

# 赤外線画像を用いたエンドミル加工現象のモニター技術の開発

## Development of Monitoring Method of End-Milling Processes by Infrared Image

正 ○新堂 正俊 (山本金属製作所) 正 児玉 敏幸 (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、日本における航空機産業の発展などに伴い、難削材加工の技術開発に対するニーズが増大してきている。一般に、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<sup>1)</sup>。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ケースが多い。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。一方で、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。そこで赤外線画像による高精度で高能率な加工現象の評価手法を提案し、マイクロドリル加工におけるその有効性を示した<sup>2)</sup>。本報では、エンドミル加工に当該手法を適用して、その有効性を検証する。

### 2. 実験方法および提案する手法

本報告では、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150°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10μmで、30枚/sの連写にて記録している。

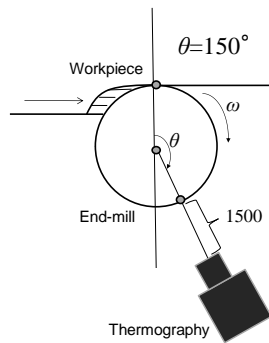


Fig.1 Monitoring method

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。

### 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

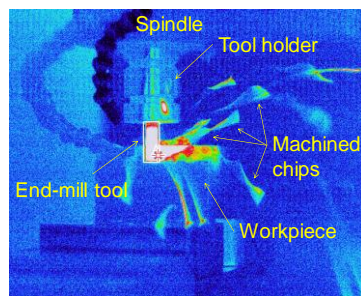


Fig.2 Monitoring picture of end-milling

WXL-EMS)は、4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。

#### 3.2 工具直径の影響およびMQLの効果について

図3に、切削速度45m/min(工具直径D=6mm, 10mm, 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合わせて示す。加工初期(時間0.5s程度まで)

は、工具径による温度差は殆どみられない。その後、蓄熱作用により温度が上昇している。しかしながら工具の熱容量が異なるため、同じ切削速度でも工具径が異なると収束温度

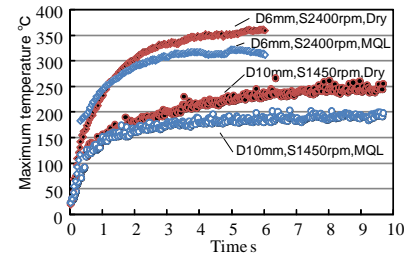


Fig.3 Temperature and cutting time

(工具径6mmなら4s以降, 工具径10mmなら8s以降の温度)に差があることがわかる。また, MQLにより20%程度の温度の抑制効果が見られていることもわかる。被削材であるSUS310は, ステンレス鋼の中でもニッケル基合金に近い成分の難削材であるため, 切削速度が45m/min程度であってもエンドミル刃先の温度がかなり上昇する様子もわかる。

#### 3.3 MRRの導入と考察

切削能率を考察するために, MRR(単位時間当たりの被削材の除去体積/Material Removal Rate)を考える。図4は, 直径6mmで使用工具メーカーのカatalog情報に基づいてデータマイニングの手法<sup>3)</sup>を用いて算出した加工条件と現場における標準条件の比較結果である。温度は

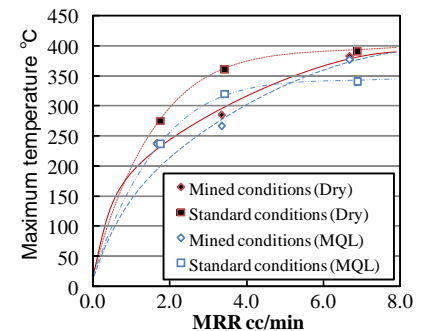


Fig.4 Temperature and MRR

3.2節における各収束温度である。それぞれ切削速度82, 45m/min, 送り量0.04, 0.05mm/tooth, 軸方向切込み8, 12mm, 径方向切込み0.6, 0.6mm, MRR3.3, 3.4cc/minを基準として, さらに各切削速度を0.5, 2倍してMRRを変化させた場合の温度モニター結果である。クーラント条件はDryに加えてMQLの場合も示している。MRR(加工能率)が同一でも, 加工条件により工具の温度は大きくことなり, 適切な条件設定により30%以上の温度の低減が可能であることもわかる。

以上, 加工時の工具の温度は, テーラの工具寿命式における切削速度の影響を決める重要な因子である。したがって, 提案する手法で工具等の温度モニターを遂行しながら加工条件を決定すれば, 現場において迅速に適切な条件設定が可能になるものと考えられる。

### 4. 結言

赤外線サーモグラフィを用いてエンドミル加工プロセスをモニターし, その画像の解析手法を検討した。その結果, 本手法により, 難削材加工においてMQLの効果や加工能率と切削温度との関係を容易に評価できることが示された。

### 5. 参考文献

- 1)山根, 関谷, 精密工学会誌, 70-3, pp.407-411(2004)
- 2)廣垣, 青山, 小川, 松村, 住田, 精密工学会誌, 74-7, pp.713-718(2008)
- 3)児玉, 廣垣, 青山, 小川, 砥粒加工学会誌, 55-1, pp.42-47(2011)