S132014

ロータリ切削における油剤の影響*

河田 圭一^{*1}, 糸魚川 文広^{*2}, 則久 孝志^{*3}, 石川 和昌^{*1}

Effect of Cutting Fluid in Rotary Cutting

Keiichi KAWATA^{*1}, Fumihiro ITOIGAWA, Takashi NORIHISA and Kazumasa ISHIKAWA^{*1} Aichi Industrial Technology Institute, Industrial Technologies Department
1-157-1 Onda-cho, Kariya-shi, Aichi, 448-0013 Japan

In rotary cutting, very small coefficient of friction between chip and tool by using a rotary cutting tool with surface texture is obtained. However, when the temperature of the tool rises, the effect disappears. In this paper, the effect of high viscous cutting fluids (VG220 and VG460) in rotary cutting for aluminum alloy is investigated. Cutting tests by use of combine machine tool are carried out. Ratio of tool velocity and cutting velocity is range of 0.5 to 6. As a result, the coefficient of friction is less than 0.2 can be obtained.

Key Words : Rotary Cutting, Cutting fluid, Kinematic viscosity, Combined machine tool, Aluminum alloy

1. は じ め に

ロータリ切削は、円形状の工具を回転させることにより、切れ刃と平行な方向に工具を連続的に運動させながら行う切削方法であり、工具全周の切れ刃を利用して加工することができるため摩耗や加工熱が切れ刃全体に分散し、難削材加工に優れた性能を有することが示されている⁽¹⁾。ロータリ切削は、切り屑排出時における切り屑とすくい面との摩擦を利用して工具を回転させる従動式と、工具をモータなどにより強制的に回転させる駆動式に分けられる。最近では、工作機械の多軸化を利用した新しい加工方法として、図1に示すような駆動式ロータリ切削の研究が行われている⁽²⁾。複合加工機を利用したロータリ切削では工具の回転数や傾斜角度などが任意に変更でき、インコネルやステンレスなどの難削材の高速・高能率加工や工具寿命の長寿命化が期待されている。

これまでの研究により、ロータリ切削の特徴である切れ刃が連続的に移動することを利用して切削点近傍へ効果的に油剤を供給できることに加え、ロータリ工具表面に設けたテクスチャによりさらに潤滑効果を高めることで切り屑と工具との間の摩擦係数が0.3を下回るような低摩擦な環境を作り出せることが分かってきた⁽³⁾。しかしながら、炭素鋼を対象とした加工ではアルミニウム合金の加工時に見られたような劇的な摩擦低減効果が確認できなかったことから、加工温度が大きく影響していると考えられる⁽⁴⁾。そこで、ある程度温度が上昇しても、切り屑と工具の間に侵入した油の油膜が維持できるようにするため、本実験では動粘度の高い油剤を使用し、その時の摩擦に及ぼす効果について調べた。

2. 実 験 方 法

実験は、図1に示すような複合加工機を利用した駆動式ロータリ切削により行った。切削条件は表1に示すとおりである。被削材には、油剤の粘度の影響について調べるため、以前の実験において低摩擦を実現したアルミニウム合金を使用した。ロータリ工具は超硬合金とし、すくい面は研削で仕上げた状態のものを使用した。工具回転速度 (V_t) と切削速度 (V) の速度比を大きくするため、ロータリ工具の直径は 20mm とし、速度比は 0.5

^{*1} 正員, 愛知県産業技術研究所 工業技術部 (〒448-0013 愛知県刈谷市恩田町 1-157-1)

^{*2} 正員, 名古屋工業大学

^{*3} 正員, オークマ株式会社

E-mail: keiichi_kawata@pref.aichi.lg.jp

～6 となるようにした。また、動粘度の高い油剤として VG220 および VG460 の潤滑油を 2 種類用いた。比較として、これまで使用していた植物油 (VG32) を用いた。それぞれの油剤は、あらかじめ被削材に塗布してから実験を行った。

Fig. 1 Schematic diagram of rotary cutting configuration by use of combined machine tool

Table 1 Cutting condition

Work material	Aluminum Alloy (JIS:A6061)
Tool	Cemented Tungsten Carbide Diameter : 20 mm Rake angle : -12 degree Relief angle : 30 degree
Tool velocity (V_t)	30 – 360 m/min
Cutting velocity (V)	60 m/min
Feed	0.4 mm/rev
Depth of cut	0.5 mm
Inclination angle	30 degree
Cutting fluid	Mineral oil : VG220, VG460 Vegetable oil : VG32

3. 実験結果

切り屑の流出方向の概略図を図 2 に示す。図は、ロータリ工具のすくい面を工具回転軸に対して垂直となる面から観察しており、本実験では図に示す角度 η を切りくず流出角度とした。ロータリ工具は図に示す方向に回転しているため、切り屑はすくい面との摩擦条件により A や B の方向に排出される。摩擦が大きい時には切り屑が工具回転方向に引っ張られるため、切り屑は A の方向に排出される。一方、摩擦が小さい時には工具回転方向に引っ張られる力は弱くなり、工具を 30 度傾斜させているため B の方向に切り屑は排出される。切り屑の流出角度は、実験後に採取した切り屑についている摩擦条痕の角度をマイクロ스코プにより測定することで求めた。

工具回転速度と切削速度の速度比に対する切り屑排出角度について、それぞれの油剤について調べた結果を図 3 に示す。速度比が小さい条件では、植物油の方が高粘度の潤滑油に比べ切りくず流出角度は大きくなった。しかし、植物油の場合、速度比が大きくなるに従って切り屑流出角度は小さくなっていった。工具の回転速度が速くなると、加工温度が上昇し油膜を維持できなくなっていると予想される。一方、VG220 および VG460 の高粘度の潤滑油を用いた場合には、速度比が大きくなるに従って切りくず流出角は大きくなった。速度比が 4 以上では、ロータリ工具を固定して切削した場合の切り屑流出角度である約 150 度に漸近している。なお、今回の実験

Fig. 2 Schematic diagram of chip flow direction (η) on rake face of rotary tool

Fig. 3 Variations in direction of chip flow with ratio of tool velocity (V_t) and cutting velocity (V)

Fig. 4 Variations in coefficient of friction with velocity ratio (V_t/V)

Fig. 5 Variations in cutting power with velocity ratio (V_t/V)

では VG460 と VG220 の間に明確な差は見られなかった。

工具および被削材に働く切削力、切り屑厚さを測定することにより、切り屑と工具間の摩擦係数を求めた。その結果を図 4 に示す。図 3 の切り屑の流出角度の結果から分かるように、植物油の摩擦係数は速度比 3 まで約 0.4 の比較的小さい摩擦を示したが、さらに速度比が大きくなると急激に摩擦係数は上昇した。一方、高粘度の潤滑油では、はじめ 0.6 前後であった摩擦係数は速度比が大きくなるに従い小さくなり、速度比が 4 以上では 0.2 を下回る非常に小さい摩擦を実現した。

図 5 に加工に要する動力を測定した結果を示す。低摩擦を示した高粘度の潤滑油では速度比が 3 前後で最小の加工動力となっているとともに、速度比を大きくしても加工動力の上昇は非常に小さい。しかし、植物油では速度比が 1 の時に最小の動力を示した後、速度比の上昇とともに加工動力も上昇している。摩擦が大きい条件では、見かけ上主分力は小さくなり、切り屑も薄くなるが、せん断面において工具回転方向に生じるエネルギーも高くなっており加工動力は減少しない。

4. まとめ

加工温度が上昇する条件でも切り屑と工具間の摩擦を小さくするため、高粘度の油剤の効果について調べた。その結果、速度比 V_t/V が 4 以上で 0.2 を下回る摩擦係数となり、油剤の粘度が大きく影響することが分かった。

謝 辞

本研究の成果の一部は、「知の拠点」重点研究プロジェクト事業「低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発プロジェクト」により実施した。

文 献

- (1) 陳平, 星鐵太郎, “従動式ロータリー切削工具の難削材加工特性”, 精密工学会誌, Vol.57, No.10(1991), pp.1792-1796
- (2) H.NAKAJIMA, A.KATO, H.SASAHARA, H.YAMAMOTO, T.MURAKI, and M.TSUTSUMI, “Effect of Rotary Cutting Tool Posture on Machining Performance utilizing Multi-Tasking Lathe”, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.2, No.4(2008), pp.532-539
- (3) 糸魚川文広, 河田圭一, 則久孝志, “ロータリー切削加工における工具表面テクスチャーの潤滑効果”, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集, 福井(2010-9), pp.163-164
- (4) 河田圭一, 糸魚川文広, 則久孝志, 石川和昌, “表面テクスチャ工具を用いたロータリ切削”, 日本機械学会第 8 回生産加工・工作機械部門講演会講演論文集, No.10-11, pp.41-42