アルミニウム合金の穴加工精度におよぼす 給油法の影響*

結城 明泰**・長谷川 嘉雄***

Effect of lubricating methods on dimensional accuracy
and surface roughness of drilled holes in aluminum alloys

UDC 669.715:621.951

YUKI Akiyasu** and HASEGAWA Yoshio***

The forced, mist, and conventional lubricant supply methods were applied to a drill with an oil supply hole and a pointed chisel edges. The effect of the above lubricating methods on the hole accuracy was examined in terms of the hole oversize, the surface roughness and the height of burr. Although a soft alloy did not discriminate the lubricating methods, the forced lubrication was most efficient in the drilling of a hard alloy. When the drilling was performed under the severe condition, the effect of the forced lubrication was prominent. It was found that the hole accuracy was improved irrespective of the lubricating method, if the outer corner of the drill lip with a large relief angle was rounded to an adequate degree.

(Received July 16, 1973)

1. 緒 言

穴あけにおいては切刃外端に生じる構成刃先ならびにドリルマージンと穴内壁との摩擦が穴の精度に影響を及ぼす。したがって、刃先ならびにドリルマージン部の潤滑をよくすることが穴加工精度の向上に役立つものと考えられる。

さて、アルミニウム合金展伸材の穴あけでは加工深さは一般にあまり深くないので普通給油でも切削剤は刃先に浸透するが、粘い切削剤を用いるとき、あるいは切削条件が苛酷な場合には刃先に到達しにくいことが考えられる。

本研究では油穴つきドリルを用いて工具形状、切削条件をかえて穴あけを行ない、強制給油(jet 給油)、噴霧給油ならびに普通給油(流下式)が穴加工精度に及ぼす影響を穴の拡大しろ、仕上面あらさおよびかえりの高さの観点から検討した。

2. 実験装置および実験方法

穴あけには卓上ボール盤(回転数8段、送り3段)を用いた。使用ドリルは10 mmφ、ねじれ角30°、みぞの長さ100 mm、ウェブのかたより0.02 mm、ウェブの厚さ3 mmの油穴つきドリルである。ドリルポイントの形状

としてはFig. 1(a)に示す段付研削ドリル¹⁾で逃げ面を1段にしたもの(逃げ面クリアランスの小さいもの)、これをFig. 1(b)のように逃げ面を2段にしたもの(逃げ面クリアランスの大きいもの)、さらにFig. 1(c)のように切刃外端を丸めたものの3種類を用いた。先端角はいずれも118°であつて、これらの逃げ角はTable 1に示す。

強制給油法による場合は最高17.5 kg/cm²のペーンポンプを用いた。噴霧給油法による場合はFig. 2に示す装置²⁾を作り、これを用いた。このとき混合室の圧力は5 kg/cm²である。切削油剤としてはアルミニウム合金に推奨されているラード・クロシン混合油³⁾を用いた。この混合油はクロシンを増すと冷却性および浸透性は増すが潤滑性を減じ、ラードが多くなると潤滑性が増し、冷

Fig. 1 Shape of drill points.

* 軽金属学会第44回春期大会(48-5)にて発表した。

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

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

Table 1 Lip relief angle of drills.

Measured position	Drill without secondary relief	Drill with secondary relief		Rounded lip
		Primary	Secondary	
Outer corner a' $r = 5 \text{ mm}$	$6^{\circ}30'$	$6^{\circ}30'$	10°	$12^{\circ}50'$
Oil hole b' $r = 2.5 \text{ mm}$	$11^{\circ}40'$	$11^{\circ}40'$	$15^{\circ}10'$	$20^{\circ}10'$
End of chisel edge c' $r = 1.5 \text{ mm}$	$10^{\circ}40'$	$10^{\circ}40'$		$10^{\circ}40'$

Table 2 Flow rate of cutting fluid in drilling by drill with secondary relief. (l/min)

Lubricating methods		
Conventional	Forced	Mist
1.2	2.1	0.1

Lard; Kerosene (1: 6), Feed 0.09 mm/rev.

Table 3 Chemical compositions of specimens.

Material	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al
2024-T3	4.05	0.12	0.32	0.61	1.35	Tr	0.02	0.03	Bal
6061-T3	0.21	0.62	0.15	Tr	1.07	—	0.21	—	Bal

却性および浸透性は減ずるはずである。しかし、この混合割合が精度にどのような影響を及ぼすか不明であるので混合割合が精度に及ぼす影響についても給油法とあわせて求めた。なお不水溶性切削油剤と水溶性切削油剤と比較のため一部ソリュブル形切削油剤を用いた。給油量はラードの濃度、逃げ面クリアランスならびに送りによりややことなるが、ラードクロシンの混合割合が(1:6)のとき、送り0.09 mm/revとして、クリアランスを大きくとったドリルを用いた場合の給油量を **Table 2** に示す。

被削材としては2024-T3ならびに6061-T3の $50\phi \times 20 \text{ mm}$ のものを用いた。その化学成分および機械的性質を

Table 4 Mechanical properties of specimens.

Material	Tensile Strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Hardness (Hv)
2024-T3	49.8	10.8	126
6061-T3	26.3	17.8	80

Table 3 および **Table 4** に示す。

測定項目のうち穴の拡大しろについては微動載物台とテストインジケータを用いて直交2方向について求めた⁴⁾。このとき測定位置は入口より1 mm の点である。仕上面あらさの測定には三豊サーフテストを用い、穴入口より5~10 mm の区間で R_z (0.8 mm カットオフ) を求めた。かえりについては工具頭微鏡により直交2方向に4点でかえりの高さを測定し算術平均をした。なお各項目についての実験値は同一条件で5個の穴をあけ、それらの算術平均値によった。

Fig. 3 Effect of lubricating methods and lard contents on the hole oversize in drilling by the drill without secondary relief, **Fig. 2** Block diagram of the mist lubricating method.

3. 実験結果および考察

3.1 ドリル逃げ面クリアランスが小さい場合

使用したドリルは Fig. 1 (a) に示す段付研削ドリルである。このときラードの混合割合と拡大しろとの関係を Fig. 3 に示す。軟質材の 6061-T3 では給油法による差はほとんどないが、硬質材の 2024-T3 では強制給油が拡大しろが小となり、噴霧給油と普通給油とではあまり差異が認められない。混合割合をみると、2024-T3 ではラードの濃度 20% 位で拡大しろは極小値をとるのに対し、6061-T3 については実験の範囲内ではラードが増すにつれて減少している。これは 2024-T3 では切りくずが針状に微細化してラードの濃度の増加にともない排出がわるくなり、切りくずつまりを生ずるのに対し、6061-T3 では連続した切りくずを出し、排出がよく油の浸透が 2024-T3 よりよかったためと考えられる。

ラードの混合割合と仕上面あらさとの関係を示すと Fig. 4 となる。両被削材とも強制給油によると仕上面がよく、噴霧給油では仕上面あらさが全般的に大きくなり、とくにラードが 20% 以上になると油が完全に霧状になりにくくなるため仕上面が異常に乱れる傾向を示す。噴霧給油でラードが混じると仕上面が全般的にわるくなる理由としてはラードの濃度の増加により冷却性が減ずること、粘度の増加により噴出量が減少することなどによるものと考えられる。混合割合の変化による影響につ

Fig. 4 Effect of the lubricating methods and lard contents on surface roughness in drilling by the drill without secondary relief.

いては、2024-T3 では仕上面あらさに変化がないが、6061-T3 ではラードの濃度の増加にともない仕上面あらさはいちじるしく改善される。

かえりが大きく発生した 6061-T3 について混合割合とかえりの高さとの関係を求めたものが Fig. 5 である。この場合、普通給油にくらべ強制給油および噴霧給油は穴の出口まで潤滑ならびに冷却が一樣におこなわれるためかえりの高さは小さくなるものと考えられる。ラードが 20% 以上になると噴霧給油ではかえりに対する効果はなくなる。2024-T3 についてはかえりの高さは 0.03~0.05 mm と 6061-T3 に比してははだしく小さく、給油法ならびに潤滑油の濃度による変化はみられなかった。

3.2 ドリル逃げ面のクリアランスが大きい場合

ドリル逃げ面のクリアランスが小さい場合には油穴から流出する油量が減少するだけでなく、その流出が脈動してドリルが振動し、また時によっては逃げ面の一部が切削面と接触することも考えられる。このため穴の拡大しろならびに仕上面あらさは大きくなるので、実際穴あけの際にはこの形状は好ましくない。そこで、Fig. 1(b)

Fig. 5 Effect of the lubricating method and lard contents on the height of burr in drilling by the drill without secondary relief.

Fig. 6 Effect of the lubricating methods and lard contents on the hole oversize in drilling by the drill with secondary relief.

のように逃げ面を2段に研削してクリアランスを大きくして実験して、拡大しろを求めたものが Fig. 6 である。この場合 Fig. 3 のクリアランスの小さいときにくらべて拡大しろは小さい。2024-T3のような硬質材では強制給油の効果はあるが軟質材の6061-T3では強制給油と普通給油との差がない。この場合にはクリアランスが小さい場合のようにラードの濃度による効果ははっきりあらわれない。

仕上面あらさを Fig. 7 に示す。図よりわかるようにラードの濃度を増せば仕上面あらさは小さくなる傾向を示しているが、その影響はあまり大きくなく、6061-T3では逃げ面クリアランスが小さい場合にラードの濃度の影響を大きくするのにくらべ対照的である。また逃げ面クリアランスが小さい場合と異なり、強制給油と普通給油との差は認められない。逃げ面クリアランスが小さい場合には逃げ面の一部が切削面と接触し、このため振動を誘発してドリルマージンが穴壁面を強く摩擦することが考えられる。したがって、ドリルマージンと穴壁面との間の潤滑が穴の拡大にしろならびに仕上面あらさに影

Fig. 7 Effect of the lubricating methods and lard contents on the surface roughness in drilling by the drill with secondary relief.

Fig. 8 Effect of the lubricating methods and lard contents on the height of burr in drilling by the drill with secondary relief.

響を及ぼすので潤滑法ならびに切削剤による差異があらわれるのに対し、逃げ面クリアランスを大きくすれば潤滑法ならびに切削剤による差異がなくなり Fig. 6 および Fig. 7 のような結果になったものと思われる。

かえりについては2024-T3ではきわめて小さく問題はないが、6061-T3については Fig. 8 のようになる。このとき強制給油と普通給油の差はない。混合割合の影響についてはラード20%まではかえりの高さは減少する。またこのときラードの低濃度では、かえりの高さが Fig. 5 の場合にくらべ大きい、これは送りの差による影響と考えられる。

3.3 切削条件の検討

Fig. 1(b) のドリルを用い、切削速度ならびに送りを変えて、2024-T3について拡大しろを求めた結果を Fig. 9 および Fig. 10 に示す。切削速度の影響はほとんどなく、強制給油のほうが普通給油よりも拡大しろは小さい。

送りについては強制給油のほうが普通給油より拡大しろが小さく、また両者の差は送りが大きくなると大きくなり、強制給油によるドリル切削、マージンへの潤滑の効果が明らかである。

3.4 切削外端丸めの影響

ドリル切削外端を丸めたラジアルリップドリルでは拡大しろ、仕上面あらさなど穴加工精度が丸めない場合に比べよくなるといわれている⁵⁾。Fig. 1(b) のドリルをさらに Fig. 1(c) のように切削外端を丸め、その丸み半径が穴加工精度に及ぼす影響を求めた結果を Fig. 11 に

Fig. 9 Effect of the cutting speed on the hole oversize.

Fig. 10 Effect of the feed rate on the hole oversize.

Fig. 11 Effect of the lubricating method on the hole oversize, surface roughness and height of burr in drilling by the rounded lip drill.

示す。図には比較のため水溶性切削剤の場合も示した。不水溶性切削剤としては3.1の実験より最適と考えられラードの濃度が20% (混合割合1:4) のものを用いた。水溶性切削剤についてはメーカーの推奨する範囲で(1:50)にうすめたものを用いた。Fig. 11の結果によれば拡大しろ、仕上面あらさおよびかえりとも給油法の差はあまりなく、ラード・ケロシン混合油の場合には

拡大しろ、仕上面あらさに及ぼす丸み半径の影響は比較的小さい。水溶性切削剤の場合には丸みをつけることにより、穴加工精度はいちじるしく改善される。これは切刃の丸み半径を大きくするにつれて切刃外端部に生ずる切りくず厚さは減少し、その結果構成刃先の成長が小さくなるためと考えられる。給油法ならびに切削剤に関係なく、本実験では丸み半径5 mm が適当と思われる。

4. 結 論

本研究で得られたおもな結果は次の通りである。

(1) 比較的浅いきりもみでも切削条件が苛酷で、摩擦の大きい場合は給油法によつて穴加工精度には差が認められ、強制給油のほうが普通給油より穴加工精度をよくする。

(2) ラード・ケロシン混合油を用いたとき、普通、強制および噴霧の3つの給油法のうち拡大しろ、仕上面あらさおよびかえりとはともに硬質材では強制給油がよいか、軟質材では給油法による差はほとんどない。

(3) チゼル先端をとがらし、逃げ面のクリアランスを大きくしたドリルでは切刃外端を丸めると給油法にかかわらず穴加工精度は非常に向上し、また給油法による加工精度の差はきわめて小さくなる。

本研究の費用の一部は軽金属奨学会の研究資金によつた。試料は昭和アルミニウム㈱中村登喜生氏のご好意により同社より提供されたもので、あわせてここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 結城, 長谷川: 軽金属, **19**, 10 (1969), 432.
- 2) 田野崎: 不二越技報, **22**, 1 (1966), 1.
- 3) たとえば Machinery Data Sheet, No. 680 (1951).
- 4) 結城: 大分大学教育学部紀要 (自然科学), **3**, 3 (1968), 47.
- 5) たとえば Cutting Tool Engineering, **20**, 5 (1968), 18.