

赤外線画像によるエンドミル加工温度モニターを用いた MQL 時の現象解明 Estimation of MQL Process Based on Monitoring End-Mill Temperature by Infrared Image

正 ○新堂 正俊 (山本金属製作所) 正 児玉 紘幸 (同志社大)
正 廣垣 俊樹 (同志社大) 正 青山 栄一 (同志社大)

Masatoshi SHINDOU, Yamamoto Metal Technos Co., Ltd., 4-7, Setoguti 2-chome, Hirano-ku, 547-0034 Osaka Japan
Hiroyuki KODAMA, Toshiki HIROGAKI and Eiichi AOYAMA, Doshisha University, Kyotanabe-shi, Kyoto, 610-0321

1. 緒言

近年、難削材加工を定量的に評価するための技術開発のニーズが増大している。難削性を評価する指標として、切削力、切削温度、被削材の延性、切り屑処理性などが重要とされている¹⁾。一方、切削加工の研究開発の現場では切削力や切削温度を手掛かりにして加工条件や方法を探索する場合が多い。切削力に関しては、圧電式のセンサーの普及により比較的容易に評価が可能になってきた。しかしながら、切削温度に関しては熱電対を用いる従来からの手法が主であり、メーカーの研究開発の現場で容易に評価することが難しい状況にある。そこで著者らは、赤外線画像による高精度で高能率なエンドミル加工現象の評価手法を提案²⁾している。本報では、MQL 時のエンドミル加工の連写画像による結果について考察した。

2. 実験方法および提案する手法

エンドミル加工の側面切削(ダウンカット時)を対象にする。図1に示すように、赤外線画像は被削材の進行方向の法線に対して $\theta=150^\circ$ 方向から赤外線サーモグラフィで撮影した。撮影の鉛直方向(Z方向)の高さは、エンドミルと同一(真横)とした。撮影に用いた赤外線波長帯は $10\mu\text{m}$ で、15枚/sの連写にてモニターした。

工具表面の赤外線放射率は、コーティングの種類により変化するため、事前に熱電対で温度計測しながら工具を加熱して校正している。

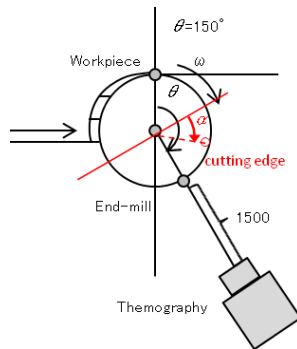


Fig.1 Monitoring method

3. モニター結果および考察

3.1 モニター画像の解析

工具直径 10mm, 切削速度 45m/min, 送り量 0.05mm/tooth, 軸方向切込み 12mm, 径方向切込み 0.6mm, 被削材 SUS310 (寸法 100×100×50mm), クーラント Dry の条件におけるモニター画像を図2に示す。工具(OSG製 WXL-2D-DE)は、2枚刃、ねじれ角 30° , TiAlN コートである。図より、エンドミル刃部だけでなく、シャンク部や被削材の温度上昇、切り屑温度や飛散の様子なども鮮明に解析が可能であることがわかる。

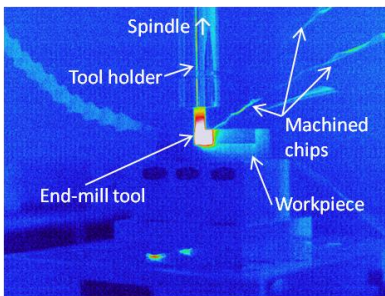


Fig.2 Monitoring picture of end-milling

3.2 蓄熱による工具温度の上昇およびMQLの効果

図3に、切削速度 45m/min (工具直径 10mm, 2枚刃および4枚刃, 工具突出し長さ $L/D=3$), 送り量 0.05mm/tooth, 軸方向切込み 12mm, 径方向切込み 0.6mm とした時のモニター温度(各時間の画像中で、エンドミル刃部における最高温度)を示す。図には MQL(潤滑油;ブルーベ LB-1 供給量 6cc/h)クーラント供給時も含わせて示す。エンドミル刃部の温度は加工開始直後から上昇し一定の温度に収束していることがわかる。切削速度および切り込み量が同じであっても刃数およ

びクーラント条件の違いにより収束温度は大きく異なる。しかし収束温度に達するまでに要する時間はいずれの条件においても概ね同じであることがわかる。同一の刃数で収束温度を比較すると、Dry に比べて MQL は 20~30% 低いこともわかる。

また収束温度において、周期的に 10°C 程度温度の上下変動が見られる。刃数の違いにより若干差は見られるがクーラント条件による差はあまり見られない。

3.3 工具回転角度と温度

図1において工具の中心軸を通り撮影方向に対し法線方向にある刃先の角度を 0° としたとき、刃先の位相を示す角度 α を工具回転角度と定義する。

フレームレート f (fps), 工具回転数 N (rpm)とすると、1フレームあたりの工具回転数 $n(1/f)$ は、

$$n = (N/60) \cdot (1/f) \cdots (1)$$

エンドミルの各刃による差がないと仮定し、 m フレーム目の刃先の位相の変化度合いを ε とすると、エンドミルの刃数を Z [] をガウス記号として

$$\varepsilon = m \cdot n \cdot Z - [m \cdot n \cdot Z] \cdots (2)$$

と表すことができるので、

m フレーム目の工具回転角度 α_m は、

$$\alpha_m = \varepsilon \cdot (360/Z) \cdots (3)$$

となる。この式により求めた工具回転角度の計算結果とサーモグラフィによるエンドミル刃先温度の計測結果を比較したものを図4に示す。これは2枚刃のMQL加工時のものであるが工具回転度の周期と工具温度の周期はよく一致しており、サーモグラフィが高速で回転するエンドミル刃先の変化をとらえていることがわかる。ただしサーモグラフィの空間分解能と工具径および刃数の関係を慎重に考える必要がある。

4. 結言

赤外線サーモグラフィの連写画像よりエンドミル加工プロセスをモニターし、その解析を遂行した。その結果、MQLの効果や工具の加工中の回転角度とその表面温度の定量化が可能であることがわかった。

5. 参考文献

- 1)山根, 関谷, 精密工学会誌, 70-3, pp.407-411(2004)
- 2)新堂, 児玉, 廣垣, 青山, 日本機械学会関西支部講演論文集, p.14-3, (2012)

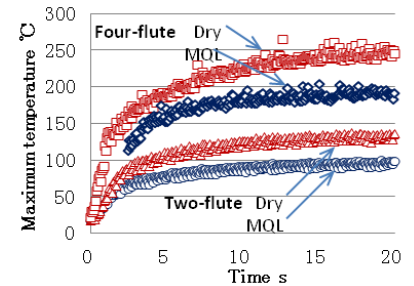


Fig.3 Temperature and cutting time

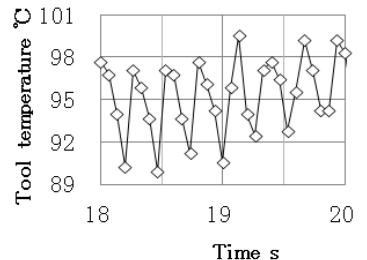
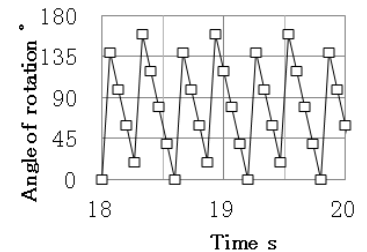


Fig.4 Relation between angle of rotation and tool temperature