

第3報, 高周波振動複合加工による金属材料の微細加工に関する研究

桑原 修

3rd Report, Research on Micro Fabrication of Metal Materials Using Combined Machining with High Frequency Vibration.

Osamu KUWABARA

A thin ditch machining of S50C was conducted for end mill with a high frequency vibration. The method of high frequency vibration reduced the resistance for cutting and prevented the loss of machining tools. Also, machining time could be reduced as fastening the feeding speed.

Keywords : High Frequency Vibration , End Mill

高周波振動を付加したエンドミルでS50Cの細溝加工を行った。高周波振動により切削抵抗が低減され、工具の折損を防止することが可能であった。また本報では送り速度が向上させることができるため、加工時間を短縮することも可能とした。

キーワード：高周波振動, エンドミル

1 緒 言

近年、機械製品および部品の高機能化・小型化に伴い、微細加工技術の重要性が増している。例えば、自動車エンジンの燃料噴射ノズルの微小穴加工やプラスチック金型の細溝加工等があげられる。

金属の微細切削加工を行う場合、工具の回転振れ、工具の取り付け等の誤差を最小限に抑えることが重要となる⁽¹⁾。微細加工を行う場合、切削速度を維持するため工具回転数を高くする必要があるが、これに伴い振動の発生や工具の回転振れの増大が起こり、工具回転の誤差が大きくなる。切削速度を維持するため工具回転数を高くする事が、微細加工を行う上では大きな阻害因子になると考えられる。

そこで本研究は、工具に高周波振動を付加することにより、工具回転数を低い状態で行える微細加工技術を確立することを目的とする。

具体的には、エンドミルに高周波振動を付加し、金属の細溝加工についての実験研究を行う。

2 実験方法

図1は研究に使用した実験装置を示す。加工機はマシニングセンタ(牧野フライス精機(株)製MSJ25-16)を用い、主軸に高周波振動を発生させる超音波振動ユニット(㈱岳将製UB-40C)を取り付けて加工を施し、加工時の切削抵抗の測定および切削屑の観察を行う。

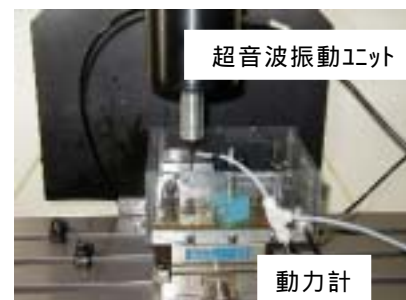


図1 実験装置

周波数40kHzの振動を回転工具の軸方向に与えた。この時の振幅は無負荷状態で約 $5\mu\text{m}$ である。また、工具の静的回転精度は約 $5\mu\text{m}$ である。

切削抵抗の測定は3方向動力計(キスラー(株)製 9257B)を用いる。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する。

表1は実験条件を示す。被削材をS50Cとし、油性切削油を使用して溝加工を行う。この時の工具は直径1.0mm、超硬材質のエンドミルを用いる。工具回転数は2000rpmで一定とし、送り速度を20~60mm/min、軸方向切り込み量を0.5~1.5mmに変化させる。それぞれの条件で高周波振動を付加した加工方法(振動複合加工)と付加しない加工方法(慣用加工)で実験を行う。

表1 実験条件

項 目	条 件
被削材	S50C (HB=200)
切削油	油性切削油
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°
切削速度(v) m/min	6.28 (2000 rpm)
軸方向切り込み(Ad) mm	0.5 , 1.0 , 1.5
送り速度(f) mm/min	20 , 40 , 60
高周波振動 kHz	40 , 0kHz(振動なし)

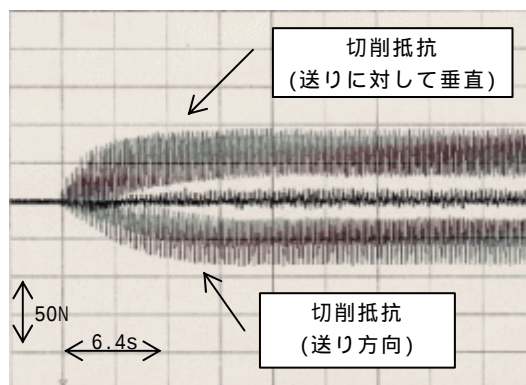
3 実験結果および考察

図2は加工時の切削抵抗の波形を示す。慣用加工に比べ振動複合加工では送り方向および送りに対して垂直方向の切削抵抗が小さくなり切削性が向上した。送り方向の切削抵抗は慣用加工に比べ振動複合加工では約30~50%に低減した。

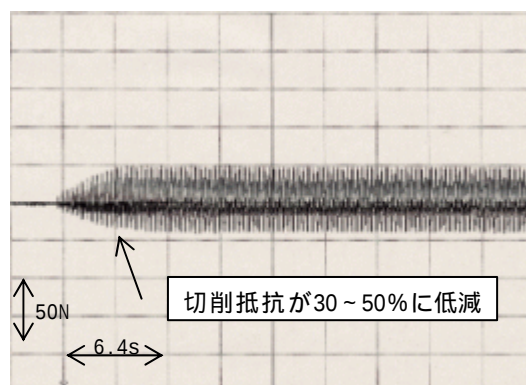
図3は各加工時において送り速度を変化させたときの工具の送り方向の切削抵抗を示す。慣

用加工に比べ振動複合加工は、全体的に切削抵抗が低く、送り速度を増したときの切削抵抗の増大も少ない。

図4は切削抵抗の変化を示す波形に及ぼす送り速度および軸方向の切り込み量の影響を示す。



(a) 慣用加工 0kHz



(b) 振動複合加工 40kHz

図2 切削抵抗波形, $v=6.28\text{ m/min}$ $f=40\text{mm/min}$
 $Ad=1\text{mm}$ Wet

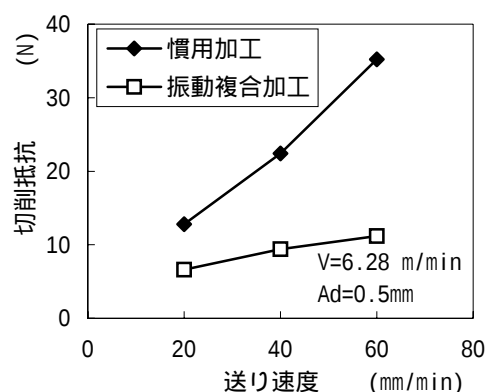


図3 各加工法の切削抵抗に対する送り速度の影響

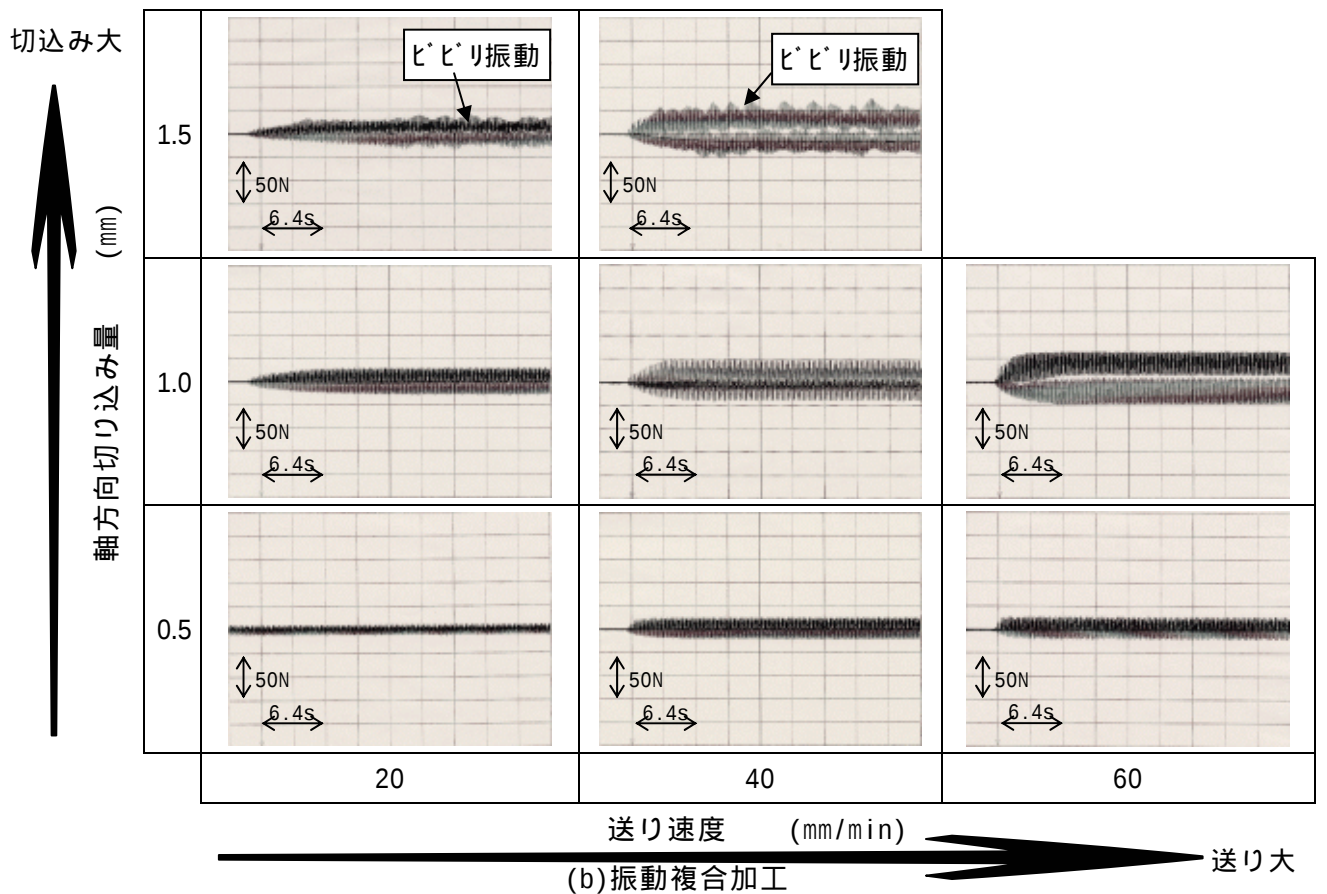
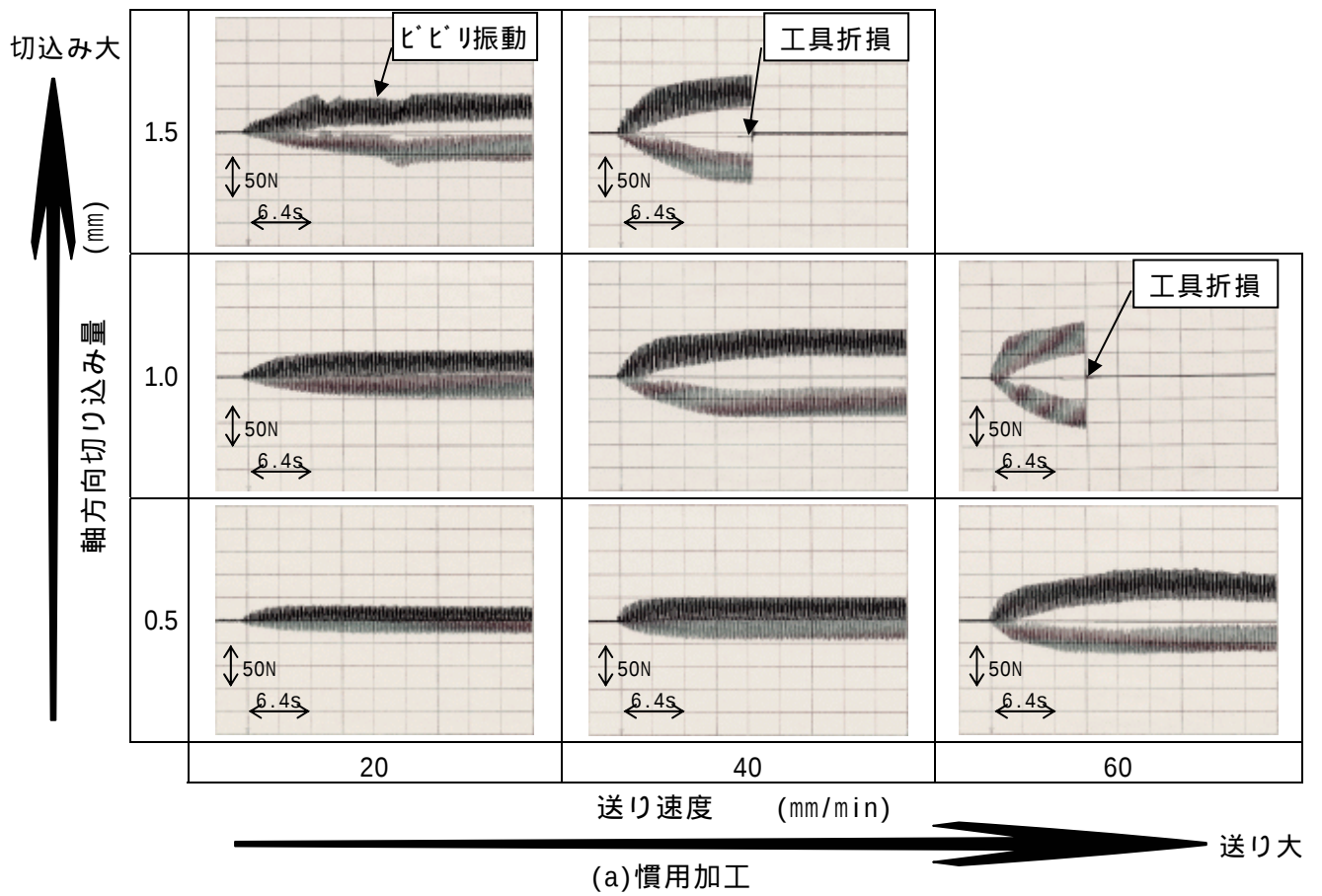
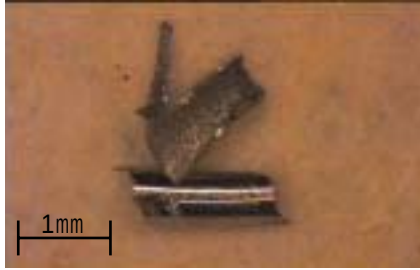


図4 切削抵抗波形，(a)慣用加工、(b)振動複合加工

(a)慣用加工 0kHz

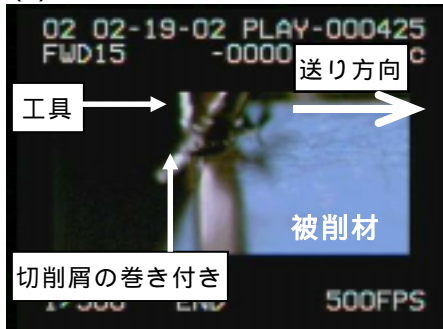


(b)振動複合加工 40kHz



図5 切削屑, $V=6.28$ m/min $f=40$ mm/min $A_d=1$ mm Wet

(a)慣用加工 0kHz



(b)振動複合加工 40kHz



図6 加工中の切削屑状況, $V=6.28$ m/min $f=40$ mm/min $A_d=1$ mm Dry

図4は縦方向が軸方向切り込み量を示し、横方向に送り量を示している。慣用加工では工具が折損し加工の継続が不可能であった条件においても、振動複合加工では加工が可能であり、工具に高周波振動を付加することで加工性を向上させることができる。

図5は加工後の切削屑を示す。慣用加工では切削屑がつぶれた様に厚くなっているが、振動複合加工では薄くカールした切削屑が排出されている。これは高周波振動の影響で、工具すくい面と切削屑との摩擦抵抗が低減し、切削屑が押しつぶされることなく排出された為と考えられる。この切削屑の変形抵抗の差が切削抵抗に現れたものと考えられる。

切削屑の排出性を観察するため加工状況を高速ビデオカメラ(株)コダック製SR-500)で観察した。図6は加工時の切削屑の排出状況を示す。慣用加工では工具に切削屑が巻き付き、加工中に工具が折損したが、振動複合加工では切削屑の排出が良好であった。

4 結 言

エンドミルを用いた溝加工において、高周波振動複合加工により以下の結果が得られた。

- (1)切削抵抗の低減により切削性が向上する。
- (2)切削性の向上により、送り速度を上げることが可能となり、加工時間が短縮できる。
- (3)切削屑の排出性が向上する。

この研究は中小企業庁の補助金「地域ものづくり対策事業費補助金」を受けて実施した。関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- (1)太田 和義, マイクロドリルによる微小径孔加工のポイントと加工事例, 機械技術 Vol149, No2, pp18-21(2001).