

機能性表面による摩擦力の低下現象を応用した切削工具の開発

加工技術課 川堰宣隆

1. 緒言

固体表面に微細なテクスチャを作製することで、表面の摩擦係数が減少することが知られている^{1) 2)}。この原理を切削工具に適用することで、工具・被削材間の摩擦が減少し、工具の加工性を改善することが可能であると考えられる。

本研究では、工具表面にマイクロ・ナノメートルオーダーの微細なテクスチャを作製し、そこで発現する摩擦の低下現象を応用することで、優れた加工性を持った切削工具を開発することを目的とする。本報では、テクスチャ形状の最適化を図るため、加工条件やテクスチャの形状が被削性に及ぼす影響について検討した。さらに、DLC コーティッド工具におけるテクスチャの効果について検討した。

2. 実験条件および方法

表面にテクスチャを作製した工具³⁾を用いて、アルミニウム合金 A5052 の旋削加工実験を行った。工具には K 種の超硬工具を使用し、フェムト秒レーザーによりうねり状のテクスチャを作製した。テクスチャの方向は、切りくずの排出方向に対して垂直に作製した。表 1 は、旋削加工条件である。

Table 1 Cutting conditions

Tool	Carbide tool (K10)
Work material	Aluminum alloy A5052
Cutting speed (m/min)	60 ~ 600
Depth of cut (mm)	0.2
Feed rate (mm/rev)	0.1
Tool geometry	0, 5, 11, 6, 29, -1, 0.4
Lubrication method	MQL ⁴⁾ , Wet
Lubricant	MQL (Ester type), Wet (Emulsion type)
Flow rate (cc/h)	40

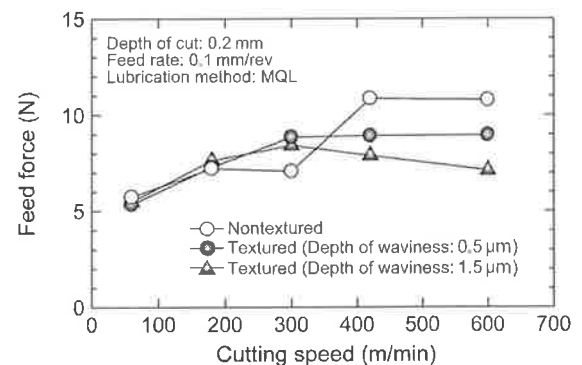


Fig. 1 Change in the cutting forces at various cutting speeds using the nontextured and textured tools.

3. 実験結果および考察

3.1 切削抵抗の切削速度およびテクスチャ形状依存性

切削速度が変化したときの、テクスチャの効果について検討した。図 1 は、各種工具を用いたときの切削速度に対する送り分力の変化である。切削速度が小さい場合、テクスチャによる効果は見られない。切削速度が 420 m/min 以上になると、テクスチャを作製した場合に切削抵抗は小さくなることわかる。切削速度が小さい場合、工具への被削材の溶着が多く、テクスチャは被削材によって埋められやすい。切削速度が大きくなると、被削材の溶着は少なくなり、テクスチャによる効果が現れると考える。すなわち、被削材の溶着の少ない条件下で加工を行うことで、テクスチャによる摩擦の低減の効果を得ることが可能であることがわかる。

図 2 は、テクスチャの深さに対する切削抵抗の変化である。テクスチャのピッチは、15 μm とした。深さの増加にともなう切削抵抗は減少し、深さ 2.9 μm のときに最小となった。深さがそれ以上になると、切削抵抗は微増する。すなわち、テクスチャには最適な深さが存在し、本実験条件下では約

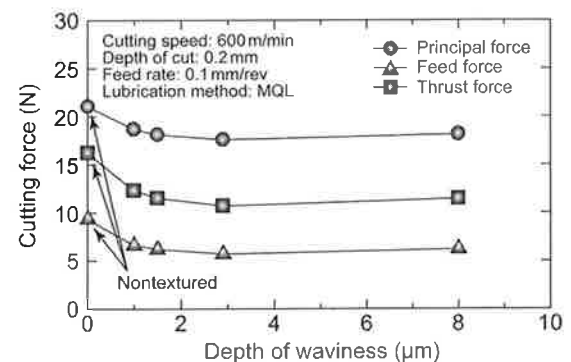


Fig. 2 Change in the cutting forces at various depths of waviness using textured tools with perpendicular waviness

3 μm が最適であるといえる。

図 3 は、テクスチャのピッチに対する切削抵抗の変化である。テクスチャの深さは、1.5 μm とした。テクスチャを作製することで切削抵抗は減少する。その減少割合は、送り分力と背分力で大きくなる。またピッチが 15 μm 以上になると、抵抗値に大きな違いは見られない。この結果は、工具作製時間の短縮の観点からも有効であるといえる。

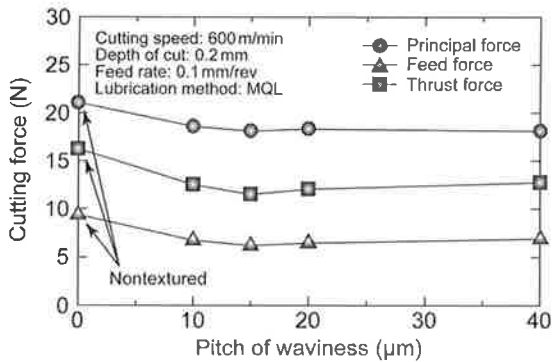


Fig. 3 Change in the cutting forces at various pitches of waviness using textured tools with perpendicular waviness.

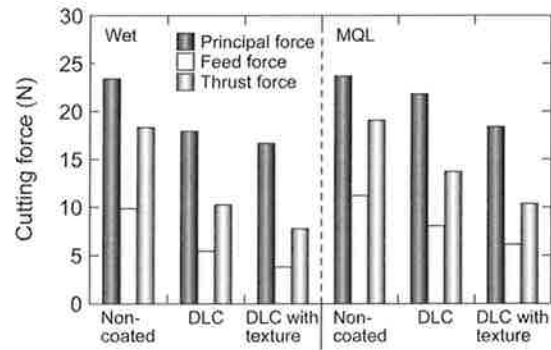


Fig. 4 Comparison of cutting forces at various tools machined under the wet and MQL conditions.

3.2 DLC コーティッド工具への適用

テクスチャを持った DLC コーティッド工具を作製し、その効果について検討した。工具は、超硬工具のすくい面に深さ 2.2 μm、ピッチ 20 μm のうねり状のテクスチャを加工後、厚さ 0.1 μm の DLC コーティングを行い作製した。加工実験は湿式と MQL で切削油の供給を行い、その違いについても検討した。

図 4 は、各種工具で加工したときの切削抵抗の変化である。コーティングのない超硬工具で加工した場合、潤滑方法による差は見られない。DLC コーティングを行うことで、切削抵抗は減少することがわかる。その減少率は湿式で大きく、超硬工具と比較して送り分力、背分力は 45 % 以上減少する。さらに、テクスチャを作製することで、その減少割合は 60 % 以上となった。図 5 は、加工後の工具の SEM 観察像である。DLC コーティングのみの場合、工具表面に被削材の付着は見られない。一方、テクスチャを作製した工具では、テクスチャ内部で若干の付着が観察できる。

DLC コーティングは摩擦係数が小さく、被削材の溶着を抑制できることから、アルミニウム合金等の切削において優れた加工性能を示す⁵⁾。また、潤滑方法による冷却性能の差によって被削材の付着が抑制され、湿式の場合に切削

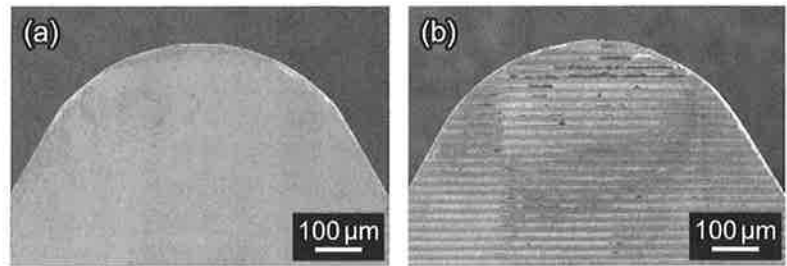


Fig. 5 SEM images of the tool surface after cutting aluminum alloy under the wet condition. (a) DLC coated tool, and (b) DLC coated tool with textures.

抵抗が大きく減少したと考える。また、テクスチャを作製することで若干の被削材の付着が生じるものの、テクスチャによる摩擦係数の減少によって、さらに切削抵抗を減少させることが可能であることがわかる。

4. 結言

本研究では、テクスチャを持った工具を用いて旋削加工実験を行い、加工条件およびテクスチャ形状の最適化について検討した。今後は、工具の応用化について検討する。

本研究は、科学研究費補助金若手研究(B)を受けて行われたことを記して、お礼申し上げます。

参考文献

- 1) A. Blatter *et al.*, *Tribol. Lett.*, **4** (1998) 237.
- 2) 沢田ほか, 精密工学会誌, **70**, 1 (2004) 133.
- 3) N. Kawasegi *et al.*, *Proc. euspen Int. Conf.* (2008).
- 4) K. Weinert *et al.*, *CIRP Annals*, **53** (2004) 511.
- 5) H. Fukui *et al.*, *Surf. Coat. Technol.*, **187** (2004) 70.

キーワード: 切削加工, 機能性表面, マイクロ・ナノテクスチャ, フェムト秒レーザー

Development of a Cutting Tool Utilizing Reduction in Friction due to the Functional Surface

Noritaka KAWASEGI

We developed novel cutting tools that had either microscale or nanoscale textures on their surfaces. Texturing microscale or nanoscale features on a solid surface allowed us to control the tribological characteristics of the tool. The effects of the cutting conditions and texture shape on the machinability of an aluminum alloy were investigated with a turning experiment. It was found that the effect of texture differed with the cutting speed, and the texture was only effective under high cutting speed conditions. The cutting forces decreased with the pitch and depth of the texture. In addition, the texture was applied to the DLC coated tool, and the machinability was improved by the texture in addition to low friction due to the DLC layer.