

マイクロ流体溝加工技術の開発

加工技術課 森本英樹、吉田 勉、山岸英樹
機械電子研究所 杉森 博 * (*: 現在 P J 推進担当)

1. 緒言

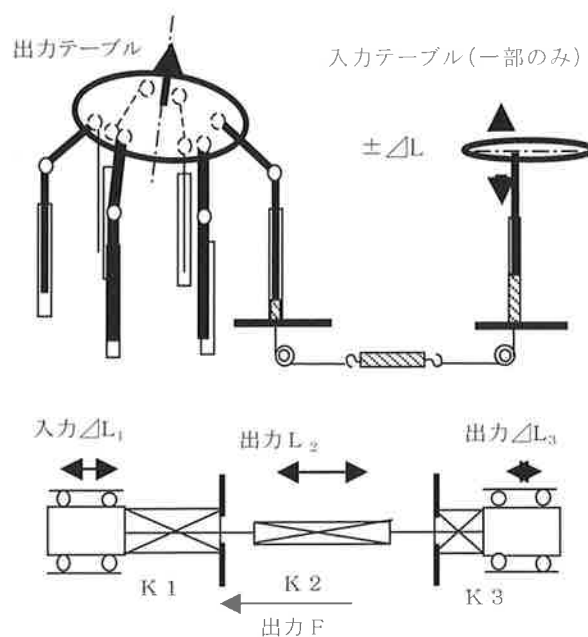
現在、数十～数百ミクロンオーダーのマイクロ流路（マイクロリアクター関連）の製造には、リソグラフィ・エッチング加工や超精密切削加工が適用されている。一方、初期設備コストや製造コストの低減を目的に、塑性加工法による微細溝や窪み形成の取り組みも行われている。これまで、矩形工具の一方方向押し込み加工¹⁾や円錐工具を超音波振動させ表面を微細切削する CNC 加工機の製作・加工実験²⁾を行った。その結果、樹脂・純銅などの軟質材料への溝加工には十分適用できることが分かった。今年度は、さらに溝の断面形状を変化できるような加工方法について検討した。それは、溝の断面形状を種々変化させることでマイクロ流動特性の変化を起こすことのメリット、例えばミクロな攪拌作用による混合効率の向上が期待できるためである。こうした溝断面形状の変化を起こすには、押し込み工具の姿勢あるいは素材の傾斜が必要となる。そのため、平行移動（XYZ 軸の 3 軸）に加え、各軸周りの回転が必要である。本研究では、コンパクトな加工装置を目的とし、パラレルメカニズムを利用した加工装置を検討した。検討したテーブルは、アルミニウム製押し出しパイプとワイヤ、バネ（圧縮ばね、引張ばね）を利用しており、マニュアル操作部の入力を縮小し出力テーブルに伝える機構である。製作した装置には以下①②の特徴がある。①ばねとワイヤを利用した単純な機構であり、特性設計や機構の製作が容易である。②手元の操作を直接伝える構造である。そのため再現性は考慮していないが、人の操作を直接伝えるため、安全性に優れている。

2. 加工テーブルの設計・製作

図 1 は、設計したパラレルテーブル入力出力機構を示す。種々あるパラレルメカニズムの中でも、コンパクトな構造である直動型パラレルメカニズムを採用した。入力部は操作テーブル・ボールジョイント・リンクを介して、アルミパイプ製直動シリンダ

一に変位を与える。シリンダーの変位はワイヤを介して、バネ力の釣り合いに応じて、出力部シリンダーの変位となり、出力テーブルを移動・傾斜させる。入出力機構図からわかるように、入力部変位 $\angle L_1$ と出力部変位 $\angle L_3$ の関係は、 $\angle L_3 / \angle L_1 = K_2 / (K_2 + K_3)$ と計算できる。本装置では、 $K_2 = 0.2 \text{ N/mm}$ 、 $K_3 = 2.9 \text{ N/mm}$ のバネを採用したため、 $\angle L_3 / \angle L_1 \approx 0.064$ となる（実際はワイヤや連結部のたるみなどが弱いバネとして働く。ダイヤルゲージで各入力アクチュエータの入出力を測定した結果、 $\angle L_3 / \angle L_1$ は $0.04 \sim 0.06$ であった）。

図 2 は、試作したパラレルメカニズム加工装置を示す。テーブル上に、超音波振動子コラムが設置されている。また入力テーブル（マニピレータ部）および出力テーブル部は 6 自由度であり、超音波振動子は上下方向移動とコラム周りの回転を行う。



バネ定数 K_2 と K_3 の組合せバネにおいて、変位 $\angle L_1$ のとき発生する力 F は、 $F = K_2 K_3 / (K_2 + K_3) \angle L_1$
このとき変位 $\angle L_3 = F / K_3 = K_2 / (K_2 + K_3) \angle L_1$
 $\angle L_3 / \angle L_1 = K_2 / (K_2 + K_3)$

図 1. パラレルメカニズムテーブルのアクチュエータ構造と入力出力機構図

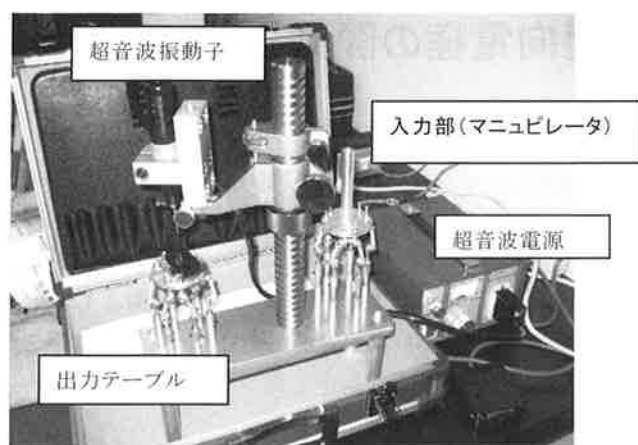


図2．製作したパラレルステージと加工ユニット(超音波振動子と電源)

3. 加工実験

図3は、頂角 30° の超硬円錐工具によってアクリル表面に押し込み加工を行った事例である。また、近接した位置にもう一回の押し込みを行った。押し込み加工の特徴である加工周囲への材料の盛り上がる様子が見られる。近接押し込みの結果、約 $80\mu\text{m}$ 程度の近接押し込みが可能であった。その他、傾斜押し込み、線引き加工、などを試みた。押し込み加工は操作が簡単であるが、平行移動は困難であった。これは、シリンダーやワイヤなどの摩擦摺動部のヒステリシスやジョイント各部のガタなどによる構造上の問題によるものと考えられる。

図4は、押し込み加工、傾斜線引き加工の応用例として、アクリル板上に、漢字の「花」という文字を書いたものである。出力テーブルにセットしたアクリル板に、超音波振動させた工具を接触させ、加工部を拡大鏡で目視観察しながら、マニュアル入力部から文字を書いた。

4. まとめ

マイクロ流体溝の多様な断面形状の創成を目的に、パラレルメカニズムを利用したマニュアルステージを設計・製作し、基本的な加工である単純な窪み加工や線加工 および文字加工 を行った。

キーワード：マイクロ流体、溝加工、パラレルメカニズム、押し込み加工、超音波加工

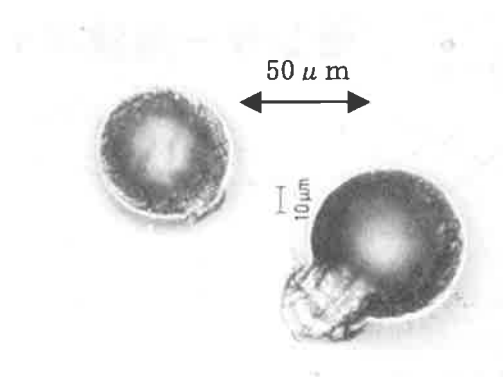


図3．円錐工具押し込み



図4．花（アクリル板表面に超音波振動加工）

「参 考 文 献」

- 1) マイクロ加工用金型材料と精密塑性加工技術の開発 平成15年度 富山県工業技術センター 研究報告
- 2) マイクロ加工用金型材料と精密塑性加工技術の開発 平成16年度 富山県工業技術センター 研究報告

Forming micro channel by tool indenting

Processing Technology Section :Hideki Morimoto, Tsutomu Yoshida, Hideki Yamagishi, Hiroshi SUGIMORI

For shaping various channels of chemical reactor device, the manipulating micro-press consist of parallel mechanism stage and vibrating tool have been developed. This parallel mechanism stage has six degrees of freedom and change displacements and slopes between tool and work for forming various sections of channel. By this manipulating micro-press forming a cone hollow with $50\mu\text{m}$ diameter and lines are tried.