研究報告

アルミニウム板の変形加工におよぼす 潤滑剤の影響について**

池野 尚志* 四津 新吉* 市井 収*

On the effect of lubricant upon the deformation of aluminium sheets
(UDC 539.52 : 621.891.2 : 669.715)

IKENO Takashi* YOTSU Shinkichi* ICHII Osamu*

The effect of lubricants upon the compressed deformation of aluminium Sheets was investigated by comparison with the already known coefficients of friction. It is found that MoS_2 gives the superior workability to the deep drawing of aluminium sheets and has an excellent effect to prevent the rupture, edge rumples, etc. during pressing.

(Received Aug. 25, 1958)

1. 緒 言

材料を変形加工する場合に変形の難易を支配するものは次の3つの因子である。すなわち、加工前の材料が有する変形抵抗の高低、変形によつて硬化するための変形抵抗の上昇および加工工具と被加工材の接触面における摩擦の大小である。同一材料を同一の条件で変形加工する場合には最後に掲げた摩擦の問題が大きい影響を与えることが考えられる。従来からいろいろの潤滑剤について摩擦係数は測定されており、一般に潤滑能は動物油>植物油>機械油であることは良く知られている。

本報告においてはアルミニウム板の深絞り加工に適した潤滑油を選定する目的をもつて一連の比較実験を行つて得られた結果を取纏めて述べる。

2. 実験方法

摩擦係数を測定する方法としてはいろいろ提案されているが、中空円筒を圧縮して分水嶺を求め、これから算出する方法が知られている¹⁾。本論文では摩擦係数を知るのが目的ではなく、加工変形に適した潤滑剤に見出すのが目的であるので、次のような試験方法によつてそれぞれの優劣を比較検討した。

実験に使用したアルミニウム板は工業用純度の2Sで厚さ2.5mmの焼もどし材からFig.1に示すようなリング状の試片を加工仕上げた。これらの板はトリクレンで脱脂され、試験用潤滑剤を塗布後、10tアムスラー型万能試験機で圧縮して、圧縮率(圧縮前の厚さを h 、圧縮後の厚さを h' とすれば $\frac{h-h'}{h} \times 100\%$)と各圧縮率に

Fig.1 Specimens. unit: mm

対応する圧縮応力(圧縮前の表面積を s 、測定時の荷重の読みを M とすると、 M/s kg/mm^2)を求めた。他方、圧縮後の試料の表面状態を比較するとともに、圧縮後の外径と内径の変化を測定して各潤滑剤による変化の相違を確めた。これらの試験によつて優良な結果を示した潤滑剤を実際の深絞り作業に適用して、現場作業的な優劣を決定した。

3. 実験結果

3.1 圧縮試験

3.1.1 圧縮率対圧縮応力の変化

Fig.2~5は圧縮率と圧縮応力との関係を取纏めて示したものである。圧縮率が大きくなるに従つて圧縮応力も大になつて行くが、同一量圧縮するに要する荷重は潤

** 昭和33年春期金沢大会講演

* 北陸軽金属工業株式会社

Hokuriku Light Metal Ind. Co. Ltd.

Fig. 2 Compression test (No.1).

Fig. 3 Compression test (No.3).

滑剤の種類によつて著しい相違が生ずる。また、圧縮率に従つて増加する圧縮応力の変化にも差があるのが認められる。

Table 1 は曾田* のデータから本実験に関係ある潤滑剤の摩擦係数を抜出して示したもので、Fig. 2 の結果は一応本実験において得られた圧縮率対圧縮応力の関

係曲線が Table 1 に示される摩擦係数の大小と相関していることが分る。すなわち、摩擦係数の小さい潤滑剤の場合ほど上記曲線は寝てき、しかも圧縮応力が減少して行くことが分る。摩擦係数 0.3 のスピンドル油と約 0.2 であるマシン油との間で極めて大きい差が生じ、それ以下の範囲では変化が緩徐になつてゐる。

なお、無潤滑の場合に比べてオスマー油ないし軽油の場合に圧縮率が大きくなると高応力を要する結果を得たが、その理由は明かでない。圧縮変形する場合には精製菜種油より粗製菜種油の結果が良く、全体的な傾向としては動物油>植物油>機械油という順位に分けられるが、正確

には摩擦係数の大小が主要因子であることがいえる。

Fig. 3 は摩擦係数 0.10 であるステアリン酸を 160# マシン油に添加して、その効果を検討した結果である。ステアリン酸添加量が多くなるに従つて潤滑効果が改良されて、6~24% 範囲ではほぼ落花生油の性能に近い値を示す。しかしながら、ステアリン酸を添加すると粘度が高くなり、取扱上余り感心しない。

Fig. 4 は潤滑剤として市販されている数種の試料に

* 曾田：「摩擦と潤滑」より引用した。鋼対鋼について T 型振子式試験機によつて求めたものである。

Fig. 4 Compression test (No. 2).

Fig. 5 Compression test (No. 4).

Table 1 Coefficient of friction

Lubricant	Coe. of friction	Lubricant	Coe. of friction
Non	0.46	60 # Mobile oil	0.16
Silicone	0.37	150 # Mobile oil	0.13
Water	0.38	Castor oil	0.16
Transformer oil	0.36	Soy bean oil	0.16
60 # Spindle oil	0.30	Rape seed oil	0.14
150 # Spindle oil	0.26	Palm oil	0.12
120 # Machine oil	0.21	Graphite	0.12~0.20
160 # Machine oil	0.18	MoS ₂	0.12~0.15
90 # Cylinder oil	0.19	Stearin	0.10
120 # Cylinder oil	0.19	Oleic acid	0.11

ついて同様の測定を実施した結果である。これらの結果から MoS₂ が圧縮率20~30%の範囲では牛脂よりも潤滑効果が大いことが分る。

高濃度の MoS₂ は取扱が簡単でなく、価額面からも相当高価につくので、160#マシン油に少量添加して実験を行った結果が Fig. 5 である。0.45%以上の添加によつて顕著な効果が認められ、圧縮率が40%にもなるとやや効果が減少するが、20~30%範囲では牛脂のそれに匹敵している。

3.1.2 圧縮試験後の試片形状の変化

Fig. 1 に示すようなリング状の試片は圧縮後に内径、外径の変化が生ずるが、その傾向は潤滑剤の摩擦係数の大小によつて相連する。すなわち、摩擦が全然ない場合には外径、内径ともに大きくなり、良くすべるが、摩擦が生ずる場合には摩擦係数の大小によつてすべりを妨げられる程度は異なるが、すべりが妨げられて、外径が大きくなる一方内径が小さくなるような変形を生ずる。従つて、その程度を測定して比較すれば、潤滑剤としての性能に対する大体の目安が樹てられる。

Fig. 6 は Fig. 2 の試料について外径と内径の変化率を測定した結果である。いずれの試料とも外径は常に増加しているが、その順序は摩擦係数の小さいもの程大きくなっている。しかるに、内径は摩擦係数 0.3 のスピンドル油までは小さくなつており、落花生油は変化せず、それ以下になると圧縮率が小さい場合には大きくなっている。外径変化の傾向と内径変化のそれは潤滑剤によつて比例的關係を示しているが、圧縮率が大きくなると内径の変化が小さい方向へ移動し、圧縮率が40%の場合には大抵の潤滑剤が内径縮少の変化を示していて、圧縮率が大きくなるに従つて油膜が切れて、潤滑能を失うようになることが分る。

3.1.3 圧縮試片表面状態の変化

試片の表面状態を支配する因子には潤滑剤ばかりでなく、圧縮材の表面状態が考えられるが、ここでは同一材料を使用したので、表面状態の変化は潤滑剤の相違によつて起つたものと考えて良い。

圧縮試験後の試料とその表面を拡大して比較した結果

Fig. 6 Compression test.

を **Photo. 1~4** に示す。一般的傾向としては摩擦係数の大きい油の場合ほど表面は金属光沢を有して、艶が良い。摩擦係数の小さい油になるほど光沢がにぶつて来る。試料表面を拡大してみると艶のあるものではすべりキズが粗く、かつ太く不均一であるが、艶のない試料では細かいキズが平均して一様に生じていることが分る。

Photo. 1 に示す試料が艶の良い範囲に属している例で、**Photo. 3~4** が後者の状態を代表している。摩擦係数が大きく、外径の拡がりの小さいもの程、すべる距離は小さくなり、圧縮用に使用した当て型の艶が映つるものと解せられる。**Photo. 5** は160#マシン油に MoS_2 を添加して行つた場合の結果で、0.37%ではまだ太いすべりキズが生じているが、0.56%以上添加した試料ではそれらは顕著に減少している。従つてすべりが良いと判断される。

3.2 実際に深絞りを行つた結果

以上の圧縮試験によつて減摩能力の大きい潤滑剤が選択可能であるが、それらを実際の深絞り作業に使用した場合に期待される効果が得られるかどうかを確かめて置く必要がある。

ここでは全部の結果を挙げることは必要でないので、比較的減摩能が良く、しかも取扱い易い MoS_2 を使用した場合の結果を160#マシン油の場合の結果と対称して例示して置く。

同一絞り型を使用して絞つた結果の一例が **Photo. 6~7** で、 MoS_2 を使用する場合には鋸押えを強くしないと **Photo. 6** (普通の絞り工程による) に示す160#マシン油の細果と等しくならない。**Photo. 7** (鋸押えを強くして絞つた結果) に示す MoS_2 の場合と同じ鋸押え間隙で160#マシン油を使用して絞ると絞り切れが生じて製品にならない。しかし、**Photo. 6~7** から分るように同一素材を絞つても MoS_2 を使用すると耳の発生がやや強くなるが、端鋸は MoS_2 を使用すると殆ど発生しな

Photo. 1 Surface after compression.

Photo. 2 Surface after compression.

Photo. 3 Surface after compression.

Photo. 4 Surface after compression.

Photo. 5 Surface after compression.

Photo. 6 Deep drawing in ordinary conditions.

MoS₂ 45%MoS₂ 7%

160 # Machine oil

Photo. 7 Deep drawing in the same conditions.

160 # Machine oil

160 # Machine oil + MoS₂ 0.47%160 # Machine oil + MoS₂ 0.77% 160 # Machine oil + MoS₂ 0.37%160 # Machine oil + MoS₂ 0.56%160 # Machine oil + MoS₂ 1.12%**Photo. 8** Surface rumples after deep drawing.

い。

端皺のみを示すと **Photo. 8** のようで、160 # マシン油に MoS₂ を0.5%以上添加することによつて著しい平滑面を出すことが可能であることが分る。0.3~0.4% MoS₂ 添加では充分でなく、また濃厚な MoS₂ 液を使用する必要もないことが実用化試験の結果判明した。この場合の摩擦係数は牛脂のそれにほぼ匹敵することはすでに述べた通りである。脱脂面においても MoS₂ 添加の影響は問題にならない。

4. 総 括

圧縮変形する場合の各種潤滑剤の効果を検討し、従来判明している摩擦係数との関係から減摩能を比較した。

圧縮試験によつて優れた減摩能を示した MoS₂ について実際に深絞り加工を行い、深絞りの際の絞り切れや皺発生等の現象に対して相当顕著な効果が期待できることを確めた。その他の潤滑剤についても同様の検討を与えることによつてその優劣を判定することができるが、本論文では MoS₂ についての論議に止め度い。

文 献

- 1) 久能木; 科学研究所報告, 30 (1954), 63.