

Ni基超耐熱合金のエンドミル加工に関する研究

桑原 修

Research on milling of nickel-base super alloy

Osamu KUWABARA

Ni-base super alloy was milled by micro end-mill, and the effect of high frequency vibration and spraying oil mist with solid lubricant to the tool during the milling on the cutting force was investigated.

Keywords : High frequency vibration , Spraying oil, Ni-base super alloy

微小エンドミルによるNi基超耐熱合金の加工を行った。このとき、加工中の工具への高周波振動の付加および固体潤滑剤を添加したオイルの噴霧が切削抵抗に及ぼす影響について調査した。

キーワード：高周波振動、オイルの噴霧、Ni基超耐熱合金

1 はじめに

近年、各種の産業分野で製品の高性能化が追及され、超耐熱合金などの使用量が増大している¹⁾。広島市域についても例外ではなく、加工需要の海外流出が続き、難切削材料の加工を行う必要性が高まっている。

超耐熱合金は、高温強度が高い、加工硬化を生じやすい、工具材料との親和性が高い、熱伝導率が悪いなどの理由で被削性が著しく悪く、金属材料の中で最も劣位にある²⁾。それらの影響により、切削抵抗が大きく工具磨耗の激しい切削状態となる。

被削性の悪い材料の加工において、切削工具に超音波振動を付加する振動複合加工は切削抵抗が低下する等の理由から注目されている³⁾。

本研究では、Ni基超耐熱合金のエンドミル加工において工具の摩擦抵抗を低下させ、それが切削抵抗に及ぼす影響について調査した。

2 実験

本研究で用いた実験装置の概略を図1に示す。実験はNi基超耐熱合金（Inconel718相当）のエンドミル加工を行った。工具の摩擦抵抗を低下させる方法としては、工具への超音波振動の付加と個体潤滑剤

を混合したオイルの噴霧を行った。超音波振動は図1に示すように加工機の主軸に超音波振動ユニット（株岳将製UB-40C）を取り付けて、工具の軸方向に40kHzの振動を付加した。オイルに添加する固体潤滑剤としては二硫化モリブデンの粉末を用いた。粉末の攪拌には超音波振動を利用し、エアの負圧を利用した噴霧を行った。

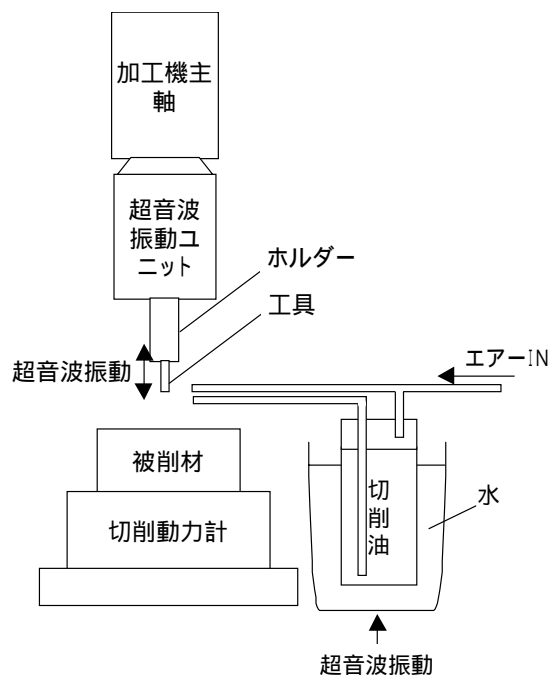


図1 実験装置の概略

表1 実験条件

項目	条件
被削材	Ni基超耐熱合金 (Hv290)
工具	2枚刃超硬エンドミル(K種) 直径1.0mm,首下5.0mm,ねじれ角30° CrSiNコーティング
切削液	・オイル ----- ・MoS ₂ 粉末混合オイル(2wt%)
超音波振動	・40 kHz ----- ・ 0 kHz(振動なし)
切削条件	切削速度 v=8.8m/min (2800 rpm) 軸方向切込 Ad=0.5mm 径方向切込 d=0.2mm 送り速度 f=0.01mm/tooth 切削方向 ダウンカット

切削抵抗の測定は3方向動力計(キスラー(株)製 9257B)を用いた。動力計に被削材を取り付け、加工時の切削抵抗を被削材側で測定した。

実験条件を表1に示す。被削材、加工工具、諸切削条件は共通とし、工具の摩擦抵抗に関する超音波振動と切削液をそれぞれ2条件割り付けた。切削液は不水溶性のものを用いた。

3 実験結果

図2は超音波振動が切削抵抗に与える影響を示す。超音波振動の付加により切削抵抗が20~50%程度低減している。振動0kHz(慣用切削)の場合は切削による工具損傷の影響で、切削距離の増加とともに切削抵抗が増大した。

図3は超音波振動複合加工において、切削油の有無による切削抵抗の変化を示す。加工初期における切削抵抗は同程度だが、Dry加工では慣用切削と同様に切削抵抗が増大した。

工具の摩擦抵抗をさらに低下させるため、切削液中に潤滑作用のある二硫化モリブデン粉末(MoS₂)を添加し切削加工を行った。その結果を図4に示す。切削抵抗は2条件とも同程度の値を示し、この条件下においては切削液中へのMoS₂添加の効果は認められなかった。

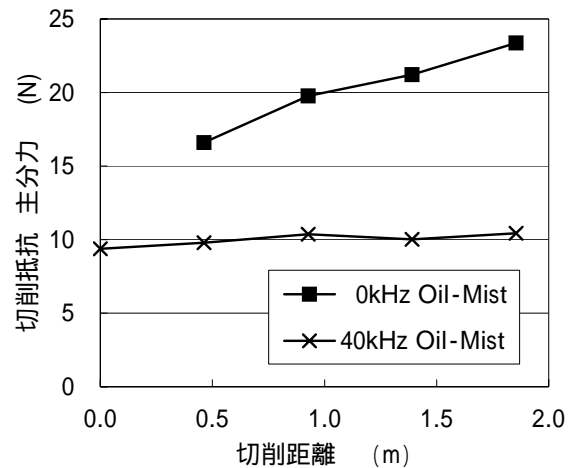
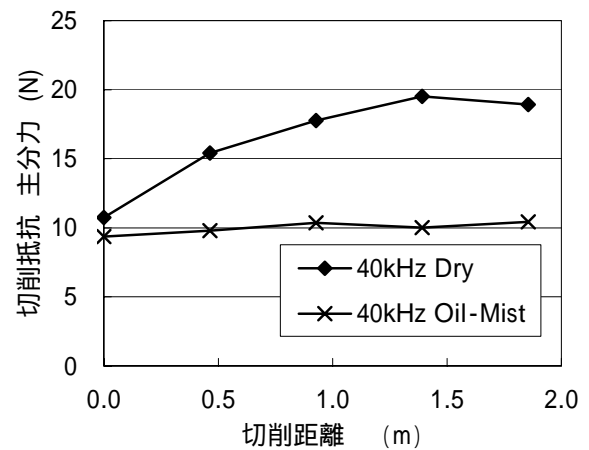
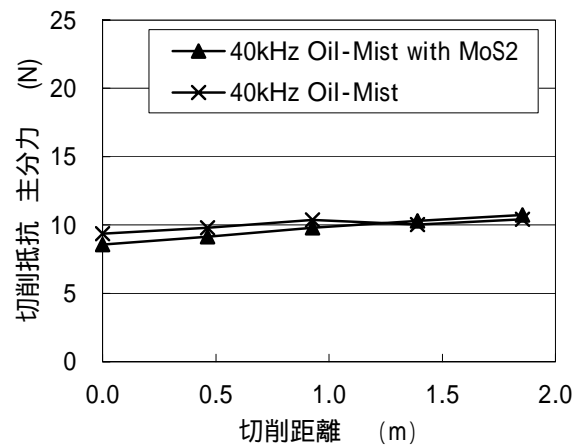


図2 超音波振動が切削抵抗に及ぼす影響



v=8.8m/min, Ad=0.5mm, d=0.2mm f=0.01mm/tooth, Frequency40kHz, downcut

図3 切削油が切削抵抗に及ぼす影響



v=8.8m/min, Ad=0.5mm, d=0.2mm f=0.01mm/tooth, Frequency40kHz, downcut

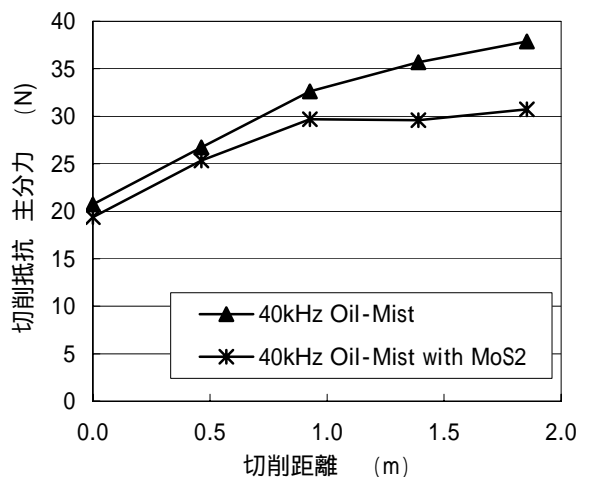
図4 MoS₂添加が切削抵抗に及ぼす影響

次に、送り速度を $f=0.05\text{mm/tooth}$ に増した場合の切削抵抗の変化を図5に示す。図に示すとおり送り速度を増すことにより、上述の条件に比較して切削抵抗は大きくなった。ただし、本条件においては、特に切削距離が1mを超える範囲において、固体潤滑剤の添加の有無による差が顕著に表れた。これは、切削条件が厳しくなる、つまり、切削中に工具刃先に生じる圧力が高くなるほど、固体潤滑剤の効果は大きくなることを示している。そこで、実際に固体潤滑剤の添加がどのように工具摩擦の低下に寄与するかを調べることにした。この時、工具の摩擦係数を実際の使用下において調べることは不可能であるため、ファレックス式摩擦磨耗試験を行うことで、その効果について調べた。結果を図6に示す。図の横軸はブロックの押付け荷重(ダイレクトロード)を示し、縦軸に摩擦係数を示す。MoS₂を添加したオイルは、ダイレクトロードの増大に対し安定した摩擦特性を示した。しかし、オイルのみの場合は、ダイレクトロードが5kNまでは、その摩擦係数はMoS₂を添加した場合とほとんど変わらないものの、ダイレクトロードが5kNを超えると摩擦係数は急激に増大し試験片が破損した。このことから、オイルにMoS₂を添加した場合、特に高圧力下における摩擦摩耗特性が向上することが分かった。

4 まとめ

Ni基超耐熱合金の微小エンドミル加工において、工具の摩擦抵抗を変化させた加工を行い、以下のことが分かった。

- 1) 工具の摩擦抵抗を減らす(工具への高周波振動の付加およびオイルの噴霧)ことにより、切削抵抗は低減した。
- 2) 二硫化モリブデン粉末(MoS₂)を混合した切削液を用いた場合、低負荷による加工については効果は得られなかった。しかし、高負荷時の加工においては、MoS₂の自己潤滑作用によって、工具の摩擦抵抗の低減に寄与し、切削抵抗を低減させる。



$v=8.8\text{m/min}$, $A_d=0.5\text{mm}$, $d=0.2\text{mm}$ $f=0.05\text{mm/tooth}$,
Frequency 40kHz, downcut

図5 MoS₂添加が切削抵抗に及ぼす影響

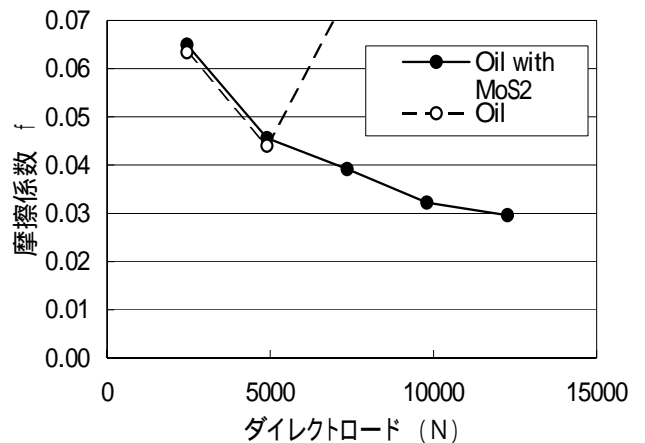


図6 荷重 - 摩擦係数曲線

参考文献

- (1) 鳴瀧 則彦, 難削材の切削加工技術, 機械技術 Vol151, No12, pp.17-20(2003).
- (2) 狩野 勝吉, λ° - Σ - \rightarrow μ λ 超耐熱合金の切削加工, (財)広島市産業振興センター 先進加工技術研究会資料 (2001).
- (3) 鬼鞍 宏猷, 超音波振動が小径穴の加工精度に及ぼす効果, 精密工学会誌, vol. 62, No5, (1996).