211 油膜付き水滴加工液の油剤特性と加工性能

Oil Properties and Machining Performance of Oil on Water Metalworking Fluid

正 中村 隆 (名工大) 正 松原十三生 (名工大)
正 糸魚川文広 (名工大) ○学 近藤 正満 (名工大)

Takashi NAKAMURA, Tomio MATSUBARA, Fumihiro ITOIGAWA and Masamichi KONDO, Nagoya Institute of Technology, Gokisocho Showa-ku Nagoya

A new type of metalworking fluid is developed that conforms to recent environmental requirements. Comparatively large water particles are covered with oil film and sprayed on a machining point with a soft air jet. The performance of this metalworking fluid is studied in an aluminum alloy milling process with changing the oils. Surface tension of the oils and cutting forces are measured and multiple regression analyses are performed for the measured results. Experimental results show that interfacial tension of 100 nm film thickness oils on water and oiliness of the oils effect on the machining performance.

Key Words : Cutting, Metalworking fluid, Ecology, Oil on Water, Surface tension

1. はじめに

一般に金属等を高能率かつ高精度に加工するため、多量の加工液が常時使用されている。しかしながら、近年では環境やリサイクル問題が重視されゼロエミッションが求められる時代となり、切削加工、研削加工で多量に使用されている加工液の処理に見直しが必要とされている。また、加工液の供給、搬送処理設備で費やされる電力は、業種によっては工場の総電力の3割以上に達するといわれ、省エネルギー生産の観点からも新たな技術が求められている。対策としては、ドライカッティング、冷風、微量オイルミスト(MQL)等が広まりつつあるが、それぞれに長所、短所があり、加工対象、条件に合わせた多様な加工技術が必要になると思われる。

「油膜付き水滴加工液(Oil on Water; 以後 OoW)」とはミスト状の水滴の表面に微量の植物系油膜を張り加工点に噴霧供給する方法であり、図1のように水滴は油剤を運ぶキャリアーの役割と加工物、工具の冷却の役割を果たす。本研究では、切削加工における OoW の加工特性を調べて報告してきた^{1~4)}。本報告では、OoW における油に求められる性能として、潤滑性能と油膜を作成し易い性能という2つの性能が重要であると考え、切削抵抗と油剤の潤滑性能、表面張力を測定し、油剤の性能と切削抵抗の関係を調べた。

2. 実験方法

立型マシニングセンターによるアルミ合金のエンドミル・ピックフィード加工において表1に示す加工条件のもとで加工を行った。OoW を発生させるために使用したノズル形状を図2に示す。加工力は直行3分力を圧電型動力計で測定したが、ここでは最もその値が大きく加工条件による変化も大きい工具送り方向水平分力を切削抵抗として測定した。また、油剤のみを加工点に供給したときの切削抵抗を油剤の潤滑性能とした。

表面張力の測定については、吊り板法を用いて油剤のみの場合と、水に100 nmの油膜を張った場合の界面張力について測定を行った。実験に用いた油剤を表2に示す。

3. 実験結果

OoW の場合の切削抵抗測定結果と潤滑性能の測定結果を図3、表面張力の測定結果を図4に示す。

Fig. 1. Concept of oil on water metalworking fluid

Table 1. Machining condition

Work material	A6063S
Cutting tool	End mill (2 flutes)
Tool material	Sintered carbide
Tool diameter	φ 12
Machining process	Pick feed up cutting
Depth of cut in radial	6 mm
Depth of cut in axial	9 mm
Rotational speed	5400 rpm
Cutting speed	203 m/min
Feed speed	0.095 mm/rev
Oil	9 ml/hour
Water	3 l/hour
Air	42 l/min

Table 2. Metalworking fluid and oils

1. S-35 (kinematic fluid viscosity 37mm²/s)
2. S-15 (kinematic fluid viscosity 15mm²/s)
3. Castor oil
4. Low-melting point palm oil
5. Medium chain trigly ceride
6. Trimethylolpropanetriester
7. Pentaerithritoltetraester
8. Polycondensed ricinoleic acid
9. Oleic acid
10. Isostearyl alcohol
11. Ester + Calcium sulphonate
12. Ester + Active sulphonate
13. Ester + Inert sulphonate
14. MQL oil
15. Salada oil
16. Machine oil

油剤の潤滑性能を調べるために油剤のみを加工液として切削をおこなったが、OoW の時と比べて切削抵抗が高くなった油剤と、低くなった油剤の両方があり、油剤の潤滑性能からだけでは、OoW の切削抵抗を予測できない。また、表面張力についても、100nm 油膜形成時、油剤のみの両方の場合において、OoW の切削抵抗と相関がみられず、表面張力から切削抵抗を予測することはできない。つまり、潤滑性能や表面張力といった1つのパラメーターからでは OoW の切削抵抗を予測できないので、潤滑性能、表面張力[油自体、100nm 油膜形成時]の3つのパラメーターを重回帰分析し、切削抵抗との関係を調べることにした。

4. 重回帰分析

重回帰分析は、非線型モデルを用いて行った。非線型モデルの場合、方程式は次のようになる。

$$Y' = aX_1^{b_1} X_2^{b_2} X_3^{b_3} \quad (1)$$

$$\log Y' = \log a + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + b_3 \log X_3 \quad (2)$$

Y' : 切削抵抗の予測値 [N]
X₁ : 潤滑性能 [N]
X₂ : 表面張力 (100nm 油膜形成時) [N/m]
X₃ : 表面張力 (油剤のみ) [N/m]
※ Y を切削抵抗の測定値 [N] とする

計算の結果、得られた式を次に示す。

$$Y' = 100.80X_1^{0.165} X_2^{0.172} X_3^{-0.0925} \quad (3)$$

また、相関係数 R² は次のようになった。

$$R = 0.737$$

$$R^2 = 0.543$$

重回帰分析の結果、OoW の切削抵抗を予測する際、油剤の潤滑性能、表面張力 (100nm 油膜形成時、油剤のみ) のなかで、潤滑性能および界面張力 (100nm 油膜形成時) の方が表面張力 (油剤のみ) より切削抵抗に与える影響が大きいことがわかった。

式 (3) X₁, X₂, X₃ の測定値を代入し算出した切削抵抗 Y' を図 5 に示す。また切削抵抗の測定値と予測値とのグラフを図 6 に示す。図 5 より、ほとんどの油剤で切削抵抗の予測値は 180N~200N と変化が少ないのに対し、No.16 のマシン油の切削抵抗の予測値が約 260 と大きくくなっていることがわかる。また図 6 より、切削抵抗の測定値と予測値の間にばらつきがあることがわかる。

5. おわりに

OoW による切削加工において切削抵抗を予測するために油剤の潤滑性能、表面張力 (100nm 油膜形成時、油剤のみ) の測定を行い重回帰分析を行った。重回帰分析の結果、表面張力 (油剤のみ) より潤滑性能と界面張力 (100nm 油膜形成時) が切削抵抗に影響を与えていることがわかった。しかし、その相関係数はあまり大きくなく、測定値と予測値にばらつきが見られたので、潤滑性能と表面張力以外にも影響しているパラメーターがあると考えられる。

参考文献

- 1) 中村 隆 他：トライボロジー会議 '99 秋予稿集, p. 279
- 2) 中村 隆 他：2000 年度春季精密工学会公演論文集, p. 308
- 3) 中村 隆 他：2000 年度秋季精密工学会公演論文集, p. 194
- 4) 中村 隆 他：2001 年度春季精密工学会公演論文集, p. 91

Fig. 2. Oil on water nozzle

Fig. 3. Cutting force

Fig. 4. Surface tension

Fig. 5. Cutting force (Predicted value)

Fig. 6. Predicted value and observed value