

# ロータリ切削における表面テクスチャの摩擦低減効果

河田圭一\*<sup>1</sup>、山田圭二\*<sup>2</sup>、石川和昌\*<sup>1</sup>

## Friction Reduction Effect of Surface Texture in Rotary Cutting

Keiichi KAWATA\*<sup>1</sup>, Keiji YMADA\*<sup>2</sup> and Kazumasa ISHIKAWA\*<sup>1</sup>

Research and Development Division, AITEC\*<sup>1\*2</sup>

耐熱合金などの難削材の高能率加工が望まれている。そこで、ロータリ切削による切削点への効果的な油剤供給および工具すくい面に設けたテクスチャにより低摩擦化することで、難削材加工における工具の長寿命化を目指している。この効果を調べるため、ナノ秒レーザを用いて工具すくい面上に幅約 2 $\mu\text{m}$ 、深さ約 2 $\mu\text{m}$ の溝を放射状に加工したテクスチャ付き工具を製作し、アルミニウム合金を対象とした駆動型ロータリ切削を実施した。その結果、①テクスチャを付与しない時に比べ摩擦を小さくできる、②テクスチャのピッチは狭いほど摩擦の低減効果は大きいことが分かった。

### 1. はじめに

航空機やガスタービンなどで使用されるニッケル基耐熱合金やステンレス鋼は、難削材料として一般に知られている。これらの材料は炭素鋼やアルミニウム合金などの金属と比較して、切削速度を上げられないことや工具寿命が著しく短いことから、加工能率が非常に悪く、生産コストが下げられないことが課題となっている。被削材の高温強度が高い、加工硬化が生じやすい、工具材料との親和性が高い、熱伝導性が悪いことなどが、加工能率を低くする要因に挙げられる。最近では、難削材用のコーティング工具やセラミック工具が開発され、切削速度は速くなってきているが、炭素鋼の加工と比べると依然として加工能率は低い。

一方、工作機械の多軸化が進み、その特徴を利用した従来にない加工方法による、高能率化も試みられている。その中に、複合加工機のミーリング軸を利用した駆動型ロータリ切削がある<sup>1)</sup>。ロータリ切削は、円形工具の切れ刃全周を使用して行われる切削加工であり、摩擦や加工熱が円形工具の全周に分散し、工具寿命が延びる特徴がある。このことから、古くから様々な研究が実施されており、切りくずが排出されるとき摩擦を利用して工具を回転させる従動型のロータリ切削が中心に研究されてきた<sup>2)</sup>。一方、駆動型ロータリ切削では、工具の回転をミーリング軸で行えるため、回転数や傾斜角度などを自由に設定できる特徴がある。

また、フェムト秒レーザを用いて工具表面に形成したナノメートルから数マイクロメートルの微細なテクスチャの効果により、切りくずとすくい面との摩擦を軽減

することが試みられている<sup>3)4)</sup>。しかし、難削材の旋盤加工のような厳しい加工条件下において、テクスチャのみで高い潤滑効果を期待することは難しいと思われる。

そこで、本研究では、ロータリ切削特有の切れ刃移動を利用した切削点への効果的な油剤供給に加え、工具表面に設けたテクスチャにより潤滑効果を高めることで低摩擦環境を作り出し、耐熱合金の高能率切削を実現することを最終目標としている。本報では、ロータリ切削におけるテクスチャの効果について確認するため、アルミニウム合金を対象としたロータリ切削を実施した結果について報告する。

### 2. 実験方法

実験は、**図1**に示す複合加工機を用いて、駆動型ロータリ切削を行った。複合加工機のB軸を使用してロータリ工具の軸を割り出した。本実験では、テクスチャを有するロータリ工具の潤滑特性を調べるためアルミニウム

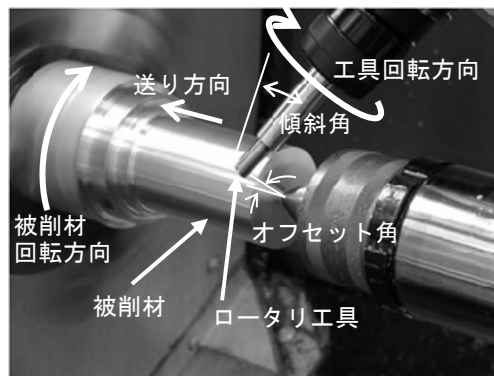


図1 複合加工機によるロータリ切削の様子

\*1 基盤技術部 (現工業技術部 自動車・機械技術室)、\*2 基盤技術部 (現尾張繊維工業技術センター 機能加工室)

**表 1** ロータリ切削の加工条件

被削材	JIS A6061
工具	工具材種：超硬合金 工具直径：10mm
工具回転速度	30~180m/min
切削速度	60m/min
送り	0.4mm/rev
径方向切り込み	0.5mm
傾斜角	30度
オフセット角	8度
切削油剤	MQL (植物油 30mL/h)

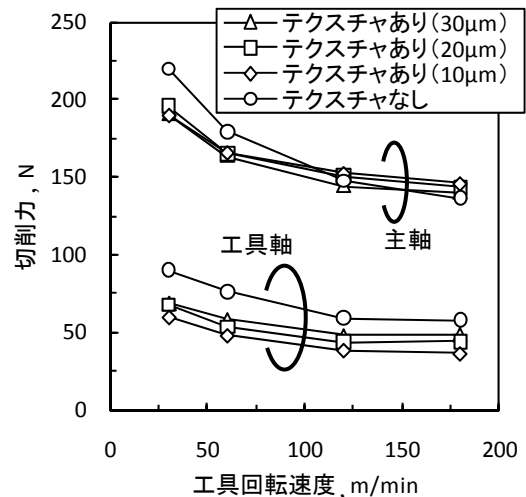
合金を被削材とした。加工条件を**表 1**に示す。ロータリ工具は製作を簡便化するため、超硬合金製の丸棒を利用した。すくい面となる丸棒の端面は、研削後ダイヤモンドペーストにより鏡面に仕上げた。工具には逃げ面がなく、8度だけ加工点を上方にオフセットすることにより、工具の逃げ角を設定した。これにより、すくい角は-8度となる。

すくい面上（工具端面）のテクスチャは波長 349nm のナノ秒レーザを用いて加工した。テクスチャ形状は幅約 2 $\mu$ m、深さ約 2 $\mu$ m の溝形状とし、放射状（端面径方向）にピッチ 10、20、30 $\mu$ m の3種類を加工した。切れ刃へのダメージを防ぐため、テクスチャは刃先から 20 $\mu$ m の位置から中心方向に 0.8mm 加工した。

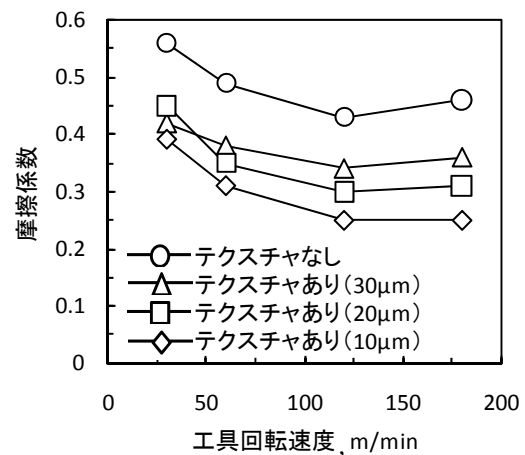
### 3. 実験結果及び考察

本実験では、複合加工機の各軸のモータ動力を測定し、その結果から被削材の回転方向に働く切削力（主軸）、およびロータリ工具の回転方向に働く切削力（工具軸）を求めた。**図 2**に各切削力の測定結果を示す。各切削力は、どの条件においても工具回転速度が速くなると減少した。主軸の切削力は、テクスチャの有無により減少割合が異なり、テクスチャのない工具の方が減少割合が大きくなった。一方、工具軸の切削力はどの回転速度においてもテクスチャを付与した場合に切削力は小さくなった。ロータリ切削では、摩擦が大きいと切りくずが工具の回転により引張られ、せん断方向が変わるため、主軸の切削力は小さくなる傾向を示す。

測定した切削力と切りくず流出方向から切りくず-すくい面間の摩擦係数を求めた。その結果を**図 3**に示す。その結果、テクスチャを付与することにより油剤を引き込みやすくなり、摩擦が小さくなることが分かった。なお、実験条件範囲では、工具の回転速度が速いほど摩擦は小さくなった。また、テクスチャのピッチは狭いほど摩擦は小さくなっており油剤の引き込み効果は大きいこ



**図 2** 切削力の測定結果



**図 3** 切りくず-すくい面間の摩擦係数の比較

とが分かった。

### 4. 結び

アルミニウム合金を対象とした駆動型ロータリ切削実験を行った結果、工具表面にテクスチャを付与することにより工具表面に油剤が保持され、より高い潤滑効果が期待できることが分かった。また、テクスチャのピッチは狭いほど摩擦低減効果は大きかった。今後、難削材への適用を検討する。

### 文献

- 1) H.Nakajima, A.Kato et al. : Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing, **2**, 532 (2008)
- 2) M.C.Shaw, P.A.Smith, N.H.Cook : Transactions of the ASME, **74**, 1065(1952)
- 3) 榎本, 杉原 : 日本機械学会論文集 C 編, **74**, 2315 (2008)
- 4) 川堰, 杉森, 森本, 森田, 堀 : 精密工学会誌, **75**, 1245(2009)