

K1-31

集束イオンビームによる小径工具の微細加工 Nano Machining of Small Tools by Means of Focus Ion Beam

○佐藤翔¹, 李和樹², 山田高三², 三浦浩一²
*Syo Sato¹, Hwa-Soo Lee², Takazo Yamada², Koichi Miura²

In order to fabricate micro holls which diameters are less than 1 mm mechanically, micro drills are needed. At present, micro holls about 1/100 mm diameters are fabricated by mechanical drilling, however, holls less than 1/1000 mm are difficult to be machined. On the other hand, since the demands of micro holls less than 1/1000 mm are gradually increased, drills are required to be fabricate in near future. Based on such a background, in this study, it is considered whether micro drills can be fabricated by focus ion beams, FIB, experimentally.

1. 緒言

近年、機械部品の小型化に伴い微細加工、精密加工を行うための微細工具が求められている。しかし、工具の微細化が進むにつれて工具の製作には従来の機械加工のみでは対応できない状況にある。いっぽう、集束イオンビーム(以降 FIB)は数 nm から数百 nm 径に集束したイオンを試料に向かって照射することで、試料表面の原子を弾き飛ばし、精度の良い微細形状の加工をすることができる^[1]。このような特徴に着目し、本研究では FIB を用いて、微細切削工具を製作することを目的としている。本稿では、小径ドリルの刃先に FIB による追加工を施し、FIB 加工前後での切削性を比較することで、FIB により製作した工具で切削性が向上するか調べた。

2. 微細工具の FIB 加工

FIB 加工により切削工具の切削性を高めるため、図 1 のように逃げ面の表層部(斜線部分)を平滑にするように加工を行い、切れ刃先端の R を除去し鋭利な切れ刃を形成した。

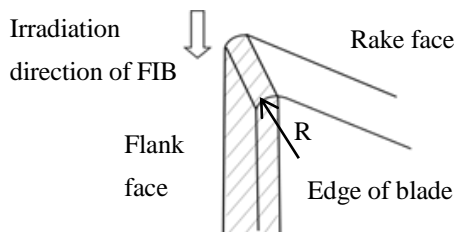
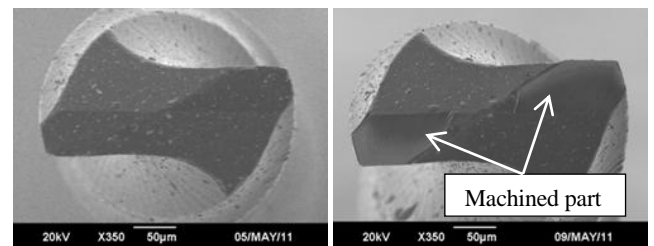


Figure 1. Machining method of miniature drill by FIB

加工する工具にはφ0.3mmの超硬ドリルを用いて FIB 加工を行った。FIB で工具の逃げ面を表面から約 0.5μm 削り取り、イオン電流 5273pA で両面に約 150 分間加工を行った。このときドリルの中心部まで FIB 加工をしてしまうとチゼルエッジが拡大し、穴加工時に切削

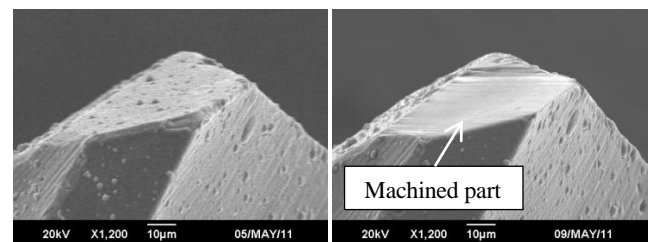
抵抗が増大してしまうことが考えられる。このことを考慮し、切削速度が低く切削力の小さい中心部の切れ刃は加工せずとも工具性能にほぼ影響しないと考え、チゼルエッジの加工を避けるために工具中心部を残し、外側の切れ刃部分のみ FIB 加工を行った。FIB 加工前後でドリル先端と切れ刃形状を観察した SEM 像を図 2、図 3 に示す。



(a)Before machining

(b)After machining

Figure 2. Comparison of nose shape of a drill



(a)Before machining

(b)After machining

Figure 3. Comparison of shapes of cutting edge

図 2、図 3 より、逃げ面表層部を FIB 加工で除去することで表面が平滑になっていることがわかる。また FIB 加工により工具の切れ刃先端の R を除去したことにより、刃先が鋭利になっていることがわかる。

3. 微細工具の FIB 加工前後の評価

FIB 加工を施した工具を評価するため、FIB 加工前後のドリルで穴加工を行い、その際のスラスト抵抗および加工穴径の測定を行った。また、工具摩耗時におけ

るスラスト抵抗と加工穴径の変化を調べ、FIB 加工前後での比較を行った。表 1 に加工条件を示す。

Table 1. Machining condition

Tool	φ0.3 mm Carbide drill
Rotating speed	5, 10, 20 ×10 ³ min ⁻¹
Feed speed	50 μm/s
Depth of cut	0.5 mm
Workpiece	A2017

まず、各工具で主軸回転数 5000, 10000, 20000min⁻¹ の順でそれぞれ 3 回ずつ加工を行い、その際のスラスト抵抗および加工穴径を測定し、その平均値を求めた。

次に、工具を摩耗させるため加工条件を主軸回転数 10000 min⁻¹、加工深さ 1.5mm、ステップ送り量 50μm として 20 回穴加工を行った。以上の行程を 1 行程として、計 6 行程の穴加工を行い、工具の摩耗によるスラスト抵抗および加工穴径の変化を調べた。測定結果を図 4、図 5 に示す。また、測定終了後の工具の先端部と切れ刃形状を観察した SEM 像を図 6、図 7 に示す。

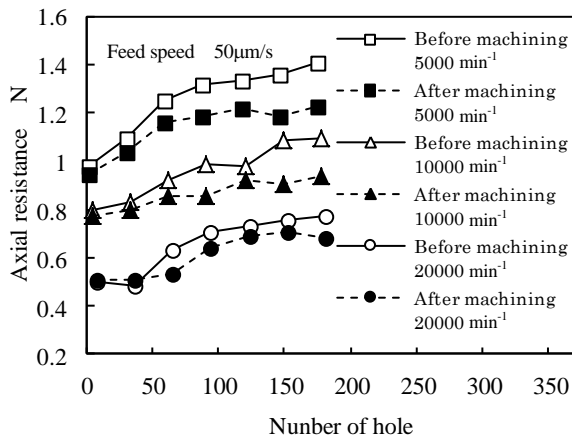


Figure 4. Axial resistance before and after machining by FIB

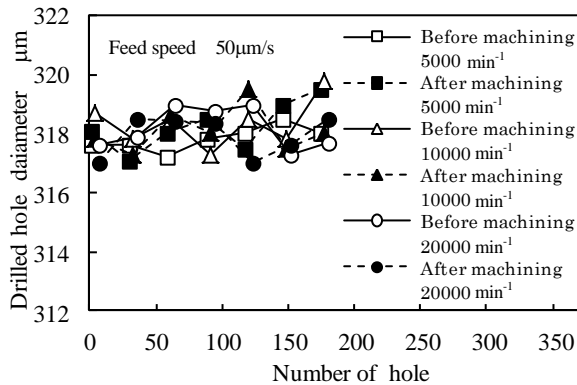
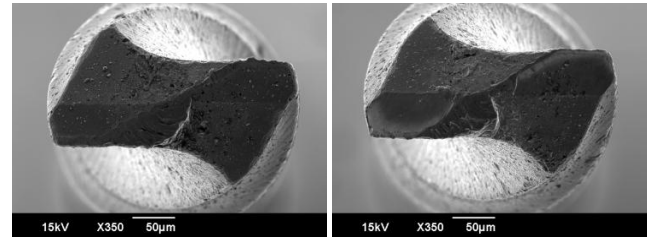
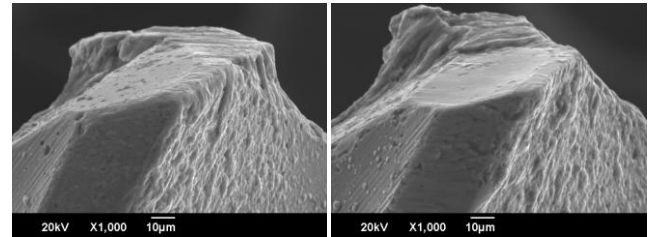


Figure 5. Drilled hole diameters before and after machining by FIB



(a)Before machining (b)After machining
Figure 6. Comparison of nose shape of a drill after drilling



(a)Before machining (b)After machining
Figure 7. Comparison of shapes of cutting edge after drilling

図 4 より、穴加工時のスラスト抵抗は FIB 加工前の工具と比較し、FIB 加工後の工具は切れ刃を鋭利にしたことでスラスト抵抗が低下していることがわかる。次に、穴加工回数に対するスラスト抵抗の変化を比較すると穴加工回数が増えるごとに各工具のスラスト抵抗の差が大きくなっていることがわかる。これは FIB 加工によりスラスト抵抗が低下したことで穴加工中の工具磨耗量も小さくなり、摩耗によるスラスト抵抗の増加量が小さくなるため、加工回数が増えるほど各工具でのスラスト抵抗の差が大きくなったと考えられる。また、図 6、図 7 より穴加工後の工具形状を比較しても FIB 加工前の工具切れ刃が大きく磨耗しているのに対し、FIB 加工後の切れ刃はほとんど磨耗していないことがわかる。図 5 より、加工穴径は各工具ともほぼ一定の値を取り、穴加工回数に対して FIB 加工前後の工具で増加傾向の差は見られなかった。

4. 結言

- 工具の切れ刃先端に FIB 加工を施すことにより、切削性が向上し、穴加工中時のスラスト抵抗を低下させることができた。
- FIB 加工によって穴加工時のスラスト抵抗を低下させたことで工具磨耗量が低下し、穴加工回数に対するスラスト抵抗の上昇を抑えることができた。

5. 参考文献

[1] 高木俊宜: 電子・イオンビーム工学, 216-221, 1995