アルミニウムおよびアルミニウム合金の穴あけに おける加工精度の研究*

—拡大しろについて—

結城 明泰**・長谷川嘉雄***

Studies on hole accuracy in drilling of aluminum its and alloys

Dimensions of hole oversize

UDC 669, 715—12 : 621. 9. 015

YUKI Akiyasu** and HASEGAWA Yoshio***

The normal drill grinder with a stepped ground point drill having a chisel edge angle of 90° can drill smaller dimensions of oversize of holes than with the conventional chisel point drill.

However, the optimum condition of drilling aluminum and its alloys by using the drill of the former type is still unknown. This paper discusses the effects of drilling conditions and the shapes of drill points on the dimensions of oversize of holes for materials of 5 kinds of F-metals; 1S, 2S, 17S, 52S, and 61S.

The principal results obtained were as follows.

(1) In dry drilling (with no cutting fluids), the dimensions of the oversize were arranged in ascending order of $17S < 52S < 61S < \text{aluminum}$.

(2) In drilling of aluminum, the point angle was obliged to be smaller for decreasing the dimensions of oversize. In drilling of aluminum and its alloys, the pointed chisel drill was effective in decreasing the dimensions of oversize.

(3) In dry drilling of aluminum, the dimensions of oversize were decreased with the increase of feed, but were little affected by cutting speed except for the case of 1S.

(4) The effects of cutting fluids on dimensions of oversize were sometimes different between drilling of aluminum and its alloys. However, emulsions were effective in drilling of the both materials.

(Received July 14 1969)

1. 緒 言

ドリルによるアルミニウムおよびアルミニウム合金材の穴加工では構成刃先の付着と歩行現象の発生のために穴加工精度の上からまだ問題が多い。しかるに穴の位置ぎめを数値制御により行なう場合にはブシュを用いないで精度のよい穴をあけることが要求されてきている。穴加工精度のうち穴の拡大については、拡大しろを小さくする方法としてスパイラルポイントあるいはラジアルリップにする方法もあるが、いずれも特殊な研削盤を必要とする。

特殊研削盤を用いずに精度のよい穴加工をする一つの方法として正円すい研削法でのみ刃角が 90° になるように研削し、つぎにのみ部をある長さだけ残して逃げ面を前とは異なった研削姿勢で再研削すると、ドリルのくい

つき時に生ずる歩行現象をなくし、穴の拡大しろを小さくすることができる¹⁾。この場合のドリル形状は逃げ面に段がつくので、これを段付研削ドリルと呼ぶことにする。穴の拡大しろの研究は鋼材についてはわずかにあるが^{2), 3)} アルミニウムおよびアルミニウム合金材についてはほとんど行なわれていない状態である。そこで、本研究ではこの段付研削ドリルをアルミニウムおよびアルミニウム合金材に対して適用する場合の先端形状、切削条件などについて研究した。

2. 実験装置と実験方法

実験には卓上ボール盤 (回転数 106~1625 rpm の 8 段, 送り 0.09, 0.13 および 0.18 mm/rev の 3 段) を用い、被削材は切削動力計の上に取りつけた。切削動力計は中空円筒形で円筒部に抵抗線ひずみ計をはり付けてあ

* 本報は軽金属学会第36回春期大会 (44-5-14) にて講演

** 大分大学教育学部 (大分市) Faculty of Education, Oita University (Oita)

*** 大阪大学工学部 Faculty of Engineering, Osaka University

り、トルクとスラストを測定できる。**Photo. 1**は使用工作機械と実験装置を示す。

被削材としてはアルミニウム板 1 SF および 2 SF, アルミニウム合金板 17 SF, 52 SF および 61 SF の 5 種類を用いた。ともに, F 材で厚さ 8 mm である。その化学組成は **Table 1** に示すとおりである。また, 機械的性質については **Table 2** に示すように引張強さ, せん断強さおよびかたさはともに 17 SF, 52 SF, 61 SF, 2 SF, 1 SF の順に小さくなっているが, 52 SF と 61 SF の差はわずかである。これら材質のばらつきは小さく, 穴の拡大しるには影響はないものと考えられる。

穴の拡大は切削初期の歩行現象によるものが最も大きい。これを防止するにはのみ刃角を 90° にし歩行を拘束することが有効とされているが, この際, 正円すい研削法ではのみ部における切くずの排出がわるく, スラストが非常に大きくなる。そこでのみ部における切くずの排出をよくするために, のみ部をある長さだけそのまま残して逃げ面を前とは異なった研削姿勢で再研削する。

Fig. 1 はチゼルポイントドリル (のみ部普通型) とこの研削法によるドリルのドリル先端の形状を比較したもの

Photo. 1 Drilling apparatus.

である。図からわかるように, 二段に研削すると逃げ面に段が付くので, ここでは緒言で述べたように段付研削ドリルと呼ぶことにする。この場合のみ刃は大きい円弧状になるが, のみ刃の先端を角すい状にとがらせることもできる。本研究では 3.1.3 項を除きすべてのみ刃は **Fig. 1 (b)** に示す円弧状とし, のみ刃角はとくに断わらないかぎりすべてのみ部付近で 90° , 切刃逃げ角は 12° , のみ刃偏心は 0 である。

実験は主として乾式で行ない。湿式による場合は 3.2.3 項以外はすべて水溶性エマルジョン型切削剤を 30 倍にうすめて使用した。穴の径の測定はテストインジケータと微動載物台とを組み合わせ直交 2 方向について測定してその算術平均値をとり, さらに, くいつき位置, 構成刃先などによる測定値のばらつきも考慮して 3 個の穴の算術平均値をとった。測定位置は板の面より 1 mm の深さである。拡大しるとは穴の径とドリル先端の径との差で 3.3 節を除き穴入口側の値をとった。

3. 実験結果と考察

3.1 ドリル形状の影響

3.1.1 のみ部切くず接触長さの影響

のみ部の段の部分を表わすのにのみ刃の端で測定した **Fig. 1** に示す長さ l' を用いるものとし, これをのみ部切くず接触長さと呼ぶことにする。ねじれ角 40° , ウェブのかたより 0 のドリルで各被削材を穴あけしたときの拡大しるならびにトルク, スラストにおよぼすのみ部切くず接触長さ l' の影響をしらべたものが **Fig. 2** である。図からわかるように, l' の減少にともない, スラストは減少するが, トルクはアルミニウム合金ではほとんど変

Table 2 Mechanical properties of workpieces.

Material	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Vickers hardness (kg/mm ²)	Shearing strength (kg/mm ²)
1 SF	7.1	43.0	23	6.9
2 SF	8.2	40.4	30	7.5
17 SF	35.7	19.0	105	24.2
52 SF	19.2	27.6	52	14.6
61 SF	17.6	21.2	50	14.3

Table 1 Chemical compositions of workpieces. (%)

Material	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al
1 SF	0.02	0.10	0.28	Tr	Tr	Tr	—	0.01	99.59
2 SF	0.11	0.12	0.56	Tr	Tr	Tr	—	0.02	99.19
17 SF	3.86	0.13	0.24	0.55	0.65	Tr	0.02	0.02	Bal
52 SF	0.08	0.10	0.23	0.01	2.45	Tr	0.22	0.02	Bal
61 SF	0.18	0.59	0.17	0.04	1.00	0.02	0.07	0.02	Bal

化しない。このとき拡大しろはスラストが小さい $l' = 0$ の近傍で大きくなる傾向を示している。また、 $l' = 0$ でスラストが増加することもあるが、これはのみ部に切くずが溶着するためである。図では拡大しろは 17SF, 52 SF, 61SF, 1SF, 2SF の順に大きくなっているが、52SF と 61SF および 2SF と 1SF は切削条件により逆になることもある。

ウェブのかたよりがある場合は Fig. 3 のようにスラストが減ると拡大しろは大きくなる。これは歩行現象を誘発しやすくなるためで、このような場合は l' を大きくとりスラストを少し増加させることにより拡大しろを

小さくすることができる。図のねじれ角 27° 、ウェブのかたより 0.01 mm の場合にはのみ部切くず接触長さ l' は 0.2~0.3 mm が適当である。この場合は $l' = 0$ の近傍で拡大しろは小さいが、 l' があまり小さいと形状誤差の影響が大きくあらわれ、先端に溶着した切くずの着脱も激しいようで、拡大しろのばらつきもあらわれやすく、不安定であるので一般的にはこの付近は望ましくない。

3.1.2 先端角の影響

先端角が小さい場合はくいつき時の求心性がよく拡大

Fig. 1 Shapes of conventional chisel point drill and stepped ground point drill.

Fig. 3 Effects of length contact with chips on chisel (l') on hole oversize and cutting resistance. (helix angle: 27° , web eccentricity: 0.01 mm)

Fig. 2 Effects of length contact with chips on chisel (l') on hole oversize and cutting resistance. (helix angle: 40° , web eccentricity: 0)

しろは小さくなるはずである。このことを確かめるためにねじれ角 27° ，ウェブのかたより 0.04 mm のドリルについてのみ部切くず接触長さを 0.08 mm に保ち，拡大しろにおよぼす先端角の影響をしらべたのがFig. 4である。図からわかるように2SFでは予想されたように，先端角の影響は大きく，のみ刃角 110° で完全な歩行現象が認められるようになるが，17SFではあまり大きな影響はない。また，先端角が大きくなると切削剤を用いた方が大きくなっている。これは乾式ではのみ部に切くずが溶着することにより摩擦力が増加し歩行が妨げられるためである。2SFで先端角 140° の場合，乾式，湿式とも拡大しろが減少しているのは，のみ部への切くずの溶着が著しいためである。

実用ドリルではウェブのかたよりが必ず存在するので，上述のようにアルミニウムのような軟質材においては段付研削法によっても先端角を大きくすると歩行をおこす。

3.1.3 のみ刃をとがらすことの影響

のみ刃をとがらせるとくいつき時の拘束力を先端角を小さくした場合よりさらに大きくすることができ，拡大しろは減少するはずである。この形状はあらかじめのみ刃角を 90° 以下に研削し，さらにのみ刃の中央でとがり，のみ刃角がちょうど 90° になるよう再研削し，つぎに段付研削を行なうことによりえられる。Fig. 5にこのドリルの形状とのみ部切くず接触長さによる拡大しろの変化を示す。すなわち湿式の方が拡大しろが小で乾式湿式ともに歩行現象は認められなかった。また，Fig. 2の

Fig. 4 Effects of point angle on hole oversize.

のみ刃が丸味をもつ場合より拡大しろは小さくなっている。

3.2 切削条件の影響

3.2.1 切削速度の影響

Fig. 6に示すように，1SFを除き，拡大しろにおよぼす切削速度の影響はほとんど認められない。1SFは軟質であるために，構成刃先あるいは溶着物が附着しやすいので他とは異なった傾向を示すものと思われる。

3.2.2 送りの影響

Fig. 7に示すようにアルミニウム材の乾式穴あけでは送りが小さいとドリル先端の拘束力が小さくて歩行し，

Fig. 5 Effects of length contact with chips (l') on hole oversize for pointed chisel drill.

Fig. 6 Effects of cutting speed on hole oversize.

Fig. 7 Effects of feed on hole oversize.

A : Dry . B : Lard + Kerosene (2 : 1) C : Kerosene
D : Emulsion (1 : 30) E : E.P. oil paste F : E.P. Emulsion (1 : 10)

Fig. 8 Effects of cutting fluids on hole oversize.

穴の拡大しろは大きな値を示すが、アルミニウム合金材では乾式、湿式とも送りの影響はさほど大きくない。

3.2.3 切削剤の影響

切削剤は切刃外端における構成刃先の付着を防ぎ、拡大しろを小さくするはずである。Fig. 8 は 5 種類の切削剤を用いたときの拡大しろを乾切削の場合と比較したもので、冷却性のよいエマルジョン型の水溶性切削剤と極

圧乳化液はすべての材料に対して拡大しろを小さくするが、従来アルミニウムの切削剤として推奨されているラードと灯油の混合液は 17SF のような硬質の材料には穴の拡大しろに関する限り効果がない。また、アルミニウム材については塗布剤はほとんど効果がない。これらのことは、材料によっては潤滑性が良すぎると歩行をおこしやすく、また、冷却性が少ないと構成刃先がつきやすくなりそれぞれ穴の拡大しろを増加させるものと思われる。

3.3 チゼルポイントと段付研削ドリルとの比較

Fig. 9 はのみ刃角122°のチゼルポイントドリルとのみ部切くず接触長さ 0.01 mm の段付研削ドリルの穴あけ精度を比較したものである。図からつぎのことがわかる。すなわち、チゼルポイントドリルではばらつきが大きく、乾切削の方がやや拡大しろが小さい。これは 3.1.2 に述べた理由による。段付研削ドリルではばらつきが小さく、とくに湿式ではばらつきならびに拡大しろが小さい。このように段付研削ドリルではチゼルポイントドリルのときと切削剤の効果が逆になっている。このことはドリルが拘束された状態では、切削剤を用いて構成刃先の発生を防いだ方が精度がよいことを示している。

4. 総 括

穴加工において穴の拡大しろにおよぼす因子は多く、不確定要素である構成刃先のつきやすいアルミニウムおよびアルミニウム合金材については拡大しろのばらつきも大きい。新しい段付研削法によるドリルではチゼルポイントドリルより拡大しろは小さくできる。段付研

Fig. 9 Difference in hole oversize between chisel point drill and pointed chisel drill.

削ドリルの適用条件について本実験によりえられた主な結果はつぎのとおりである。

(1) 乾式穴あけでは拡大しろは 17SF, 52SF, 61SF, 2SF, 1SF の順に大きくなる。ただし, 52SF と 61SF および 1SF と 2SF とは切削条件により逆になることもある。

(2) のみ部切くず接触長さ l' をあまり小さくするとドリル先端の拘束力が小さくなる。とくにドリルのウエブのかたよりが大きいとき, あるいは軟質の 1SF, 2SF などの穴あけではそのため拡大しろが大きくなることがある。このときは l' を大きくとらなければならない。

(3) アルミニウム穴あけでは拡大しろを小さくするためにはドリル先端角を小さくする必要がある。アルミニウム材, アルミニウム合金材とものみ刃をとがらせると拡大しろは非常に小さくなる。

(4) アルミニウムの乾式穴あけでは送りが大きくなると拡大しろは小さくなる。切削速度は 1SF を除いて拡

大しろにはほとんど影響がないようである。

(5) 切削剤の効果については, 水溶性切削剤の使用はアルミニウム, アルミニウム合金材とも拡大しろを小さくし, ラードと灯油をまぜた切削剤の使用は 17SF のような硬質材に対しては拡大しろを増す。

本研究は軽金属奨学会補助金によった。また, 試料は昭和アルミニウムKK中村登喜生工場長のご好意によったもので付記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 津枝, 長谷川, 仁科: 日本機械学会関西支部第40期総会前刷集。
- 2) D. F. Galloway: Trans. ASME, **79**, 2 (1957), 204.
- 3) G. Pollitzsch and G. Spur: Werkstattstechnik, **51**, 5 (1961), 227.