

高精度加工技術に関する研究

—高精度薄肉加工に関する研究—

吉村 千秋・西村 通喜・藤原 和徳

Study on High Precision Machining Technology

—High precise Fin Shaped Machining—

Chiaki YOSHIMURA, Michiyoshi NISHIMURA and Kazunori FUJIHARA

要 約

本研究は、金型用電極を想定し、25mm角の銅材料に横幅10mm、高さ5mm、肉厚0.3mmのフィン形状の加工を精密マシニングセンターを用いて行った。

加工後、フィン形状と加工精度について、表面形状粗さ測定機と三次元座標測定機で測定し評価した結果、表面粗さはRaで0.2 μ m、フィンの上部と下部の厚みの差は3 μ m及び直角度は5 μ mとなり、当初の目標を達成することができた。この結果、肉厚が1mm以下のフィン加工に対応するための加工データの蓄積が可能となった。

1. 緒 言

加工精度の向上とともに複雑な形状物の加工技術が要求される中、県内の中小企業においても高精度加工に苦慮している企業が多い。中でも金型加工時の放電電極用として使用される肉厚が1mm以下の薄肉加工（フィン加工）において、フィンの倒れによる直角度や形状精度の低下といった問題が発生し、このような薄肉形状を高精度に加工するための加工条件の確立が強く要望されている。

そこで、当所の精密マシニングセンターと、最近、注目されている焼きバメホルダーを使用してエンドミル工具によるフィン加工を行い、加工条件を確立することを目的とした。

2. 実験方法

2-1 加工機

切削試験に使用した精密マシニングセンター（ソディック:SL180）の仕様を表1に示す。主軸の工具ホルダーには焼きバメホルダーを採用し、クーラントはミスト状で供給した。

表1 加工機の仕様

X, Y, Z軸移動量	各軸とも180mm
主軸回転速度	40,000min ⁻¹
X, Y, Z軸 早送り速度	36m/min
X, Y, Z軸 切削送り速度	10m/min
X, Y, Z軸 駆動方式	リニアモーター駆動
位置決め精度	3 μ m以下
繰り返し位置決め精度	1 μ m以下

2-2 被削材及び工具

被削材は25×25×25mmの銅材を使用した。切削工具は表2に示すような8種類の工具を使用した。即ち、工具径、工具材質、窒化クロム（CrN）コーティングの有無、刃先形状、刃数が異なる工具を使用した。

表2 工具種類

No.	工具径	材質	CrNコーティング	形 状	刃数
1	ϕ 3	超硬	無	スクエア	2
2	ϕ 5	超硬	無	スクエア	2
3	ϕ 3	超硬	有	スクエア	2
4	ϕ 5	超硬	有	スクエア	2
5	ϕ 3	超硬	有	スクエア	4
6	ϕ 5	超硬	有	スクエア	4
7	ϕ 3	超硬	有	ボール	2
8	ϕ 5	超硬	有	ボール	2

2-3 切削条件

切削試験の手順としては、先ず、横幅10mm、高さ5mm、肉厚3mmの直方体形状に加工し、その後、少切込みで左右交互に加工し徐々に肉厚を薄くする方法で実験を行った。

切削試験では、先ず、①切削工具の形状・コーティングの有無によって切削抵抗がどのような挙動を示すか確認し、次の段階で細溝加工を行うことを前提にφ3のエンドミルを使用することにした。次に、②軸・径方向の切込み量、及び③切削速度・送り速度等の切削パラメータを変え実験を行うこととし、予め倒れが少なく、かつ高精度な表面形状が得られる条件として、表3に示す切削条件を設定した。

表3 切削条件

①工具径・工具形状・刃数変化	
使用工具形状	表2の工具
切削速度	94.2m/min
送り速度	0.025mm/rev
軸方向(Z)切込み量	0.5mm
径方向(XY)切込み量	0.2mm
②切込み量変化	
使用工具形状	φ3超硬2枚刃スクエア
切削速度	94.2m/min
1回転当たりの送り速度	0.025mm/rev
軸方向(Z)切込み量	0.1, 0.2, 0.5mm
径方向(XY)切込み量	0.1, 0.2mm
③切削速度・送り速度変化	
使用工具形状	3φ超硬2枚刃スクエア
切削速度	94.2, 188.4, 376.8m/min
1回転当たりの送り速度	0.025, 0.05mm/rev
軸方向(Z)切込み量	0.5mm
径方向(XY)切込み量	0.2mm

2-4 切削抵抗の測定

被削材は図1に示すように、切削動力計(キスラー:3成分動力計9257B)のバイス部に固定し、各切削条件下で加工した場合の工具径方向の切削抵抗を測定した。

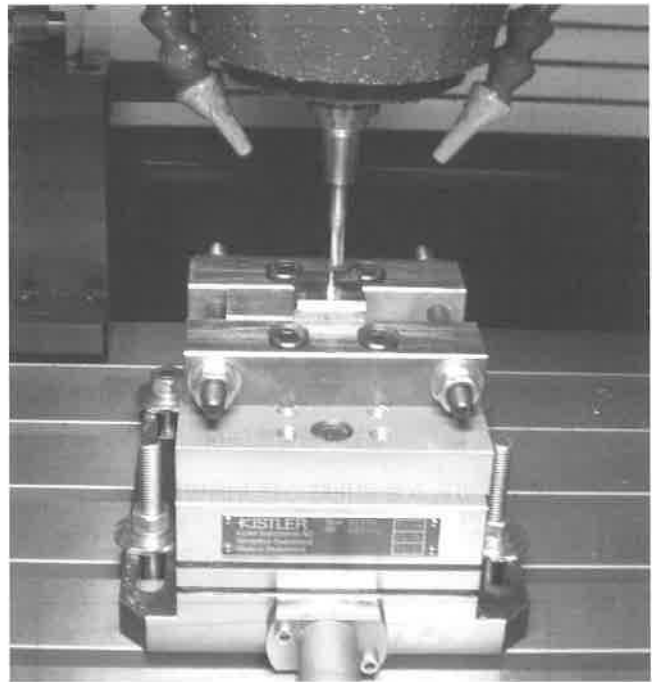


図1 切削状況

2-5 形状測定

加工後は、表面形状粗さ測定機(小坂研究所:DSF1000)を用いて切削面の表面粗さRaの測定と、三次元座標測定機(カールツァイス:ZMC550)を用いて薄肉加工部の板厚や直角度について測定し評価した。

3. 実験結果

3-1 切削加工時の切削抵抗について

切削加工時に測定した切削抵抗の結果を図2~4に示す。

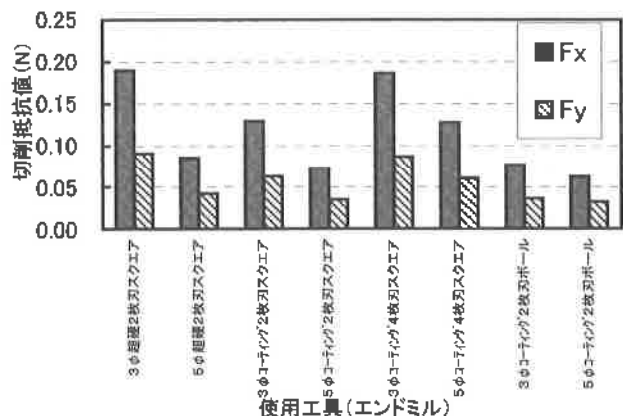


図2 工具形状・寸法変化時の径方向切削抵抗

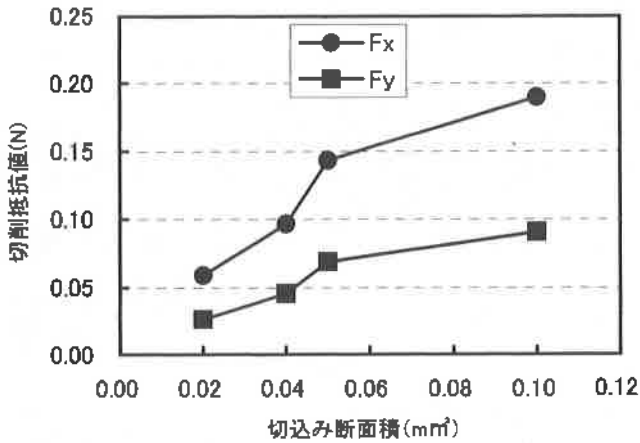


図3 切込み量変化時の径方向切削抵抗

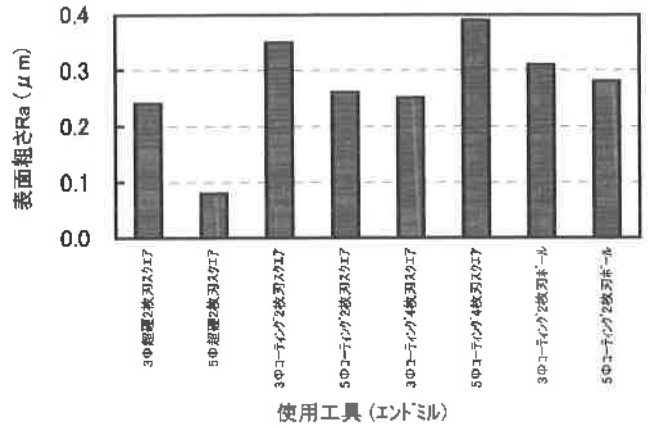


図5 工具形状・寸法変化時の表面粗さ Ra

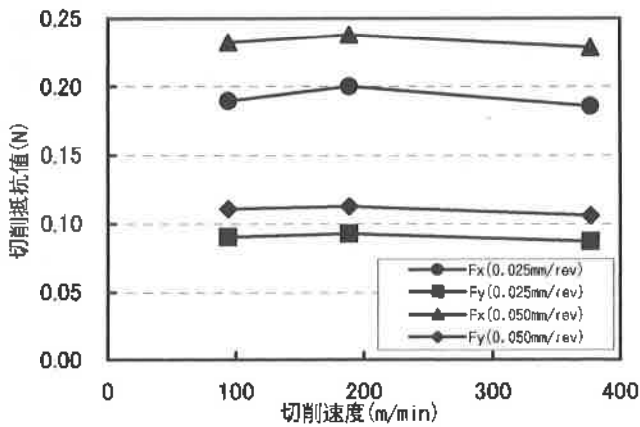


図4 切削速度変化時の径方向切削抵抗

切削抵抗は、工具径がφ3よりもφ5の方が小さくなっているが、これは、切削速度が同一なため、径が異なることによるすくい角の影響が考えられる。また、切込み断面積が小さくなるに従い減少し、さらに1回転当たりの切込み量も小さい方が小さくなることが確認できた。また、工具刃先形状に関しては、ボールエンドミルでの切削抵抗値がスクエアエンドミルに比べ小さくなる傾向を示した。これは軸や径方向への切込みが同一でも材料と刃先の接触断面の長さがボールエンドミルの方が短くなることが影響していると考えられる。

3-2 切削加工後の表面粗さについて

切削加工後、加工面の表面粗さ Ra を測定した結果を図5~7に示す。

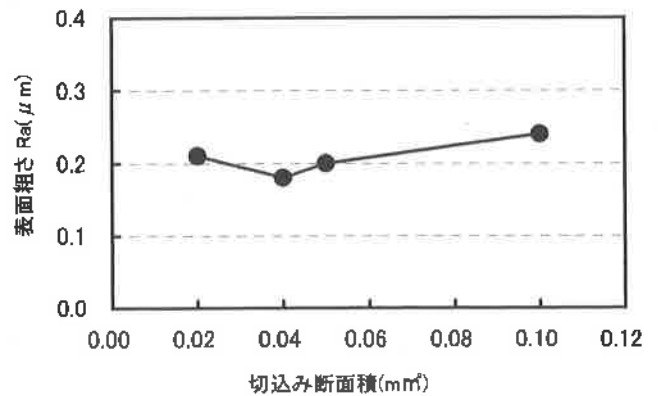


図6 切込み量変化時の表面粗さ Ra

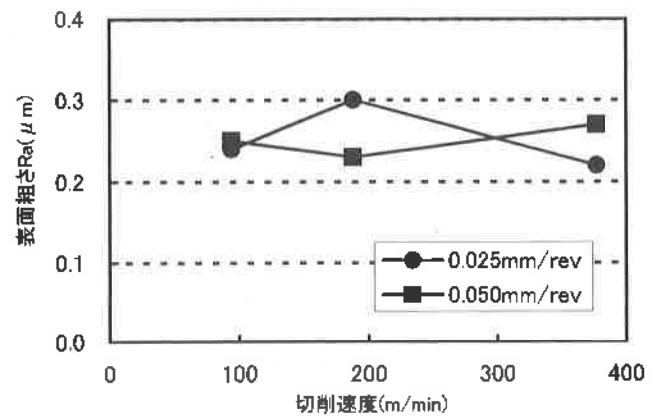


図7 切削速度変化時の表面粗さ Ra

表面粗さを測定した結果、切込み量として軸方向・径方向ともに0.2mm、切り込み断面積0.04mm²において表面粗さ Ra0.2 μm と良い結果が得られたが、切削速度による差は少ない。

また、工具に関しては、CrNコーティングと比較すると無コーティングの工具での値が小さく、スクエアエンドミルやボールエンドミル、また刃数による差はあまり見られなかった。

3-3 切削加工後の厚みの差について

切削加工後にフィンの厚みを測定した結果を図8~10に示す。

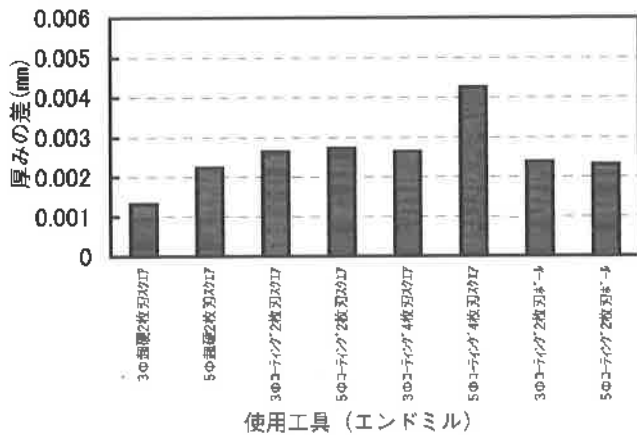


図8 工具形状・寸法変化時の厚みの差

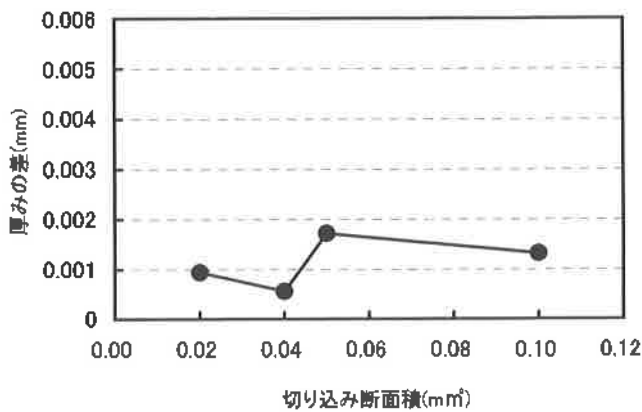


図9 切込み量変化時の厚みの差

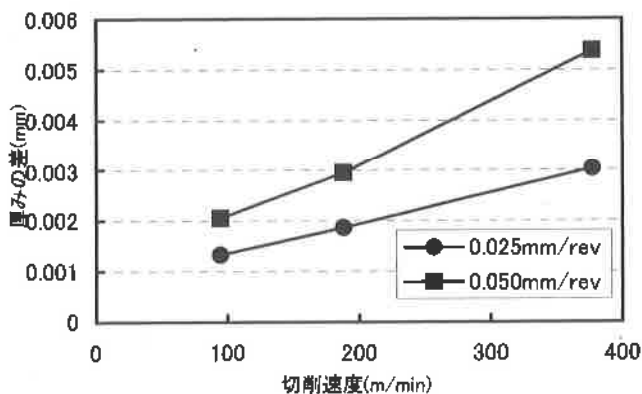


図10 切削速度変化時の厚みの差

薄肉部の上部と下部での厚みの差を測定した結果、切込み量としては、軸方向・径方向ともに切込み量が0.2mm、切り込み断面積0.04mm²において1μmと良い結果が得られた。工具に関しては、コーティングなしの工具での値が小さく、スクエアエンドミルやボールエンドミル、また刃数による差はあまり見られなかった。

3-4 切削加工後の直角度について

切削加工後にフィンの直角度を測定した結果を図11~13に示す。

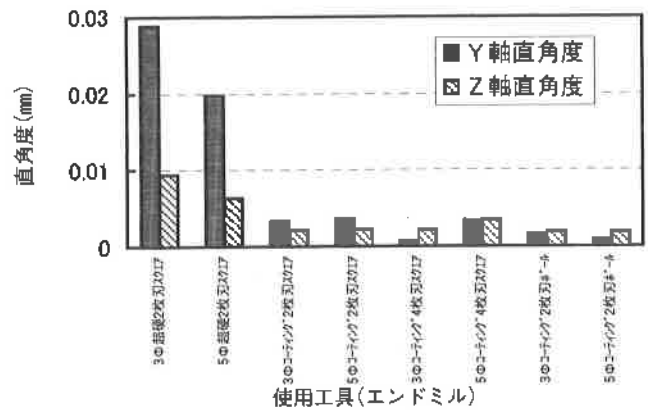


図11 工具形状・寸法変化時の直角度

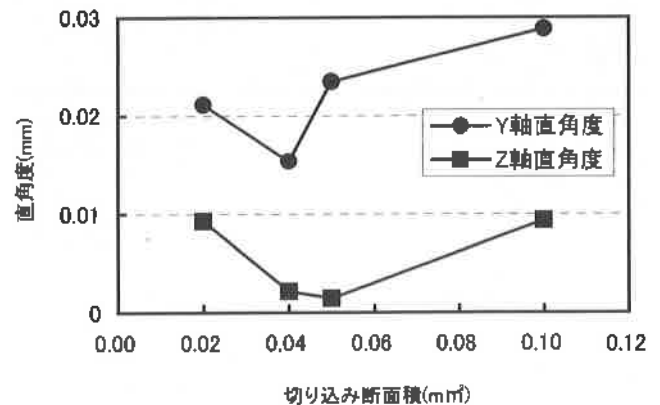


図12 切込み量変化時の直角度

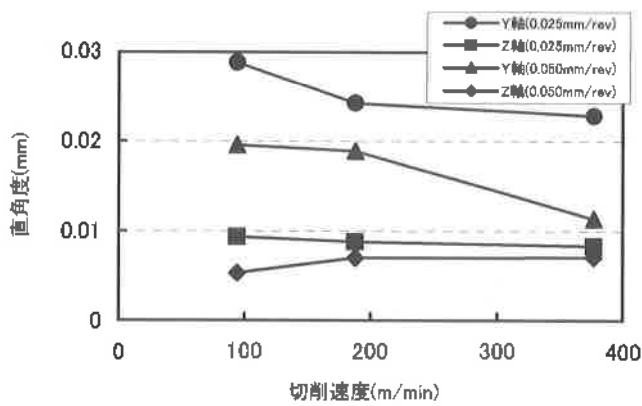


図13 切削速度変化時の直角度

フィン加工部の直角度を測定した結果は、CrNコーティング工具は無コーティング工具に比べ非常に小さく、切込み量としては、軸方向・径方向ともに0.2mmにおいて5 μ mと良い結果が得られたが、切削速度による差は少ない。

加工後の薄肉端面には、バリが多く発生したため、薄肉端面部に切込みを入れない（ゼロカット）を行うことにより、バリ発生を抑制できた。

加工したサンプルの1例を図14に示す。

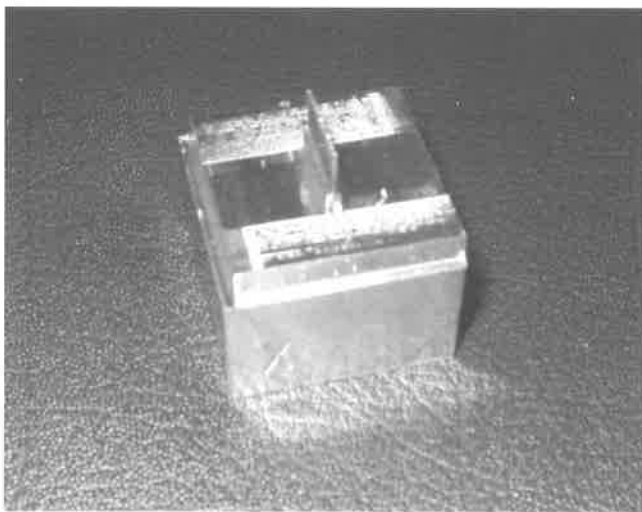


図14 加工サンプル

4. 結言

金型用電極を想定し、25mm角銅材に、肉厚0.3mm、高さ5mm、横幅10mmのフィン加工を行った。工具の形状・コーティングの有無、切削速度、切込み量をパラメータとして、加工時の切削抵抗、加工後の試料の表面粗さ及びフィン加工部の厚み・直角度について評価した。

その結果、

- 使用工具 — ϕ 3超硬2枚刃スクエア
- 切削速度 — 94.2m/min
- 1回転当たりの送り量 — 0.025mm/rev

軸方向切込み量 — 0.2mm

径方向切込み量 — 0.2mm

の切削条件において、表面粗さRaで0.2 μ m、上部と下部の厚みの差1 μ m、直角度5 μ mとなり、目標の加工精度を達成することができた。

この条件からわかるように、切削速度を約100m/minまで上げ、かつ切込みを少なくし、切削抵抗を極力抑えることによって、高精度な加工が可能であることが確認できた。今回の研究成果については、企業巡回や技術相談を実施し、関連企業に普及していく。

参考文献

- 1) 松岡甫篁, 小松道男: はじめての金型技術, 工業調査会 (2001)
- 2) 加瀬究, 高橋一郎, 安齋正博, 中川威雄, 松岡甫篁: 型技術, Vol12, 8, P36-37 (1997)
- 3) 高橋一郎, 安齋正博, 中川威雄, 松岡甫篁: 型技術, Vol13, 13, p12-13 (1998)