MQL 加工における工具温度分布の測定 Tool Temperature Measurement in MQL Machining

○学 大橋輝彰(岐阜大院) 正 加藤隆雄(岐阜大)

Teruaki Ohashi, Gifu University, 1-1Yanagido, Gifu
Takao KATO, Gifu University, 1-1Yanagido, Gifu

Key Words: Temperature measurement, MQL, PVD(physically vapor deposited) film, Turning, Cutting tool

1. はじめに

環境保護および廃油処理コストの削減, さらには工具の長寿命化のため MQL 加工が注目されてきている. この加工法は高速ミリングによる金型加工や小径深穴加工などの限られた加工分野ではその有効性が確かめられているが, 発熱量の著しい旋削においては十分な効果が得られていない. これまで MQL の評価は主に工具摩耗の観点からその有効性が評価されてきているが, その測定が困難であるため工具温度を直接測定して MQL 加工の有効性を確認した研究は見当たらない.

本研究では, 油性および水溶性オイルミストを使用した MQL 旋削加工中の工具温度分布を“PVD 薄膜法”により直接測定し, 極微量の切削液が工具温度分布や切削抵抗にどのような影響を及ぼすかを明らかにすること目的とした.

2. 実験方法

薄膜がその固有の融点に達すれば融解するという物理現象を利用して, 固体内部の温度分布を測定する方法が PVD 薄膜法である.⁽¹⁾この方法を使用して旋削加工における工具刃先の温度分布を測定する手順を以下に説明する.

一定厚さの円盤状材料をチャックに取り付け, 直線切れ刃を半径方向に送って2次元切削を行う. この工具刃先は切削方向に平行に分割してある. この分割面に融点既知の物質の薄膜を真空蒸着(膜厚 $0.1\mu\text{m}$ 程度)し, この面が切削幅の中心に位置するように位置決めして切削実験を行う. このように薄膜を間に挟んだ工具で一定時間切削加工を行い, 加工終了後, 刃先部分を取り出し分割面をマイクロスコープで観察すると, 図 1 のような薄膜に境界線が現れるのが認められる. この境界線は刃先付近の薄膜が一度熔融して固まった領域と薄膜の熔融が全く生じなかった領域の境界になる. この境界線上の温度は薄膜の融点(この図では Bi の融点 271°C)と一致するとみなすことができる. したがって, 数種類の異なる融点の薄膜を使用して同様の実験を繰り返せば, 工具内部の温度分布を明らかにすることができる.

切削抵抗 2 分力(主分力 F_t , 背分力 F_r)は圧電式 3 成分動力計(KISTLER 9257B)で測定した. NC 旋盤(Okuma LS-30)のプログラム運転により一定の切削速度 (100m/min)と送り(0.1mm/rev)を与えた. 使用した工具は超硬 K10 である. 使用した 3 種類の薄膜材料はインジウム, ビスマス, テルルで, その公称融点を表 1 に示す. 被削材はチタン合金(Ti-6Al-4V)で板厚は 2.5mm である.

Fig.1 Photomicrograph of PVD film (Bismuth)

Table1 PVD film materials

PVD film	In	Bi	Te
Melting point($^\circ\text{C}$)	157	271	450

Fig.2 Isothermal line of 157°C

ミストの供給はセミドライクーラントミスト装置 PK1-334(フジ BC 技研)を使用し, 専用ノズルを設けた工具ホルダにより工具すくい面と逃げ面にピンポイントに供給した。ミストは油性切削油(ブルーベ LB-1)と水溶性切削油(フィリウム 621)でそれぞれの吐出量は 70ml/h, 2100ml/h である。

3. 実験結果

3.1 連続切削

工具刃先内部の等温線 (157℃) の測定結果の一例を図 2 に示す。乾式切削に比べ油性オイルミストにより工具温度は低下し, 水溶性ミストではさらに温度が低下しその冷却効果が明らかに認められる。

図 3 は測定された等温線から工具すくい面の温度分布を求めた結果である。油性ミストと水溶性ミストともに乾式に比べすくい面の温度が全体に低下している。特に水溶性ミストとの冷却効果が著しい。

3 種類の切削方式に対して得られた主分力 F_h と背分力 F_v の測定結果を図 4 に示す。乾式, 油性オイルミスト, 水溶性オイルミストによる切削抵抗は主分力, 背分力ともほとんど変化がなく, 油性および水溶性いずれのオイルミストもすくい面の潤滑作用は認められない。

3.2 断続切削

断続切削では円盤状被削材の円周上の 2 箇所には切り欠きを入れ, 1/4 回転ごとに切削, 空転を交互に繰り返す方式の実験を行った。連続切削の場合と同様にすくい面の温度分布を測定した結果を図 5 に示す。断続切削の場合は連続切削に比べ切削による消費エネルギーがほぼ半分になるため, 工具全体の温度が低下している。油性オイルミストと水溶性オイルミストの冷却効果は認められるが, 連続切削に比較するとわずかである。また, 低温領域では冷却効果が認められるが高温領域になると冷却効果はなくなる。

断続切削の切削抵抗の測定結果を図 6 に示す。連続切削の場合と同様に, 油性オイルミスト, 水溶性オイルミストを使用しても抵抗は乾式切削の場合とほとんど変わらず, ミストのすくい面潤滑作用は認められない。

4. おわりに

旋削加工におけるミスト潤滑の効果を確かめるため, PVD 薄膜法によりチタン合金を旋削中の工具刃先の温度分布を実測して以下のことを明らかにした。

- (1) 連続切削, 断続切削ともに油性オイルミスト, 水溶性オイルミストによる切削抵抗は乾式切削とほぼ同じですくい面潤滑作用は認められない。
- (2) 連続切削においてミストの冷却作用は認められ, 水溶性ミストの冷却効果は大きい。断続切削において冷却効果は認められるが, 連続切削に比べその効果は小さい。

参考文献

- (1) T.Kato, H.Fuji, PVD Film Method for Measuring the Temperature Distribution in Cutting Tools, Trans.ASME, Journal of Engineering for Industry, 118, (1996), 117-122.

Fig.3 Temperature distribution (rake face)

Fig.4 Cutting force (Continuous cutting)

Fig.5 Temperature distribution (rake face)

Fig6 Cutting force (Intermittent cutting)