Effects of Cutting Conditions and Cold Air on Cutting Temperature in Intermittent Cutting

正 柴坂敏郎 (神戸大院) ○学 田辺剛 (神戸大院)
林 央 (神戸大) 正 森脇俊道 (神戸大)

Toshiroh SHIBASAKA, Tsuyoshi TANABE, Hisashi HAYASHI and Toshimichi MORIWAKI,
Kobe University, 1-1, Rokkodaicho, Nada, Kobe, Hyogo, Japan

Cutting fluids used in metal cutting are sources of pollution and health hazards. Therefore, eco-friendly machining such as dry cutting, minimum quantity lubrication (MQL), cold air cutting and etc. have been proposed. In those reports, however, the effective application techniques of eco-friendly machining such as kinds and quantity of lubricant, cutting tool, cutting conditions have been determined experimentally.

The purpose of this study is to show the suitable application methods of eco-friendly machining. So, in this paper, transitional cutting temperature and cutting force that have the influence on tool wear were examined from points of intermittent cutting distance, cutting speed, feed rate and supply of cold air.

The results obtained are as follows. Cutting temperature rose rapidly during 30 times cutting distance to feed rate in start of cutting. The peak of cutting temperature fell with the decrease of feed rate. In this experiment, the cutting temperature fell about 10-40 degrees C by supply of cold air.

Key Words : Cutting Temperature, Intermittent Cutting, Cold Air Cutting, Tool Life

1. 緒言

従来、切削加工では冷却、潤滑、切りくず排出を目的とし大量の切削油剤が用いられてきた。しかし、切削油剤の使用は作業環境の悪化、油剤付着に伴う洗浄工程及び廃油処理の必要性などの問題点が指摘されている。こうした背景から環境負荷低減を目指した加工法の研究が積極的に行われている⁽¹⁾⁽²⁾。具体的にはドライ切削、MQL 切削、冷風切削⁽³⁾などが提案されているが、これら加工法の油剤を含めた適用方法、工具形状・材料、さらに加工条件などについては実験的に検討しているのが現状である。

そこで本研究では、環境対応加工法の選定指針を得ることを目的として、本稿では工具寿命に大きな影響を持つ切削温度、切削力について検討した。

2. 実験装置及び方法

環境対応加工法はフライス、エンドミル切削などのような断続切削過程で検討されている場合が多い。そこで断続切削過程における過渡的な切削温度に着目し、切削速度、送りなどの加工条件、断続切削距離、さらにはそれらに対する冷風による影響について調べた。ここでは切取り厚さが一定である旋盤を用いた断続切削により検討を行った。

Fig.1 Schematic illustration of experimental equipment

実験装置の概略図を図1に示す。超硬 (P20) 工具による炭素鋼 (S45C) の切削を対象とし、断続切削は被削材の丸棒に溝をつけて行った。切削温度は工具 - 被削材熱電対法を用いて測定した。回転する被削材からの熱起電力の取出しにはスリップリングを用いた。工具 - 被削材熱電対法では非切削期間中は測定することができず、大きなノイズが入るため 20kΩ の抵抗を並列に入れた。切削力は圧電式 3 分力動力計を用いて測定した。冷風は冷却装置で熱交

Table 1 Cutting conditions

Workpiece	Steel (S45C)
Tool	P20 (-5, -5, 6, 6, 15, 15, 0.4)
Cutting speed	100, 200, 300 m/min
Cutting distance	6, 75.6 mm, continuous cutting
Feed rate	0.025, 0.05, 0.2 mm/rev.
Depth of cut	1.0 mm

Fig.2 Transition of cutting temperature, cutting conditions; intermittent cutting distance 6mm, cutting speed 200m/min, feed rate 0.05mm/rev., depth of cut 1mm

換した約 -35°C の圧縮空気を用いた。冷風噴きつけノズル位置については、ドライ切削時と比較して最も切削温度の低下が見られた工具横切れ刃角に平行でなめ上方 45° 方向、加工点から10mmの位置より供給した。デジタルオシロスコープの測定サンプリング周期は0.01msecで行った。本実験の切削条件を表1に示す。

Fig.3 Effect of cutting distance on maximum cutting temperature, cutting conditions; cutting speed 200m/min, feed rate 0.05mm/rev., depth of cut 1mm

Fig.4 Effect of cutting speed on maximum cutting temperature, cutting conditions; intermittent cutting distance 75.6mm, feed rate 0.05mm/rev., depth of cut 1mm

Fig.5 Effect of feed rate on maximum cutting temperature, cutting conditions; intermittent cutting distance 75.6mm, cutting speed 200m/min, depth of cut 1mm

3. 実験結果及び考察

3. 1 過渡的な切削温度変化

図2に切削開始からの切削時間に伴う切削温度の測定例を示す。図中に示すように切削開始直後の期間A(切削時間で0.1msec間、切削距離で0.3mm)では切削開始とともに切削温度は直線的な上昇を示している。次に期間Bでは、切削温度の上昇はやや緩やかになり、さらに期間Cでは徐々に切削温度は上昇し、切削距離が長ければ定常状態に至る。切削温度の直線的な立ち上がりを示す期間Aでは、送りの6倍の切削距離で切削温度は定常状態の約50%、期間AとBを合わせる(切削距離1.7mm)と送りの30倍程度の切削距離で定常状態の約80%に達している。このことから切削過程の初期に切削温度が急激に上昇していることがわかった。特に期間Aでの切削温度上昇は切りくず生成のための塑性変形域の急激な拡大と対応するものと考えられる。

3. 2 断続切削距離の影響

断続切削距離が短ければ、切削温度は定常状態には至らず断続切削過程の終了時に最高温度となる。図3にこの断続切削距離と最高切削温度の関係を示す。断続切削距離6mmでの測定結果はばらつきがあるが、図2と合わせて考えると、切削温度が過渡的に上昇している期間に切削が終了することから、断続切削距離を短くすると最高切削温度が低くなっているのがわかる。冷風による切削温度の低下については、断続切削距離による影響は見られなかった。

3. 3 切削速度の影響

図4に切削速度と最高切削温度の関係を示す。従来知られているように切削速度の増加とともに最高切削温度は上昇していることがわかる。ドライ切削時と比較すると冷風切削時ではすべての切削速度領域で約 20°C の切削温度の低下が見られた。また、切削開始直後(図2の期間Aに相当)での切削温度上昇速度は切削速度の増加に伴い大きくなっていった。以上の傾向は断続切削距離を変化させても同様であった。なお、切削速度100m/min未満では構成刃先が生じることから検討していない。

3. 4 送りの影響

図5に送りと最高切削温度の関係を示す。送りの減少とともに切削温度は低くなり、特に低送り領域で著しく温度が低くなっていることがわかる。冷風により約 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ の切削温度の低下が見られた。また、切削開始直後の切削温度上昇速度には顕著な差は見られなかった。

なお、切削力については主分力、送り分力、背分力ともにドライ切削と冷風切削で顕著な差は見られなかった。

4. 結言

断続切削過程において断続切削距離、切削速度、送りおよび冷風の供給が過渡的な切削温度、切削力に及ぼす影響について検討を行った。

切削温度については送りに対して30倍程度の切削距離という切削過程の初期に急激に上昇すること。また、送りが小さくなれば切削温度が低下することなどがわかった。本実験範囲では冷風による最高切削温度の低下は約 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ であった。

参考文献

- (1) 松原十三生：最近のエコマシニング技術，精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集，(2000)183。
- (2) J.W.Sutherland：An Experimental Investigation of Air Quality in Wet and Dry Turning, CIRP, 49, 1(2000)61。
- (3) 横川宗彦：“環境”“省エネ”に対応する工作機械と加工技術，機械と工具，7(2000)14。