

令和 2 年 5 月 11 日現在

機関番号：84510
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2017～2019
課題番号：17K06109
研究課題名（和文）マイクロエンドミルによるマイクロニードルアレイの高機能化・低侵襲化に関する研究

研究課題名（英文）Molding of micro needle array by micro end mill

研究代表者
浜口 和也（Hamaguchi, Kazuya）

兵庫県立工業技術センター・その他部局等・主任研究員

研究者番号：20470239
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：マイクロエンドミルを用いた切削加工をマイクロニードルアレイ金型に適用するために、微細な円錐形状の止まり穴加工実験を金型用鋼に実施した。その結果、工具摩耗の低減には、主軸回転数の増加、送り速度の低減が有効であることがわかった。エンドミルの切れ刃形状や切削条件の最適化により、1本の工具で100穴以上の止まり穴加工が可能であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、エンドミルを用いた切削加工によりマイクロニードルアレイ金型製作を可能とした。これは、従来の製造方法に比べて省力化、短納期化を実現でき、低コストのマイクロニードルの製造に貢献できる。さらに、マイクロニードル形状を自由に変更できるため、1回あたりの薬剤投入量を増加できる微細針形状の開発につながる。これにより微細針本数の減少が可能となり、皮膚損傷が懸念されている患者への負担は軽減される。

研究成果の概要（英文）：In order to apply cutting using micro end mills to microneedle array molds, blind conical holes drilling experiment were performed on mold steel. As a result, it was found that increasing the spindle speed and reducing the feed rate are effective in reducing tool wear. It was clarified that more than 100 blind holes can be cut with one tool by optimizing the cutting edge shape and cutting conditions of the end mill.

研究分野：エンドミル加工

キーワード：エンドミル 工具摩耗 マイクロニードル

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

糖尿病患者などへの薬剤投与において、従来の注射針による投与には、痛みが伴う、医療従事者による針刺し事故が発生する等の問題がある。これらを防ぐために、高さ、幅ともに 1mm 以下の円錐状の針を剣山のように複数並べた、樹脂製マイクロニードルアレイの研究開発が進められている。マイクロニードルアレイを用いた薬剤投与は、表面に薬剤を塗布して皮膚に押し付けるだけであり、注射針のような痛みはない。しかし、数十本～数百本もの微細針が皮膚を損傷させるという問題があり、投与する薬剤量が多いほど、皮膚損傷はさらに増大する。これは現状の微細針形状が単純で、微細針 1 本当たりの薬剤保持量が少ないためである。従来の製造方法では形状の制約が大きく、マイクロニードルアレイは単純形状となるが、エンドミルによる切削加工を適用できれば、さまざまな形状のマイクロニードルアレイを製作できるため、薬剤保持量を増やすことができる。最近では、最終形状となるマスター金型に切削加工が適用されているが、除去体積が多く、工具摩耗が増大し、コストがかかるという問題がある。

2. 研究の目的

本研究では、先端が V 字型のマイクロテーパエンドミルを用いて、マスター金型ではなく成形用金型を直接切削加工することを検討した。成形後に微細針となる箇所のみを切削することにより除去体積は大幅に少なくできるため、工具摩耗は抑えられ、高精度加工が実現できる。これは工程削減による製造時間短縮やコスト削減だけではなく、低侵襲化、高機能化も期待できる。しかし、マイクロテーパエンドミルに関する研究がなく、摩耗特性が不明であるため、切れ刃形状、切削条件を変えて切削加工実験を実施し、切削特性について検討した。

3. 研究の方法

図 1 は、切削実験で使用したエンドミルの形状を示したものである。主として V 溝加工や面取り加工で用いられる 2 枚刃超硬エンドミルであり、コーティングは施していない。切れ刃は、先端角 60° 、最大直径 1 mm、最小直径 0.08 mm のテーパ形状になっている。最小直径となる先端部から深さ方向に移動させることにより、円錐形状の止まり穴を加工できる。一般に、微細穴の加工にはステップ送りが採用されるが、本実験ではステップを与えずに加工した。被削材は、40HRC のプリハードン鋼である。

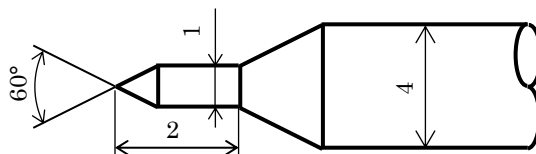


図 1 エンドミルの形状

4. 研究成果

(1) 摩耗形態

図 2 は、加工後の逃げ面摩耗についてマイクロスコップで観察したものであり、加工前の切れ刃稜線は白い点線で示した。局所的な欠損は確認されず、エンドミルの先端部となる図の左側から徐々に摩耗が増加していることがわかる。

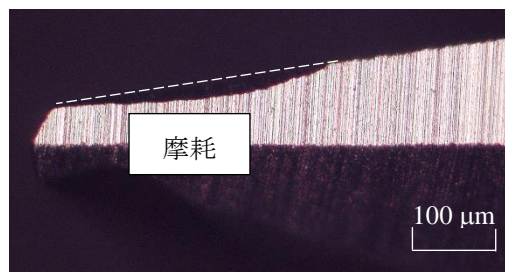


図 2 エンドミルの摩耗形態

(2) 主軸回転数が摩耗に及ぼす影響

主軸回転数の影響を調べるため、本実験では、主軸回転数を毎分 2～8 万回転まで変化させて切削実験を実施した。図 3 は、切削加工後の最大逃げ面摩耗幅を比較したものである。本実験では 2 枚刃のエンドミルを使用したため、それぞれの切れ刃における最大逃げ面摩耗幅の合計を比較した。図より、逃げ面摩耗幅が最大となるのは主軸回転数が毎分 2 万回転のときであり、4 万回転、8 万回転と主軸回転数を増加させるとつれて逃げ面摩耗幅は減少している。ボールエンドミルと同様に、小径テーパエンドミルにおいても主軸回転数の上昇が摩耗低減につながることもわかった。

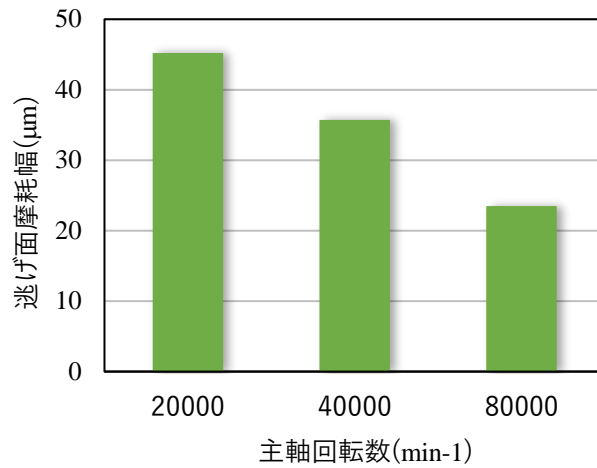


図3 逃げ面摩耗幅の比較

(3) 送り速度が摩耗に及ぼす影響

送り速度の影響を調べるため、送り速度を1～5 mm/min で変化させて切削実験を実施した。図4は、切れ刃に欠損が発生するまでに加工した止まり穴の数と送り速度との関係を示したものである。

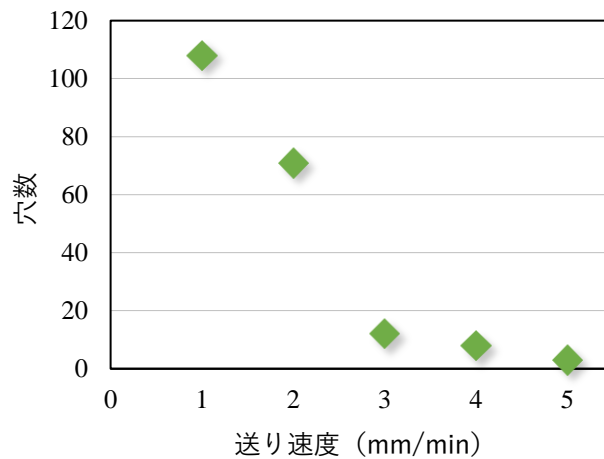


図4 加工穴数の比較

送り速度1 mm/minでは100穴以上あけることができたが、送り速度が増加するにつれて止まり穴の数は減少している。送り速度が3 mm/min以上になると、穴数は送り速度1 mm/minのときの1/10以下となり、工具寿命は極端に短くなる。小径エンドミルを用いた溝加工では、工具寿命を延長できる最適な送り速度が存在することから、本実験でも同様に送り速度1 mm/minが最適な送り速度となる。以上の結果から、マイクロテーパエンドミルによる止まり穴加工では、送り速度の低減により工具寿命を延長できることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kazuya Hamaguchi, Koichi Okuda	4. 巻 なし
2. 論文標題 Tool wear characteristic in micro taper end milling of pre-hardened steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceeding of EUSPEN 19th International Conference & Exhibition	6. 最初と最後の頁 ICE19170
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kazuya Hamaguchi, Koichi Okuda
2. 発表標題 Tool wear characteristic in micro taper end milling of pre-hardened steel
3. 学会等名 EUSPEN 19th International Conference & Exhibition（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浜口和也
2. 発表標題 マイクロテーパエンドミルによる止まり穴加工における工具摩耗
3. 学会等名 日本機械学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浜口和也、奥田孝一
2. 発表標題 小径エンドミルによるテーパ穴加工に関する研究
3. 学会等名 精密工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浜口和也、山口篤、奥田孝一
2. 発表標題 小径テーバエンドミルによる金型用鋼切削における摩耗特性
3. 学会等名 日本機械学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----