

マイクロ加工用金型材料と精密塑性加工技術の開発

マイクロ押し付け加工の検討

中央研究所 加工技術課 森本英樹、藤城敏史、材料技術課 田村幾夫、評価技術課 林 博、
機械電子研究所 機械システム課 杉森 博

1. 緒 言

現在、数十～数百ミクロンオーダーのマイクロレンズアレイやマイクロ流路(マイクロリアクター関連)の製造には、リソグラフィ・エッチング加工や超精密切削加工が適用されている。一方、初期設備コストや製造コストの低減を目的に、塑性加工法による生産取り組みも見られる¹⁾。一方、押し込み加工による製品はレンズなどの単純な形状が多く、適用事例や適用限界も明らかでない。そこで、本研究では、塑性加工法によるマイクロ流路の効率的な製造を目的とし、そのための機械・工具・素材について検討した。具体的には、微細な工具の製造や加工実験装置の構成、被加工材料の選定や表面めっき処理、試作加工(振動加工、一定ピッチ加工による微細リブの形成、直交加工によるピンの形成)などを行った。

2. 実験・試作結果

図1は、押し付け加工試験機の構成を示す。加工試験機は、インストロン型試験機と押し込み工具、着脱可能な超磁歪振動アクチュエータ²⁾、材料保持テーブルからなる。インストロン型試験機は、加工中の荷重と変位を $50 \mu s$ ごとにコンピュータにデータ取り込む。加工速度 $1mm/min$ で押し込み加工を行うとき、 $0.33 \mu m$ 変位ごとの荷重が取り込まれる。これは、本研究対象とする表面構造のサイズには十分と思われる。

図2は、実験で用いた工具を示す。材質は超硬合金であり、形状は平板状とした。平板工具は、直径 $5mm$ 超硬パンチ先端に所定幅($75 \sim 100 \mu m$)の板をワイヤ放電加工で荒加工し、その後、放電痕の除去のためにダイヤモンドスラリー(ダイヤモンドパウダー+研磨オイル)とルビー研磨工具で表面を研磨した。

以上の加工装置を用いて、被加工素材(厚み $2mm$ の圧延銅板)を最小 $0.01mm$ の送り可能な XY テーブルおよび最小 1° 刻みで 180° 回転可能なロータリーテーブルにセットし、押し込み加工特性や一定ピッチ送り加工、交差加工を行った。

図3は、板状工具を用いて押し込み加工を行ったときの、荷重と変位の関係を示す。図は、工具幅 $75 \mu m$ の工具による加工を示す。特徴として、荷重と変位が比例的に増加する領域($300 N/0.1mm$ まで)と変位が大きく増加する領域が見られる。この変形挙動の遷移点の荷重は、塑性変形域がある大きさに達すると急に変形が進む降伏点荷重を示している。この降伏点荷重以前の加工範囲は加工力による押し込み量の制御が容易な領域であるといえる。

図4および図5に押し込み加工事例を示す。 $450N$ の一定荷重、 $100 \mu m$ の一定ピッチで押し込み加工を施したものである。さらに数本加工後、工具を直交させて押し込み加工を行い、アレイ状のピン格子($15 \mu m$ 角、深さ $40 \sim 50 \mu m$)を製作した。

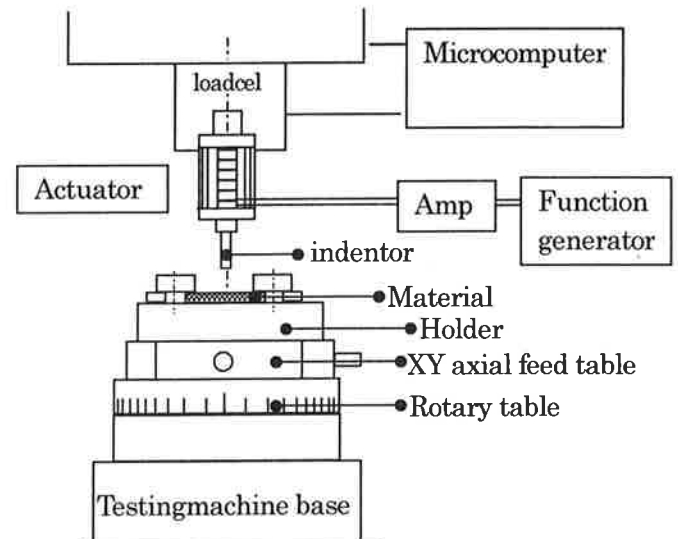


図1. 加工試験機の構成

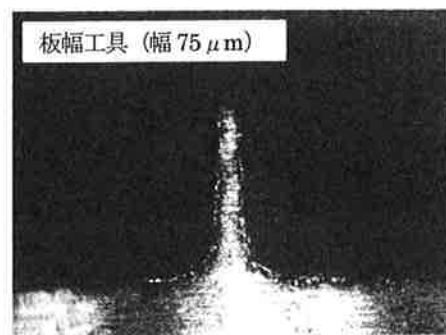


図2. 平板状超硬工具

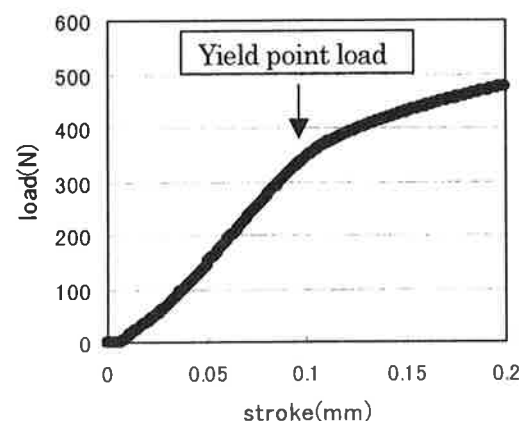


図3. 平板工具加工における荷重と変位の関係

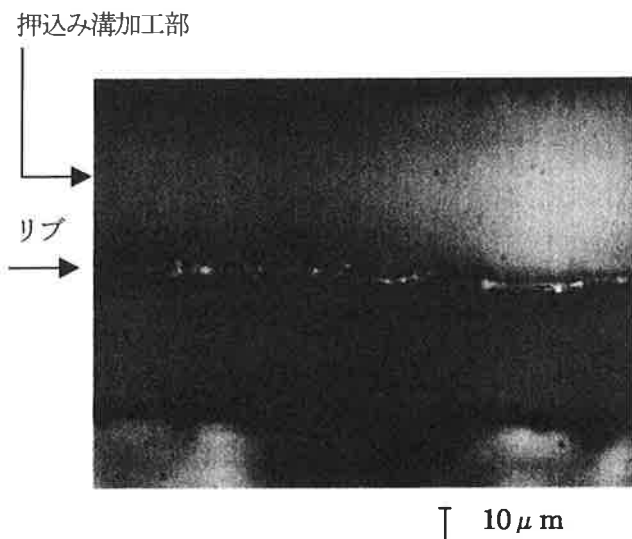


図4. 平状工具送り加工 (薄リップ成形)

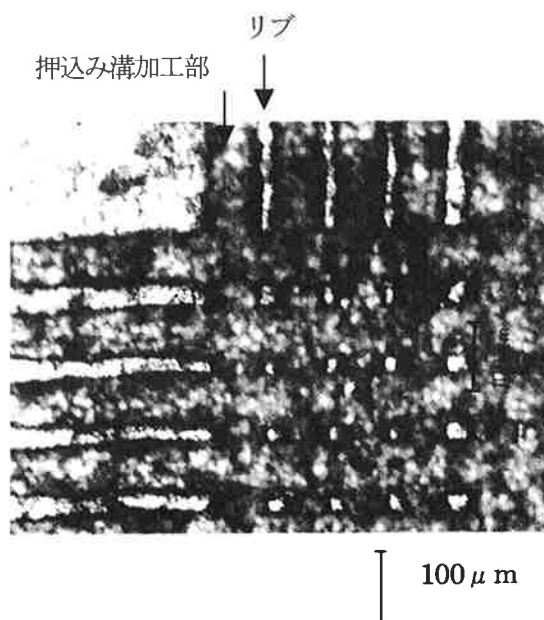


図5. 平状工具直交加工 (ピン成形)

3. まとめ

表面のマイクロ構造体(マイクロリアクターなどの溝加工)の効率的な製造を目的に、押込み加工について検討し、以下の結果を得た。

- ・加工試験機によって、荷重と変位の詳細な関係を得た。
- ・放電加工と研磨によるマイクロ工具の製作を行った。
- ・幅80 μm 、深さ130 μm 、長さ5mmの溝を一加工で製造した。
- ・75 μm 幅、長さ5mm 工具を80 μm ピッチで幅方向に送り加工を行うことで、5 μm 程度のリップの形成が可能であった。
- ・平工具の交差加工によって、最小15 μm 角、深さ40～50 μm 程度のピンの形成が可能となった。

参 考

- (1) マイクロ加工の現状と展望、榊田正美、精密工学会誌 Vol.68.No.2.2002
- (2) マイクロ加工用金型材料と精密塑性加工技術の開発(超磁歪材料を用いた振動加工用センサ、アクチュエータの開発)
平成15年度 富山県工業技術センター研究報告, 田村幾夫

キーワード: マイクロ加工、押込み加工、表面凹凸、磁歪、振動加工、

Development of precision embos forming and material for micro forming
Hideki Morimoto, Ikuo TAMURA, Satoshi FUJIKI, Hiroshi HAYASHI, Hiroshi SUGIMORI

Forming micro-structures on metal surface by tool indenting was tried. The tool's material is WC-Co alloy and its forms were plate with 75 micro-meter width and 5mm length. Tools were attached to material testing machine. And cases of vibrating work, vibration from 500Hz to 2 KHz were given to tool. By this testing machine elemental data for micro-indenting were researched. Load Stroke diagrams were researched for indenting performance. And some samples (lib and pin) were formed. By indenting with plate tool, thin lib (5 micro meter width and over 30 micro-meter depth) were formed. And by cross indenting tool, square pin with 15 micro meter were formed.