

加工現象をリアルタイムに マルチ計測できる工具

株式会社 山本金属製作所

代表取締役社長 山本 憲吾

(株)山本金属製作所 技術開発部	山内 貴之
(株)山本金属製作所 岡山研究開発センター 研究開発グループ	村上 浩二
(株)山本金属製作所 岡山研究開発センター 研究開発グループ	松田 亮
(株)山本金属製作所 岡山研究開発センター 研究開発グループ	荒木 雅史
(株)山本金属製作所 岡山研究開発センター 研究開発グループ	鹽津 陵雅

はじめに

弊社は、油圧機器部品、工作機械部品等の様々な分野における金属部品を切削加工する「精密加工事業」と、切削加工中の加工現象や素材の特性を分析・評価する「計測評価事業」の2つを軸に事業展開をしている。精密加工事業においては、1965年の創業以来培ってきた加工技術を生かし、近年はエネルギーインフラ・航空宇宙・輸送機器・医療といった、成長性の高い先端産業を重点産業分野として積極的に展開している。

また、より高度な技術が要求される部品加工に取り組むとともに、加工の高度化を支援するための計測制御に必要なハードウェア・ソフトウェア開発についても、積極的に取り組んでいる。

開発のねらい

先述の先端産業においては、軽量で強度が高く、耐熱性を持つ材料が多く用いられ、形状においても高精度・複雑化・複合化へのニーズが高まっているが、これらは難切削が多く、適切な加工条件の特定が難しいため、生産性の向上が課題となっている。従来、このような高度な切削

ニーズに対しては、熟練技能者が経験と勘を基に加工条件を選定してきたが、昨今の少子高齢化に伴い、現場での技能伝承は十分に進んでいない。

高度な切削ニーズにおいて、加工品質と生産性を改善し、効率よく技能を伝承するためには、客観的な加工現象のデータに基づき加工方法の選択や条件の適正化が必要である。近年、センサならびに無線通信デバイスの小型化・高性能化が急速に進んでおり、これらを用いて発熱・振動などの加工現象をリアルタイムで見える化するインテリジェント工具が実現すれば、生産性の向上ならびにもものづくり人材の養成は大きく加速される。

弊社では、可能な限り切削点の近傍で温度・加速度・動力などの物理量を計測することが、真の加工現象をとらえるために不可欠と考えている。このために必要なハードウェア・ソフトウェアとして、下記のシステムを開発した。

装置の概要、技術的特徴

マシニングセンタ向け工具ホルダの内部に、センサ・電子回路・マイクロコントローラ(マイコン)・電池を内蔵することで、高速回転(最高

20,000rpm)する工具の加工点近傍温度ならびに工具ホルダの加速度振動を、加工中に計測するMULTI INTELLIGENCE® (以下「MI」と表記)を開発した(図1)。



図1 MIの内部構造

また、マイコンには無線通信機能が搭載されており、工作機械外の受信機を通じて計測データをPCに転送し、加工中の状況をリアルタイムで表示・保存することが可能である(図2)。

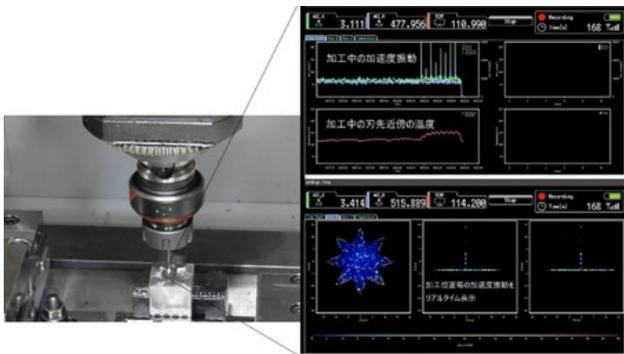


図2 MIの使用状況

電子回路の省電力化や通信方法の改善により、一度の充電で最大40時間以上の連続稼働が可能であり、加工現象の研究のみならず、量産加工での見える化にも使用可能である。

また、ソフトウェアが工作機械の制御コンピュータ(CNC)と双方向に通信することで、加工位置・モータ負荷のリアルタイム表示・保存が可能である。さらに、計測されたデータから、刃先の過熱や過大な振動(ビビリ振動)が生じていると判断される場合には、その状況に応じた

情報をCNCへ送信し、加工の中断・工具の交換・加工条件(工具回転数・送り速度)の変更といった加工制御を行うことができる。(図3)

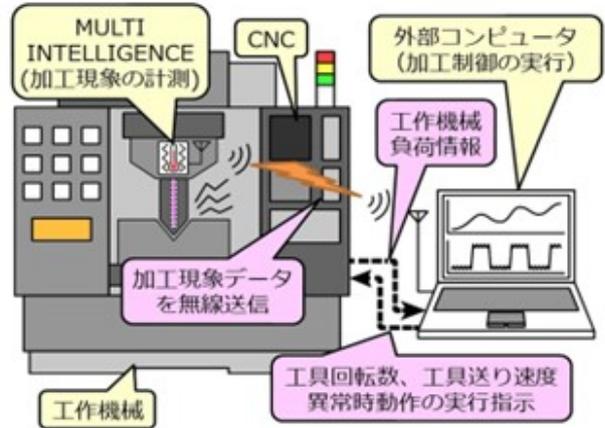


図3 CNCと外部コンピュータの通信

実用上の効果

難削材の高品位加工が要求される例として、航空機のタービンが挙げられ、大型の重要部品を加工する場合には、切削加工前の材料成型や工具の準備に多大な工数を要するのみならず、材料代のみで数百万円にのぼる。一つの重要部品を加工するために200時間以上が必要な場合もあり、刃物が破損し、要求される品質が得られなくなった場合、材料費・工具費・人件費・工作機械稼働費の損失は極めて大きい。以下に、実用上の効用を記述する。

1) 生産中のビビリ検知

面取り時のビビリ振動により面粗度不良が発生した加工を例に挙げる。面粗度不良の発生する場合としない場合があり、全数目視検査が必要であった。そこで、MIの示す加速度に注目したところ、ビビリの発生した場合には、並進方向の加速度のみが検出される一方、発生しなかった場合には、回転方向の加速度が顕著に増加することが確認された。これにより、回転方向の加速度を監視に用いることで、面粗度不良品の選別に要する工数を削減することができた。(図4)

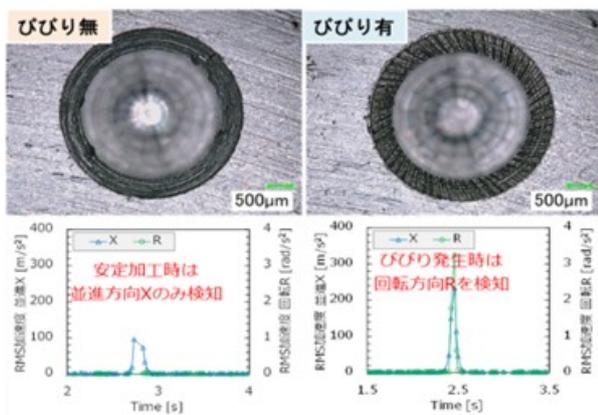


図4 面取り時のビビリ振動による加速度変化

2) 工具寿命の予測

刃物寿命にはバラツキがあるため、加工品の品質を一定に保つことを目的として、不良が発生しないように余裕を持たせた加工個数で刃物の交換頻度が設定されている。MIを使用して、エンドミル刃先近傍の温度を計測した結果、刃先の摩耗量と温度上昇量に相関があることを確認した。(図5)

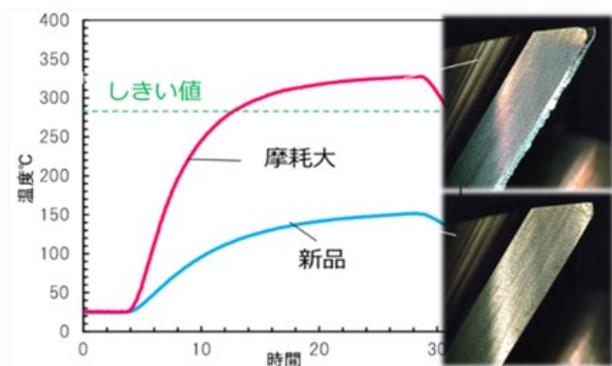


図5 エンドミルの摩耗に伴う刃先近傍温度の上昇

この結果から、工具交換の目安となる温度を閾値に設定することで、耐用限界を超えて工具を使用し、不良を発生させるリスクが低減される。また、使用可能な刃物の廃棄も避けられるため、高価な刃物を使用する場合、刃物費用の削減により、全体コストの15%が低減された事例もある。

3) 加工条件の適正化

ボールエンドミルによる複雑形状加工におい

て、刃先の破損が突発的かつ頻繁に発生したため、工具ホルダの加速度に注目した。これにより、被加工物に刃先が接触した瞬間、加速度が急増する箇所を特定できたため、該当箇所の直前で切削条件を調整し、加工経路を変更した。その結果、加速度を平均化し、刃先の突発的な破損が抑えられた。(図6)

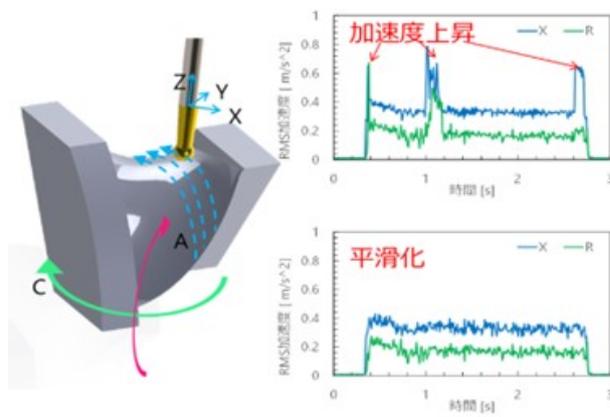


図6 ボールエンドミルによる複雑形状加工時の加速度

4) トレーサビリティの向上

加工後の製品品質と加工現象のデータが関連付けられるため、トレーサビリティが飛躍的に向上する。

5) 技能伝承の補助

従来は熟練技能者の経験や勘で説明されていた工具交換等の現象を客観的なデータによって議論できるようになり、スムーズな技能伝承の補助ツールとして活用ができる。

知的財産権の状況

本開発品に関する特許登録は、下記の通りである。

- ① 日本国特許第 6168695 号
名称：リアルタイム温度測定方法、及び、リアルタイム温度測定装置
- ② 日本国特許第 6038426 号
名称：摩擦攪拌接合装置および摩擦攪拌接合に用いる回転ツール

むすび

センサ・通信技術を利用し、切削点近傍に注目した加工現象の見える化を進めたことで、以下の効用を得た。

- 1) 生産中のビビリ検知
- 2) 工具寿命の予測
- 3) 加工条件の適正化
- 4) トレーサビリティの向上
- 5) 技能伝承の補助

今後は、加工中のおきている現象をデータベース化し、AIやロボットも活用することで人が行っているわずかな調整を自動制御に置き換えていく予定である。将来的には工場の自律化を推進し、ものづくりにイノベーションを起こしていく所存である。