

研究ノート

加速度計内蔵工具ホルダによる工具欠損の評価

児玉英也^{*1}、河田圭一^{*1}、加藤良典^{*1}、石川和昌^{*1}、斉藤昭雄^{*1}、島津達哉^{*1}

Evaluation of Tool Failure Using a Tool Holder with a Built-in Acceleration Sensor

Hideya KODAMA^{*1}, Keiichi KAWATA^{*1}, Yoshinori KATO^{*1},
Kazumasa ISHIKAWA^{*1}, Akio SAITO^{*1} and Tatsuya SHIMADZU^{*1}Industrial Research Center^{*1}

加速度計が内蔵された工具ホルダを用いて、スクエアエンドミルによる側面加工試験を実施した。その結果、刃先コーナが欠損した刃の加工では、加速度の振幅が約 50%減少した。さらに、切削抵抗ではあまり変化がみられない微小欠損(0.1mm 程度の欠損)についても、加速度の振幅は約 40%減少することがわかり、加工中の加速度データは刃先コーナ欠損の有無の判定に有用であることがわかった。

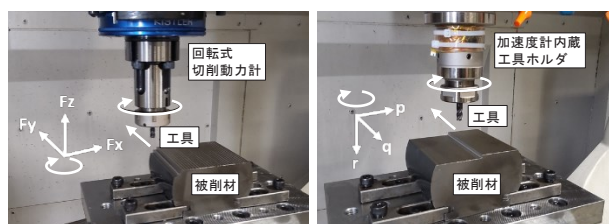
1. はじめに

近年、製造業の現場では製造工程の DX(デジタル・トランスフォーメーション)化が進められており、切削加工の現場においても、設備故障の予知や予防、加工中の異常状態の検知など、各種センサによる状態監視技術のニーズは高まっている。

本研究では、知の拠点あいち重点研究プロジェクトIV期「DX と小型工作機械が織り成す機械加工工場の省エネ改革」で試作開発された加速度計内蔵の工具ホルダを用いて、加工中の加速度を測定し、従来は加工中の切削抵抗や音、加工後の仕上げ面や工具の観察によって判定されるエンドミルの刃先コーナ欠損の有無を、加速度から判定が可能であるか確認した。

2. 実験方法

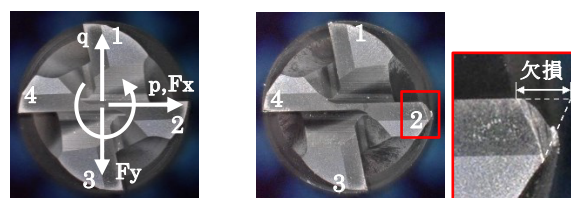
加工試験の様子を図 1 に示す。加工機は立形マシニングセンタ(オークマ(株)製 MU-400VA)を使用し、回転式切削動力計($\pm F_x$ 、 $\pm F_y$ 、 $\pm F_z$)と 3 軸の加速度計($\pm p$ 、 $\pm q$ 、 $\pm r$)が内蔵された工具ホルダに 4 枚刃のスクエアエンドミル工具を取付け、被削材を側面加工したときの切削抵抗と加速度を測定した。エンドミル工具の底刃を図 2 に示す。欠損のない工具と欠損工具(刃 2 番の刃先コーナが 0.5mm 程度欠損)と、微小欠損工具(刃 2 番の刃先コーナが 0.1mm 程度欠損)を用意した。欠損した工具をホルダに取付ける際は、欠損した刃を $+F_x$ 、 $+p$ 方向にした。加工条件を表 1 に示す。被削材はニッケル基合金を使用し、被削材の側面に合成エステルを塗布して加工した。



(a) 切削抵抗の測定

(b) 加速度の測定

図 1 加工試験の様子



(a) 欠損なし

(b) 欠損あり

図 2 エンドミル工具の底刃

表 1 加工条件

被削材	ニッケル基合金 (Inconel718)
工具	スクエアエンドミル φ6、4 枚刃、Ti 系コーティング
切削速度	40m/min
送り量	0.03mm/t
切込み量	工具軸方向 3mm 工具径方向 0.6mm
切削方式	ダウンカット
切削油	合成エステル(加工面に塗布)

^{*1} 産業技術センター 自動車・機械技術室

3. 実験結果及び考察

図3に加工中の切削抵抗 F_x 、 F_y について、工具1回転分の時間波形を示す。図2の刃1~4番による加工は、波形の波1~4に対応している。欠損のない工具の波形(図3(a))と比べて、欠損工具の波形(図3(b))は、波2の F_y が約20%減少して、波3の F_x は約15%増加した。一方で、微小欠損工具の波形(図3(c))は、欠損工具のような切削抵抗の変化は確認されなかった。欠損刃の加工では被削材の除去量が減少するため、切削抵抗は減少する。欠損刃の次の刃の加工では、除去量が欠損刃の削り残し分、増加するため、切削抵抗は増加する。一方で0.1mm程度の微小な欠損ではその影響が小さく、切削抵抗の変化は軽微になったと考えられる。

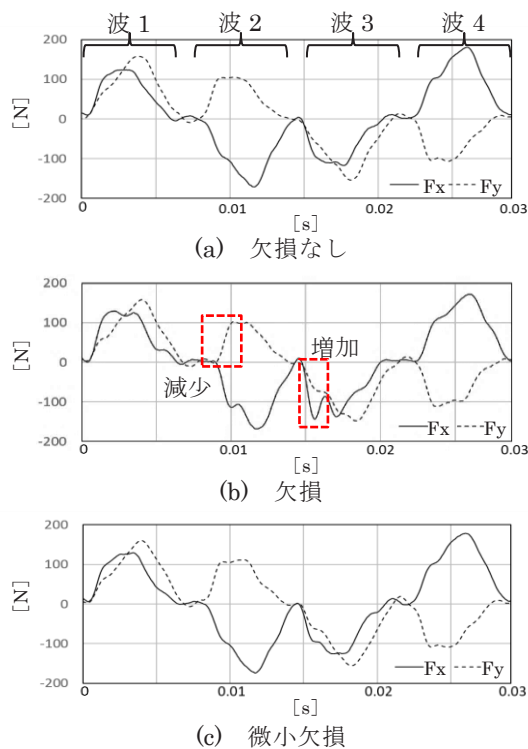


図3 工具1回転分の切削抵抗 F_x 、 F_y

図4に加工中の加速度 p 、 q について、工具1回転分の時間波形を示す。図2の底刃1~4番で加工するときの加速度方向は、1番が $+p$ 方向、2番が $-q$ 方向、3番が $-p$ 方向、4番が $+q$ 方向となる。欠損のない工具の波形(図4(a))と比べて、欠損工具の波形(図4(b))は、欠損刃2番の加工で $-q$ 方向の振幅が約50%減少し、3番の加工では $-p$ 方向の振幅が約80%増加した。そして、微小欠損工具の波形(図4(c))は、 $-q$ 方向の振幅が約40%減少し、 $-p$ 方向の振幅が約50%増加した。このことから、加速度計内蔵工具ホルダから得られる加速度は、切削動力計による切削抵抗よりも、スクエアエンドミルの刃先コーナの欠損の有無の判定に有用であると考えられる。

図5に欠損のない工具と微小欠損工具で、1秒間加工したときの加速度(p, q)のリサージュ曲線を示す。欠損のない工具のリサージュ曲線と相対評価をすることで、刃先コーナの欠損の有無を判定できる可能性がある。

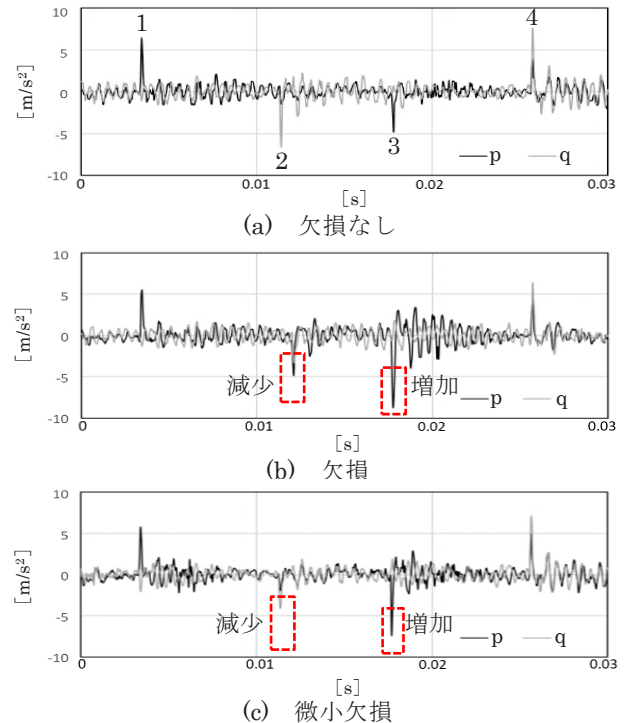


図4 工具1回転分の加速度 p 、 q

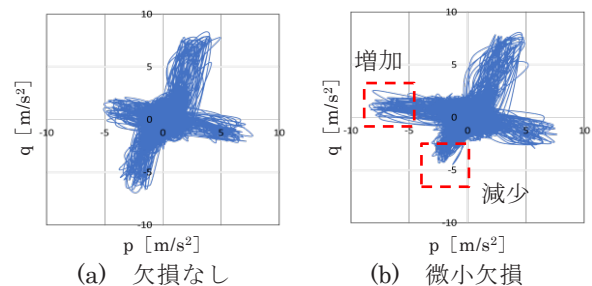


図5 リサージュ曲線

4. 結び

加速度計を内蔵した工具ホルダから得られる加工中の加速度データは、スクエアエンドミルの刃先コーナの欠損の有無の判定に有用である。

謝辞

本研究の実施に当たって、加速度計内蔵工具ホルダを試作して頂いた、エヌティーツール株式会社、エヌティーエンジニアリング株式会社の皆様にお礼申し上げます。

付記

本研究は、「知の拠点あいち重点研究プロジェクトIV期」で行った研究の一部である。