

衝 撃 押 出 法 の 研 究 (第 9 報)

軟 鋼 の 冷 間 後 方 衝 撃 押 出 に つ い て *

五 弓 勇 雄 ** 鈴 木 壽 ** 多 田 強 **

Isao Gokyu, Hisashi Suzuki and Tsuyoshi Tada: Studies on Impact Extrusion (9th Report). On Cold Impact Extrusion of Steel. Studies on cold backward impact extrusion of 0.10% carbon steel were carried out. The results of the experiments were as follows: (1) As the result of testing various lubricants applied on zinc phosphate coating, lanolin and wax proved to be most effective. (2) Under the treatment with such lubricants, the limit of extruding reduction was approximately 50~60% on 20mm shells. The specific extrusion force in this case was about 250 kg/mm² or a little higher. (3) The curves of the impact extrusion force were closely similar to those of non-ferrous metals. Some physical properties of the extruded shells, including their hardness distribution, their microscopic structure, their texture upon extrusion, their tangential residual stress and their tensile strength were also studied.

(Received May 12, 1955)

I. 緒 言

著者らは前報までに亜鉛⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾アルミニウム⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾およびα-黄銅⁽⁸⁾などの衝撃押出について述べ、これら非鐵金屬における各種基礎的事項を明らかにして来た。本報では引き続き軟鋼の冷間衝撃押出の結果について述べる。著者の一人⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾は“金屬の冷間押出加工法”の一節として“鐵鋼の冷間押出加工”につき記述しておいたから、この方法に對する從來の進歩發達狀況および結果についてはこれを参照されたい。しかしこれら多くの報告もほとんどが方法の紹介に止まり、實質的な結論に乏しい點と、いまだ結晶學的觀點ならびに内部應力の點についての發表が皆無なこと、および工業化する場合の可能性を判断するため、わが國で始めて實驗を行い、衝撃押出力におよぼす潤滑劑の影響、加工限度および押出ケースの諸性質に關して基礎的な結果を求めた。

II. 試料および實驗方法

實驗用鋼は 0.10% C キルド鋼の熱間壓延棒を輪切にし、20 mm φ × 10 mm のものを作り、これを 900° × 40 min の燒鈍後爐冷して押出用素材とした。Table 1 には素材の分析値を掲げた。鋼の冷間押出における潤滑被膜には、燐酸鹽被膜および金屬被膜の 2 種が考えられ、就中前者が良好とされている。このため本實驗では押出用ブランクにはす

べてやゝ厚めに燐酸亜鉛被膜處理(ボンダーライト 32 使用)を行つた。そしてこの被膜上にグリス、ラノリン、ワツ

Table 1 Chemical composition of blank.

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
<0.10	0.40~0.50	<0.13	<0.030	<0.030	<0.20	<0.10	<0.10

クス、ボンダーリュウベ 235 などの潤滑劑を塗布して 15 IP クランクプレスにて冷間衝撃押出した。この際の回轉速度は 45 rpm、最大衝撃速度は 180 mm/sec であつた。衝撃押出力の測定には前報⁽⁷⁾⁽⁸⁾で述べた如き線歪計、および電磁オシログラフを併用する方法をとつた。かくして得られた押出力-時間曲線およびこれとほぼ相似と考えられる押出力-行程曲線から押出力におよぼす断面減少率、および潤滑劑などの影響を検べた。こゝに断面減少率はそれぞれ 53, 64, 74% (押出ケース側壁の肉厚はそれぞれ 2.8, 2.0, 1.4mm) とした。押出ケースの性質としては硬度分布、顯微鏡組織、聚合組織、殘留應力および抗張力などにつき試験した。

III. 實驗結果

1. 衝撃押出力

始めての鋼の冷間衝撃押出であつたゆえ、種々の點でその成否が危まれたのであつたが、上記の實驗方法により適



Fig. 1 Extruded shells (20mmφ) and blank. Reductions of shells are 74, 64 and 53%, respectively.

** 東京大學工學部冶金學教室

* 1955年 4 月本會東京大會に發表

- (1) 五弓, 鈴木, 本誌, 18(1954), 232.
- (2) 五弓, 鈴木, 本誌, 18(1954), 236.
- (3) 五弓, 鈴木, 本誌, 18(1954), 321.
- (4) 五弓, 鈴木, 三好, 本誌 18(1954), 375.
- (5) 五弓, 鈴木, 本誌, 18(1954), 379.
- (6) 五弓, 鈴木, 湯河, 本誌, 18(1954), 379.
- (7) 五弓, 鈴木, 進士, 本誌, 19(1955), 351.
- (8) 五弓, 鈴木, 本誌, 19(1955), 354.
- (9) 五弓, 本誌, 18(1954), A-172.
- (10) 五弓, 本誌, 18(1954), A-194.

切な条件下において充分可能であることが判つた。まず冷間後方衝撃押出法によつて得られた各断面減少率の押出ケースおよび押出用ブランクを Fig. 1 に示した。そしてこの種ケースの押出における衝撃押出力-時間曲線の一例をラノリン塗布の場合につき Fig. 2 に示した。これらの押

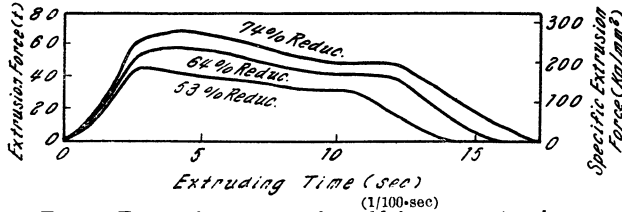


Fig. 2 Force-time curves in cold impact extrusion of steel shell.

出力曲線から次の事柄が明らかにされた。すなわちかかる断面減少率の範囲で鋼においても押出力曲線には最大、最小荷重点を有し、この傾向は既述の非鉄金属の場合と同様であった。また種々の潤滑剤を用いた場合も同様な曲線の形状を示し、最大荷重すなわち最大押出力は断面減少率の増加と共に増加した。なお押出所要時間は計算上 0.09 sec 程度であるが、各場合とも実際の變形時間はこの値よりも長時間を要し、断面減少率の増加と共に増大している。これは高荷重による機械のスリップなどの影響と考えられる。

次に押出力または比押出力におよぼす断面減少率または潤滑剤の影響を示せば Fig. 3 の如くなる。こゝに潤滑剤の影響は 3 種の場合につき例示した。これより潤滑剤としては、鑛物

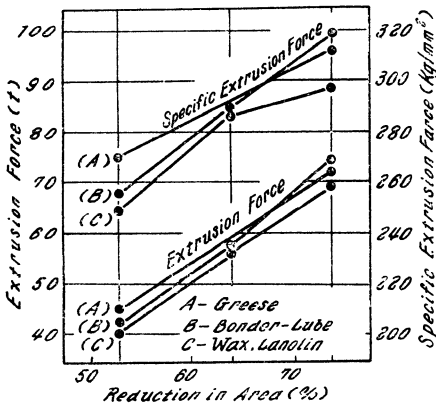


Fig. 3 Influence of lubricants and reduction on extrusion force. Zinc phosphate coating is used.

性のグリースが最も悪く、ラノリンはワックスと同程度乃至はやゝ良好であると結論された。良好な後者の場合であっても、比押出力にて 10 kg/mm² 程度の低下が認められるだけであつて、何れの潤滑剤にても著しい差はないようであつた。これは潤滑被膜として何れも磷酸亜鉛被膜を使用したためと思われる。なお比押出力は潤滑の良好な場合で、断面減少率それぞれ 53, 64 および 74% に對し、それぞれ 250, 290 および 300 kg/mm² 程度であつた。次に實

用的の 1 回の押出加工限度は工具の性能により左右されるが、工具の實用壓縮強度を凡そ 250 kg/mm² とすれば 50~60% と考えられた。かゝる結果は H. D. Heldmann⁽¹¹⁾ の各種鋼についての實驗結果とよく一致した。

2. 押出ケースの諸性質

押出ケースの硬度分布の一例を断面減少率 64%、肉厚 2.0mm のケースの側壁および底部について Fig. 4 に示した。側壁の断面硬度は内側より 0.5, 1.0, 1.5 mm の 3 層につきまた比較のために外表面より 0.05 mm、すなわちほぼ外表面の硬度とを併せて例示した。測定値は同一断面減少率のケースについてもやゝ差異が認められたが、概してポンチに接する内側はダイスに接する外側よりも硬化する傾向にあることが示されている。また何れの場合もケース頂部数 mm を除けばほぼ一定硬度値に達し、ブランクの初期の硬度値凡そ 100 VHN に對し凡そ 130~150 VHN の硬度上昇がある。またケース下部の硬度は特に内側の硬度が下り、外側の硬度に近づいている。これは測定位置が底厚の断面硬度となり漸次ダイス側に近接したためである。またケース内側が特に硬化することは押出變形機構から説明出来るのであつて、切線方向および半径方向の歪量およびパンチによる剪断歪量の何れも

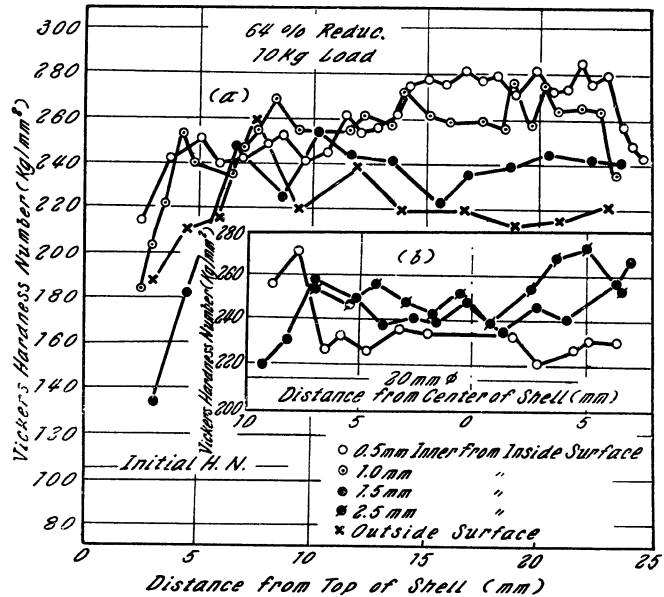


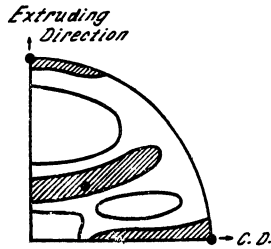
Fig. 4 Hardness distribution on section of wall (a), and bottom (b) of cold impact extruded shell.

がパンチに接する内側ほど大であるからである。次に底の断面硬度を底厚約 3 mm のケースにつき内側より 0.5, 1.5, 2.5 mm の 3 層につき測定した結果を Fig. 4 に併示したが、内側より外側の方がより硬化している傾向にある。これは側壁の硬度と逆であるが、パンチの尖端の形状に依存していると思われる。

次に押出ケースの顯微鏡組織であるが、押出方向または

(11) H. D. Heldmann, Stahl u. Eisen, 73(1953), 165.

流れ方向にはほぼ一様な流れ線が観察され、ケース頂部を除けばほぼ一様な組織を示し硬度測定値とよい対応がつけられた。なお結晶粒は板状に伸び半径方向に壓縮された如き形状を呈した。この押出の顕微鏡組織については T. E. Lloyd⁽¹²⁾ などが求めたものと同様なのでこゝには割愛した。次に側壁の聚合組織については AgK α , または FeK α 特性 X 線を用い詳細に検討して見た。この結果は Fig. 5



{110} Pole Figure

Fig. 5 Extruded texture in the wall of steel shell. {100} <110> orientation is shown by solid circles and this figure is similar to rolled one.

の {110} 極點圖に示す如き押出聚合組織となつた。これによれば押出方向およびケース側壁の切平面がそれぞれ壓延方向および壓延面に對應する壓延聚合組織 {100} <110> などに一致する聚合組織であることが明らかにされた。このように鋼の場合も押出聚合

組織が壓延聚合組織に一致することはすでに述べて來た各金屬についても同様であり、一般的現象であると考えられた。

ケースの側壁に沿う残留應力は前報⁽⁸⁾同様に Sachs の方法により調べた。圓周方向の應力 σ_t はケース長に沿うて、各断面減少率のケースにつき Fig. 6 に示す如き分布となつた。應力の符號は見掛上内側に張力、外側に壓縮力であつたが本圖より次のことが明らかにされる。

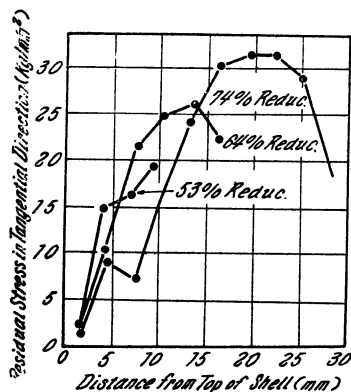


Fig. 6 Distribution of residual stress in tangential direction on the wall of shell. Length of shell reduced 74, 64 and 53% in area is approximately 32, 22 and 12mm, respectively. sign of the stress is opposite to one in drawn tube.

すなわちケースの高さのほぼ中央部に極大値を示し、かかる傾向は各断面減少率のケースについてほとんど同様であり、極大値は断面減少率の増加と共に増加した。そして断面減少率 74% にはおよそ 30kg/mm²

にも達した。以上ケース長に沿う圓周方向の應力分布傾向および應力の符號は黃銅⁽⁸⁾の場合にも共通であり、また他のアルミニウム管などにも見られるもので押出ケースにおける一般的現象と考えられた。なおかかる現象を引抜あるいは深絞りの場合に比べれば應力の符號は丁度逆の関係にあるようである。

最後に押出ケースの抗張力を調べた。ケース長のほぼ中央部の平均抗張力を測定したが、この結果押出前の粗材の抗張力 36 kg/mm²に對し、断面減少率それぞれ 53, 64 および 74% においてそれぞれ凡そ 56, 73 および 80 kg/mm² の値を得た。

IV. 總 括

0.10% C キルド鋼の冷間衝撃後方押出法につき衝撃押出力の測定、衝撃押出力におよぼす潤滑剤ならびに断面減少率の影響、また押出ケースの諸性質の測定など基礎的研究を行い、以下の如き諸結果を得た。

(1) 潤滑被膜として燐酸亜鉛被膜を使用したか、潤滑剤としては實驗範圍内にてラノリンおよびワックスが良好であつた。

(2) 燐酸亜鉛被膜を用いば他の潤滑剤を用いても比押出力は概して良好なことが判つた。

(3) 良好な潤滑處理下において直径 20mm ϕ ケースの軟鋼の實用的押出加工限度は工具の強度の點からほとんど 50~60% 内外であつた。これ以下の加工度では容易に冷間衝撃後方押出が可能であることが明らかにされた。

(4) 押出ケースの硬度分布は頂部を除けばほぼ一様であつて、内側が外側よりも硬化の傾向にあつた。これは押出變形機構から説明出来る。

(5) 顕微鏡組織は流れ線のよく發達したほぼ均一な組織を示し、頂部の粗粒組織は硬度分布とよく對應している。

(6) 残留應力の中圓周方向の應力は内側が張力、外側が壓縮力を示し、ケース長のほぼ中央に極大値を有する如き分布が認められた。そして應力の符號および分布の傾向は本加工方法における一般的な現象であり、極めて特徴的なもので、内壓のかかる容器としてはこのような應力分布は有効に作用すると思われた。

(7) 側壁の押出聚合組織は鋼においても壓延聚合組織 {100} <110> などと同一で、押出ケースにおける一般的現象であることを確認した。

(8) 側壁の抗張力は断面減少率 74% にておよそ 80 kg/mm² を示した。

最後に、試料の提供を受けた神戸製鋼所および衝撃押出實驗に協力された宮本工業會社の關係各位に感謝の意を表す。なお本研究費の一部は文部省科學研究費の補助によつた。

(12) T. E. Lloyd & E. Skopeccki, Iron Age, 164 (1949), 90.