

# 油膜付き水滴加工法によるマグネシウム合金の高速加工

河田 圭一<sup>\*1</sup>、佐藤 豊<sup>\*2</sup>

## High Speed Milling of Magnesium alloy with Oil on Water Droplet

Keiichi KAWATA and Yutaka SATO

Industrial Technology Division, AITEC<sup>\*1\*2</sup>

本研究では、油膜付き水滴加工法を用いたマグネシウム合金のエンドミル加工を行い、高速加工の可能性について検討した。実験は、横形マシニングセンタで行った。加工条件は、工具軸方向の切り込み 16mm、径方向の切り込み 0.5mm、送り 0.15mm/刃に固定し、主軸回転数を 5000~25000rpm の範囲で変化させた。その結果、加工力は切削速度が増加してもあまり変化せず、さらに高速化が期待できることがわかった。また、高速化による切りくずの燃焼はなく、ドライ加工した場合よりも冷却効果があった。仕上げ面粗さは切削速度によらず最大高さ Rz は約 1.5  $\mu\text{m}$  で一定であった。

### 1. はじめに

マグネシウム合金の切削加工における問題点は、マグネシウムの活性が高く加工中に切りくずが燃焼し、火災の危険性があることである。この問題を解決するため、水滴による冷却効果の大きい油膜付き水滴加工法 (Oil on Water Droplet、以下OoW) の利用をこれまで検討してきた。その結果、OoWに含まれる水とマグネシウムが反応して発生する水素ガスを極力抑える新しい油剤を開発することにより、OoWによりマグネシウム合金を安全に、かつ環境への負荷を小さくして加工が行えるようになった<sup>1)2)</sup>。

一方、マグネシウム合金は被削性に優れているため、高速加工が期待できる材料である。しかしながら、加工点の温度が上昇すると燃焼する可能性が高く、安全性が低下すると考えられる。そこで、本研究ではOoWを用いた高速加工の可能性について検討した。

### 2. 実験方法

実験は、横形マシニングセンタを用いてエンドミルによる側面加工を行った。加工の様子を図1に示す。マシニングセンタのターンテーブルにアングルプレートを設置し、圧電式動力計を取り付け、その上に被削材のマグネシウム合金 (AZ31B) をねじにより固定した。被削材の大きさは縦 100mm × 横 100mm × 高さ 30mm である。工具は超微粒ダイヤモンドをコーティングした 16mm の

超硬スクエアエンドミル (2枚刃) を用いた。また、コーティングの影響を調べるためコーティングされていない同形状の工具を用意した。工具突き出し長さは 45mm である。本実験は、高速加工の可能性を評価するため、工具軸方向の切り込みは 16mm、径方向の切り込みは 0.5mm、送りは 0.15mm/刃に固定して、主軸回転数は 5000~25000rpm (切削速度 251~1256m/min) の加工条件で変化させた。切削方式はダウンカットとした。OoWの供給量は、水 1.2L/h、油 10mL/h、空気 60NL/min とした。比較として、切削液を全く使用しないドライによる加工も行った。

加工力は図1に示す圧電式動力計により X、Y および Z 方向の3成分について測定した。測定された値は回転数が大きくなるとノイズが大きくなるため、工具1回転あたりで平均した値を用いた。

被削材に T 型熱電対 (銅 - コンスタンタン) を挿入し、加工点から 0.2mm の位置の被削材温度を測定した。

仕上げ面粗さは、最大高さ Rz により評価した。触針式粗さ計により被削材側面を 5 か所測定し、その平均値を用いた。評価長さは 4mm、カットオフは 0.8mm、ガウシアンフィルターを用いた。

本実験では、主軸を加工機の最大回転数 25000rpm まで回転させるため、各回転数における工具の振れを静電容量型変位計により非接触で測定し、安全を確認した。測定結果を図2に示す。主軸回転数が増えると振れ量が大きくなる傾向が見られるが、工具の振れは 4  $\mu\text{m}$  以内であり、安定して回転していることを確認した。

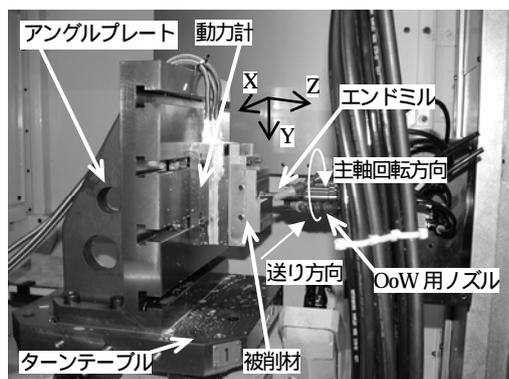


図1 加工の様子

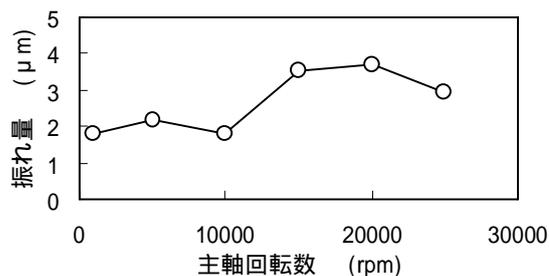


図2 主軸の振れ量

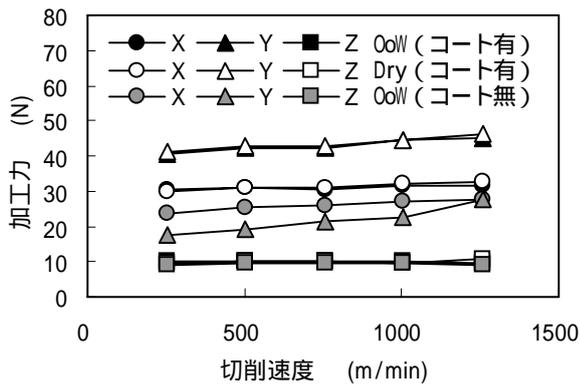
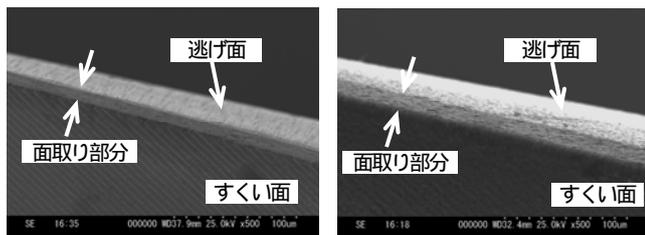


図3 加工力



(a) コーティングなし (b) コーティングあり

図4 刃先の観察

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 加工力

ダイヤモンドコーティングしたエンドミルによって切削加工したときの加工力を図3に示す。Z方向の加工力は、切削速度が速くてもほとんど変化せず一定であり、約10Nであった。一方、X方向およびY方向の加工力は、切削速度が速くなると1割程度増加した。しかし、加工力の増加量はわずかであり、より速い切削速度での加工が期待できる。

OoWとドライ加工を比較したところ、どの方向の加工力にも差は見られなかった。マグネシウム合金はアルミニウム合金や鉄などに比べやわらかい材料であるため、油剤による潤滑効果は加工力に大きく影響しないと考えられる。

#### 3.2 コーティングの影響

次に、ダイヤモンドコーティングの影響について調べた。図3に示したように、Z方向の加工力は、コーティングの有無に関係なく約10Nであった。一方、切削速度250m/minにおけるX方向、Y方向の加工力は、コーティングの無い工具の方がコーティングされている場合に比べX方向で約2割、Y方向で約6割小さくなった。しかしながら、Y方向の加工力は、コーティングの無い工具では切削速度の影響が大きく、加工力の増加の割合は大きくなった。

アルミニウム合金では、工具形状が同じ場合、ダイヤモンドコーティングされている方が加工力は小さくなる。しかし、マグネシウム合金では逆の傾向が見られたため、エンドミルの刃先を電子顕微鏡で観察した。工具すくい面側から観察した結果を図4に示す。刃先が欠けるのを防ぐ目的で、すくい面と逃げ面の間が面取りされていることが観察される。この部分とすくい面のエッジ部に注目すると、(a)コーティングなしの場合に比べ(b)コーティングありの方がエッジは丸くなっている。潤滑効果の影響が小さいマグネシウム合

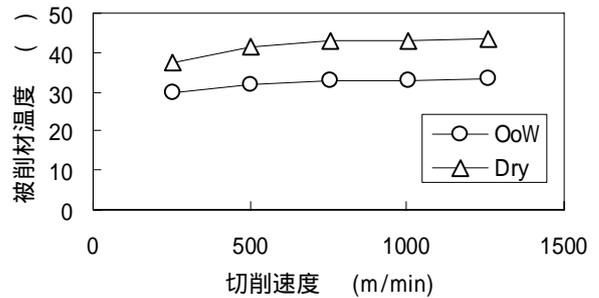


図5 加工温度の比較

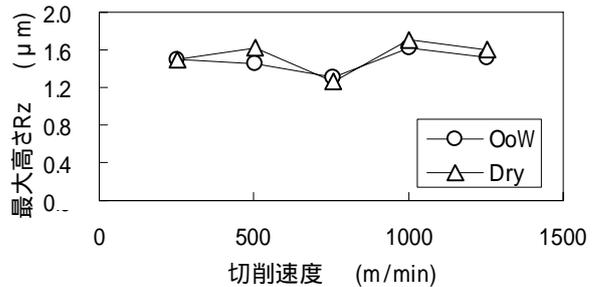


図6 仕上げ面粗さ

金の加工では、エッジの形状の影響によりコーティングのない工具の方が加工力は小さくなったと推察される。

#### 3.3 加工温度

加工中の被削材の温度を測定した結果を図5に示す。切削速度の上昇とともに加工温度も上昇したが、切削速度が700m/min以上ではほぼ一定になった。室温は20なので、被削材の温度上昇はOoWで約10、ドライ加工で約20であった。ドライ加工に比べOoWでは約半分の温度上昇に抑えられており、水滴による冷却効果が現れている。また、本実験の条件ではどの加工においても切りくずが燃焼することはなかった。

#### 3.4 仕上げ面粗さ

仕上げ面粗さの測定結果を図6に示す。OoW、ドライ加工ともに切削速度が大きくなっても仕上げ面粗さはほぼ一定であり、1.2~1.6μmであった。次式で与えられる理論粗さについて考える。

$$Rz = f^2 / 8R$$

ここで、fは一刃あたりの送り、Rは工具半径である。本実験の加工条件ではf=0.15、R=8である。しかし、工具1回転の振れが2~4μmと大きいため、仕上げ面を創生するのは1枚の刃だけと考えられる。そこで、工具は2枚刃であるためf=0.3を代入すると理論粗さは約1.4μmとなる。このことから、測定された仕上げ面粗さは理論粗さに近く、高精度に加工されていることが分かる。

### 4. まとめ

OoWによるマグネシウム合金の高速加工について検討したところ、切削速度が1200m/minまでは切りくずの燃焼もなく安全に安定した加工が行えることが分かった。また、加工力、仕上げ面粗さ共に切削速度にあまり影響しないことから、より高速な領域での加工が期待できる。

### 文献

- 1) 河田ほか：精密工学会誌、70(4)、573(2004)
- 2) 河田ほか：2004年度砥粒加工学会講演論文集、259