

管端スピニング加工に関する研究 (第1報)

加工性に関する基礎的研究

岡村 俊一*・田中 秀穂**

(受理 昭和42年5月31日)

EXPERIMENTAL STUDY FOR TUBE END SPINNING (Report 1)

Practical Experiment of Workability

Shunichi OKAMURA* and Hideho TANAKA**

Tube End Spinning process has developed on the grounding of experiences in the work. This is the method of shaping tubular stock without the application of external heat during the shaping operation which consist in simultaneously relatively rotating the stock and a shaping tool about the axis of the tool while relatively moving the tool and the stock toward one another and while the stock is so heated by shaping tool with longitudinal relief area. Experimental results about torque, thrust and temperature are obtained by using several kinds of conical shape dies and copper tubes, are showing that the portion of relief area on the face of shaping die is so influence on the workability.

1. 緒言

管の一端、または両端を絞つたり、逆に押し上げたりするような場合、従来はスウェージング加工、プレス加工、または、へら絞り加工などによつてきたが、これに対してここに紹介する加工法は、図1に示すよ

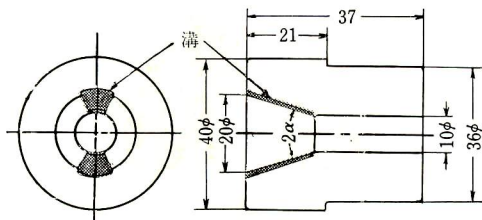


図1 ダイ形状

うな内壁面の一部に、母線方向に沿つた溝を有するダイスを高速回転せしめ、それに管の一端、または両端を押し付け(図2)、ダイスと試料間の接触摩擦による発生熱で試料を軟化させ、瞬時にして、管端を所定の形状に成形しようとするものである。これは、非常に能率的で、且つ、どのようにでも絞り比を高められる画期的な冷間加工法である。これを管端スピニング加工法と名づけることにする。

* 鹿児島大学工学部機械工学教室・教授

** 鹿児島大学工学部機械工学教室・講師

本加工法は、すでに、経験的基礎に基づいて一部実用化され、砲弾の加工、あるいは、冷凍機用ストレーナー、ドライヤーなどの部品加工にもちいられている。しかしながら、本加工法に関する実験データ、塑性学的解析は何ら見当たらない。しかも、本加工法のごとく、変形過程における著しい温度変化を伴う塑性変形は、変形抵抗が変形中に著しく変化するために、塑性学的解析は複雑となり、極めて困難となるが、これを解明することは、金属塑性加工においては、非常に重要な問題である。また、近時、注目され発展してきた高速度高エネルギー塑性加工法における、蓄熱現象を解明する一手段として考へうる問題である。

そこで、本報告は、その理論的考察を進めるための前提として、銅管を円錐形に絞る場合の種々の加工条件による加工現象について、実験した結果を報告するものである。即ち、ダイスの頂角および内壁の溝面積ならびに回転数および試料送り速度について、各々を変化せしめる場合の加工抵抗および温度変化を求めるとする。

2. 実験装置および実験方法

i) 実験に使用した機械は、図3に示すように、旋盤(桐生機械KK製、LE型750、120~3000 rpm、5 HP)で、その工具送り台を取りはづし

ii) その上に、図4に示すような自製の動力計を

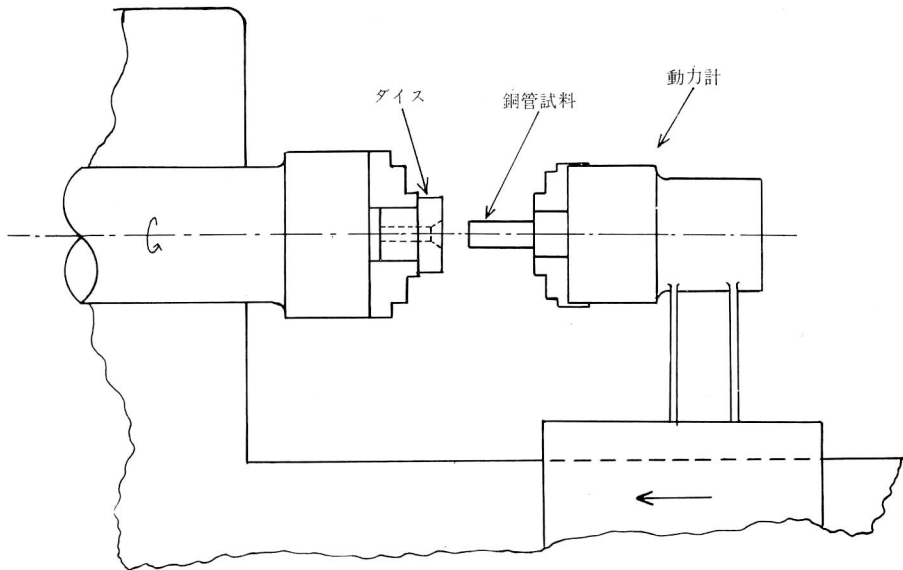


図2 加工装置略図

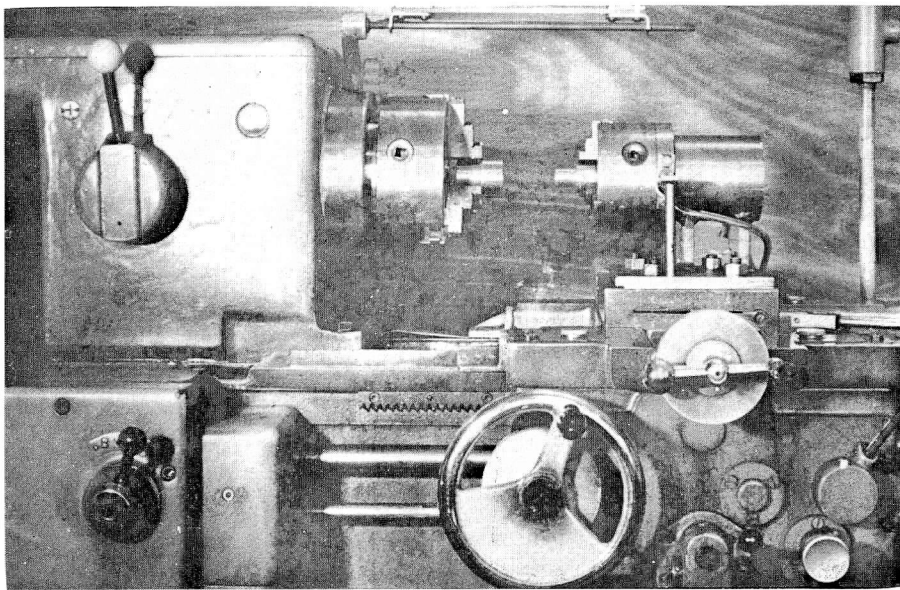


図3 加工装置

取付け、動歪み計（新興通信製，DS6-RJ型）にて、トルク（ P_0 kgcm）、試料の送り方向のスラスト（ P_2 kg）を測定し、それを直記式電磁オシログラフ（横河電機製作所製，EMO-62型）に記録せしめた。

iii) 温度の測定は、図4の中に示すよう、銅管試料の内壁面に0.4mmφのアルメルクロメル熱電対を

バネで固定し、同一円周上の3点を同時に測定し、それを電磁オシログラフに記録せしめ、その最高温度を採用した。

iv) 試料として、もちいた銅管は、表1のとおりのもので、トリクレン洗滌を施し脱脂してある。

v) 使用したダイスはSKD4で、図1に示すとお

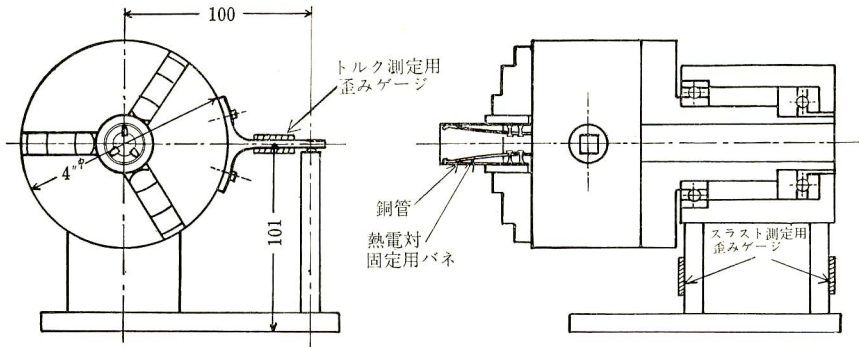


図4 自製動力計

表1 供試銅管

品 種	脱酸銅管 1 種 硬質
寸 法	19.05 ϕ ×0.635×約48
成 分	Cu・99.94% P:0.012%
引張強さ	41.6kg/mm ²
硬 度	92 H _R (F)

りの円錐形ダイスで、その頂角(2 α)を30°、45°、60°の3種とし、またダイス内壁面に円錐母線に沿って、深さ約0.7mm程度の溝を互に対称の位置に配し、溝の大きさはダイス内壁の全面積(A)に対する

溝の面積(A')の面積比($Ar=A'/A\times 100\%$)で表わし、 $Ar=12.5, 25, 50, 75\%$ の4種類とした。

vi) 加工条件としては、ダイス回転数(N_D rpm)を1220, 1930, 3000 rpmとし、それぞれについて試料の送り(f_w mm/rev)を0.1, 0.23, 0.5 mm/revの3種を選んだ。

3. 実験結果および考察

実験結果を図表にすれば次のとおりであるが、ここでは表1に示した銅管を10mm ϕ に絞る場合について、バラツキをなるべく少なくするため、全絞り量に対する80%のときの測定値を採用した。

なお、接触形式による熱電対の測温では、追従性が

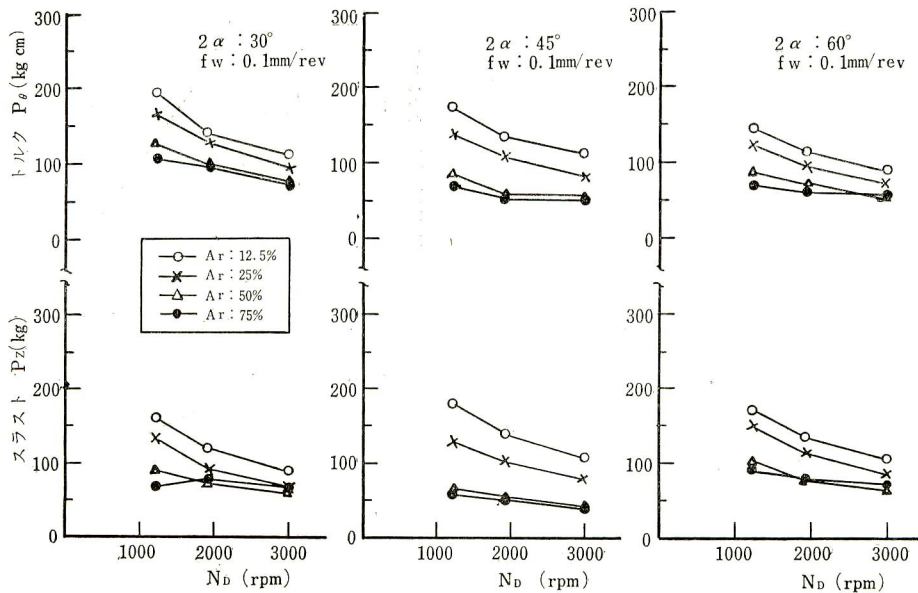


図5 ダイス回転数(N_D)と加工抵抗(トルク P_θ , スラスト P_z)の関係

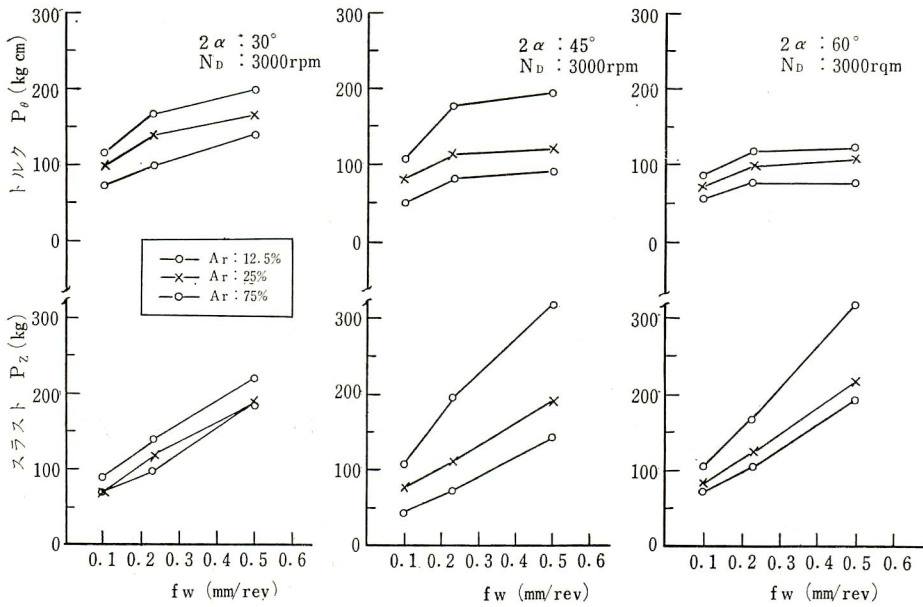


図6 送り速度 (f_w) と加工抵抗 (トルク P_θ , P_z) の関係

悪く、加工変形中の瞬間温度の絶対値をうることはできなかつたが、相互の温度変化を比較することはできた。

3-1. 加工抵抗について

i) ダイス回転数 (N_D) の影響

図5にダイス回転数 (N_D) をかえた場合のトルク (P_θ), スラスト (P_z) の変化を示す。

トルク (P_θ), スラスト (P_z) ともに、ダイス回転数 (N_D) の増加につれて減少するが、これはダイス内壁面と試料間の接触摩擦熱が回転数の増加につれ、増すため、試料の軟化を来たしたものである。

また、ダイスに設けた溝が大きくなるにつれ、回転数による差が少なくなってくるが、これは溝の面積比 (Ar) が大きくなると、iii) で述べるように、ダイスと試料間の単位面積当たりの接触圧力 ($k_m \text{ kg/mm}^2$) が大きくなり、温度による試料の軟化よりも、その影響の方が大きいためと思われる。

ii) 試料の送り (f_w) の影響

図6に試料の送り速度 (f_w) をかえた場合のトルク (P_θ), スラスト (P_z) の変化を示す。

スラスト (P_z) は、送り速度 $f_w = 0.1 \text{ mm/rev}$ のときいずれも小さく、送り速度の増加につれ増加する。これは、図7に示すよう送り速度の増加につれ、発生温度は低くなるため、試料の軟化度が低くなると

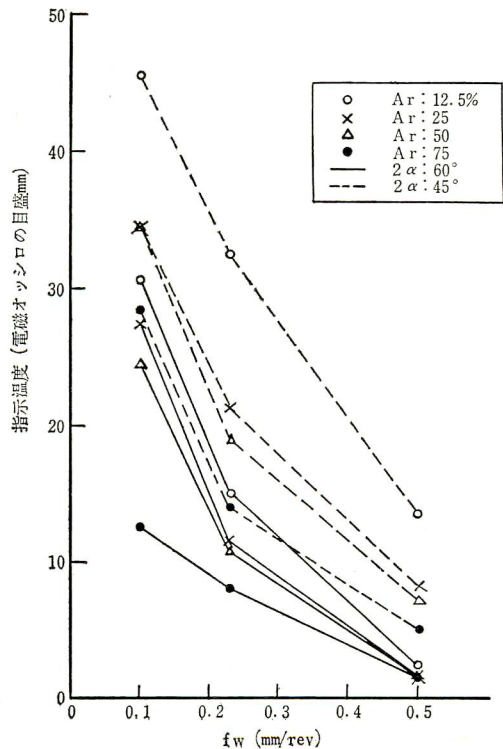


図7 送り速度 (f_w) と温度の関係

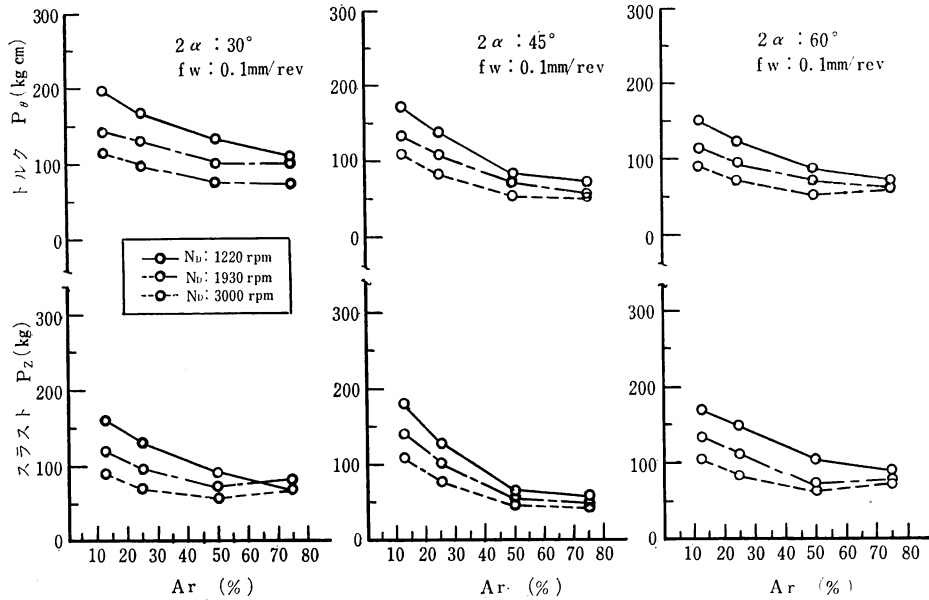


図 8 溝の面積比 (Ar) と加工抵抗 (トルク P_θ , スラスト P_z) の関係

同時に、ダイス1回転当りの加工量がふえるためである。

トルク (P_θ) については、やはりいずれも送り速度 $f_w=0.1 \text{ mm/rev}$ のとき最小で、 $f_w=0.23 \text{ mm/rev}$ までのトルク (P_θ) の増加にくらべ、 $f_w=0.5 \text{ mm/rev}$ のときのトルク (P_θ) の増加は小さく、特にダイス頂角 (2α) が 60° のときは、送り速度 (f_w) が 0.23 mm/rev のときと、 0.5 mm/rev のときはほとんど同じである。このように、スラスト (P_z) の増加にもかかわらず、トルク (P_θ) が増加しないのは、摩擦係数が温度によつて変るためと思われる。

iii) 溝の面積比 (Ar) の影響

図8にダイス内壁に設けられた溝の面積比 (Ar) をかえた場合のトルク (P_θ)、スラスト (P_z) の変化を示す。

溝の面積比 (Ar) が大きくなるにつれ、図9でわかるよう、発生温度は低くなるにもかかわらず、図8ではトルク (P_θ)、スラスト (P_z) とともに、溝の面積比 (Ar) が大きくなると減少してくる。また、いずれも溝の面積比 $Ar=50\%$ からは、その減少の割合がゆるやかとなつている。これは、発生温度による試料の軟化もさることながら、ダイスと試料間の単位面積当りの接触圧力 (k_m) が、溝の面積比 (Ar) によつて変るため、その影響の方が大きいと思われる。図10にて

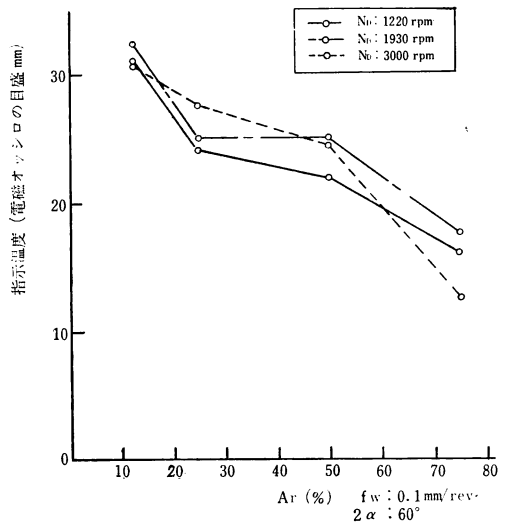


図 9 溝の面積比 (Ar) と温度の関係

わかるよう、溝の面積比 (Ar) が 50% までは、単位面積当りの接触圧力 (k_m) があまり変らないが、 $Ar=75\%$ になると急に大きくなつている。

図11に加工部と非加工部との硬度差の1例を示すが、これからもわかるよう、溝の面積比 (Ar) が大きくなると、その差が小さくなることより、溝の面積比 (Ar) が大きいと、あまり温度の影響をうけていない

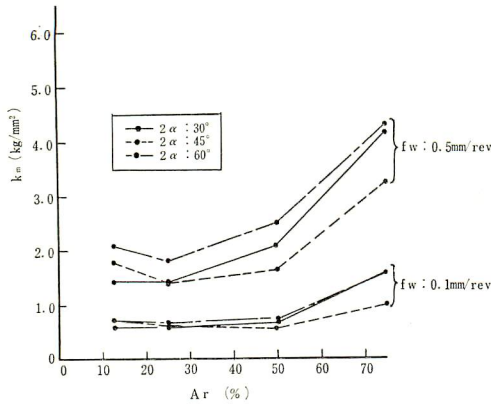


図10 溝の面積比 (A_r) と単位面積当り接触圧力 (k_m) の関係

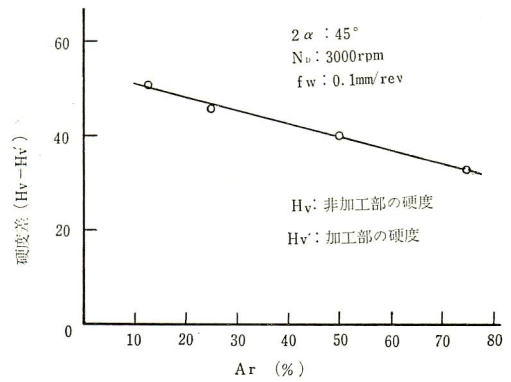


図11 溝の面積比 (A_r) と硬度変化

ことがわかる。

iv) ダイス頂角 (2α) の影響

図12にダイス頂角 (2α) をかえた場合のトルク (P_θ), スラスト (P_z) の変化を示す。

溝の面積比 (A_r) が12.5%のときだけ、 $2\alpha=45^\circ$ でトルク (P_θ), スラスト (P_z) とともに最大で、他はいづれも逆に $2\alpha=45^\circ$ で最小となつている。これは温度との関係が深いものと思われるが、ダイス頂角 (2α) が異れば、当然加工速度、加工時間も異なるため、一概に温度の影響だけで論ずるわけにはいかな

い。

3-2. 所要動力について

図13は測定したトルク (P_θ), スラスト (P_z) より計算した所要動力 ($K_{02}kw$) の1例である。図でもわかるように、ダイス頂角 (2α) が小さい方が、試料とダイスとの接触面積が大きくなるため、所要動力 (K_{02}) が大きくなる。また、溝の面積比 (A_r) が大きくなると、所要動力 (K_{02}) が小さくなるが、特に $A_r=75\%$ のときが小さくなり、 $A_r=25\%$, 50% のときは、所要動力 (K_{02}) には差異が認められない。

次に、図14に所要動力 (K_{02}) 中に占める、トルク

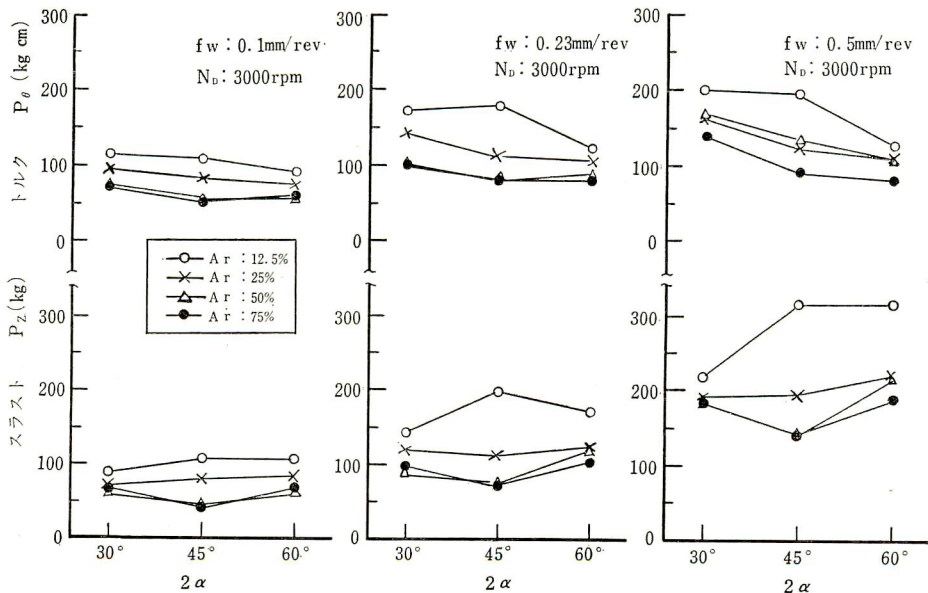


図12 ダイス頂角 (2α) と加工抵抗 (トルク P_θ , スラスト P_z) の関係

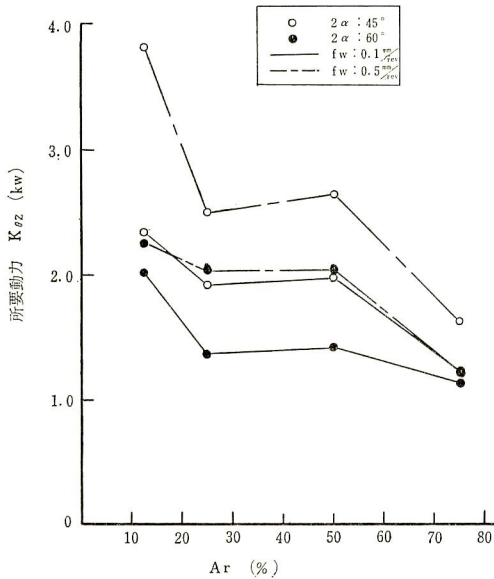


図13 溝の面積比 (Ar) と所要動力 (K_{θz}) の関係

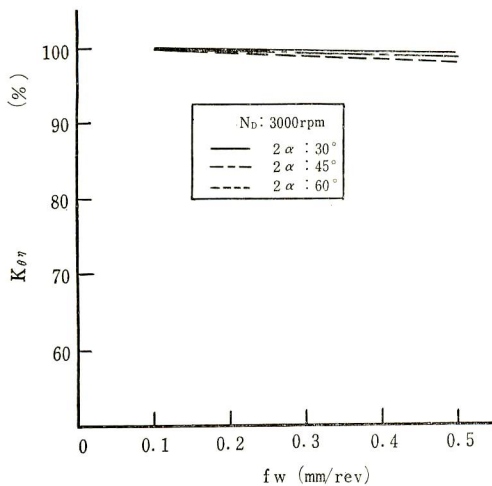


図14 所要動力中に占める K_θ の割合

(P_θ) による動力消費の割合 (K_θ%) を示す。

但し、

$$K_{\theta\%} = K_{\theta} / K_{\theta z} \times 100\% = K_{\theta} / (K_{\theta} + K_z) \times 100\%$$

ここで K_θ : P_θ より計算した所要動力 (kW)

$$K_z : P_z \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \text{''} \quad \text{''}$$

図でもわかるように、本加工法における動力消費は、トルク (P_θ) によつて、そのほとんどが占められ、スラスト (P_z) による割合は、試料の送り速度 f_w = 0.5 mm/rev のとき、せいぜい 2 ~ 3 % 程度で問題に

ならない程小さい。従つて、本加工において動力消費を考えるとときは、トルク (P_θ) のみによつて考慮しても差しつかえないものと思われる。

4. 結 論

以上、本実験により、従来、現場作業経験に基く諸現象を、一応の加工条件と加工抵抗の關係にまとめることができ、ある程度の規則性を見出した。

特に、本実験では、

1. ダイスに設けた溝の作用が、本加工法の主体をなすもので、溝の面積比 (Ar) が大きくなるにつれ、発生温度が低くなり、トルク (P_θ)、スラスト (P_z) とともに減少し、Ar=50% に至り加工性が安定する。

2. ダイス回転数 (N_D) が増加するにつれ、トルク (P_θ)、スラスト (P_z) とともに減少し、N_D=3000 rpm においてほぼ安定するが、溝の面積比 (Ar) が大きい程、ダイス回転数 (N_D) の影響が小である。

3. 試料の送り速度 (f_w)、即ち、加工速度が大きくなる程加工抵抗は大となるが、トルク (P_θ)、スラスト (P_z) の關係は必ずしも比例しない。この現象は、温度の変化とも併せて考えられ、本加工法の本質に基くものと思われる。

4. ダイス頂角 (2α) の影響は、溝の面積比 (Ar) の小さい加工性の不安定な場合を除き、2α=45° で最小の加工抵抗を示す。

5. 試料の送り速度 (f_w) がはやく、また溝の面積比 (Ar) が増加するにつれて、発生温度が低くなる。

あ と が き

1. 試料の送り速度 (f_w) に対する、トルクの変化割合は小さく、回転エネルギーは発熱による変形抵抗の変化を起因せしめるものであつて、変形仕事はスラストにより表わされることは、本加工法の本質を示すものである。

2. 1秒以内に 800°C 以上に急熱されることが目視されるにもかかわらず、熱電対を使用する接触型の測温形式では、試料の高速変形、ならびに応答時間の遅れとあいまつて、変形過程に追隨する測温ができない。

3. 回転接触摩擦によつても、試料とダイスの焼付現象を起すことなく、また試料の半径方向のくり返し応力変動による、内部摩擦が予想される本加工法におけるダイス内壁面の溝の作用を、今後、基礎的実験によつて究明することが必要である。