

スピニングツールによる難削材の旋削加工特性に関する研究 —インコネル718のMQL旋削加工—

金沢大学大学院 ○上原祐也, 金沢大学 細川 晃, 上田隆司, 田中隆太郎, 古本達明
 (株)森精機製作所 秀田守弘

Studies on Turning of Difficult-to-Machine Materials with Actively Driven Rotary Tool
 —MQL Machining of Inconel718—

Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University: Yuuya Uehara
 Kanazawa University: Akira Hosokawa, Takashi Ueda, Ryutaro Tanaka, Tatsuaki Furumoto
 Mori Seiki, Co., Ltd.: Morihiko Hideta

The cutting characteristics of the actively driven rotary lathe tool are investigated from the viewpoint of thermal aspects. The MQL external turning tests of heat-resistant Ni-based alloy (Inconel718) are carried out, in which the cutting temperature is measured using a fiber-coupled two-color pyrometer. The maximum tool temperature in turning of Inconel718 is at least approximately 100°C higher than that in SUS304. The relatively lower temperatures are obtained at the appropriate tool revolution speed.

1. 緒言

円形工具を回転させながら旋削を行うスピニングツール(ADRT)では、切れ刃が加熱(切削時)と冷却(空転時)を繰り返すため工具への熱負荷が軽減され、工具が高温となる難削材旋削において工具寿命の増大が期待される。前報¹⁾ではSUS304を対象に、主として工具の回転速度が工具の加熱-冷却特性に及ぼす影響について検討した。本報では、代表的な高硬度耐熱合金であるInconel718を旋削し、工具温度および工具損耗形態からスピニングツールの有効性について検討している。

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

実験はミリング旋盤(NL2000Y/500:森精機製作所)を用いてInconel718の外周旋削を行い、切削点における工具逃げ面温度を測定した。工具には耐熱性のあるTiAlN-コーテッド超硬を使用した。

2.2 スピニングツールによる旋削加工

図1(a)に実験装置を示す。図1(b)に示すように、工具をアップカット方向(反時計方向)に回転させながらMQLで外周旋削を行った。MQL旋削に使用する油剤は生分解性ミストオイルで、供給量は27ml/hである。実験は主として工具回転速度を変化させて行った。実験条件を表1に示す。

3. 切削点温度測定

3.1 温度測定方法

温度測定にはファイバ連結型2色温度計を使用した。温度計の構成を図2に示す。ファイバ-Aは円筒状工作物の内部に組み込まれており、これによりファイバ-Aは工作物とともに回転する。ファイバ-Aの受光面は工作物表面に貫通した

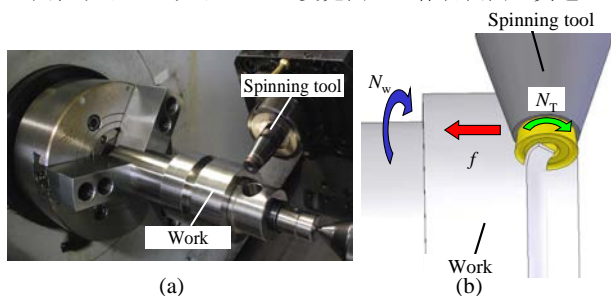


Fig.1 Turning with spinning tool

測定孔($\phi 1.1\text{mm}$)に挿入されており、工具が測定孔上部を通過するとき工具逃げ面から放射される赤外線を受光する。ファイバ-Aにより受光された赤外線はもう一方の固定されたファイバ-Bに非接触で伝送され(ファイバカップラ)、2種類の光電変換素子へと伝送される。

2色温度計とは対象の温度を2種類の光電変換素子の出力比から求めるもので、測定感度が測定対象物の放射率に依存しない特徴をもっている。

Table1 Cutting conditions

Workpiece		Inconel718
Diameter	d_w	78 mm
Cutting length	l_w	40 mm
Tool		
Material		TiAlN-coated carbide
Diameter	d_T	15.8 mm
Operating parameters		
Cutting speed	V_w	100 m/min
Work revolution	N_w	450 min^{-1}
Tool rotational speed	V_T	5.6 - 138.3 m/min
Tool revolution	N_T	106 - 2792 min^{-1}
Revolution ratio	N_T/N_w	1/4 - 6/1
Feed	f	0.3 mm/rev
Depth of cut	a	0.5 mm
Cutting type		MQL
Flow rate of oil mist	q	27ml/h
Mist pressure	P_a	0.5 MPa

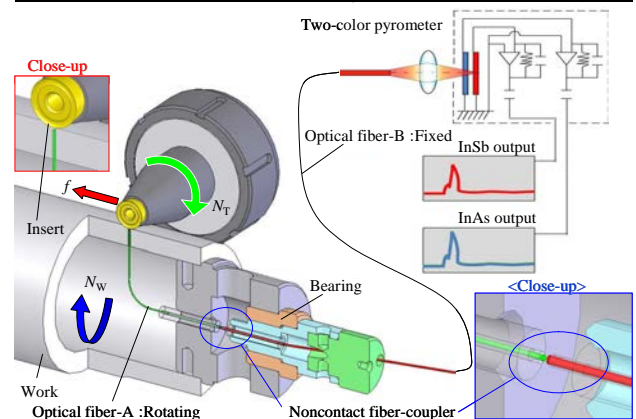


Fig.2 Fundamental construction of fiber-coupled two-color pyrometry in turning

3.2 実験結果(切削点温度測定)

3.2.1 出力波形

図3(a)(b)に温度計の代表的な出力波形の例を示す。ファイバー-A(観測孔)が工具逃げ面下方を通過する1回転毎に温度計(InAs/InSb各素子)のパルス波形が観測される。なお、図3(c)は主軸ユニット上面に固定した加速度ピックアップの波形であるが、工具が観測孔上を通過する際の振動を感知していることがわかる。加速度ピックアップとInAs/InSbのパルス波形が同期しており、これを工具逃げ面からの信号として温度に換算する。

3.2.2 工具回転速度の影響

工具温度と工具回転速度 V_T の関係を図4に示す。ここでは切削速度 V_W を100m/minとし(工作物回転数 $N_W=450$ min $^{-1}$)、工具-工作物回転数比 N_T/N_W を1/4~6に変えることで工具回転速度 V_T を変化させた。

図4より、工具温度は工具回転速度 V_T が5m/minではおよそ830°Cの高温に達しているが、工具が回転するにしたがって低下し、およそ $V_T=20\sim 100$ m/minの範囲でほぼ最低値の750°Cを示すことがわかる。この理由として、工具回転数が増加するに従って回転工具の加熱-冷却サイクルにおける加熱時間が減少し、温度上昇が抑えられているからであると考えられる。なお、既報²⁾の結果より、 V_T が5m/minより小さくなるとオイルミストの切削点への浸透効果が低減することから、温度が急増するものと考えられる。

一方、工具回転速度が $V_T=100$ m/min以上になると温度は再び上昇に転じている。これは工具高速回転によりMQLによる油膜が工具表面に形成されないため、ミストオイルによる潤滑効果が表れず、工具-切りくず間の摩擦熱の影響が大きくなったためであると考えられる。この結果から、前報¹⁾のSUS304での実験と同様、Inconel718の旋削においてもMQL油膜浸透・工具温度低減が顕著となる推奨工具回転域($V_T=20\sim 100$ m/min)が存在すると言える。ただし、切りくずの凝着性が著しいInconel718では工具-切りくず間の摩擦による発熱が大きく、SUS304に比べ推奨工具回転域が狭くなると考えられる。

図5は工具逃げ面の損耗形態を示した顕微鏡写真であり、それぞれ(a) $V_T=5.6$ m/min、(b) $V_T=22.3$ m/min、(c) $V_T=138.3$ m/minで1パス旋削(切削長さ $L=40$ mm)した後の結果である。図4、図5より、最も低い工具温度(750°C)を示した(b)で逃げ面摩擦幅が小さいことが確認できる、これは、工具温度が下がることよって、工具のコーティング膜(酸化開始温度 $\approx 800^\circ\text{C}$)が保持されたためであると考えられる。

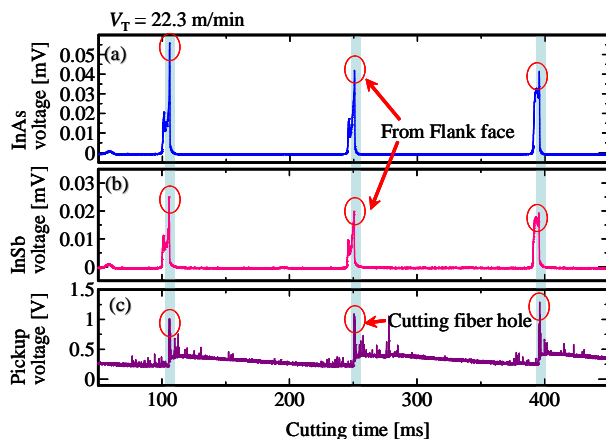


Fig.3 Typical output signals of two photodetectors and acceleration pickup($V_W=100$ m/min)

5. 結言

スピニングツールによるNi基系耐熱合金Inconel718の旋削加工を行い、工具温度におよぼす工具回転速度の影響について検討した。以下に得られた結果をまとめる。

- (1) スピニングツールによるMQL旋削では、切削点における工具温度が低減される工具回転速度域が存在する。
- (2) 切りくず凝着性の激しいInconel718では工具-切りくず間の摩擦による発熱が顕著である。
- (3) 工具温度低減効果により、工具逃げ面摩擦を抑制することが可能である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、工作機械の無償貸与をいただいたMTTRFならびに(株)森精機製作所に深謝する。

参考文献

- 1) 上原祐也, 細川晃, 上田隆司, 田中隆太郎, 古本達明: スピニングツールによる難削材の旋削加工特性に関する研究, 2011年度精密工学会春季大会講演論文集, C78.
- 2) Hosokawa, A., Tanaka, R., Furumoto, T., Ueda, T.: Turning of Difficult-to-Machine Materials with Actively Driven Rotary Tool, CIRP Annals, 59 (2010) 89-92.
- 3) Ozawa, M., Hosokawa, A., Tanaka, R., Furumoto, T., Ueda, T.: Minimum Quantity Lubrication Turning of Ferrous Metals: Measurement of Tool Temperature Using Fiber-Coupled Two-Color Pyrometer -, Proc. 4th Int. Conf. on LEM21, (2007) 339-342.

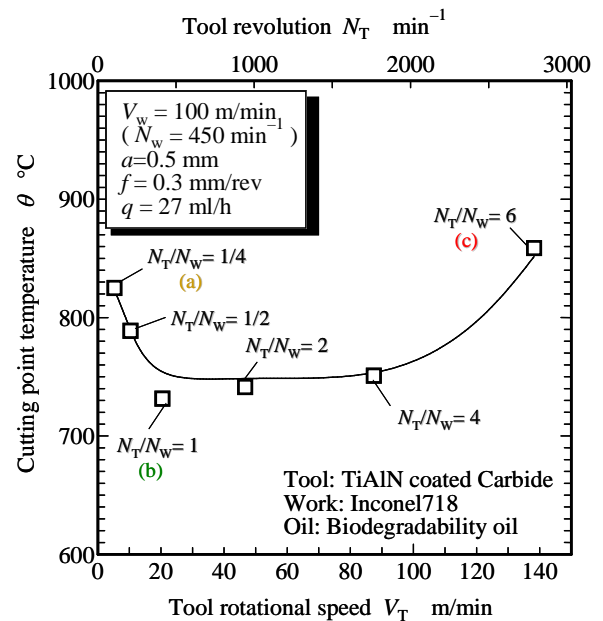


Fig.4 Change of tool temperature against tool rotation speed

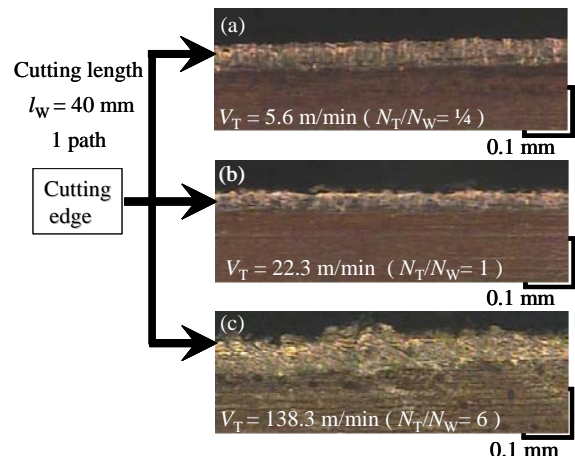


Fig.5 Change of flank face with tool rotation speed