

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

埼玉工業大学 ○河谷 誠, ◎長谷亜蘭

要 旨

近年、製品の小型化に伴い、機械部品も小型化し、微小径穴加工の要求も増加している。ドリルで数mmの穴を加工することを考えれば比較的容易に加工することはできる。しかし、ドリルの直径が0.1 mm以下になると深さ1 mmを越える小径穴を加工することは一般的に困難になる。特に切削中のドリル折損は製品を不良品にしてしまい、また切りくずの絡みつきや、詰まり、工具の焼き付きもドリルの折損を招く原因となる。本実験ではAE センシングを用いて微小径ドリルの折損原因の追究、折損予知の理解を深める。

1. 緒 言

アコースティックエミッション (AE) 法とは「音響の放出」であり、その定義は、「材料が変形、あるいは亀裂が発生する際に、材料に蓄えられていたひずみエネルギーを弾性波として放出する現象」である¹⁾。この弾性波を AE センサによって検出し、非破壊的に評価する手法を AE 法と呼ぶ。我々がよく知っている地震も一種の AE と呼ぶことができる。地盤の移動や地殻内の断層に亀裂が生じると弾性波が放出され、地上の我々は揺れとして感じる。AE で扱う周波数帯は通常時で 10 kHz～数 MHz の超音波である。人の耳で聞くことのできる限界周波数が約 20 kHz であることから AE は非常に高い周波成分の振動であることがわかる。金属材料は、100 kHz～数 MHz の周波数成分の周波数成分の AE を対象としている。

一方、微小径の穴加工の需要は高まっているが、微小径ドリルはその細さから突発的な折損が発生しやすいため、加工現場では効率を犠牲にした切削条件で加工している場合が多い。そこで、非破壊検査手法である AE 法を用いて切削中の波形を観察することで、ドリルの折損の前兆を捉えることで突発的な折損を防ぎ、製品や工具の消耗を減らすことにつながると考える²⁾。本研究では、コーティングなしの鉄鋼用ドリルを対象としてアルミニウム試験片の裏側に取り付けられた AE センサを用いた AE 法によってドリル折損の前兆の観察を行う。

2. 実験方法および実験条件

図 1 は、使用した穴あけ加工機の概観および治具により AE センサを取り付けた様子である。本実験は、ステップ付の基板用ボール盤を用いて行った。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 2.5 mm の間隔で深さ 9.0 mm の穴を乾式で加工する実験とした。工具は、鉄工用ドリル (直径 0.8 mm, コーティングなし) を使用した。アルミニウム合金は、最も流通している A6063 を使用した。

図 2 は、計測システムの構成図である。AE センサから計測

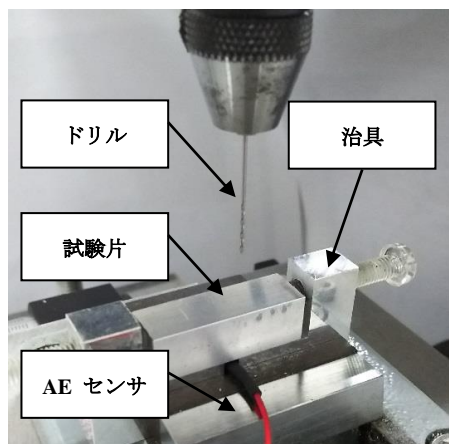


図 1 実験装置外観と AE センサ取付け部の様子

した出力信号をプリアンプとディスクリミネータにより増幅し、500 kHz のハイパスフィルタ処理をした。本実験では Pico Scope を用いて AE 信号原波形の計測・解析を行った。実験条件を表 1 に示す。微小径ドリルの適正回転数は 6000 rpm 程度であるが、今回は折損の特徴を把握するため回転数を 6500 rpm で実験を行った。

3. 実験結果および考察

図 3 は、ドリル折損時に計測された AE 平均値電圧の比較である。いずれも 3 秒前から切削を開始している。図 4 は折損前 4～5 秒を拡大したものである。図 5 および図 6 は、切削開始から 4～5 秒の間で確認された AE 周波数である。図 7 および図 8 は、光学顕微鏡を用いて切削 1 回目と折損前のドリルを観察した画像である。

図 3 における切削 1 回目では、AE 平均値電圧はそれほど大きく計測されなかった。折損時の計測では、切削開始 1 回目よ

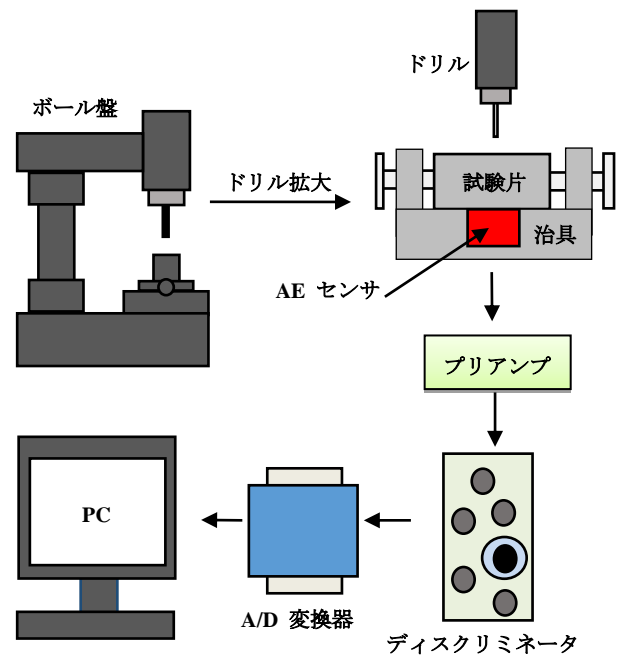


図 2 計測システムの構成

表 1 実験条件

AE センサ	広帯域型 (AE-900M-WB)
試験片材質	アルミニウム (A6063)
AE 増幅率 (dB)	40
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)	18.8

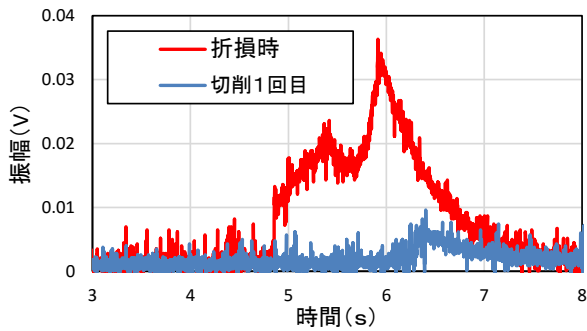


図3 通常加工時と折損時の AE 平均値電圧の比較

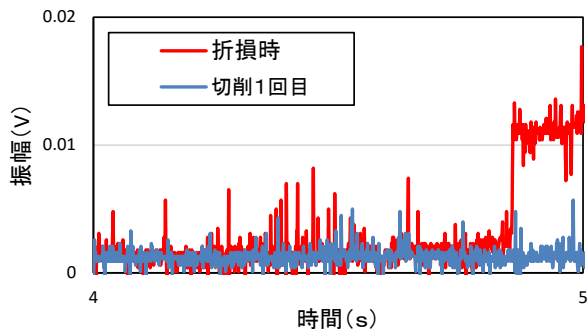


図4 拡大した AE 平均値電圧

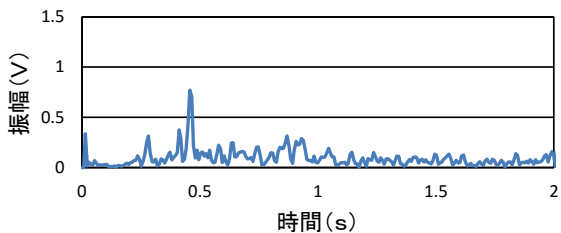


図5 4.4秒経過後の AE 周波数スペクトル

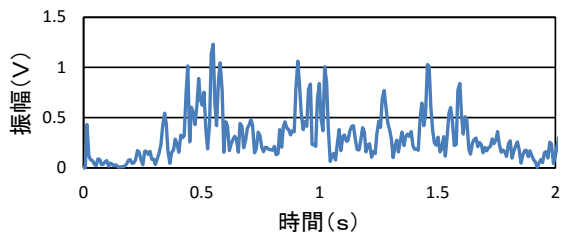


図6 4.6秒経過後の AE 周波数スペクトル

り大きな振幅の AE 信号が計測された。また、切削回数が増えるにつれて、その振幅は大きくなる傾向にあった。

切削 1 回目の波形は、穴底付近の切削で AE 平均値電圧が大きく検出された。折損前の波形では、折損直前に一度大きな振幅上昇が確認された後、さらに大きく振幅が上昇した。折損時に被削材から採取した切りくずは、折損までに採取した切りくずの半分以下の長さであったため、穴底の切削を終える前に折損したことがわかった。被削材の凝着や工具摩耗などにより、切りくずが絡むなど切削が不安定になったことが原因と考える。AE 平均値電圧の突発的な上昇が頻発している 4.4 秒付近では、図 5 に示すように 0.5 MHz に周波数ピークをもつ AE 信号が計測されていた。これは、切削中に凝着などの不安定な切削現象が発生していないためと考えられる。その後 4.6 秒経過後の反応している箇所では、図 6 に示すように 0.5 MHz、1 MHz、1.5 MHz で 1 V 以上のピークを確認することができた。この折損前には、不安定な切削に関係する複数の要素が同時に発生し

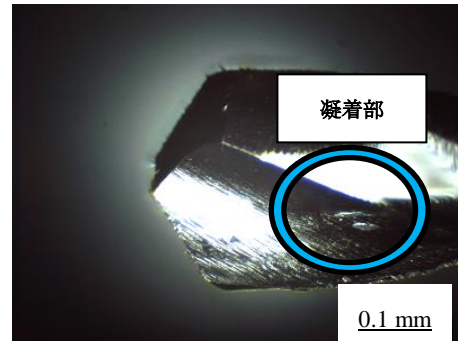


図7 切削 1 回後のドリル先端

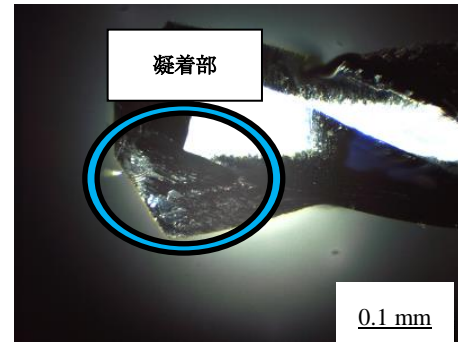


図8 折損前のドリル先端

たとえる。本実験において、安定した切削中に最も計測される周波数帯は 0.5 MHz 付近であった。

図 7 では、被削材アルミニウムの凝着が確認できるが、ドリル先端や溝にわずかな量であった。図 8 では、折損する前の段階で最も凝着がみられた画像を抜粋した。これらを比較すると、凝着量に明らかな違いがみられた。今回使用した画像以外にもドリル側面や中腹部分にも凝着を確認することができた。

これらの結果から 1 MHz 以上の周波数帯にピークが現れる場合、切削に悪影響を与える要素がドリル先端に同時に発生することで折損に至ると考える。さらに、凝着や摩耗の進行によって良好な切削が維持できなくなる場合は、ドリルがその抵抗によって折損に至る直前に、AE 平均値電圧に大きな変化が確認できることがわかった。切削実験後のドリルの顕微鏡観察から、切削への影響が大きく出ている現象は凝着だと考えることができる。

4. 結 言

本研究では、AE 法を用いた AE 波形の計測による微小径ドリルの折損予知に関する検討を行った。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と AE 波形、AE 平均電圧ともに振幅が大きく計測されることが確認できた。
- (2) AE 波形および周波数成分の変化を観察することでドリルの折損の前兆を把握することができる。
- (3) 切削後にドリル先端を光学顕微鏡で観察することで、切削状況を把握することができ、折損の直前にも多量の凝着を確認することができた。

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) 間仁田直哉, 長谷亜蘭：AE センシングによる微小径ドリル加工の状態監視に関する研究, 第 12 回埼玉工業大学若手研究フォーラム論文集, (2014) pp.170-171.