

マイクロ温度センサを用いた 超精密切削加工の適応制御

1. はじめに

近年、超精密・微細加工に対する要求は年々厳しくなり、さらに高精度な加工を実現するためには加工中の状態をインプロセスで認識し、状況に応じて適切に加工機へとフィードバックを行う必要がある。しかし超精密加工においては加工量が微小であるため、既存のセンサを用いた状態変化のモニタリングは困難であり、超精密加工に適した新たなセンサシステムが必要である。

本稿では、筆者の研究グループで検討を行っているマイクロ温度センサを用いた超精密切削加工の適応制御について紹介する。

2. マイクロ温度センサ搭載工具

超精密切削加工中の微小な熱的挙動を高感度・高応答で測定するためには、熱の発生源である工具刃先近傍にセンサを設置することが有効と考えられる。図1は開発したマイクロ温度センサ搭載単結晶ダイヤモンド工具である。超精密加工用の単結晶ダイヤモンド工具のすくい面上に、スパッタリング等の半導体製造技術を適用して白金の抵抗形温度センサを製作した。刃先からセンサ先端までの距離は0.4mmで、センサゲージ部の線幅は20 μ mである。本センサは、熱容量が小、熱源近傍に設置、熱の良導体であるダイヤモンド上に設置などの特徴を有するため、加工中の微小な熱的挙動を高感度・高応答でモニタリングすることが可能である。また力センサのように加工系の剛性を低下させず、また設置スペースの観点からも加工環境に与える影響が微小である。製作したセンサの温度変化に対する出力を校正した結果、温度上昇に対して線形性の高い出力が得られることを確認した。

3. 超精密切削加工による特性評価

製作したセンサの特性を評価するため、図2に示すような超精密正面旋盤を用いて実際に加工中の熱的挙動の測

定を行った。さらにインプロセスで測定した温度を用いてリアルタイムで加工条件を修正する適応制御についても検討を行った。図3にその結果の一例を示す。基本加工条件はそれぞれ切込み量5 μ m、送り量15 μ m/rev、主軸回転数5000rpmである。

適応制御を行わず一定の加工条件で切削を行った場合、加工中を通じて温度は直線的に上昇し、加工終了とともに急激に減少しもとの温度へと収束する。これは加工条件一定で正面旋削を行った場合、加工が外周へ進むほど切削速度が線形的に増加することを示しており、加工状態を的確にモニタリング可能であることを示している。またセンサによってインプロセスで測定した温度を用いて、工具すくい面の温度が加工中を通じて一定となるように主軸回転数および工具送り速度を制御した場合の温度変化を示す。図3のように目標温度設定値である7.1度に達すると、主軸回転速度を落として切削速度を制御することで加工終了時まで目標温度に制御されていることが確認できる。このように加工中の工具温度の制御が可能になれば、最適温度での加工による工具摩耗の最小化や、間接的に加工中の工作物温度の管理による残留ダメージの最小化なども実現できる可能性がある。

4. おわりに

熱的挙動は力学的挙動に比べ応答性が低くインプロセスの適応制御に不向きという先入観があるが、非常に小さなセンサを用いて加工点近傍で測定することによってある程度応答性は高められることは可能であり、その測定結果を用いて制御を行うことも十分可能であることを確認した。今後はさまざまな条件による加工実験を通じて、加工表面性状との相関、工具摩耗量の評価など検討を進める予定である。

(原稿受付 2008年9月25日)

[吉岡勇人 東京工業大学]

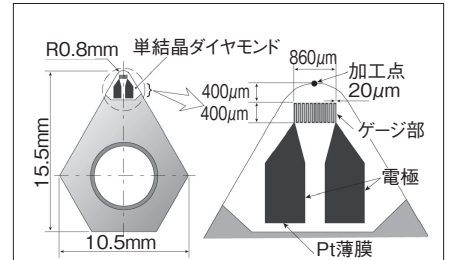


図1 マイクロ温度センサ

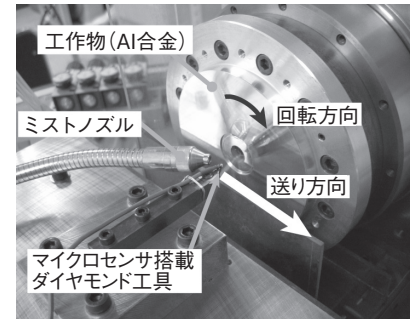


図2 超精密切削加工

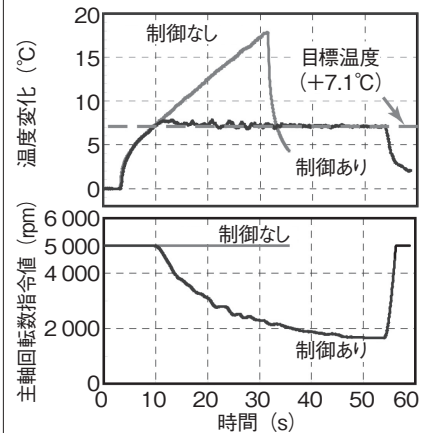


図3 適応制御の効果

●文献

- (1) Yoshioka, H., ほか, In-Process Microsensor for Ultraprecision Machining, *IEE Proceedings - Science, Measurement and Technology*, 151-2 (2004), 121-125.
- (2) Hayashi, M., ほか, An Adaptive Control of Ultraprecision Machining with an In-Process Micro-Sensor, *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 2-3 (2008), 322-331.