

微細テクスチャを有する微細加工用工具の開発

PJ 推進担当 川堰宣隆, 機械電子研究所 杉森博, 加工技術課 森本英樹

1. 緒言

近年, 各種デバイスの小型化, 複雑化にともない, 小径工具による微細加工技術が必要とされている. その加工では, 工具剛性の低さから切りくずのつまりや切削抵抗の増加にともなう工具の折損などが問題となってくる. これを解決するためには, 工具表面の摩擦特性を変化させ, その加工性を改善することが有効であると考ええる.

本研究は, 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の作用を応用することで, 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している. これまでに小径ドリルの溝部にマイクロ・ナノメートルオーダーの微細なテクスチャを作製することで, 切削抵抗およびその変動量が小さくなることを明らかにした. 本報ではその結果を応用し, テクスチャによる効果の形状依存性および工具寿命の観点から検討を行った.

2. 実験条件および方法

工具には, 直径 0.5 mm の HSS 製ドリルを使用した. テクスチャはフェムト秒レーザーを利用して, ドリルの溝部に作製した. テクスチャの方向は, 切りくず排出方向に対して垂直となるように設定した. 表 1 は, 加工条件である.

3. 実験結果および考察

3.1 テクスチャの深さ依存性

図 1 は, テクスチャを作製した領域の SEM 観察像である. テクスチャのピッチは, 10 μm とした. レーザ照射前のドリル表面には, ドリル作製時の研削痕が存在している. テクスチャが浅い場合, レーザ加工前の研削痕とテクスチャが混在した状態にある. テクスチャが深くなると, 加工前の研削痕は消滅する. さらに深い条件では, レーザ照射部周辺にはデブリが生じることがわかる.

図 2 は, 各種テクスチャを作製した工具で加工したときの, スラストである. 切削速度は, 15.7 m/min とした. テクスチャの深さが 1.5 μm , 2.7 μm の場合, 工具がいずれの場合でも送り量が 12 $\mu\text{m}/\text{rev}$ の条件でテクスチャによる効果が現れ, スラストは減少した. また, これらの値に大きな差は見られない. 一方, テクスチャの深さが 3.4 μm になると, テクスチャの無いものと比較して逆にスラストは大きくなった. テク

Table 1 Drilling conditions

Tool material	High speed steel
Tool diameter (mm)	0.5
Work material	Aluminum alloy A5052
Spindle speed (rpm)	10000, 15000
Cutting speed (m/min)	15.7, 23.6
Feed rate ($\mu\text{m}/\text{rev}$)	6, 12
Depth of hole (mm)	2.5, 3.0
Lubrication method	Wet

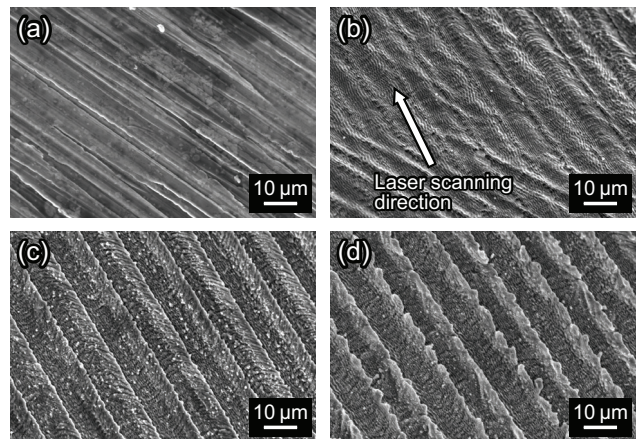


Fig. 1 SEM images of the textured area on a drill surface prepared by a femtosecond laser with various irradiation conditions. (a) Nontextured surface. Textured surfaces with the depths of (b) 1.5 μm , (c) 2.7 μm and (d) 3.4 μm .

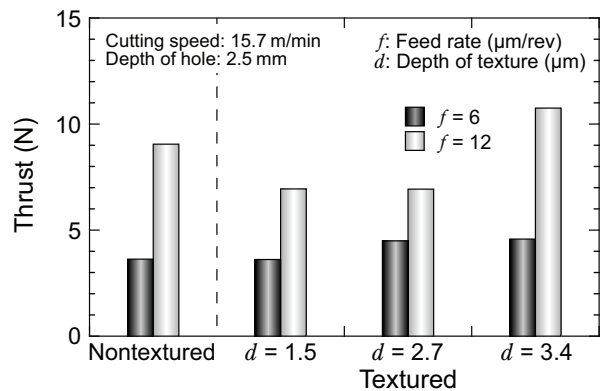


Fig. 2 Comparison of thrust at various shapes of the texture.

スチャ周辺部に存在するデブリが逆に抵抗として作用するようになり, スラストが大きくなったと考える. すなわち, デブリの生じない条件下でテクスチャを作製することで, その効果を得られることがわかる.

3.2 工具の耐折損性

これまでの結果より, ドリルの溝部にテクスチャを作製す

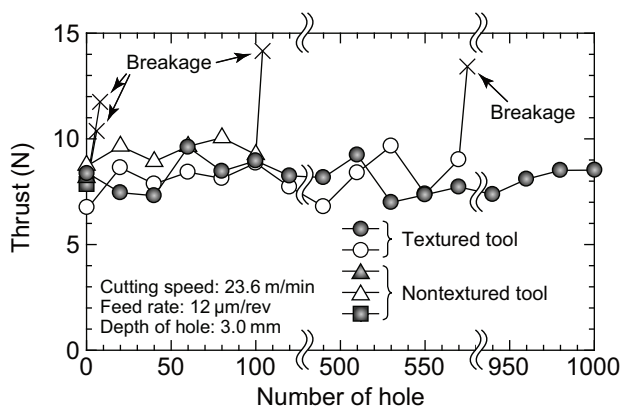


Fig. 3 Changes in thrust while drilling aluminum alloy using nontextured and textured tools, plotted as a function of number of holes machined.

ることで、とくに高送り条件下でスラストが減少し、加工状態が安定することがわかった。そこで、テクスチャを作製した工具を用いたときの耐折損性の変化について検討した。加工実験は、テクスチャのない工具で3回、テクスチャを作製した工具で2回行った。

図3は、各工具で加工したときの、穴あけ個数に対するスラストである。テクスチャのない工具の場合、穴あけ個数6穴目、8穴目、104穴目でドリルの折損が生じた。一方、テクスチャを作製した工具の場合、折損が生じるまでの穴あけ個数は増加した。一方は565個であり、他方は1000個に達しても折損が生じなかった。

本実験条件下では、工具がいずれの場合でも穴あけ個数によるスラストの増加傾向は見られない。工具が折損する際に、スラストが急増することがわかる。これより、加工中の工具の摩耗量は小さいと考える。また、加工中のスラストスラストおよびその変動幅はテクスチャがない場合に大きく、切りくず形状も不安定であった。この結果は、加工中にすくい面の摩擦や溶着が大きなることを示唆している。以上の結果より、本実験条件下における工具の折損は、工具摩耗の進行よりも被削材の溶着や切りくずのつまりなどによる突発

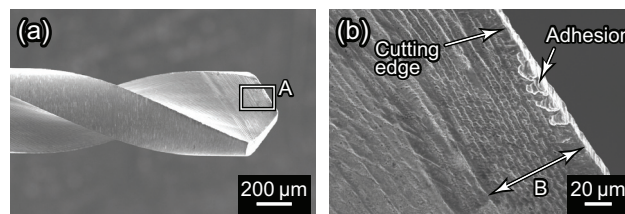


Fig. 4 SEM image of the textured tool after drilling 1000 holes. (a) Whole view and (b) enlarged image of the area denoted by A.

的なスラストの増加に起因すると考える。テクスチャのない工具では、すくい面の摩擦や溶着によって切りくずの排出性が悪く、スラストおよびその変動幅は大きくなる。同時に、被削材の溶着等が生じる確率も大きい。このため加工中にスラストは急増しやすく、ドリルの折損が生じやすいと考える。一方、テクスチャを作製することで切りくずの排出性は改善され、スラストおよびその変動幅は小さくなる。同時に、被削材の溶着等によるスラストの急増も生じにくくなる。またスラストが増加した場合でも、その値は小さいため、折損には至りにくいと考えられる。

図4は、1000個穴あけ加工した後のテクスチャを作製した工具のSEM観察像である。切れ刃周辺部のテクスチャ(図中、B部)は、摩耗によって浅くなっていることが観察できる。一方、スラストの増加傾向は見られず、テクスチャが浅くなった状態でも十分な効果が得られていることがわかる。

4. 結言

本報では、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有する小径ドリルを作製し、その加工特性について検討した。今後は、工具の応用化について検討する。

本研究にご協力頂いた、富山大学の森田昇教授、(株)不二越の堀功様、福井県工業技術センターの松尾光恭様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) N. Kawasegi *et al.*, *Prec. Eng.*, **33** (2009) 248.

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 Micromachining Tools with Micro/Nanometer-scale Textures

Noritaka KAWASEGI, Hiroshi SUGIMORI and Hideki MORIMOTO

This study aims to develop novel cutting tools that have 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. In this report, the textures were applied to small diameter drills and drilling experiments of aluminum alloy were performed to evaluate the developed tools. Texture depth dependence reveals that the effect of the texture was observed even at different texture depths. However, debris formed around the texture interrupts the chip flows, resulting in the increase in thrust. The breakage resistance could be improved utilizing this phenomenon. These results indicate that the developed tool is effective as a drill for small holes.