

IV. 結 言

ホットエクステンション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<sup>1)2)</sup>。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<sup>3)</sup>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。

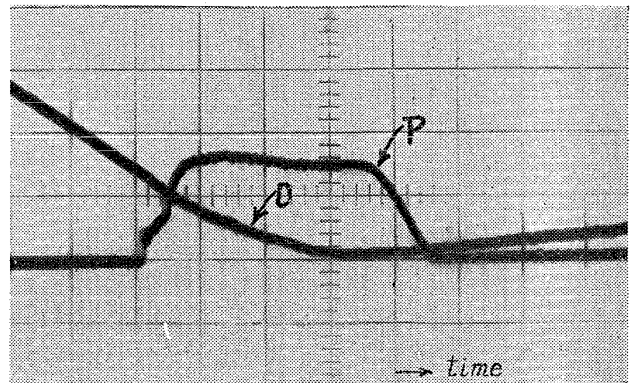
Photo. 1 にそのさいの押出圧力およびポンチとダイスの相対変位の測定例として、S20C を 400°C で押出した場合のものを示す。二つの曲線 P および D はそれぞれ押出し圧力、およびポンチとダイスの相対変位の時間的変位をあらわしている。

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<sup>4)</sup>や衝撃圧縮試験<sup>5)</sup>において、ひずみ速度が 10<sup>2</sup> 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 10<sup>2</sup> 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.

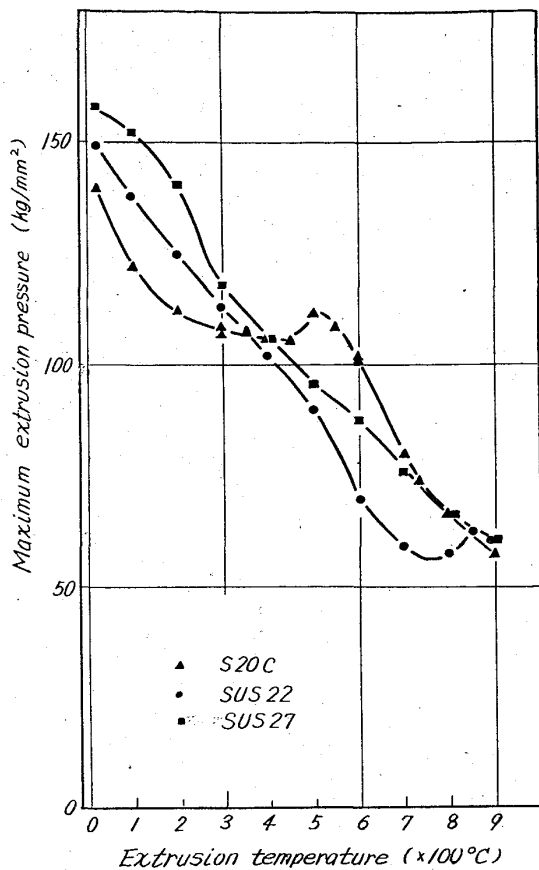


Fig. 1. Relation between maximum extrusion pressure and extrusion temperature. (Extrusion ratio : 2, Impact velocity : 7.1m/s, Lubricant : OWS).

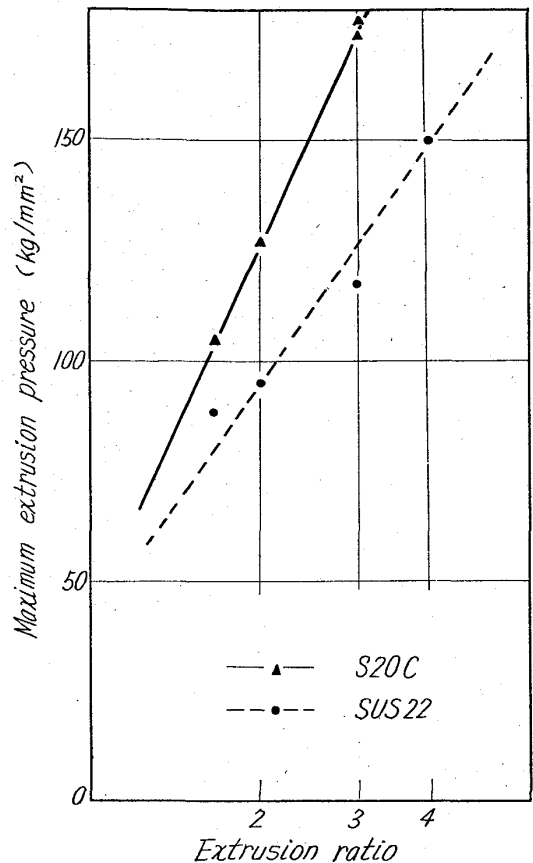


Fig. 2. Relation between maximum extrusion pressure and extrusion ratio. (Extrusion temperature : 600°C, Impact velocity : 7.1m/s, Lubricant : OWS).

SUS22 では押出温度が 850°C, 750°C 附近でそれぞれ最大押出圧力は極大, 極小になり, その後押出温度が下がるにつれて増加している。850°C 附近は  $(\alpha+\gamma)$  相に炭化物も出て不安定であり, 750°C では  $\alpha$  相だけの安定域になる。この温度域での最大押出圧力の極大極小はこれらの相変態に基づくものと考えられる。

次に SUS27 は相変態もなく  $\gamma$  相のみであるので最大押出圧力は押出温度の低下につれて増加している。

500~700°C において S20C の最大押出圧力が SUS27 に比べてかなり大きく, SUS22 よりもはるかに大きくなっている。

2. 押出圧力と押出比の関係

押出比が 2 の場合には Fig. 1 であきらかなように衝撃押出しは可能なことがわかった。押出圧力が 180 kg/mm<sup>2</sup> をこえるとポンチが塑性変形してふくらんでしまい押出しができなくなる。そこで押出比が変わったとき押出圧力がどのように変わるか検討するために, 予熱温度が 600°C で S20C と SUS22 について潤滑剤 Hot forging compound B で, また室温で S15C, S20C, SUS22, SUS27 について (S15C, S20C では焼なまししたものを含めて) 潤滑剤 OWS で押出比を 1.67 から 6.25 の間で変えて衝撃押出しを行なった。Fig. 2 に 600°C の場合, Fig. 3 に室温の場合の結果を, 片対数グラフの対数軸に押出比をとり, 縦軸に最大押出圧力をとってプロットしたものを示す。Fig. 2 からわかるよう

に 600°C の場合 S20C では実験点はうまく直線にのり, 最大押出圧力  $Q_{max}$  と押出比  $\gamma$  の間の関係は

$$Q_{max} = A + B \ln \gamma \dots \dots \dots (1)$$

であらわされた。そして押出比 3 ですでに最大押出圧力は 175 kg/mm<sup>2</sup> をこえている。これに対して SUS22 では, うまく実験点は直線にのっていないが, 一応最大押出圧力と押出比の関係は (1) 式であらわされるものと考えられる。

S20C と比べ Fig. 1 でもあきらかであつたように, はるかに最大押出圧力は小さいために押出比 4 でも押出しが可能であつたが, 押出比 6.25 ではポンチがつぶれてしまい押出圧力は測定できなかつた。

次に Fig. 3 の室温の場合, S15C では市販材のままのもの, および焼なましをしたものについても, 押出比 3 まで押出すことができ, 実験点はうまく直線にのり最大押出圧力と押出比の関係は 600°C の S20C のときと同じく (1) 式であらわせた。しかし S20C では焼なましを行なったものについても, 押出比 3 ではポンチがつぶれ, 押出圧力の測定はできなかつた。また SUS22, SUS27 については押出比 2 ですでに最大押出圧力が 150 kg/mm<sup>2</sup> 前後になつており, 押出比 3 では完全にポンチがつぶれることが考えられるので実験を行なわなかつた。S20C の焼なまししたもの, しなかつたもの, SUS22, および SUS27 のいずれについても実験点が押出比 1.67 と 2 の 2 点のみであるが, 最大押出圧力と押

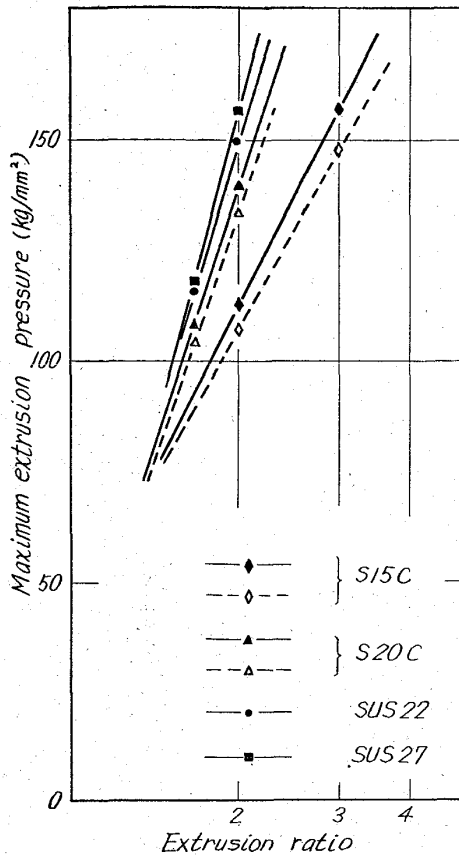
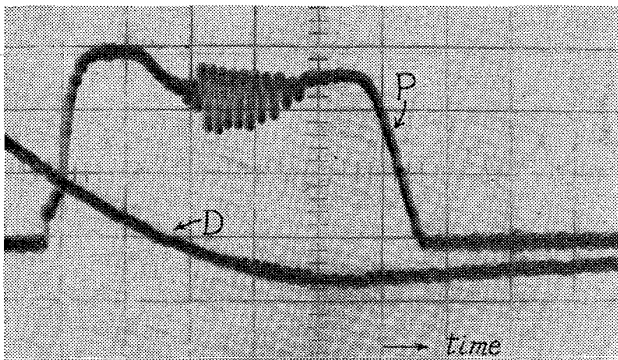


Fig. 3. Relation between maximum extrusion pressure and extrusion ratio. (Extrusion temperature: room temperature (20°C) Impact velocity: 7.1m/s, Lubricant: OWS).



Material: SUS27, Preheat temperature of billet: 700°C  
Extrusion ratio: 2, Impact velocity: 7.1m/s,  
Lubricant: OWS.

Photo. 2. An example of extrusion pressure (P) and relative displacement (D) vs. time curves.

出比の関係が S15C のときと同様 (1) 式の関係が成立つものと考えてそれぞれ二点を結んだが、直線を押出比 3 まで延長するといずれの場合も 180 kg/mm<sup>2</sup> 以上になり、押出しが困難であることがわかる。S15C, S20C で焼きなましをしたものはいずれの押出比についても若干焼きなまししなかつたものより押出圧力は小さくつており、その割合は押出される前の両者の硬度の割合に

かなりよくあつていた。

3. 押出圧力における異常現象

Photo. 2 に SUS27 を 700°C で押出した測定例を示す。この場合押出しの途中で押出圧力が振動している。この異常現象は Fig. 1 の衝撃速度 7.1m/sec, 押出比 2, 潤滑剤 OWS で押出した場合, S20C の 500°C, および SUS27 の 400, 900°C 以外の予熱温度のさいにあらわれた。また S20C では潤滑剤 hot forging compound B を用いた, 500°C, 550°C, また SUS22 で同じ潤滑剤で押出比 2 で 400, 500, 550, 600°C で押出した場合にもあらわれた。押出圧力に, Photo. 2 のような振動があらわれたものには, 押出されたものにびびつたあとがみとめられ, 振動の数とびびりの数と丁度一致しており, びびりが生じるために押出圧力が振動するものと考えられる。

IV. 結 言

室温から 900°C の温度範囲にわたつて, 鋼の衝撃押出しを行ない, 押出圧力, 相対変位を測定して考察を行ない, つぎのことがわかつた。

(1) 最大押出圧力には, 0.2% C 鋼では 500°C 附近にピークがあり, これは青熱脆性範囲に相当するものと考えられる。また 13% Cr 鋼では 850°C 附近に相変態によると考えられるピークがあらわれた。18-8 オーステナイトステンレス鋼の場合は室温から 900°C の間でこのようなピークはあらわれなかつた。

(2) ある押出条件のもとで, Photo. 2 に示したように押出圧力に振動が生じ, その振動の数は押出された材料の表面に残っているびびりのあとの数に一致していた。

文 献

- 1) 河田, 鈴木, 武内, 池田, 隈部: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 493
- 2) 河田, 鈴木, 武内, 池田, 隈部: 鉄と鋼(投稿中)
- 3) 河田, 武内, 池田, 隈部: 塑性と加工(投稿中)
- 4) 鉄鋼技術共同研究会編: 圧延理論と変形抵抗 (1960), p. 114 [誠文堂新光社刊]
- 5) 橋爪: 塑性と加工, 4 (1963) 34, p. 733

621.774.31621.777.0111621.777.0143

(179) ストレッチ・レデューサーにおける圧延トルクの測定結果について

住友金属工業, 鋼管製造所 No. 64341  
三瀬真作・高井岩男・井上陸夫・松木則夫  
〃 中央技術研究所 林 千博

On Measured Results of Rolling Torque in Stretch Reducing Mill. Photo-2053

Shinsaku MISE, Iwao TAKAI, Mutsuo INOUE,  
Norio MATSUKI and Chihiro HAYASHI.

I. 結 言

ストレッチ・レデューサーでは, パイプ絞り過程においてパイプ軸方向に引張り力を加えて圧延する。この引張力はロール回転数比を変えることにより変わり, それに応じて肉厚変化が定まる。この変形は長さ, 外径, 肉厚が変る 3 次元変形であり, また時には 20 数スタンド