場合のものを示す。二つの曲線 P および D はそれぞれ押出し圧力、およびポンチとダイスの相対変位の時間的変位をあらわしている。

Fig. 1 は実測された写真から最大押出圧力を求め、縦軸にとり、横軸に押出温度をとつてプロットしたものである。

S20C では押出圧力は押出温度が 900°C から下がるにつれて増加し、500°C, 450°C 付近でそれぞれ極大、極小になり、さらに温度が下がると再び増加している。

高速引張試験⁴⁾や衝撃圧縮試験⁵⁾において、ひずみ速度が 10² 1/sec のケタのとき 500°C 付近に抗張力や変形抵抗に青熱脆性によると考えられるピークがあらわることが報告されている。

この衝撃押出しのさいの平均的なひずみ速度を計算すると 10² のケタであり最大押出圧力の 500°C 付近におけるピークはやはり青熱脆性によるものと考えられる。また 700~900°C の間で α→(α+γ)→γ の相変態がありそれによる押出圧力に対する影響も予想されるが本実験では認められなかった。



Material: S20C, Preheat temperature of billet: 400°C
Extrusion ratio: 2, Impact velocity: 7.1m/s,
Lubricant: OWS.

Photo. 1. An example of extrusion pressure (P) and relative displacement (D) vs. time curves.