

アコースティックエミッション法を用いた微小径ドリル加工の異常状態予知に関する研究

埼玉工業大学 ○山崎裕史, ◎長谷亜蘭

要 旨

微小径ドリルを用いた加工は、切りくずの詰まりや絡み、微視的な焼け付きなどによって容易に折損してしまう。本研究では、材料が変形・破壊する際に生じる弾性波を検出するアコースティックエミッション（AE）法を用いて、微小径ドリル加工の異常早期検出を試みる。実験の結果、AE信号振幅と周波数解析結果によって微小径ドリル加工中の異常状態をインプロセスで把握できる可能性を見いだした。

1. 緒 言

近年、スマートフォンやパソコンなどの電子機器は小型部品がいくつも使われており、部品に加工される穴径も微細になってきている。その微小径穴を加工するためのマイクロドリルは、直径が小さくなるほど折れやすく、加工がとても困難となる。工具は切削の繰り返しにより、切りくずの詰まり、焼け付きなどの異常状態が発生する可能性が高くなるが、工具にコーティングを施すことでこれらを抑えることができる。しかし、工具切れ刃の被削材の凝着や切りくずの絡みつきなど、工具径が微小になると加工状態の監視も容易ではない。

切削時に生じるアコースティックエミッション（AE:材料が変形・破壊するとき材料内部に蓄えられていたひずみエネルギーが弾性応力波として放出される現象⁽¹⁾）を検出することによって、微小径ドリルの加工状態を監視できると考える。この弾性応力波（AE波）をAE信号として計測し、破壊や変形の様子を非破壊的に評価する方法をAE法と呼ぶ。AE法を用いた加工状態監視技術を確立するためには、AE信号と加工現象の対応を明らかにする必要がある。本研究では、このAE法を用いて微小径ドリル加工中のAE信号の計測・解析を行い、折損時の加工状態異常とAE信号の特徴を調査する。

2. 実験条件および実験条件

図1は、本研究で使用したAE計測システムの構成図である。既報⁽²⁾の実験と同様に、ステップ付の基板ボール盤を用いて行った。工具は直径1.0mm鉄工用ドリル（コーティングなし）を使用した。ステップ切削時間を0.5秒とし、ステップ戻り時間を0.7秒に設定した。アルミニウム合金ブロック試験片に2.5mm間隔で、深さ9mmの穴を切削する実験を行った。実験条件は、表1に示す通りである。被削材には、アルミニウム合金A6063を使用した。使用した微小径ドリルの適正回転率はおよそ6000rpmであるが、今回は折損時の波形を検出するため7000rpmで実験を行った。AEセンサから出力した信号は、ノイズを抑えるためにディスクリミネータにより、50kHzのハイパスフィルタ処理を施した。

本実験では、ソフトウェアPicoScopeおよびTracerDAQを用いてAEの波形と周波数を記録した。記録した波形はExcelを用いてグラフで表示し、折損時と折損前でのAE信号の変化を比較した。

表1 実験条件

AEセンサ	広帯域型（AE-900M-WB）
試験片材料	アルミニウム合金
AE増幅率（dB）	40
工具回転数（rpm）	6500
送り速度（mm/min）	150
送り量（mm/rev）	0.025
切削速度（m/min）	18

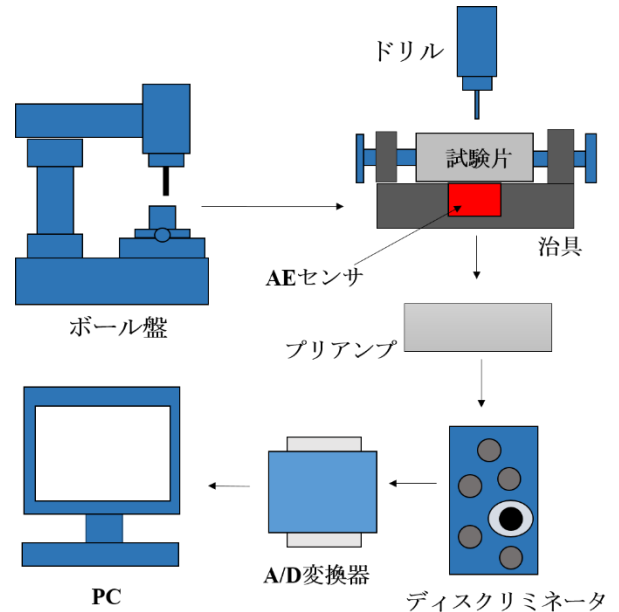


図1 計測システムの構成

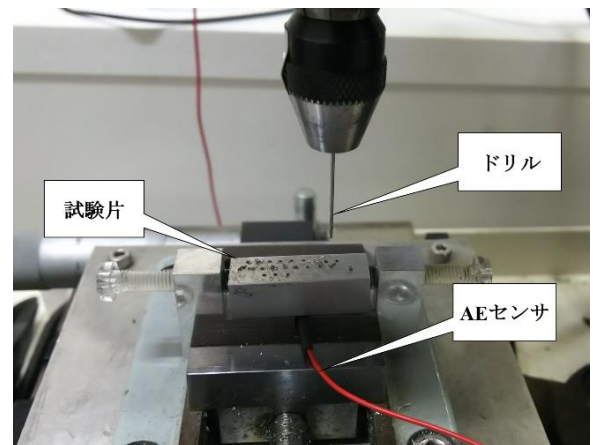


図2 基板ボール盤による加工実験の様子

3. 実験結果および考察

図3および図4は、直径1.0mmのドリルで加工を行い、折損した55回目までのAE平均値電圧（振幅信号に相当）の大きさを示している。図3は1回目と40回目で切削した結果であり、図5は折損時と折損前のAE平均値電圧の比較である。実切削は、どの回も約4秒から9秒の間で行われている。図3のAE平均値電圧では、1回目の切削から40回目の切削まで約6.5秒から切削中のAE平均値に変化がみられた。図4における折損する前の波形は、AE平

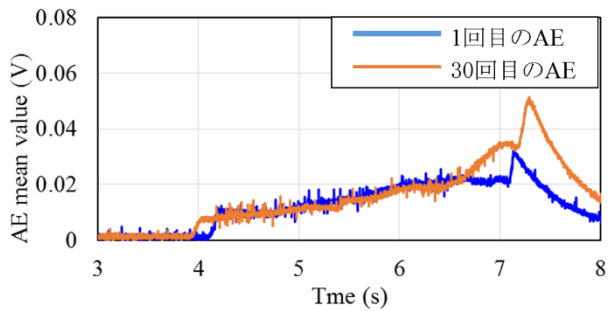


図3 切削1回目と30回目のAE平均値電圧変化

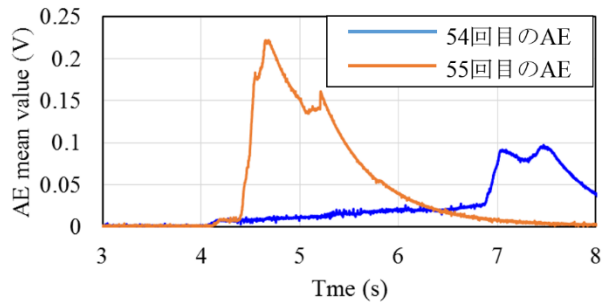


図4 切削54回目と55回目のAE平均値電圧変化

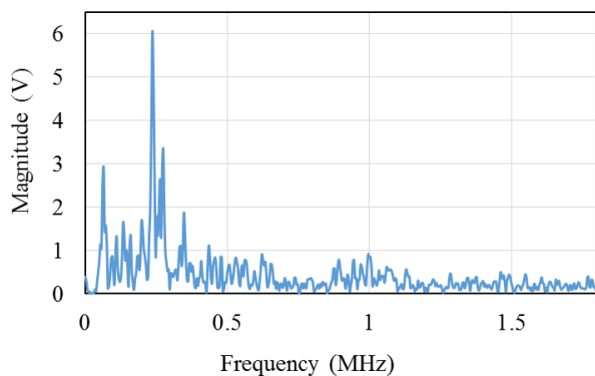


図5 切削1回目のAE周波数

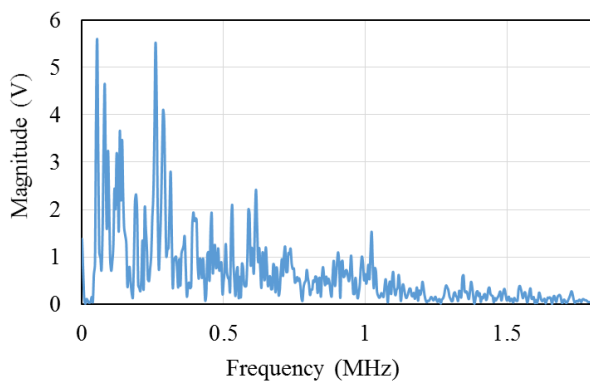


図6 切削55回目のAE周波数

均値が0.1 Vまで大きくなっている。折損時の55回目では、工具が切削を開始した直後に、AE平均値電圧が増加してドリルが折損した。折損時に生じるAE信号は、切削中のAE信号でみられる小さい連続した変化がなく、値が急増したことから、この場合は正常な切削を行うことができず、ドリルがすぐに折損してしまったといえる。また、折損前の54回目にそれまで計測されていたAE

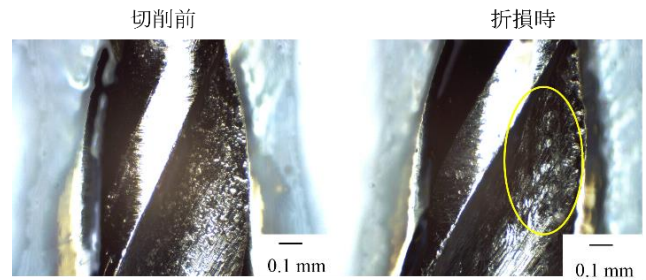


図7 ドリルの顕微鏡観察結果

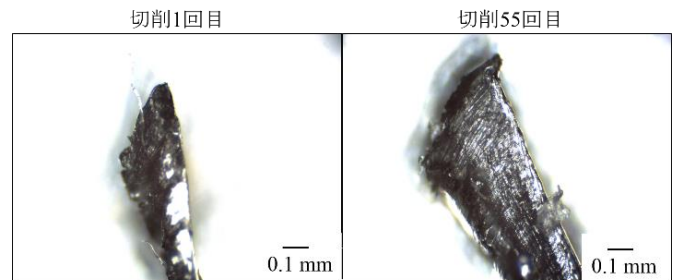


図8 切りくずの顕微鏡観察結果

信号よりも大きな変化がみられた。

図5および図6は、切削1回目と55回目の切削中に計測されたAE信号波形の周波数解析結果を示している。切削を重ねるごとに1 MHz 近辺のAE周波数ピークが上昇している。切削時にこの周波数帯の波形が多く計測されたことから、この周波数が計測されると折損の原因となる凝着が起きていると考える。

図7は、切削0回目のドリルと折損した55回目のドリルの折損部を顕微鏡観察した結果である。折損前と比較すると、ドリルの溝や刃の部分に凝着がみられた。この凝着によって切削時に異常が発生し、折損原因となったと考える。図7は、ドリルの先端から2 mm 離れた位置の拡大図である。この部分に最も凝着がみられ、切削もこの位置付近で折れて終了したため、凝着や摩耗によって切削に悪影響を与えていると考えられる。この時に排出された切りくずが図8の観察写真である。切削の1回目では工具との接触部分に凝着がみられなかったが、55回目には凝着がいくつも観察された。

4. 結 言

本研究では、AE法を用いた微小径ドリル加工の異常状態予知に関して検討を行った。得られた結果は以下の通りである。

- (1) ドリルの折損が近づくにつれ、AE平均値電圧が大きく計測された。この波形の増幅量の変化を観察することで微小径ドリルの折損直前の異常状態を把握できる。
- (2) AE周波数とその時の切削時にみられた凝着の様子から、1 MHzの周波数成分をもつAE信号が大きく計測されると、工具に凝着が発生し折損の原因になると考える。

参考文献

- (1) 長谷亜蘭：アコースティックエミッション計測の基礎，精密工学会誌，78巻，10号（2012）pp.856-861。
- (2) 河谷 誠・長谷亜蘭：AEセンシングを用いた微小径ドリル折損予知に関する基礎研究，2016年度精密工学会春季大会第23回学生会員卒業研究発表会講演会講演論文集，（2016）pp.53-54。