

スピニングツールによる難削材のMQL旋削加工：水溶性切削油剤の効果と最適工具回転速度の検討

著者	村松 健吾, 源濟 優輔, 細川 晃, 上田 隆司, 古本 達明, 秀田 守弘
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集 = JSPE Conference
巻	2013S
号	B36
ページ	95-96
発行年	2013-01-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/45544

doi: 10.11522/pscjspe.2013S.0.95.0

スピニングツールによる難削材のMQL旋削加工 —水溶性切削油剤の効果と最適工具回転速度の検討—

金沢大学大学院 ○村松健吾, 源濟優輔 金沢大学 細川 晃, 上田隆司, 古本達明
株式会社 森精機製作所 秀田守弘

Studies on MQL Turning of Difficult-to-Machine Materials with Actively Driven Rotary Tool
—Effect of Water Soluble Oils and Consideration of Optimum Tool Rotational Speed—

Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University: Kengo Muramatsu, Yuusuke Gensai
Kanazawa University: Akira Hosokawa, Takashi Ueda, Tatsuaki Furumoto
Mori Seiki, Co., Ltd.: Morihiro Hideta

In turning with actively driven rotary lathe tool, the cutting edge is heated during contact with workpiece and cooled in air cutting. Therefore, both mechanical and thermal loads are dispersed on the overall circular cutting edge which reads to reduction of tool wear. In this report, the MQL turning tests of Inconel718 are carried out with some kinds of cutting fluids, in which the effect of water soluble oil on tool temperature and tool wear are mainly examined. The optimum tool rotational speed is also investigated based on tool temperature, cutting forces, tool wear and surface roughness of workpiece.

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、難削材加工において工具寿命の増大が期待される。前報¹⁾では、Inconel718を対象に、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た。本報では、より冷却性に富む水溶性オイルミストの効果を検証するとともに、最適工具回転速度を切削温度、主軸動力(切削抵抗)などから総合的に検討している。

2. 実験装置及び実験方法

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(≈800°C)のあるTiAlNコーテッド超硬工具を使用した。

2.2 スピニングツールによる旋削加工

図1に示すように、工具をアップカット方向に回転させながらMQL(最少量潤滑)外周旋削を行った。図2に示すように、スピニングツールによる旋削では、工具が回転するため付着したオイルミストが切削点へと連続的に供給されるため、オイルミストの潤滑作用が発揮されると予想される。実験に使用したMQL油剤は、生分解性オイルと20倍希釈した水溶性エマルジョンオイルである。生分解性オイルの流量は27ml/hである。エマルジョンオイルの場合、含有油成分を27ml/hにするために、総流量を540ml/hと設定した。実験条件を表1に示す。

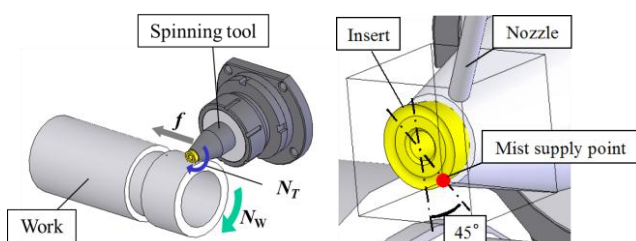


Fig.1 Experimental setup

Fig.2 Position of mist nozzle

3. 切削点工具逃げ面温度測定および切削抵抗測定

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。図3に示すように、工作物内に挿入されたファイバ-A(工作物と共に回転)が工具逃げ面から赤外線を受光し、もう一方の固定されたファイバ-Bに非接触で送られ、2種類の光電変換素子へと伝送される。これら2つのファイバは工作物端面に取り付けられている回転式ファイバ結合用ジグを使用することで接続されている。

Table 1 Cutting condition

Workpiece		Inconel718, SUS304
Cutting length	l_w	40 mm
Tool		TiAlN-coated carbide
Operating parameters		
Tool rotational speed	V_T	5 - 260 m/min
Cutting speed	V_w	100 m/min
Work revolution	N_w	≈ 450 min ⁻¹
Tool revolution	N_T	100 - 5220 min ⁻¹
Revolution ratio	N_T / N_w	1/4 - 10
Feed	f	0.3 mm/rev
Depth of cut	a	0.5 mm
Cutting type		MQL
		Biodegradability oil, Emulsion oil
Flow rate of oil mist		
Biodegradability oil	q_1	27 ml/h
Emulsion oil	q_2	540 ml/h
Mist pressure	P_m	0.5 MPa

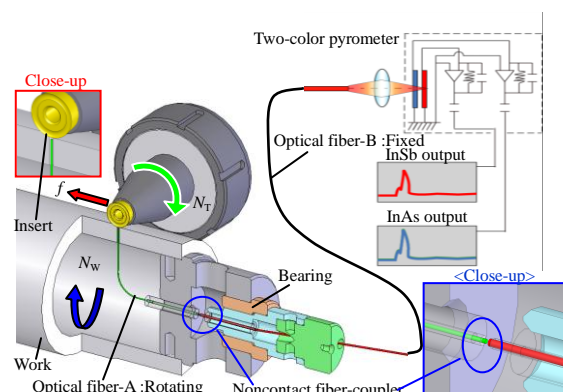


Fig.3 Fundamental construction of fiber-coupled two-color pyrometry in turning

3.2 温度測定結果

図4に工具回転速度に対する工具温度測定実験の結果を示す。前報¹⁾では、生分解性オイルを用いた場合(□)工具逃げ面温度が低くなる工具回転速度域はおおよそ $V_T=20\sim 100\text{m/min}$ の間であることがわかった。一方、エマルジョンオイルの場合(○), 生分解性オイルに比べ $V_T=20\sim 60\text{m/min}$ の間でおおよそ 100°C の工具温度低減効果がみられ、逃げ面摩擦も低減した。しかしながら、工具温度に比較的大きなばらつきがみられ、局部的にチッピングも発生した。これは、エマルジョンオイルは含有水分が多いため工具表面に油膜を形成しにくいことや、希釈した水の中での油滴の分散が安定していないことなどが原因と考えられる。

3.3 切削動力の測定

工具逃げ面温度が図4のような傾向を示す要因を調べるため、切削点における発生熱に直接関係する切削動力を測定した。図5に示すように、工具-工作物の干渉領域で発生する熱に関与するのは主分力 F_P と工具接線分力 F_F であり、それぞれ発生熱は $F_P \cdot V_w$, $F_F \cdot V_T$ で近似できる。そこで、前者はミリング旋盤のワーク主軸、後者はツール主軸モータの有効電力で評価した。電力は3相モータの2電圧、2電流を測定して換算している。実際の電力波形を図6に示す。切削動力は空転時電力と切削時電力の差で表される。

図7に工具回転速度がワーク主軸およびツール主軸の動力に及ぼす影響を示す。図にみるように、工具回転速度 V_T の上昇とともにワーク主軸電力、すなわち主分力 F_P が低下するのがわかる。スピニング加工では切りくずと工具との摩擦により切りくずが工具回転方向に引っ張られ、疑似的な傾斜切削状態へ推移したためせん断角が大きくなったためと推測できる。

一方、ツール主軸動力は V_T とともに増加している。このような V_P および V_T による発生熱の傾向と空転時の工具冷却作用があいまって、図4のような温度特性になったものと考えられる。

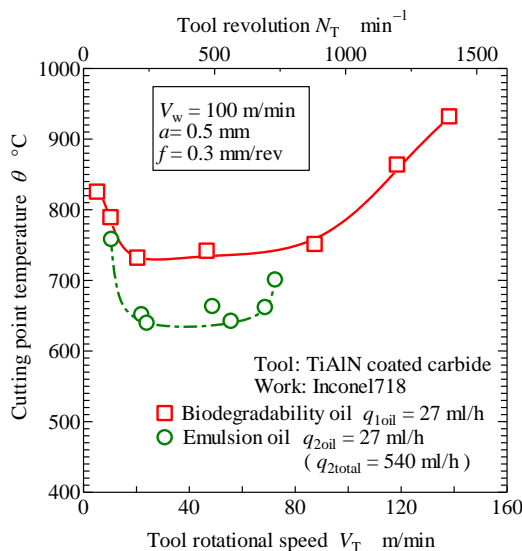


Fig.4 Change of tool temperature against tool speed

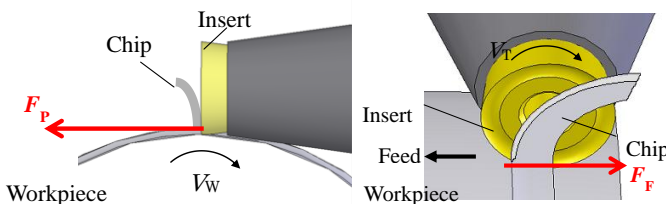


Fig.5 Principal cutting force and tangential friction force

4. 結 言

スピニングツールによる高硬度耐熱合金Inconel718の旋削加工を行い、水溶性エマルジョンオイルの効果を検証するとともに、切削温度や主軸動力などから最適工具回転速度について検討した。以下に得られた結果をまとめる。

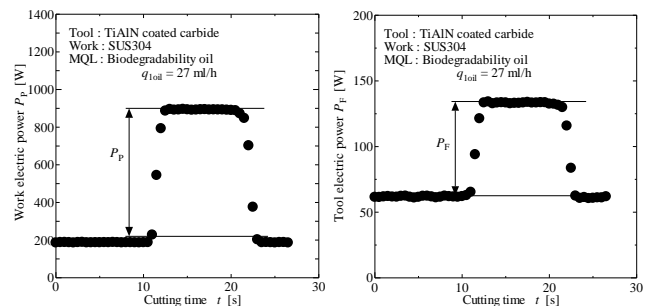
- (1) スピニングツールには工具温度を低減させる工具回転速度が存在するが、MQL油剤の種類により、工具逃げ面温度が低減する工具回転速度域が異なる。
- (2) 水溶性エマルジョンオイルは生分解性オイルと比べて冷却能力果は高いが、安定した油膜を形成能に問題があり、温度がばらつく。また、局部的なチッピングも発生する。
- (3) 工具回転数の増加とともにワーク主軸動力は減少し、ツール主軸動力は増加する。切削点における発生熱に関与する両者のこのような向と空転時の工具冷却作用があいまって、工具温度が低くなる工具回転速度域が存在する。
- (4) ワーク主軸動力とツール主軸動力より切削抵抗主分力 F_P と工具接線分力 F_F を算出することができる。

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 —インコネル718のMQL旋削加工—, 2011年度精密工学会秋季大会講演論文集, G18



(a) Work electric power P_P (b) Tool electric power P_F

Fig.6 Waveform of measured electric power ($V_w=100\text{ m/min}$, $a=0.5\text{ mm}$, $f=0.3\text{ mm/rev}$, $N_T/N_W=2$)

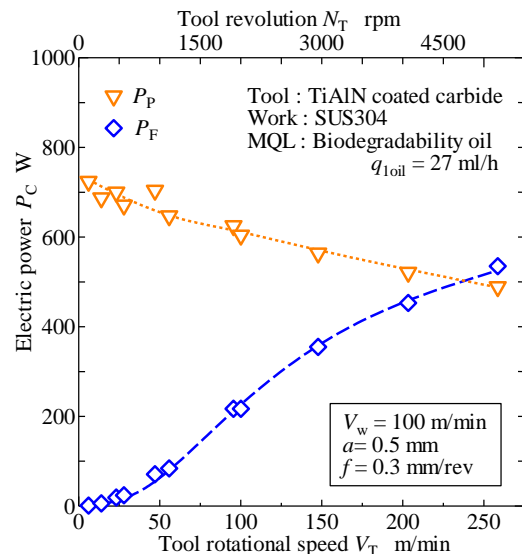


Fig.7 Change of cutting force against tool speed