アルミニウム合金のきりもみにおける切りくずの流れ*

結城 明泰**

Chip flow in drilling of aluminum alloys*

UDC 669.715 : 621.951

YUKI Akiyasu**

The chip flow angle in dry drilling of aluminum alloys is larger than the inclination angle of cutting edge, and this is not in agreement with stabler's rule. In present study, the relation between the chip flow angle and surface roughness was investigated from the standpoint of the profile of the built-up edge. A quick-stop apparatus was used in this experiment to "freeze" the cutting action of cutting edge. The results obtained were as follows.

1) The chip flow angle is not affected by cutting speed, but it decreases with increasing helix angle and increases slightly with increasing feed. The chip flow angle is affected by the material, cutting fluid and drilling depth.

2) The equivalent inclination angle formed by the built-up edge at the outer corner of cutting edge approaches to the chip flow angle.

3) The surface roughness seems generally to increase with the increase of the equivalent inclination angle and then the increase of the chip flow angle.

(Received May 17, 1974)

1. 緒 言

著者は前報¹⁾においてアルミニウム合金のきりもみにおける仕上面あらさについて考察し、切りくず流出角が仕上面あらさに関係をもつことを示しておいた。ここで切りくず流出角とは工具すくい面内において切刃に垂直方向と切りくずの流出方向とのなす角をいい、切りくずの流れ、ひいては被削性にも影響を及ぼす因子である。切りくず流出角についてはG. V. Stabler²⁾は三次元切削において一般に切りくず流出角は切刃の傾斜角と一致するという実験法則を提唱し、M. C. Shawら³⁾、C. J. Oxford⁴⁾などはこれに工具形状、切削条件などによるいくらかの修正を加えているが、構成刃先の大きくつくアルミニウム合金のきりもみについては明らかにされていない。

本研究では急停止により切削を凍結させ、そのときの切りくずの形状より切りくず流出角を求め、ドリルの形状および切削条件が切りくず流出角に及ぼす影響をくわしく調べ、切りくず流出角が仕上面あらさに及ぼす影響を構成刃先との関係において考察しようとするものである。

2. 実験装置および方法

実験には卓上ボール盤(速度8段、送り3段)を用い、ドリルはSKH 9、10 mm ϕ 、ねじれ角 27° 、先端角 118° 、切刃逃げ角 10° 、のみ刃角 130° のものをを用いた。ねじれ角の影響をしらべる際には先端角 118° のとき切刃が直線になるように製作されたドリルをのみ刃角 90° の段付研削ドリル⁵⁾として用いた。切削剤の影響を求める場合を除き乾式によった。

切りくずの採取は急停止装置⁶⁾を用いて切削を中止させた後、切刃の線に沿って切断し、Fig. 1に示すように切刃外端部における切りくず流出角を工具顕微鏡を用いて測定し、左右の平均値を求めた。使用した被削材の化学成分および機械的性質をTable 1およびTable 2に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 きりもみ深さと切りくず流出角との関係

Fig. 2にマージン先端で測定したきりもみ深さと切りくず流出角との関係を示す。図から明らかなように、被削材の種類にかかわらず乾式きりもみでは穴が深くなる

* 軽金属学会第45回秋期大会(48-11)にて発表した。

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

Table 1 Chemical composition of specimens.

	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al
2024-T3	4.05	0.12	0.32	0.65	1.37	Tr	0.02	0.03	Bal
5056-H	0.02	0.07	0.11	0.06	4.63	0.01	0.05	—	Bal
6061-T8	0.18	0.56	0.13	0.03	1.10	Tr	0.07	0.03	Bal

Table 2 Mechanical properties of specimens.

	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Hardness (Hv)
2024-T3	49.8	10.8	136
5056-H	26.8	33.7	93
6061-T8	27.3	17.6	91

と切りくず流出角は徐々に大きくなる。また切りくず流出角は被削材により差があることがわかる。今後の実験では特別な場合を除き、きりもみ深さは10 mmとし、被削材も切りくず流出角の大きい5056-Hと切りくず流出角の小さい2024-T3をおもに用いる。

3.2 ねじれ角と切りくず流出角との関係

ねじれ角の異なるドリルを用い、先端角を118°として切りくず流出角を求めるとFig. 3のようになり、ねじれ角が大きくなると切りくず流出角は小さくなる。

3.3 切削条件と切りくず流出角との関係

切削速度についてはFig. 4に示すように切りくず流出角は切削速度にかかわらずほぼ一定値をとり、2024-T3ではドリル先端形状から計算される⁴⁾ 切刃傾斜角 7° に近

Fig. 1 Chip flow angle η measured on reverse face of a chip.

い値である。

送りについてはFig. 5に示すように切りくず流出角は

Fig. 2 Relation between chip flow angle and hole depth.

Fig. 3 Relation between chip flow angle and helix angle of drill.

送りの増加につれてやや大きくなるようである。

切削剤を用いたときの切りくず流出角を **Table 3** に示す。この表から、切削剤を用いることにより構成刃先が小さくなると切りくず流出角は小さくなり、切刃傾斜角に近づくことがわかる。

3.4 切りくず流出角と仕上面あらさとの相関性

アルミニウム合金の乾式きりもみのように構成刃先をとまなう場合は切りくず流出角は切刃外端での切刃傾斜角より大きくなることが多い。きりもみ深さをかえて得られる切りくず流出角と切削終点より 3 mm から 8 mm の間で測定した仕上面あらさ R_{max} との相関性を求めると **Fig. 6** のようになり、2024-T3, 5056-H とも両者の間に相関性が強いことがわかる。また既報¹⁾ のコイル型切りくずの生ずる場合はリボン型より仕上面がよくなるこ

Fig. 4 Effect of cutting speed on chip flow angle.

Fig. 5 Effect of feed on chip flow angle.

Table 3 Effect of lubrication on chip flow angle.

	Without cutting fluid	With cutting fluid
5056-H	16°0′	9°05′
6061-T8	12°50′	7°45′

Emulsifiable oil (1:30), Cutting speed 8.5 m/min, Feed 0.13 mm/rev, Hole depth 10 mm.

とも、この切りくず流出角の面から考えて矛盾しない。

2.5 切りくず流出角と構成刃先との関係

3.5.1 刃先実質傾斜角

構成刃先の付着量の少ない2024-T3 では切りくず流出角は小さく、とくに送りときりもみ深さが小さいときは切刃傾斜角に近い値を示すのに対し、構成刃先の付着量の多い5056-H ではきわめて大きい値をとる。このことより構成刃先が切りくず流出角に影響していることが考えられる。構成刃先を含めた刃先の傾斜角を考えるため、構成刃先の切刃に沿った横断面を5056-H について求めてみると **Fig. 7(a)** のようになる。図で左がマージン側である。このように構成刃先が切刃中央部で厚くなっているため、**Fig. 7(b)** のドリル軸に垂直な平面への投影図で示される切刃傾斜角 i より実質傾斜角 i' は切刃外端部で大きくなる。この影響により、切りくず流出角は切刃傾斜角 i より大きくなるものと考えられる。**Fig. 8** はきりもみ深さが増加することにより、構成刃先の横断面中央部が厚くなり、切刃外端での実質傾斜角が大きくなることを示しており、切りくず流出角が大きくなることがうかがわれる。

Fig. 6 Correlation between chip flow angle and surface roughness.

- i Inclination angle of cutting edge at outer corner.
- i' Equivalent inclination angle.

Fig. 7 A profile of built-up edge and a schematic diagram showing equivalent inclination angle due to built-up edge.

構成刃先の形状により切りくず流出角に影響を及ぼすのは、おもに切刃中央から外端にかけてであり、切刃中央部に構成刃先が付かなくなると外端部の構成刃先の厚さは薄いものになり、切りくず流出角は小さくなるはずである。Table 4 は下穴をあけることにより切りくず流出角の変化を示すもので、このことが立証されている。

3.5.2 構成刃先、切りくず流出角および仕上面あらさの関係

切りくずの流出方向が穴内壁と平行な限界切りくず流出角（本実験のドリルでは約28°）に達しない限り、流出直後の切りくずは穴壁面との間に直接干渉はないはずで

Table 4 Effect of lead hole on chip flow angle

	Without lead hole	With lead hole
Chip flow angle	19°30′	12°10′

Material 5056-H, Lead hole 6.5 mm ϕ Reamer, Cutting speed 8.5 m/min, Feed 0.18 mm/rev, Dry drilling, Hole depth 10 mm.

ある。しかしながら、実験結果¹⁾によるとねじれ角が小さいときは大きいときより仕上面は一般にわるく、また軟質材では硬質材よりわるい。前節 Fig. 2, Fig. 3 の実験より、このような仕上面がわるい条件のもとでは切りくず流出角が大きくなっていることがわかった。

これらの問題についてさらにくわしくしらべるため、2024-T3と5056-Hを同一条件のもとで、構成刃先の断面形状をしらべたものが Fig. 9 である。これより2024-T3は5056-Hにくらべ切りくず流出角も小さく、また実質傾斜角も小さくなることがわかる。このように5056-Hの構成刃先の外縁にみるように構成刃先端の接線が切刃に対し大きく傾斜するようなとき、切りくず流出角は急増し、切りくずが裂けたり、切りくずの外縁がのこ刃状になることもある。このようなとき切りくずならびに構成刃先が仕上面と接触する。またこのときマージンに溶着物がつき、仕上面に大きい条こんまたは斑点が残る仕上面は劣化する。2024-T3でも小さい規模でやはりこのような現象がおこるものと推察される。したがって、切りくず流出角が限界値に達していなくても切りくず流出角が大きくなる条件では切りくずおよび構成刃先の外縁が仕上面と接触し、加工面をわるくするものと考えられる。

4. 結 論

切りくず流出角が大きくなると仕上面あらさが大きくなることから、仕上面あらさに関与する因子として切りくず流出角が考えられる。そこで、切りくず流出角に及

Drilling depth	5.5 mm	18.5 mm
Built-up edge stick to chip		
Profile of Built-up edge		

1mm

Material 5056-H, Helix angle: 27°, Point angle: 118°, Cutting Speed: 8.5m/min, Feed: 0.13 mm/rev.

Fig. 8 Variation of profile of built-up edge with different drilling depth.

Helix angle : 27° , Point angle : 118° , Cutting speed : 8.5 m/min, Feed : 0.13 mm/rev, Hole depth : 10 mm.

Fig. 9 Comparison of profiles of built-up edge obtained in drilling 2024-T3 and 5056-H.

ばす各種影響について検討した結果は次のとおりである。

- 1) 乾式きりもみにおける切りくず流出角はドリルのねじれ角が大きくなると小さくなる。
- 2) 切りくず流出角は本実験に用いた30m/min以下では切削速度に無関係で被削材によりほぼ一定の値をとるが、送りが大きくなるとやや増加するようである。
- 3) きりもみ深さが増すと切りくず流出角は増す。

4) 切りくず流出角は硬質材では小さく、軟質材では大きい。

5) 構成刃先が生ずる場合は切りくず流出角は構成刃先を含む実質傾斜角の影響をうけ、切刃傾斜角より大きくなる。

6) 構成刃先が切刃外縁部で厚くなるような場合は切りくず流出角は急増し、切りくずおよび構成刃先の外縁は仕上面と不規則に接触し、仕上面をわるくする。

本研究にあたりご助言をいただいた静岡大学工学部財満鎮雄教授に感謝します。なお費用の一部は軽金属奨学会の研究資金によつた。また試料は昭和アルミニウム㈱のご好意により提供されたもので、ここにあわせて感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 財満, 結城, 荒金, 本山 : 軽金属, **19** (1969), 409.
- 2) G. V. Stabler, Proc. I. Mech. Engr.,: **165** (1951), 14.
- 3) M. C. Shaw, N. H. Cook, P. A. Smith: Trans. ASME, **74** (1952), 1055.
- 4) C. J. Oxford: Trans. ASME, **77** (1955), 103.
- 5) 結城, 長谷川 : 軽金属, **19** (1969), 432.
- 6) 財満, 結城, 矢野 : 日本機械学会大分地方講演論文集, (1971), 157.