

ダイヤモンド工具を使用したマイクロ旋削加工時のAE信号解析

埼玉工業大学 ○小暮大貴, ©長谷亜蘭

要 旨

マイクロ旋削加工時の微視的な加工状態を計測・モニタリングすることができれば、加工精度や品質を維持できるだけでなく、高効率化や生産コストの削減にも繋げることができる。本研究では、超小型旋盤を用いてダイヤモンド工具によるアルミニウム加工時のアコースティックエミッション（AE）信号と加工状態の関係を調査した。その結果、工具摩耗の進行や加工表面の悪化とともにAE信号周波数などに変化がみられることがわかった。

1. 緒 言

近年、様々な製品が小型化されているが、それに伴って使用される部品の大きさも小型化されている。しかし、加工を行う工作機械はまだ大型のものが多く、大型の工作機械で小さな部品を加工することは精度が出しにくく、使用するエネルギー量が多いなどの問題がある。そこで工作機械の小型化が必要になってくる。工作機械の小型化により高精度の加工が可能になり省エネルギー化、省スペース化にもつながる。しかし、工作機械の小型化は加工現象自体が微視的になるため、切削状態の監視が困難になる。

切削加工中に発生する AE を観測することにより、加工状態の認識に応用できると考えられている⁽¹⁾。しかし、切削現象と AE 信号との相関については明確に解明されておらず、AE による加工状態認識の実用化には問題点が残されている。

そこで、本研究では AE センサを用いて加工中に発生する AE 信号を計測・分析して切削現象と AE 信号との相関について検討を行い、工作機械自身が自動で加工条件などを判断する知能化システムを構築することが目的である。

2. 実験方法および実験条件

図 1 は、本研究における実験装置の構成図である。CNC 旋盤を専用のコントローラに接続することにより PC から制御することが可能である。また図 2 は、治具を用いて AE センサを取り付けた様子である。本研究では、AE センサをバイトホルダの後方に取り付け、AE 信号の計測を行った。

AE センサ（広帯域型、周波数特性：500 kHz～4 MHz）からの出力信号をプリアンプおよびディスクリミネータで 60 dB 増幅した。また、加工現象に関係しない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。さらに、この AE 信号を高速波形デジタルライザにより PC に取り込み、AE 信号波形を計測・解析した。

図 3 は、切削実験で計測される周波数解析結果の一例である。このグラフは、横軸を周波数、縦軸を周波数成分の振幅値としている。上のグラフは切削実験開始時の周波数解析結果である。下のグラフは切削実験終盤の周波数スペクトルである。この結果に

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)	60
ハイパスフィルタ (kHz)	50
切削工具	スローアウェイバイト 単結晶ダイヤモンド工具
被削材	アルミニウム (A6063)
送り速度 (mm/min)	60
主軸回転数 (rpm)	3000
切込み量 (mm)	0.05

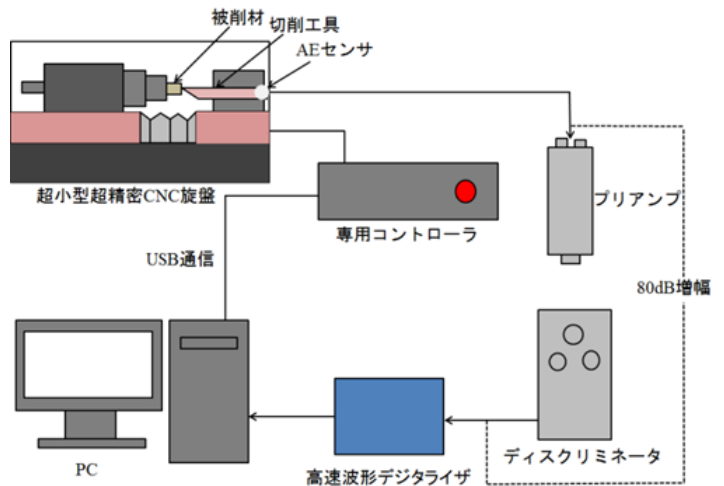


図 1 実験装置構成図

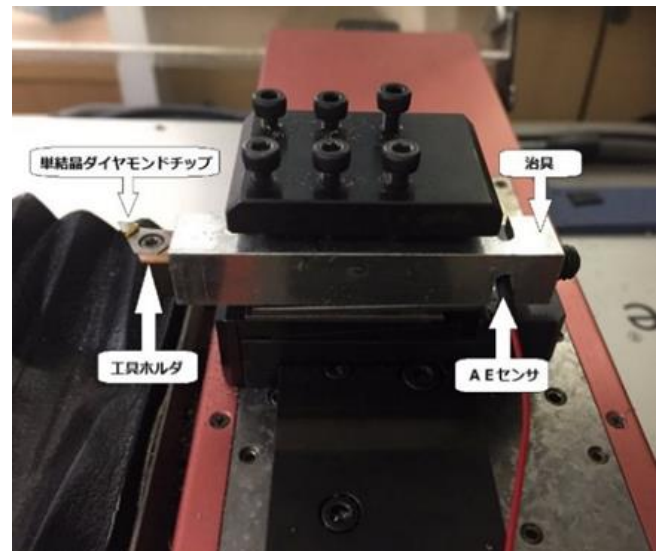


図 2 AE センサ取付けの様子

については後で考察する。本研究の実験条件を表 1 に示す。本実験では、AE 信号と加工状況の相関を検討するため、10 回の旋削ごとに工具刃先と被削材の加工表面の観察を AE 信号の計測とともにを行った。工具刃先と被削材の観察には電子顕微鏡を使用した。切削工具は、スローアウェイバイトと単結晶ダイヤモンド工具である。スローアウェイバイトは、一般的に使用されている工具で刃先のチップを交換することが可能である。単結晶ダイヤモンド工具は、工具寿命が従来のもものと比べ 1.5～2 倍と長い、切れ味のばらつきが少ない、耐溶着性に優れておりドライ・セミドライ加工

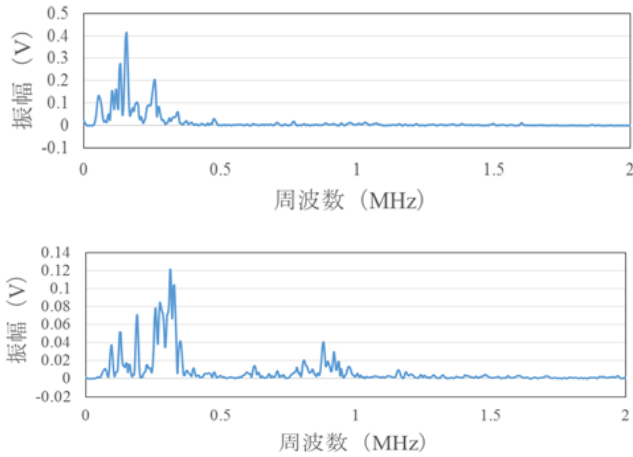


図3 実験で計測される周波数解析結果の一例：
切削初期（上），切削終盤（下）

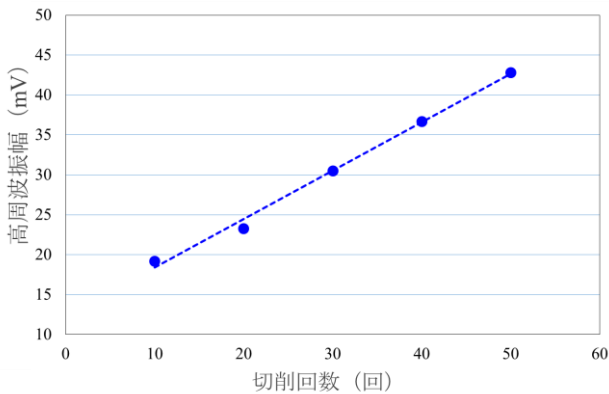


図4 切削回数と高周波振幅のグラフ

に適しているなどの特徴がある。本実験で使用した材料は、切削加工性が高く小さく複雑な精密加工に適しているとされるアルミニウム (A6063) を被削材として用いた。加工を重ねるごとの周波数成分に違いが現れるか、実験・検討を行った。

3. 実験結果および考察

実験結果のデータやグラフを元に考察を行っていく。図3における上のグラフは切削開始直後の周波数スペクトルであり、低周波数成分が主体で正常に切削が進行していることを示している。それに対して、下のグラフは切削終盤の周波数スペクトルであり、通常の切削時の周波数成分とは別に高周波の1 MHz 周辺にも大きな振幅が確認できる。

図4は、図3の周波数の中で0.5 MHz 以上の周波数ピークの振幅値を平均化して評価したグラフである。切削回数が増加するにつれて、高周波の振幅が大きくなっていることがわかる。高周波の振幅が切削回数と比例して大きくなっていることから、切削の進行による工具刃先の異常（凝着）が発生していると思われる。

図5は、切削実験で計測された10回目、30回目、50回目のAE 平均値電圧の振幅を比較したものである。切削回数が増加するにつれて、AE 信号の振幅は小さくなる傾向がみられた。また図6は、実験に使用した単結晶ダイヤモンド工具が10回目、30回目、40回目、50回目と切削の経過とともに刃先に凝着や損傷が進行していく様子がわかる。10回目では何も起こっていないが、30回目では凝着がみられ損傷が起り始めている。40回目ではさらに凝着が大きくなっていき、50回目で元々あった凝着は少し剥がれたもの

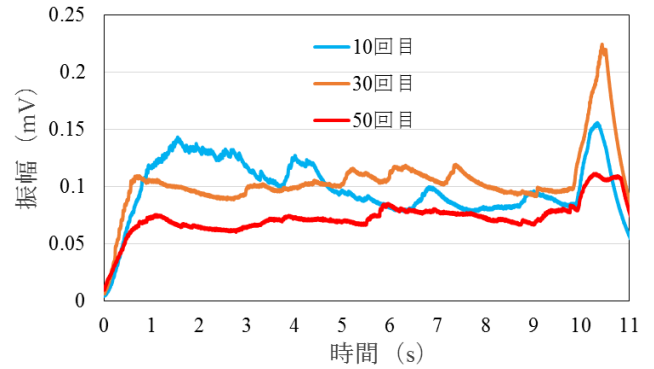


図5 切削回数ごとのAE 平均値電圧変化の比較

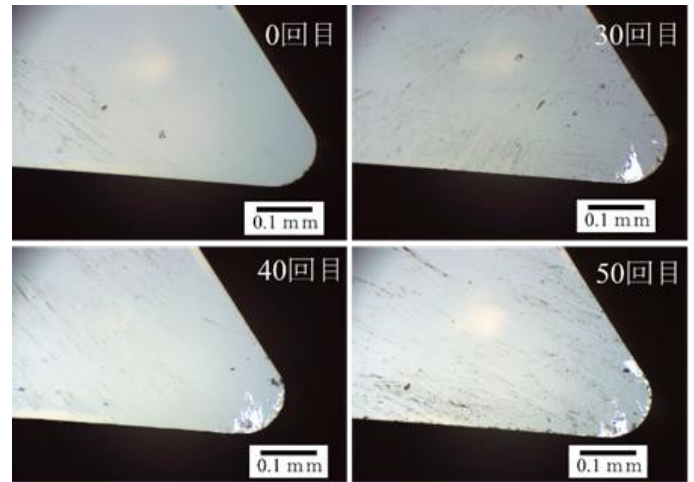


図6 刃先の比較画像

の、凝着が起きている箇所が刃の反対側まで進行している。また、損傷している箇所も多くなっている様子が確認できる。

これらの結果から、周波数の中でも0.5 MHz 以上で計測される高周波振幅が大きく計測される場合、切削に何らかの異常が起きているということを検出できる。計測した高周波成分の変化と切削後の刃先を比較した結果、切削回数を重ねるにつれて凝着や損傷が増えており、高周波成分の振幅に大きな上昇を確認することができた。よって、周波数と切削状況の関連付けは可能であり、切削状況の悪化の予兆を周波数の計測・評価によって察知できる可能性があるといえる。

4. 結 言

本研究では、摩擦面顕微鏡を用いたin-situ観察によって、テクスチャ形状の切削工具の摩擦・摩耗低減メカニズムの解明を行った。得られた結論は以下のとおりである。

- (1) 刃先に凝着や損傷が生じると高周波振幅が大きく計測されることが確認できた。
- (2) 切削時に計測される高周波振幅を観測することで加工状況の把握が可能であることが確認できた。

参考文献

- (1) 長谷亜蘭, 和田正毅, 三科博司: アコースティックエミッション法による旋削加工状態の認識に関する研究一切りくず生成過程と工具摩耗の評価一, 日本機械学会2007年度年次大会講演論文集, Vol. 4 (2007) pp. 233-234.