

# 油膜付水滴加工液を用いたエンドミル加工における工具摩耗

河田圭一\*<sup>1</sup> 佐藤豊\*<sup>1</sup> 水野和康\*<sup>1</sup>

## Tool Wear in End-Milling with Oil Film on Water Fog Cutting Fluid

Keiichi KAWATA, Yutaka SATO and Kazuyasu Mizuno

Technical Consulting Division, AITEC\*<sup>1</sup>

環境負荷の小さい油膜付水滴加工液を用いた切削加工における工具摩耗、切削抵抗、仕上げ面粗さについて検討するために、立形マシニングセンタを用いてボールエンドミル加工を行った。同様に、水溶性加工液（エマルジョン）および極微量潤滑法を用いた実験を行い、油膜付水滴加工液を用いた結果と比較した。その結果、油膜付水滴加工液を用いた工具摩耗は水溶性加工液を用いた場合と同様に逃げ面境界部にチッピングが起こった。また、切削抵抗、仕上げ面粗さも水溶性加工液を用いた場合に近い値を示した。

### 1. はじめに

生産加工における切削加工液が系外に排出されたとき、環境負荷が大きいことが問題となっている。この対策として種々の方法が検討されているが、その中の1つに、水滴表面を油膜で覆い加工物や工具の表面に吹き付ける油膜付水滴加工液（Oil Film on Water Fog、以下OoWと記す）を用いた加工方法<sup>1)</sup>がある。昨年度は、この加工液を用いたアルミニウム合金のスクエアエンドミル加工における加工精度について検討した<sup>2)</sup>。その結果、この加工液を用いることが環境対策技術の一つとして有効であることが明らかになった。

そこで本年度は、この加工液を用いた工具摩耗について検討するためにボールエンドミルによる切削加工を行った。同様に従来の多量の水溶性加工液を用いた方法および環境対策技術として注目されている極微量潤滑法（Minimal Quantity of Lubricant、以下MQLと記す）の実験を行いOoWの結果と比較を行った。また、切削抵抗や仕上げ面粗さについても検討した。

### 2. 実験方法

本実験では、金型加工を想定し、立形マシニングセンタによるボールエンドミル加工を行った。加工方法を図1に示す。切削速度がほぼ零となる工具中心付近での工具の摩耗状態は複雑となるので、その影響をさけるために、被削材を20度傾けて加工を行った。加工条件を表

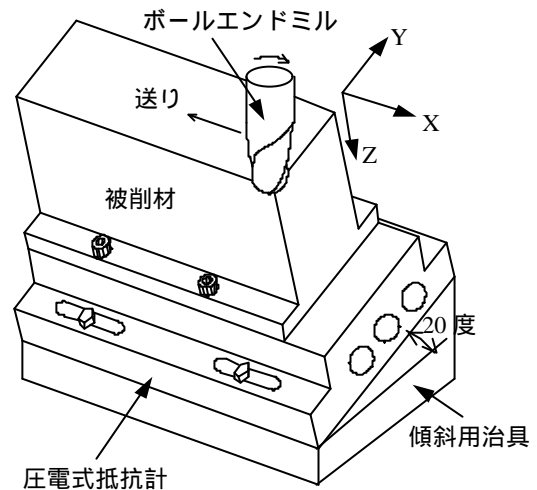


図1 加工方法

1に示す。-X方向を工具の送り方向としたので、切削はダウンカットである。-X方向に1ライン加工後、+Y方向に一定ピッチ送られるので、斜面を下から順に上へ加工を行う。被削材はモールド加工用の金型材としてよく使用されるプリハードン鋼（NAK80、HRC39）を使用した。

OoWでは、生分解性のあるエステル油剤を10mL/h、蒸留水を1.2L/hの割合で専用ノズルにより加工点に吹き付けた。水溶性加工液では、水道水で20倍に希釈されたエマルジョンタイプの切削油を420L/hでフラッド供給した。MQLでは、マシニングセンタ付属の供給装置により、生分解性のある油剤を、主軸内部を通しコレットチ

\*1 技術支援部機械電子室

表1 加工条件

超硬ボールエンドミル	工具径：R5 刃数：2枚 主軸回転数：6350 rpm 送り：1905 mm 切込み：0.5 mm ピックフィード：0.5 mm
TiAlN コーティング 超硬ボールエンドミル	工具径：R5 刃数：2枚 主軸回転数：10000 rpm 送り：3000 mm 切込み：0.5 mm ピックフィード：0.5 mm

ヤックから 4mL/h で供給した。

超硬工具では 30m、コーティング工具では 60m 切削するごとに工具摩耗量、切削抵抗および仕上げ面粗さを測定した。工具摩耗量は逃げ面を工具顕微鏡により観察し、逃げ面摩耗量を測定した。切削抵抗は、圧電式切削抵抗計により  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$  の3成分を測定した。抵抗計も 20度傾けられており、測定される方向は図1に示した方向である。仕上げ面粗さは触針式粗さ計により測定した。フィルターはガウシアンフィルター、カットオフは 0.8mm、測定長さは5カットオフとした。工具の送り方向（X方向）および直角方向であるピックフィード方向（Y方向）の2方向をそれぞれ5カ所ずつ測定し、平均

値を求めた。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 逃げ面摩耗

写真1に超硬工具で 240m まで切削したときの工具逃げ面の状態を示す。工具の2枚の刃はどちらも同じような摩耗であった。写真の右側は工具の外周であるので、左側よりも右側の切削速度は大きい。どの加工液の場合にも、境界部分を除いて切削速度が大きくなるほど摩耗幅も大きくなる傾向が見られた。(a)OoW を見ると、左右の境界部で大きく摩耗し、右の境界部では一部欠損も起こっている。(c)水溶性では、OoW と同様な摩耗形態を示したが、欠損は OoW よりも大きかった。一方、(b)の MQL では境界部で異常な摩耗は見られなかった。このことから、ボールエンドミル加工のような断続切削では、冷却性の高い OoW や水溶性加工液を用いた場合、切削時の発熱と加工液による冷却が繰り返されるので、境界部では熱による衝撃が大きくなり欠損が生じやすくなると考えられる。

写真2にコーティング工具で 600m まで切削した工具逃げ面を観察した結果を示す。超硬工具と同様、OoW と水溶性では左右の境界部で大きな摩耗が見られ、右の境界部にはチッピングが観察された。

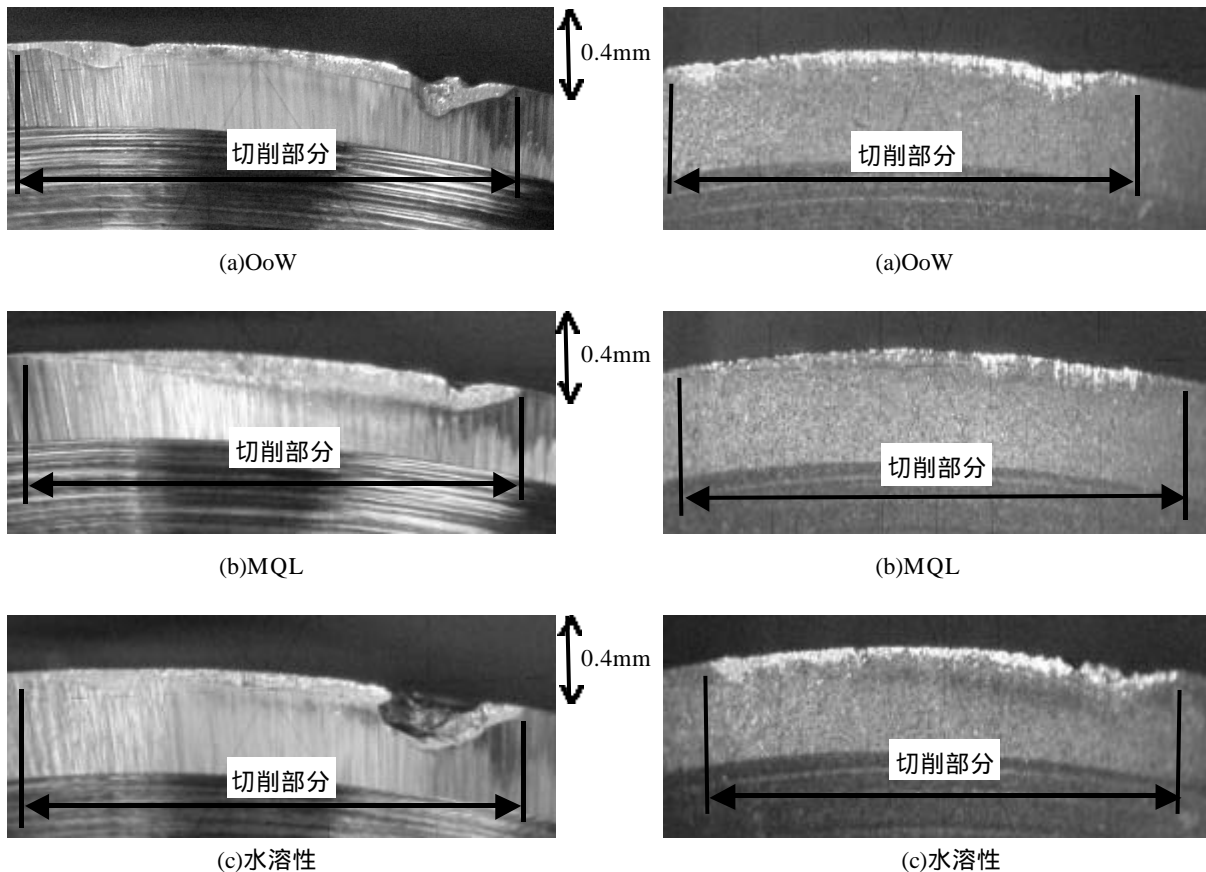
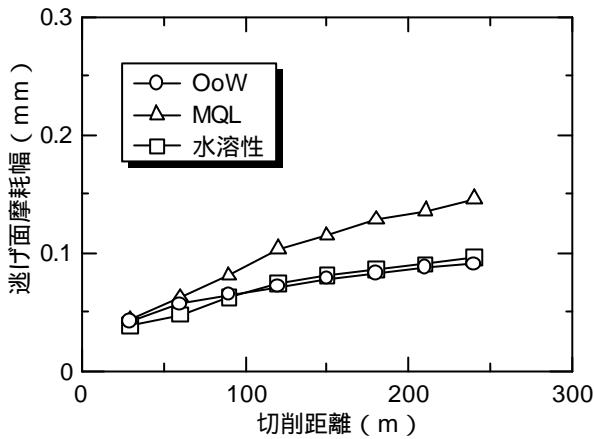
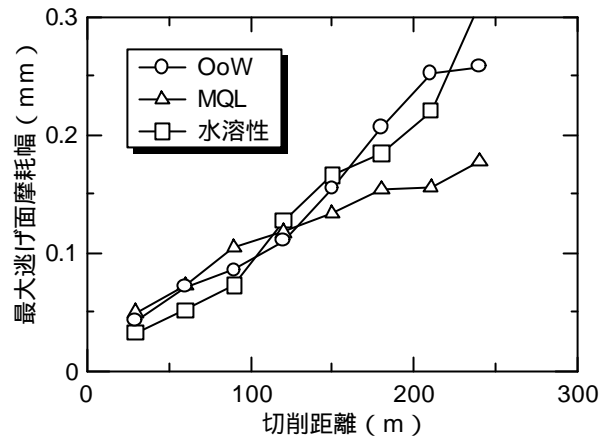


写真1 逃げ面摩耗の観察（超硬工具）

写真2 逃げ面摩耗の観察（コーティング工具）

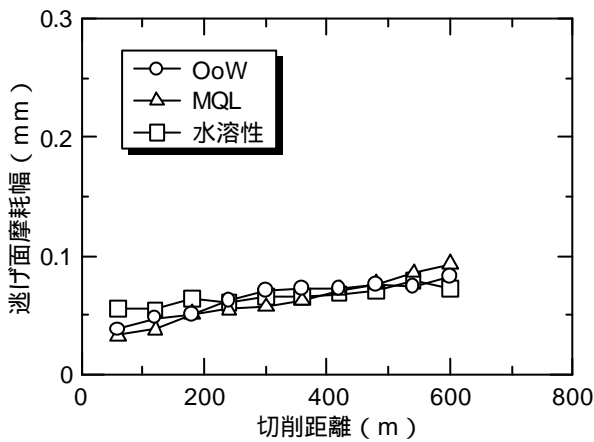


(a)中央部の逃げ面摩耗幅

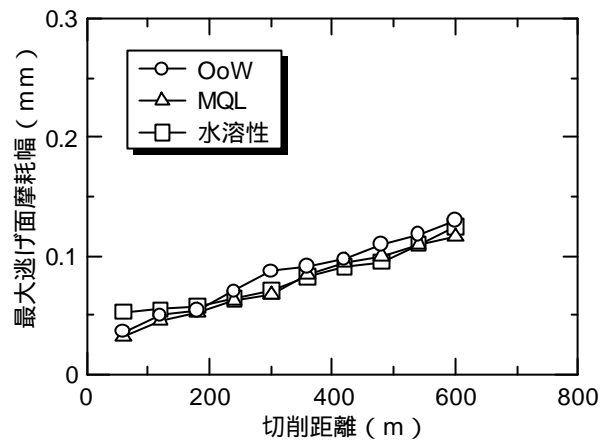


(b)最大逃げ面摩耗幅

図2 逃げ面摩耗幅の推移(超硬工具)



(a)中央部の逃げ面摩耗幅



(b)最大逃げ面摩耗幅

図3 逃げ面摩耗幅の推移(コーティング工具)

写真1に示した切削部分の中央にあたる逃げ面摩耗幅の切削距離に対する変化を図2(a)に示す。図に見られるように、OoWの逃げ面摩耗幅は水溶性とほぼ同じ増加を示した。一方、MQLは他に比べ逃げ面摩耗の増加の割合が大きかった。これは、OoWと水溶性の冷却効果がMQLよりも高いためと考えられる。一方、OoWと水溶性の最大逃げ面摩耗幅(図2(b))は、切削距離が150mを超えるあたりからMQLよりも大きくなる。これは、OoWと水溶性では境界部がチップングするためである。

コーティング工具における中央部の逃げ面摩耗幅と最大逃げ面摩耗幅の変化を図3に示す。コーティング工具では超硬工具と異なり中央部および最大逃げ面摩耗幅に加工液による大きな差は見られなかった。

### 3.2 切削抵抗

図4に超硬工具の切削抵抗の測定結果を示す。切削抵抗は、工具が摩耗するので、切削距離の増加とともに増加した。(a)X方向において、MQLの切削抵抗は、OoWや水溶性に比べ大きくなった。図2(a)に見られたように、MQLの逃げ面摩耗はOoWや水溶性に比べて大きいいため切削抵抗は大きくなると考えられる。一方、(b)Y方向、

(c)Z方向の切削抵抗には、それほど大きな差は見られなかった。

図5にコーティング工具における切削抵抗の変化を示す。(a)X方向および(b)Y方向ではあまり大きな差は見られなかった。一方(c)Z方向において、MQLに比べOoWと水溶性の場合に切削抵抗の増加の割合が大きくなった。OoWと水溶性では境界部のチップングによりコーティング層が剥がれ、切削抵抗が増加したものと考えられる。

### 3.3 仕上げ面粗さ

超硬工具の場合の仕上げ面粗さの変化を図6に、コーティング工具の場合の仕上げ面粗さの変化を図7に示す。どの工具においても、送り方向に測定した仕上げ面粗さは加工液による影響は見られず、切削距離が増加しても一定であった。一方、ピックフィード方向に測定した仕上げ面粗さは、切削距離の増加に伴い大きくなった。MQLを用いた場合にOoWや水溶性に比べ仕上げ面粗さの増加割合は小さくなった。写真1、2に示した左の境界付近が仕上げ面として被削材に転写されるので、その部分の摩耗が大きいOoWと水溶性の仕上げ面粗さは、大きくなると考えられる。

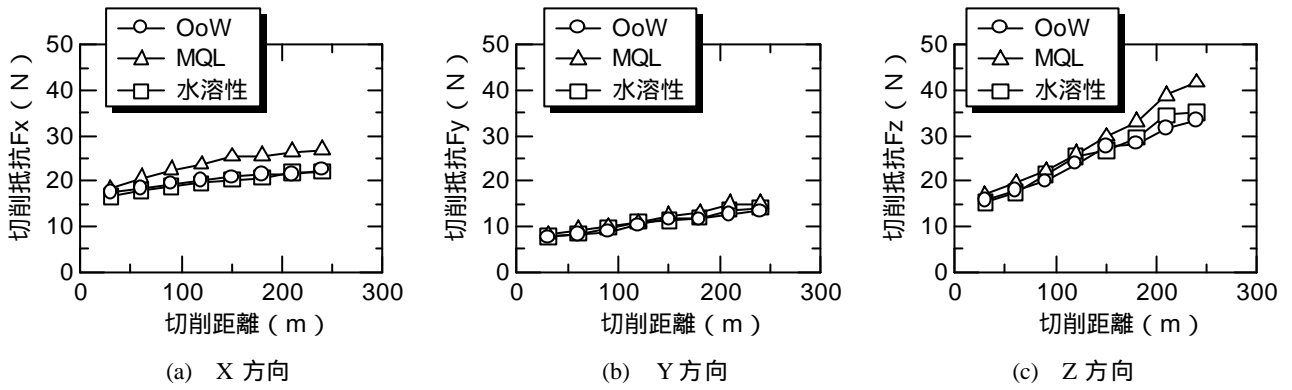


図4 切削抵抗 (超硬工具)

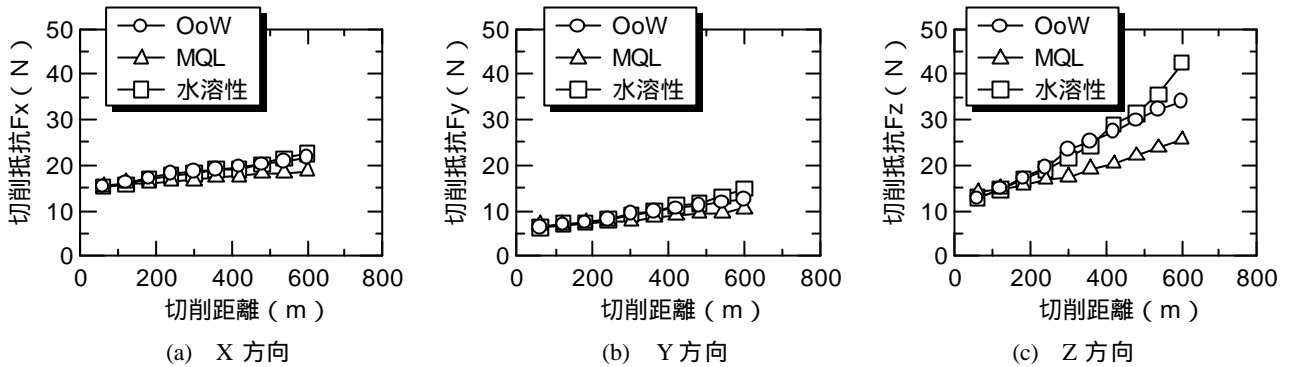


図5 切削抵抗 (コーティング工具)

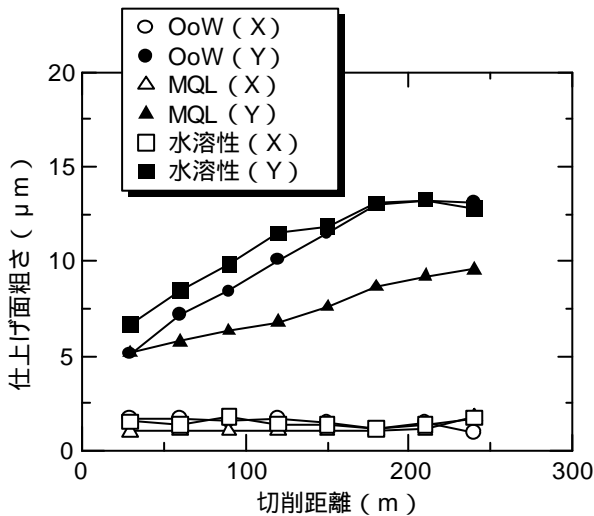


図6 超硬工具における仕上げ面粗さ

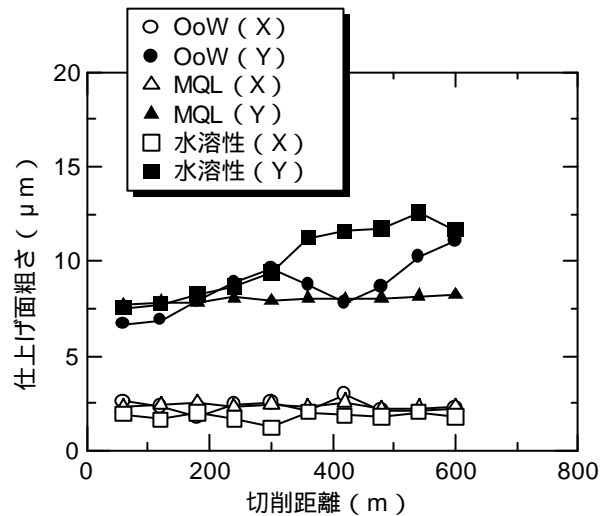


図7 コーティング工具における仕上げ面粗さ

#### 4. 結び

油膜付水滴加工液を用いたボールエンドミル加工における超硬工具およびコーティング工具の逃げ面摩耗について測定した。その結果、油膜付水滴加工液を用いた加工は、水滴の冷却効果により水溶性切削液を用いた加工に近い摩耗を示すことが明らかになった。また、切削抵抗、仕上げ面粗さも同様であった。今後は、焼き入れ材料を対象にした工具摩耗について調べていく予定である。

#### 文献

- 1) T.Nakamura, T.Matsubara, F.Itoigawa, K.Kawata: Proceedings of the 10th International Conference on Precision Engineering, 7, 269(2001)
- 2) 河田ほか: 愛知県工業技術センター研究報告, 37, 37(2001)