タップ加工における加工状態のモニタリング

-切削抵抗動的成分と工具刃先温度-

Monitoring of Cutting sates in Tapping

-Dynamic Component of Cutting Force and Tool Edge Temperature-

○学 小島 祐人 (広島大学), 正 田中隆太郎 (広島大学)

正 関谷 克彦 (広島大学), 正 山田 啓司 (広島大学), 正 山根八州男 (広島大学)

Yuto KOJIMA, Ryutaro TANAKA, Keiji YAMADA, Katsuhiko SEKIYA and Yasuo YAMANE

Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashihiroshima, Hiroshima, 739-8527 Japan

Key Words: Tap, Cutting Force, Tool Edge Temperature

1. 結 論

タップ加工において加工中に工具の折損や破損が生じると工具交換が必要となり加工の能率が低下するため最適な切削条件を選択することが重要である。

これまで、主軸と送り用駆動モーターの電流値から加工状態をモニタリングして切削条件を最適化する手法が提案され、難削材の加工に適応した成果⁽¹⁾が報告されている。しかしながら、切削状態の微妙な変化までを把握することは難しい。また、工具刃先温度⁽²⁾から加工状態の良否を判断する方法も考えられるが、過渡的な変化の追跡には適さない。

本研究では、切削抵抗の動的成分に着目したタップ加工時の加工状態を簡便に評価する方法を提案した。ここでは得られた結果について工具刃先温度の傾向と比較してその適用性について評価を行った。

2. 実験方法

表 1 にタップ加工時の切削条件を示す。マシニングセンタ(MITSUBISHI, MPA V-45)において、M10×1.5 のスパイラルタップ(YAMAWA, N-SP)を使用しタップ加工を行った。

図 1 に工具刃先温度の測定方法の概略を示す。加工時のスラストとトルクを動力計(Kistler, 9265B)により測定した。サンプリング周波数は 10kHz とした。工具刃先温度は光ファイバ型 2 色温度計⁽³⁾を用いて測定している。

3. 切削抵抗動的成分による評価

図 2 にデータの処理方法を示す。一般的に切削抵抗は、凝着、チッピング、切りくずの排出状態、工具振動、工具摩耗などの影響を受けて変動すると考えられる。ここでは加工状

態から強く影響を受けると予想される低周波成分⁽⁴⁾に着目して評価を行った。切削に寄与する全切れ刃が作用しているときのトルクとスラストを高速フーリエ変換(FFT)する。そこから 500Hz 以上の周波数成分と主軸回転数付近のピークを取り除いたのち、逆高速フーリエ変換(IFFT)する。この値を加工の進展に伴い、加工初期 S(Start), 中期 M(Middle), 後期 E(End)と 3 つの区間に分け、スラストを横軸、トルクを縦軸としてそれぞれ工具が 1 回転する間の推移を図示した。

Table 1 Cutting condition in tapping

Tool material	TiN coated HSS
Workpiece	S45C, SUS304
Pilot hole, d mm	8.6
Cuttingspeed, V m/mm	10-20
Feedrate, F mm/rev	1.5
Lubricant	Spray

Fig.2 Data dealing

Fig.1 Experimental setup

Fig.3 Locus of thrust and torque in tapping of S45C

Fig.4 Locus of thrust and torque in tapping of SUS304

Fig.5 Tool edge temperature of SUS304 at various cutting speed⁽²⁾

4. 実験結果および考察

4.1 炭素鋼 S45C 加工時の切削抵抗の変動成分

図 3 に炭素鋼 S45C のタップ加工における切削抵抗動的成分を示す。トルクと比べスラストの変動割合が大きいことがわかる。また、加工初期からの推移をみると、トルクはほぼ一定の値を示すが、スラストは減少する傾向にある。切削抵抗が増加するにつれて変動幅は減少する傾向にある。終期の変動範囲で比較すると切削速度 20m/min のときが最も小さく安定した切削が行われたことが示唆される。

4.2 ステンレス鋼 SUS304 加工における切削抵抗の変動成分と工具刃先温度

図 4 にステンレス鋼 SUS304 のタップ加工における切削抵抗動的成分を示す。炭素鋼 S45C と比較するとトルク、スラストとも変動成分が大きく、トルクの値が大きいことがわかる。また、加工初期からの推移をみると、スラストは減少する傾向にある。切削速度が速くなるとトルク、スラストとも変動幅が大きくなっている。

図 5 に SUS304 のタップ加工における各切れ刃の工具刃先温度を示す。ステンレス鋼のタップ加工において切削速度が

上昇すると工具刃先温度が上昇し、そのばらつきも大きくなることが報告されている⁽²⁾。切削速度が速くなるとトルク、スラストとも変動幅が大きくなっていることから、切削抵抗の変動成分と工具刃先温度のばらつきには相関が認められ、これらの変動幅が小さいほど安定した切削状態であると判断できると考えられる。

以上の結果からタップ加工において切削抵抗の動的成分から切削状態の安定性を評価できることが明らかとなった。

5. 結 論

切削抵抗の動的成分からタップ加工における加工状態を簡便に評価する方法を提案し、工具刃先温度と比較して検討した結果以下の結論を得た。

- (1) 切削条件が厳しくなると切削抵抗の変動成分が大きくなる。
- (2) 切削抵抗の変動成分と工具刃先温度のばらつき幅に相関が見られる。

謝 辞

本研究遂行にあたりご支援を賜りました株式会社彌満和製作所の関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 山岡義典ら：タップ加工用知能化工作機械システムに関する研究(第 3 報), 精密工学会誌, 68, 9(2002) 1225.
- (2) 嶋貫康二ら：ステンレス鋼のタップ加工における工具刃先温度, 日本機械学会[No.0127-1]北陸信越支部第 49 期総会・講演会論文集, 日本機械学会 (2012).
- (3) T.Ueda et.al: Studies on Temperature of Abrasive Grains in Grinding-Application of Infrared Radiation Pyrometer-, Trans. ASME, Journal of Engineering for Industry, 107, (1985) 127.
- (4) 手塚ら：切削抵抗動的成分による工具-被削材間の凝着性評価, 精密工学会誌, 76, 8(2010) 926.