日本金屬學會誌

第 19 卷

第 6 號

技術論文

衝撃押出法の研究(第7報) 衝撃押出力の測定*

五弓 勇雄** 鈴木 壽** 進士 公厚**

Isao Gokyū, Hisashi Suzuki and Kimiatsu Shinji : Studies on Impact Extrusion (7th Report). On Cold Impact Extrusion Forces. We had investigated the cold impact backward extrusion of metals such as lead, tin, aluminium, and zinc. The extrusion forces and the force-time curves were oscillographically measured by means of wire strain gauge method. The observed results were minutely compared with the one already obtained in static extrusion. The experimental results were as follows: (1) The shape of the impact extrusion force curves changed depending on the materials, but was almost analogous to the static one. (2) The limit of the extruding reduction was about 95 % on zinc but 95 % or more on lead, tin and aluminium. (3) The impact extrusion forces might become equal or less than the static one, if both the reduction and the rate of extrusion were increased. (4) The influence of the annealing temperature on the extrusion forces of aluminium was proved so remarkable that for blanks fully annealed the force was reduced to less than half of the values for unannealed samples. (5) In the case of zinc, the extrusion force was only slightly increased by annealing.

(Received December 27, 1954)

I. 緒 言

第 1~6 報^{(1)~(6)}においては亜鉛およびアルミニウムの圓棒および角型ケースの冷間後方衝撃押出に関する研究結果を述べたが、引き続き同方法により圓棒ケースを製造する場合の衝撃押出力の測定結果について述べる。従来衝撃押出力の測定は肉厚 1 mm 以上のものには行われた例⁽⁷⁾もあるが、1 mm 以下の薄肉のものに対しては未だ發表されていない。それ故かゝる場合の測定された衝撃押出力または押出力曲線などを静押出の結果と比較して考察し、種々重要な問題を明らかにし得た。

II. 試料および實驗方法

黄銅および鋼については後報にゆづるとして、本報では工業用純鉛、純錫、99.9 % 純度の亜鉛およびアルミニウムにつき實驗した。何れも 25×72×365 mm 鑄塊より

80.0 % 冷間壓延を行い、厚み 5.0 mm、直徑それぞれ 13, 20, 30 および 38 mm φ 等のブランクを作った。これ等各ブランクについて押出力測定を行つたが、30 mm φ ケースについてはケース肉厚を變化させて断面減少率の影響をも調べた。衝撃押出に使用したクランクプレスは Schüller 製 15 HP のものである。衝撃押出力および押出力曲線の測定には線歪計に電磁オシログラフを使用した (A 型振動子、共和無線製 K₁ ゲージ使用)。測定用ゲージはボンチ支持軸の軸方向に平行に貼附し、衝撃押出力をゲージの壓縮歪として測定した。かゝる方法により押出力と時間關係曲線を記録したが、他方壓縮力とオシログラフの振れとの關係は豫め片持梁を用いて求めておき、この補正直線より直ちに押出力の絶対値を算出出来るようにした。ゲージの貼附部断面積すなわちボンチ支持軸の直徑は押出力の大小により隨意換えられるようにし、この部分における壓縮應力は 60 kg/mm² 以下にて測定を行つた。

使用したプレスの諸常數より、押出されるブランクの厚み、押出速度、押出所要時間などの關係を計算した結果を Fig. 1 に示した。圖において縦軸はプレスの下死點より押出にあづかるボンチの行程すなわちブランクの押出加工される厚み、およびボンチ尖端がブランク表面に突當るときの瞬間押出速度、横軸は押出所要時間を示している。本實驗では押出力-時間曲線を測定したが、Fig. 1 からブランクの厚み 5 mm 以下においては押出行程と時間とは凡そ

** 東京大學工學部冶金學教室

* 1954 年 10 月本會新居濱大會に發表。

(1) 五弓, 鈴木, 本誌, 18 (1954), 232.

(2) 同上, 236.

(3) 同上, 321.

(4) 五弓, 鈴木, 三好, 同上, 375.

(5) 五弓, 鈴木, 同上, 379.

(6) 五弓, 鈴木, 湯河, 同上, 437.

(7) M. Dipper, Arch. Eisenhütt., 20 (1949), 9/10, 275.

直線的であるので、上記曲線は押出力-行程曲線と近似的に相似であると考えられた。この理由により以下には押出

Fig. 1 Relationship between punch travel, rate of extrusion and time of extruding. Lower curve S', punch travel-time curve actually observed.

力-時間曲線について述べることにした。たとえば厚さ 5 mm のブランクから底厚 1 mm のケースを作る場合にはポンチ先端がブランクに達した時はポンチ先端が死下点より 4 mm のところであるから、その瞬間押出速度は Fig. 1 から凡そ 140 mm/sec (圖中 v 点) となり、平均押出速度は大體 70 mm/sec となる。

静押出の際の押出力の大小および押出力曲線の形状は、同一外径のケースにおいてもその粗材の種類および履歴、ケースの肉厚、押出温度および速度、工具の形状、潤滑条件など多くの要因により影響されたので⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾、実験には深さ 5.5 mm のダイスに 2/100 の逆テーパを、またポンチ先端角隅は 1.5 mm の R を附するなど工具の形状を一定にし、また潤滑としては常にラノリンを使用した。

III. 実験 結果

上述の方法によりまず衝撃押出力-時間曲線を測定した。

Fig. 2 Observed force-time curves in cold impact extrusion of lead, tin, aluminium, and zinc.

Table 1 Observed specific extruding forces in cold impact extrusion of lead, tin, aluminium, and zinc shells. (unit, kg/mm²).

Dia of shell (mm)	Thicknees of wall (mm)	Metals Red. of area(%)	Pb	Sn	Al		Zn	
					As rolled	As annealed	As rolled	As annealed
13	0.16	95.1	37.2	49.8	96.0	83.2	142.5	155.0
20	0.28	94.5	32.6	50.0	101.0	77.2	165.0	170.0
30	3.32	63.6	10.0	24.4	36.3	33.1	86.5	86.9
30	0.35	95.5	30.0	41.0	—	—	—	—
30	0.18	97.6	23.1	38.4	70.7	61.8	136.5	156.0
38	0.5	94.8	23.5	—	—	—	—	65.2

その一例として Fig. 2 にそれぞれ鉛、錫、アルミニウム、亜鉛の 20 mm ϕ 、肉厚 0.28 mm のケースについて示した。他の寸法のケースについてもほぼ同様な傾向にあつたので以下本圖を考察することにする。圖より明らかにされる諸点を列記すれば次のごとくである。(1) 押出力曲線は何れも最高荷重を経て荷重の減少を示している。さらに押出を続ければ次に急増する傾向を示すであろう。このような衝撃押出力曲線の傾向は静押出の場合と同様で⁽¹⁾⁽⁴⁾あつた。しかし亜鉛においては最小荷重は最大荷重の凡そ 1/2 ~ 1/3 に降下して両荷重の差が著しく大となつている。かゝる結果は静押出にて見出されず衝撃押出にて特徴的であつた。これは亜鉛の場合衝撃押出加工時に再結晶し變形強度が著しく減少することに對應する。(2) また曲線の形状は同一寸法のケースの押出においても粗材の種類によつて異つてゐる。たとえば鉛、錫、アルミニウムなど、就中前二者にしてはやゝ丸みを帯びるが亜鉛にては極めて尖鋭となつてゐる。かゝる結果も静押出の際と同様であつて、結晶系の相違すなわち變形機構の相違と密接に關聯していることが判つた。(3) アルミニウム、亜鉛にては未焼鈍の場合およびアルミニウムは 400°×30 min、亜鉛は 150°×30 min にてそれぞれ焼鈍した場合を併示したが、アルミニウムにては焼鈍することにより押出力は減少し、かつ押出力曲線がさらに平滑となる。他方亜鉛にては未焼鈍材の方が焼鈍を行つた場合より押出力は約 2% 低下し曲線の形状に略々變化のないことが判る。これは未焼鈍材の方が加工時發熱大きく再結晶軟化速度も大なる爲であろう。この焼鈍材と未焼鈍材との比較の結果はアルミニウム⁽⁴⁾にて静押出の場合と同様な傾向にあり亜鉛⁽¹⁾にては逆の關係にあつた。(4) 押出に要する時間は 7/100 ~ 8/100 sec であつて計算値よりもおよそ 1/100 ~ 2/100 sec 大となつた。これはプレスのクラッチの送りなどが影響していると思われる。断面減少率 94.5% においてブランクの厚さ 4 ~ 10 mm のものに對し衝撃押出所要時間を測定した結果は Fig. 1 に併示した。これによれば同一断面減少率においても理想押出時間の増加とともに實際の押出時間の遅れが大となつてゐる。この時間の遅れは一般に上記の外断面減少率の増加とともに大となる傾向にもある。

Fig. 2 に示した何れの曲線も押出終了後すなわち

ポンチ先端が下死点を通つてから凡そ 1/100~2/100 sec 加圧されることが明らかにされるが、これは押出の際工具が弾性變形を行いこれが回復することに基いている。

以上衝撃押出力およびその曲線について述べたが、次に各種ケースの比衝撃押出力について記す。その測定結果の一例を Table 1 に示した。これによれば同一寸法のケースでは鉛、錫、アルミニウム、亜鉛の順に比押出力は増加し、前述のごとくアルミニウム、亜鉛ではブランクの焼鈍により押出力が變化している。なお同表第 3 欄を除いた断面減少率凡そ 95 % の 13~30 mm ϕ の押出の場合において亜鉛以外のケースにては比押出力 30~100 kg/mm² であつて容易に押出可能であることを示すが、亜鉛においては 140~170 kg/mm² となつてゐる。押出加工においては深絞り加工の場合と異り、加工率自体に限度はないが工具強度よりの限度がある。従つてこの種寸法の亜鉛ケースの衝撃押出では断面減少率凡そ 95 % が工業的衝撃押出の限度であることが判つた。一方鉛、錫、アルミニウムにては断面減少率を 95 % 以上にもなし得るわけである。

Table 1 における鉛、錫の 30 mm ϕ ケースにおいては、同一押出速度下にあつてケースの肉厚が 0.35 mm から 0.18 mm へ薄肉となり、断面減少率が增大すると衝撃比押出力は逆に減少することが示されている。これは断面減少率の増加により加工時の發熱が大で材料が高温になり變形強度がより低下したためである。Fig. 3 では鉛および

Fig. 3 Influence of rate of extrusion and thickness of wall on extrusion force.

を示した。低断面減少率にては押出速度大なる程押出力大であるが、ある程度薄肉となり断面減少率大になれば所要押出力は押出速度大なる場合何れも降下して、低押出速度における押出力に近似し、またはそれ以下となる傾向を示す。これは同一断面減少率において押出速度の増加に基き變形強度が前記した場合と同様に低下したためと考えられる。

かゝる現象はアルミニウムおよび亜鉛においても現れた。すなわち 13 mm ϕ 、肉厚 0.16 mm ケースを 0.1 mm/sec にて静押出しする場合、アルミニウムおよび亜鉛はそれぞれ凡そ 15 および 20 t の押出力であるが、140 mm

/sec の衝撃押出にてはそれぞれこれより 2~3 t 程度低い押出力にて衝撃押出が出来た。M. Dipper⁽⁷⁾ の外径 26 mm、肉厚 1 mm の鉛およびアルミニウムケースの押出(断面減少率 85 %)における結果ではアルミニウムにて 60 % 荷重増となつてゐる。一般に變形速度が早くなる程その材料の變形強度は増加し押出力は上昇するが、一方變形熱および摩擦熱は變形速度の早い程放散の暇がなく材料の温度を上昇せしめ、このため材料の變形強度は減少してゐる。衝撃押出に際してはこの相反する 2 因子が影響し合い上述のごとき結果が得られたもので加工度および變形速度が大なる時に押出力におよぼす衝撃押出の効果が著しくなるわけである。

最後にアルミニウムの衝撃押出力におよぼすブランクの焼鈍の影響について述べる。すでに觸れたごとくアルミニウムにてはブランク焼鈍の影響が著しいので、84 % 冷間延圧ブランクにつき調べた。焼鈍は 200~500° にて 40 min 行つた。この際の押出力曲線の形状は押出力小である程平滑であつて、衝撃押出力の變化は Fig. 4(a) のごとく

(a) in dynamic cold extrusion, (b) in static cold extrusion.
Fig. 4 Influence of annealing temperature of aluminium blank on extrusion force.

比較に便ならしめた。これらによれば、静的、動的何れの押出にても 350° 近邊の焼鈍にて押出力はまず最小値をとり、さらに高温焼鈍にて押出力が増加し 500° にて再び降下している。かくて焼鈍の押出力におよぼす影響は兩者略々同一傾向と考えられるが、衝撃押出においてはその影響が一層著しいことが明らかにされた。すなわち 500° 焼鈍にて衝撃押出力は未焼鈍の場合の凡そ 50 % 以下に降下し押出容易となる。従つてアルミニウムのこの種加工においてはブランクの焼鈍は極めて重要であり、特に 500° 以上の焼鈍は工具の寿命の点からも必要事であると考えられた。

IV. 總 括

鉛、錫、アルミニウム、亜鉛などにつき冷間後方衝撃押出実験を行い、押出力および押出力曲線を測定して次の諸結果を得た。

(1) 衝撃押出力曲線の形状は静押出の場合とほとんど同

であつた。20 mm ϕ 、肉厚 0.28 mm ケースの場合を (a) に、同圖 (b) には 13 mm ϕ 、肉厚 0.45 mm ケースの静押出の場合を掲げて

様であり、最大および最小荷重點を有する。また粗材により特徴ある形状を示した。

(2) 衝撃押出の加工率の限界は工具の変形の観点より、亜鉛にては断面減少率凡そ 95 % であるが、鉛、錫、アルミニウムにては 95 % 以上にもなし得ることが判つた。

(3) 衝撃押出所要力は押出速度および断面減少率の増加により、静押出所要力に同等乃至はそれ以下に充分なし得ると考えられた。

(4) 押出力におよぼすブランクの焼鈍の影響は実験範囲内にてアルミニウムが最も著しく、500° 焼鈍を行えば未

焼鈍の際の 50 % 以下に低下した。

(5) 亜鉛の場合は焼鈍材より未焼鈍材を使用した方がやゝ衝撃押出力は低下する。この事實は静押出における結果と相反した。この現象は加工時の再結晶と関連があることが判り、加工度および加工速度大なる場合は押出力に関しては焼鈍の必要は認められない。

最後に本実験の遂行にあたり、種々御協力と御便宜とを與えて下さつた宮本工業の宮本鬼外氏、田中沙男氏他關係各位に厚く感謝の意を表する。