

超精密小型旋盤加工における工具刃先高さの AE 計測による認識

埼玉工業大学 ○塩屋峻一, ◎長谷亜蘭

要 旨

近年、省資源・省エネルギーの観点から工作機械の小型化が進んでいる。それに伴い、部品も小型で精度が高いものが要求されている。切削現象が微視的になると、原点座標設定、加工状態の監視を人間の感覚で行うにも限度があり、時間や手間を要する。そこで、小型工作機械の作業における切削加工時に生じるアコースティックエミッション（AE）を計測し、接触検知および加工状態のモニタリングに利用することを考え、工作機械自身が最適な加工条件を見いだす智能化システムの構築を将来的に目指している。

1. 緒 言

近年、省資源・省エネルギーの観点から工作機械の小型化が進んでいる。それに伴い、部品も小型で精度が高いものが要求されている。切削現象が微視的になると、原点座標設定、加工状態の監視を人間の感覚で行うにも限度があり、時間や手間を要する。原点座標設定は、製品の寸法精度に大きく関わるため、実加工に近い状態で工具・材料の接触検知を行う必要があると考える。そこで、小型工作機械の作業における切削加工時に生じるアコースティックエミッション（AE：材料の破壊や変形の際に生じる弾性波）を検出し、接触検知および加工状態のモニタリングに利用する¹⁾。切削時には様々な変形・破壊現象が起きているため、これらと AE 信号の関係を明らかにすることで、加工現象を AE 信号の変化から認識・評価できると考える。最終的に、これまで技術者・技能者が行っていた作業を AE センサで検出し、工作機械自ら適切な加工を実行できる智能化システムの構築を目指す。

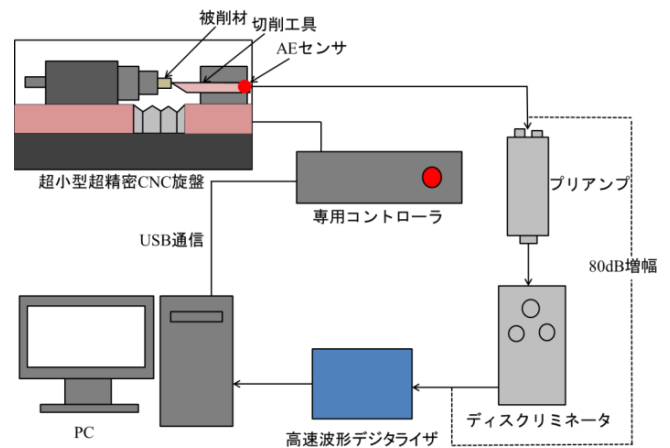


図1 実験装置構成図

2. 実験方法および条件

図1は、本実験で使用した実験装置の構成図である。本研究では、超小型超精密マイクロ旋盤を用いて実験を実施した。切削実験後、被削材の加工面を顕微鏡で観察して評価した。図2は、AE センサの工具取付け時の様子を示している。AE センサは、バイトホルダの後方に治具を用いて取り付け、旋削加工時の AE 信号計測を行った。AE センサからの出力信号をプリアンプとディスクリミネータで 80 dB 増幅した。また、加工現象に関係しない背景ノイズ信号を除去する目的で、ディスクリミネータにより 50 kHz のハイパスフィルタ処理を行った。その後、AE 信号を A/D 変換機を用いてソフトウェア Tracer DAQ により計測した。AE 信号はとても速い波形であるため Tracer DAQ だけでは計測するには限界がある。そこで、高速波形デジタルライザ Pico Scope を用いて、AE 信号原波形を観測・解析した。ここでは、実験中にリアルタイムでモニタリングできるようにすると同時に、Excel データとして出力できるようプログラムした。端面切削時の状態と AE 信号原波形の周波数解析結果を中心に検討した。CNC 旋盤の自動運転機能を用いて、手動による切削現象のばらつきを抑えた。

図1、2で示した実験装置を用いて、切削工具の高さごとに同じ実験条件で行った。実験条件を表1に示す。本実験では、使用工具刃先の高さを調節するために、フィラーテープを用いた。今回の実験では、0.5 mm の厚みのフィラーテープを用いて、切削工具刃先の高さを 0.5 mm 上げた場合、中央、切削工具刃先の高さを 0.5 mm 下げた場合の 3 パターンで実験を行った。それに加え、切削油を使用した湿式切削と、使用しなかった乾式切削の合計 6 パターンのデータを比較・検討した。

3. 実験結果および考察

図3に端面切削後の 6 パターンの加工面の顕微鏡観察結果を示す。図3(a)、(d)は切削工具刃先の高さを 0.5 mm 上げ

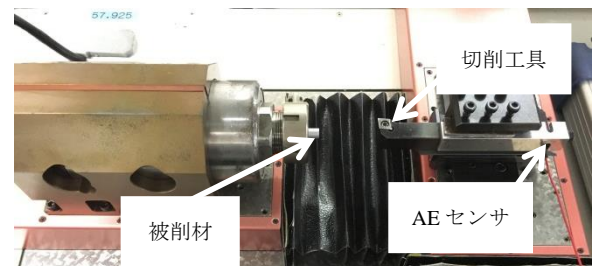


図2 実験の様子

表1 実験条件

AE センサ	広帯域型 (AE-900M-WB)
周波数特性, MHz	0.5~4
AE 増幅率, dB	80
バイパスフィルタ, kHz	50
被削材	アルミニウム合金 (A6063)
切削工具	スローアウェイバイト (チップ素材: サーメット)
送り速度, mm/s	3
主軸回転数, rpm	300
切込み量, mm	0.05

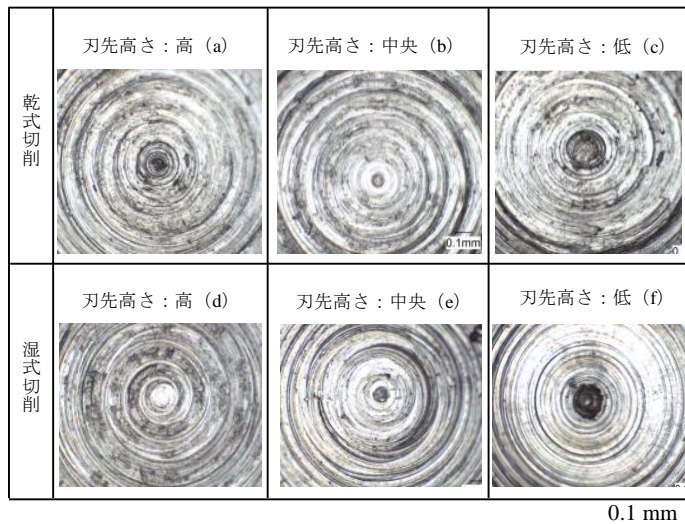


図3 端面中心切削後の顕微鏡観察画像

た場合、(b)、(e) は中央、(c)、(f) は切削工具刃先の高さを 0.5 mm 下げた場合である。(a)、(b)、(c) は乾式滑切削の結果であり、(d)、(e)、(f) は湿式切削の結果である。図3の端面中心切削後の顕微鏡観察画像を比較すると、切削油の有無では、表面の仕上がりの違いがみられた。(a)の画像をみると、端面中心に黒い削り残し部があることがわかる。(b)の画像をみると、端面中心は削れているが、中心周りに削り残しが確認できる。(c)、(f)の画像をみると、中心部分に大きな黒い削り残しがあることがわかる。また、(d)、(e)の画像をみると、全体的に良好に削れていることが確認できた。

図4～6は、異なる工具刃先の高さの切削実験で得られた AE 信号原波形の周波数解析結果である。まず、それぞれの振幅値を比較すると、切削油の有無で周波数の最大値に違いがある。これは、切削油を使用することによって、工具すくい面の摩擦が減少して安定した切削状態が保たれるためと考える。また、周波数解析結果を比較すると周波数分布に以下の興味深い特徴がみられた。図4の切削工具の高さを 0.5 mm 上げた状態、中央、高さを 0.5 mm 下げた状態を比べると、それぞれ 1 MHz、0.5 MHz、1.5～2.5 MHz の周波数分布に特徴が現れている。工具刃先高さが 0.5 mm 高い場合は、1 MHz の周波数が発生しやすいといえる。中央の場合は、0.5 MHz の周波数が発生しやすく、振幅値も大きい。工具刃先高さが 0.5 mm 下げた状態では、1.5～2.5 MHz の高い周波数帯が発生しやすく、0～0.5 MHz の低い周波数帯は振幅値が小さいことが確認できる。また、0.5 MHz の周波数の増減に関しては、切削現象に起因する AE 周波数が 0.5 MHz 付近に特徴を示すことがわかっているため、刃先が中央にある場合は、端面中心位置でも切削現象が継続していたことを示している。以上で述べた周波数解析の結果を利用することによって、工具刃先高さを正確な位置に合わせられると考える。

4. 結 言

本実験から得られた結論として、工具刃先高さを変えることによって同じ切削条件下でも AE 信号原波形の周波数分布に違いが現れることがわかった。切削工具の刃先位置が高い場合は 1 MHz、中央の場合は 0.5 MHz、低い場合は 1.5～2.5 MHz 付近に特徴が現れる。周波数解析結果から、被削材の回転中心に対する工具の刃先位置高さを認識できる可能性がある。

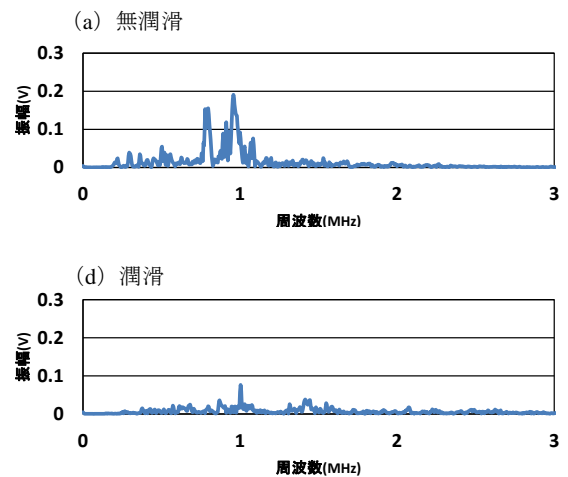


図4 刃先高さを 0.5 mm 上げた端面切削時の周波数解析結果

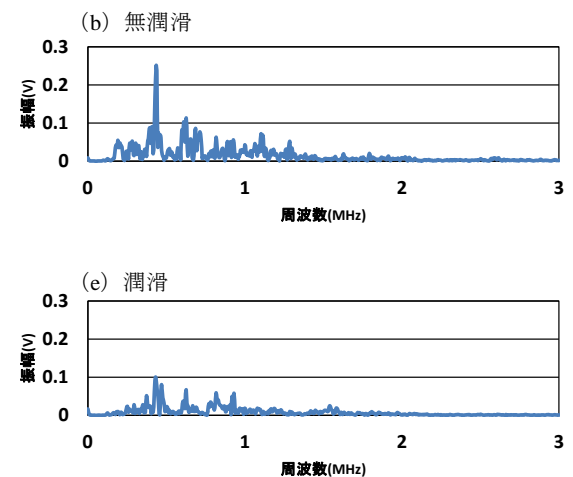


図5 刃先高さ中央での端面切削時の周波数解析結果

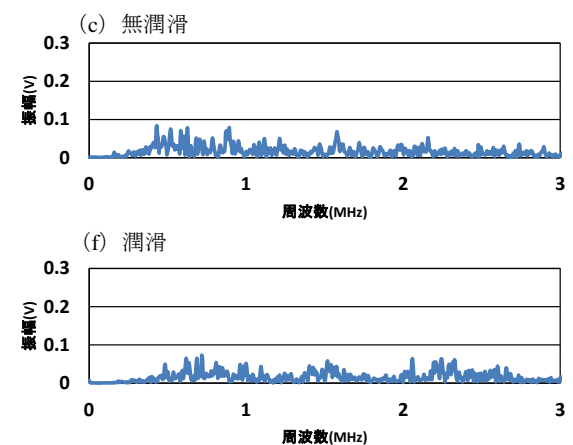


図6 刃先高さを 0.5 mm 下げた端面切削時の周波数解析結果

参考文献

- (1) A. Hase, M. Wada, T. Koga, H. Mishina: The Relationship between Acoustic Emission Signals and Cutting Phenomena in Turning Process, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.70 (2014) pp.947-955.