

背景

近年、航空業界では部品価格の低下に伴う部品製造コストの削減が大きな課題となっている。特に難削材の加工においては、製造コスト全体の中でも工具コストの占める割合が大きく、工具コストの削減が重要視されている。また、工具欠損等による製品仕上げ面の不具合が発生した場合、再製作や手仕上げ工数の追加にかかるコストが余分に発生してしまうため、不具合リスクの低減も加工現場では常に意識されている。

そこで本研究では、工具切れ刃の微細な変化を検出することが可能なAEセンサを用いて工具状態を監視する手法の開発を目指した。



形状：  
Φ12 × t40

図 AEセンサ外観  
株式会社エフ回路設計ブロック製  
AE-900S-WB  
※同社 HPから引用

研究目標と結果

研究目標

- 難削材(チタン合金)の切削加工において、工具摩耗状態および欠損状態とAEとの関係を明らかにする。
- AEセンサを用いた工具欠損状態推定手法の開発

実施内容

① 工具摩耗状態がAEに及ぼす影響

Φ6mmエンドミルを用いて、初期摩耗から終期摩耗に至るまで摩耗試験を行い、切削力や刃先画像から得られた工具摩耗状態とAEとの関係性を評価した。切削条件は、 $V_c=200\text{mm/min}$ 、 $f_z=0.1\text{mm/tooth}$ 、 $a_p=3.0\text{mm}$ 、 $a_e=0.1\text{mm}$ とし、(1)は水溶性切削液を用いたWET加工、(2)はドライ加工でデータを取得した。

(1) FFT解析による結果

工具摩耗の進展に伴い14kHz付近の周波数帯に反応が見られ、切削力とAEの12~16kHzの最大振幅値に比例関係が確認できた。

(2) 機械学習による結果

取得したAE波形から切削力との相関がある特徴量を選定したところ、AE波形から切削力を予測させて摩耗状態を推定できる可能性が伺えた。

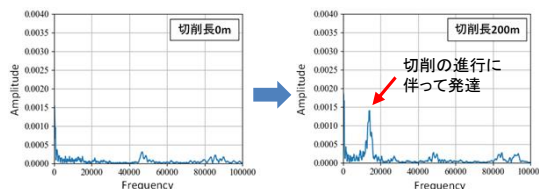


図 AE波形FFT結果 (切削長 左:0m 右:200m)

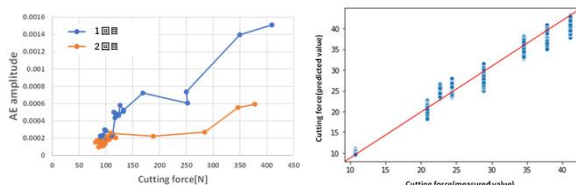


図 切削力とAE最大振幅値の関係 図 切削力実測値と予測値の関係

② 工具欠損状態がAEに及ぼす影響

Φ6mmエンドミルの所定の位置に任意の大きさで欠損を模した傷をつけて切削試験を行ったところ、傷の位置と大きさによってAE波形に変化が見られた。

また、AEセンサを用いて、切削力では判断できない30μm程度の微細な欠損に伴う変動を検知できる可能性が伺えた。

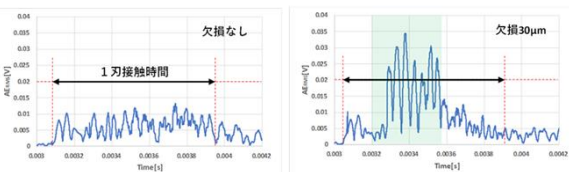


図 AEのRMS波形(欠損なし)

図 AEのRMS波形(欠損30μm)  
(網掛け部:傷の接触時間)

③ 工具欠損状態推定手法の開発

②の結果を基に工具の欠損検知を行う手法の開発を行った。

(1)しきい値判定による欠損検知  
任意のしきい値を決定し、AE波形がしきい値を超えた際に自動でNG判定を出力するシステムを開発し、30μm程度の欠損検知を実現できた。

(2)機械学習による欠損検知  
全3回の試験から2回分を学習用データ、1回分をテストデータとして、工具欠損有無の推定モデルを作成したところ、同一試験条件に限って工具欠損状態を推定できる可能性が伺えた。

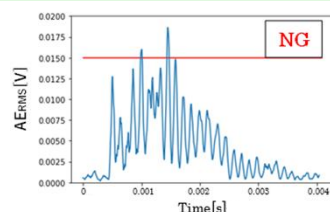


図 しきい値判定による欠損検知判定結果

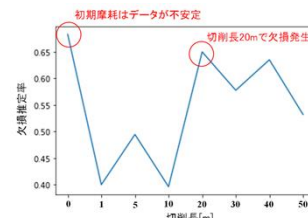


図 機械学習による工具欠損推定結果

まとめ

- 工具摩耗状態および欠損状態とAEとの関係を調査し、欠損状態推定手法の開発を行うことで、切削力では判断できない30μm程度の微細な工具欠損の検知を実現できた。

ご来場の皆様へ

問い合わせ先: 栃木県産業技術センター 機械電子技術部 TEL 028(670)3396

- エンドミル加工において、AEセンサを用いて工具状態を推定することで製造コストの削減が期待できます。

