

## 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

## —回転工具の温度特性の検討—

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

## Studies on Turning of Difficult-to-Machine Materials with Actively Driven Rotary Tool

## —Thermal aspects of spinning round insert—

Graduate School of Kanazawa University: Yuuya Uehara

Kanazawa University: Akira Hosokawa, Takashi Ueda, Ryutaro Tanaka, Tatsuaki Hurumoto

Turning characteristics of austenitic stainless steel SUS304 with an actively driven rotary lathe tool is invented from the thermal aspects. The tool temperature during one revolution of this spinning tool is measured using a newly assembled two-color pyrometer. There is an optimum tool rotational speed at which the tool temperature is at a minimum with respect to the cutting conditions.

## 1. 緒言

チタン合金やNi基合金などの難削材の旋削加工においては、切削温度の上昇や切りくずの凝着などによる工具損耗が大きな問題となっている。このため、通常のバイトを用いた旋削ではなく、工具回転 (Spinning tool) による旋削加工が提案されている<sup>(1)</sup>。これは円形工具をモータによって能動的に回転させながら外周旋削を行うもので、切れ刃は加熱 (切削時) と冷却 (空転時) が繰り返されるため、工具寿命の増大が期待される。しかしながら、その加工特性、特に工具がどのような熱負荷を受けているかについては明らかになっていない。

そこで本研究では、非接触で微小領域の温度測定が可能な光ファイバ型2色温度計を用いて、スピニングツールの加熱-冷却特性を測定し、工具への熱負荷の面から本加工法の有効性を検討している。

## 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) を用いて行った (図1 (a))。工具温度は、切削速度および空転時における冷却特性を測定した。工作物はSUS304を用いた。工具には、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) に回転させながら乾式およびMQLで外周旋削を行った。MQL加工時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

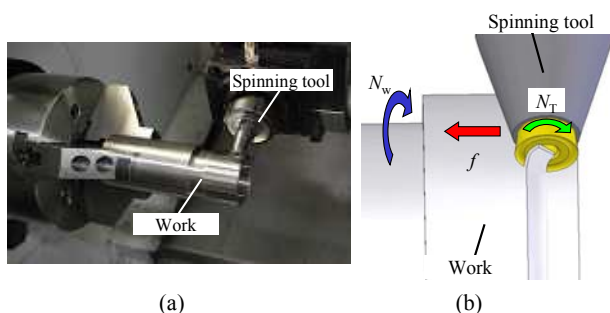


Fig.1 Turning with spinning tool

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測定孔 ( $\phi 1.1\text{mm}$ ) に挿入されており、工具が測定孔を通過するとき工具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		SUS304, Inconel718
Diameter	$d_w$	69 mm, 65 mm
Cutting with	$l_w$	40 mm, 25 mm
Tool		
Material		TiAlN-coated carbide
Diameter	$d_T$	15.8 mm
Operating parameters		
Cutting speed	$V_w$	200 m/min
Work revolution	$N_w$	950 - 1079 min <sup>-1</sup>
Revolution ratio	$N_T/N_w$	1/1000 - 6/1
Tool rotational speed	$V_T$	0.05 - 286.6 m/min
Feed	$f$	0.3 mm/rev
Depth of cut	$a$	1.0 mm
Cutting type		DRY, MQL
Flow rate of oil mist	$q$	27 ml/h
Mist pressure	$P_a$	0.5 MPa

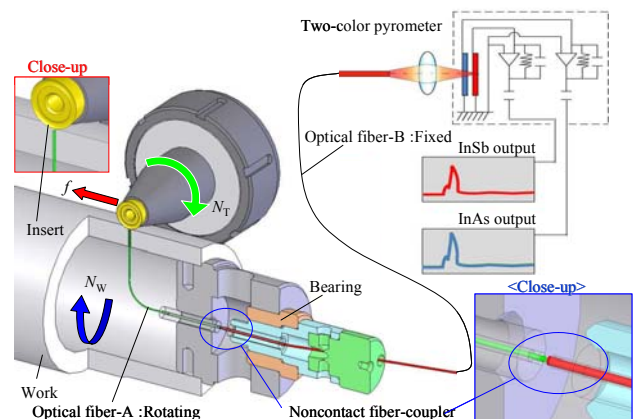


Fig.2 Fundamental construction of fiber-coupled two-color pyrometry in turning

3.2 実験結果(切削点温度測定)

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  $V_W$  (工作物回転数  $N_W$ ) を 200m/min とし, 工具-工作物回転数比  $N_T/N_W$  すなわち, 工具回転速度  $V_T$  を変化させた.

図より, 全体的に  $V_T=250\text{m/min}$  程度まで乾式, MQL加工ともに工具温度は工具回転速度が増加するにしたがって減少することがわかる. 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するためと考えられる. また, 工具空転時の冷却効果も効果的に作用しているものと思われる.

一方, 工具回転速度が  $V_T=250\text{m/min}$  以上になると温度は再び上昇に転じている. これは冷却よりも工具-切りくず間の摩擦熱の影響が大きくなったためだと考えられる. このことから工具の回転速度には最適値が存在し, 工具温度の低下が顕著になる推奨工具回転域 ( $V_T=50\sim 250\text{m/min}$ ) があることがわかる.

ここでMQLの効果を見ると, 前記の推奨工具回転速度域 ( $V_T=50\sim 250\text{m/min}$ ) においては, ほぼ50°Cの温度低減効果が得られている. 極低工具回転速度域においてはその効果がみられないが, これは工具がほとんど回転しないため十分な量のオイルミストが切削点まで供給されなかったためと考えられる. 一方, 高工具回転速度域では, 工具-切りくず間の摩擦熱によって十分な油膜が形成されないためと思われる.

4. 工具の空転時における冷却特性

4.1 温度測定方法

図3に示すように, 光ファイバを回転工具の逃げ面およびすくい面の周囲に設置して, 空転時の温度をファイバ型2色温度計を用いて測定した. ファイバの設定位置は, 逃げ面の場合

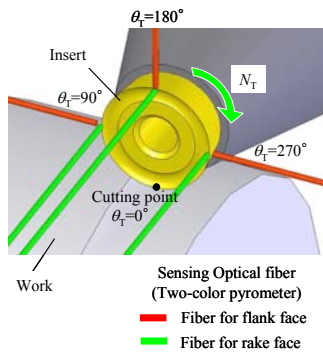


Fig.3 Measuring method of tool temperature in air cutting

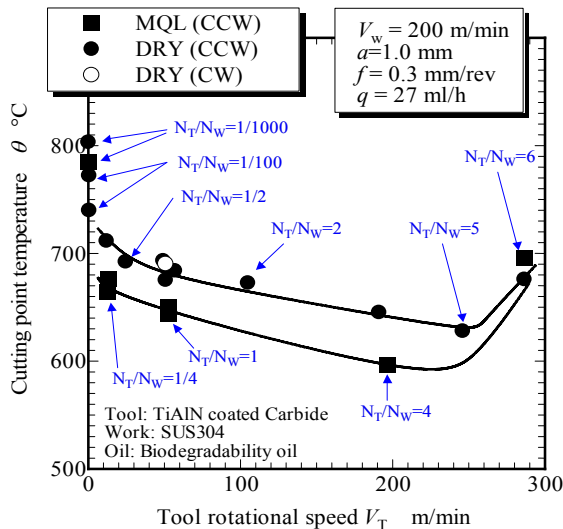


Fig.4 Change of tool temperature against tool rotation speed

切削点から 90°, 180°, 270°, すくい面の場合切削点から 180°, 270°である.

4.2 実験結果(工具空転時の温度測定)

図5に工具の冷却特性の測定結果を示す. 図中の  $\theta_T=0^\circ$  の値は§3の方法によって得られたものである. 図にみるように, 工具の回転(冷却時間の増加)とともに工具のすくい面・逃げ面の温度が下がっている様子がわかる. 通常の旋削における工具温度はすくい面の方が逃げ面上より高温であるとされているが, スピニングツールでは両者に顕著な差はみられなかった. これより, スピニング工具では切れ刃エッジ近傍が最も高温なっていると考えられる.

ここで乾式とMQLの温度測定結果を比較すると, MQL加工において, すくい面・逃げ面温度ともにおよそ40°C程度工具温度が低減されていることがわかる. これは, §3の結果とほぼ同じである.

5. 結言

スピニングツールによるステンレス鋼SUS304の旋削加工時における工具温度をファイバ型2色温度計を用いて測定を行った. 以下に得られた結果をまとめる.

- (1) スピニングツールにおける旋削加工では, 工具温度の低下が顕著になる工具回転域が存在する. また, MQL切削では乾式に比べ工具温度が50°C程度低減される. よって, 本方法は工具温度が高温となる難削材の旋削加工において有効であると考えられる.
- (2) すくい面と逃げ面において顕著な温度差がみられないことから, 工具温度は切れ刃エッジ近傍が最も高くなると考えられる. 工具は空転時において乾式・MQLともおよそ400°C以上冷却される.

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)森精機製作所精機に深謝する.

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.

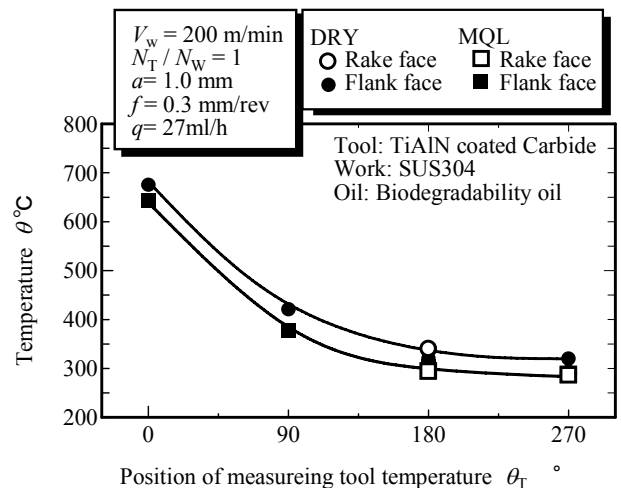


Fig.5 Tool temperature in air cutting