

順送りマイクロ成形装置による微小部品成形法の開発

Development of molding small parts based on the progressive die technique

○谷 祐希*, 小林義和**, 白井健二**

○Yuki Tani*, Yoshikazu Kobayashi**, Kenji Shirai**

*日本大学大学院, **日本大学

*Graduate School, Nihon University, **Nihon University

キーワード : 順送り型(progressive die), 光硬化性樹脂(Photopolymerizing),
キャビティ(Cavity), 積層(laminated)

連絡先 : 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地
日本大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 生産システム工学研究室 谷 祐希,
TEL. : (024) 956-8824, Fax. : (024) 956-8863, E-mail: tani@ushiwaka.ce.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

硬化性樹脂を用いたマイクロ成形に関する研究は、近年盛んに行われており、マイクロナノメートルレベルの微小部品を成形できるようになってきた。しかしながら、現状の成形技術は単品成形が多く、成形に用いる装置も高価であり、成形される製品はコストが高い¹⁾。

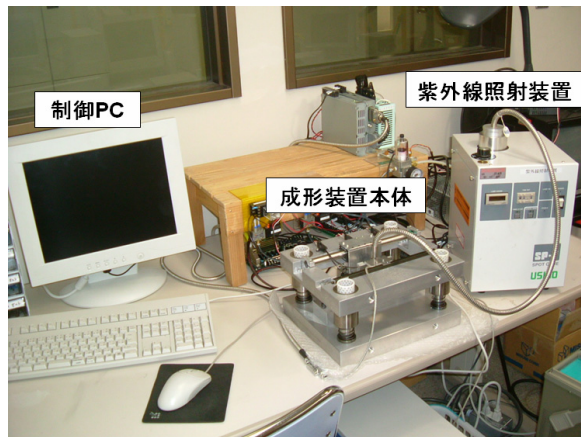
そこで、本研究においては安価な微小部品を大量生産することを目的として、プレス金型における順送り型の方式を応用したマイクロ成形装置を開発し、実験、検証を行った。本報告においては、成形材料として光硬化性樹脂を用い、数百 μm レベルの微小部品の成形手法について提案する。

2. 成形装置

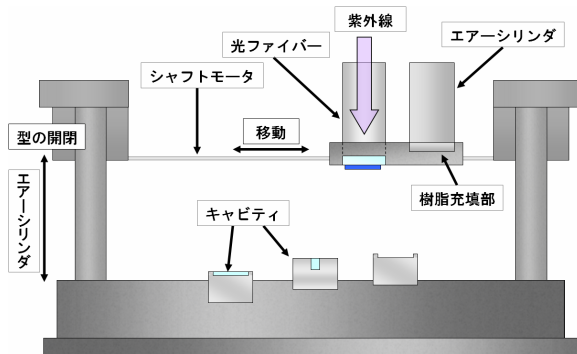
Fig.1 (a)に成形装置の外観を示す。成形を行うための装置は成形装置本体、紫外線照射装置及び各装置の制御を行うためのコンピュータにより構成されている。

成形装置の本体の構成を Fig.1 (b)に示す。樹脂充填部と紫外線照射部はシャフトモータ上の成形ヘッドに設置されており、キャビティ上に沿って移動する¹⁾。

ここで用いるキャビティの材質はニッケルとし、型の形状作成には当研究室で開発した表面テクスチャ生成装置を用いて行った。一例として、Fig.2 に本報告の実験に用いたキャビティを示す。



(a) 成形装置概観



(b) 成形装置本体の構成

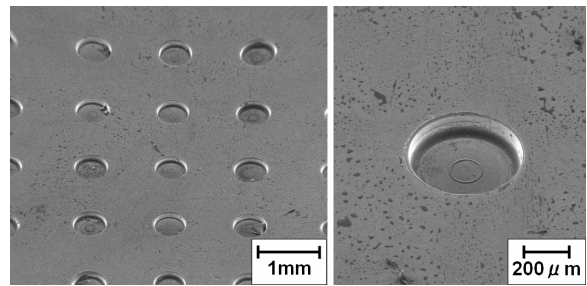
Fig.1 成形装置

3. 成形原理

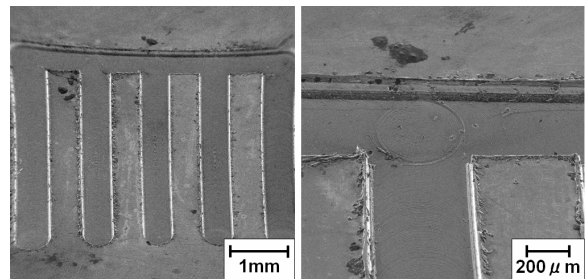
Fig.3 に微小部品を成形する成形方法を示す。本装置を用いた成形手順は以下のとおりである。

- (1) 成形形状を分割した複数のキャビティを、全工程までの成形品の高さ分の段差をつけて、一列に配置する。
- (2) 樹脂充填部より光硬化性樹脂を充填する。
- (3) 成形ヘッドが取り付けられている上段の型を閉じる。
- (4) 紫外線を照射し、樹脂を硬化させる。
- (5) 上段の型を開け、紫外線を10数秒間照射し、完全に硬化させる。

積層成形を行う際は、(3)、(4)、(5)の手順を各キャビティに行い、3次元微小部品を作成する。成形終了後の成形物は、ガラスブ



(a) ドット形状 ($\phi 0.5$, $AD=100 \mu m$)



(b) ライン形状 ($\phi 0.5$, $AD=100 \mu m$)

Fig.2 キャビティ

レートに付着しているため、超音波洗浄により分離させる。

4. 微小部品成形実験

4. 1 ドット形状の微小部品成形実験

本装置において積層を行わないドット形状の微小部品の成形実験を行った。成形に用いたキャビティは、表1に示す条件A, B, Cによって切削加工を行った。各キャビティにおける最適な紫外線照射時間は表1に示すとおりである。

表1での紫外線照射時間による成形物をFig.4に示す。各成形物ともに、それぞれの切削加工を行った型どおりの成形物が成形された。また、実験を行っていく過程で、型に樹脂が含まれず成形されてしまうものがあったが、樹脂充填部の材料を改善することにより、安定した成形ができた。

次にドット形状の積層成形物の検証実験を行った。成形に用いたキャビティは、1層目に表1に示す条件Bのキャビティを、2

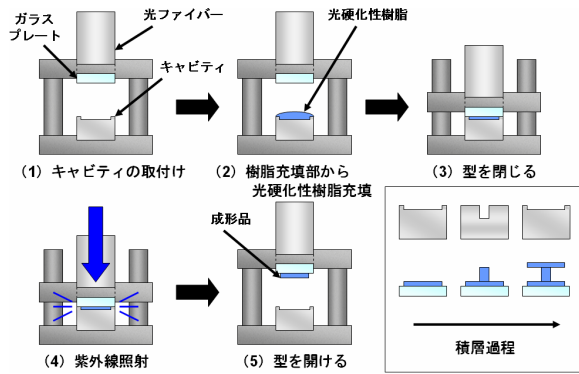


Fig.3 成形原理

表 1 紫外線照射時間

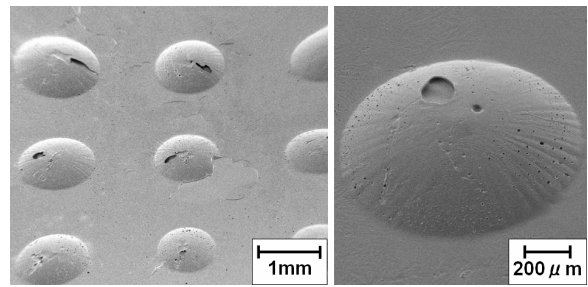
条件	キャビティ	照射時間
A	ボールエンドミル R1.5 AD=100 μm	2.0 秒
B	フラットエンドミル $\phi 0.9$ AD=200 μm	1.4 秒
C	フラットエンドミル $\phi 0.5$ AD=100 μm	1.2 秒

層目に条件 C のキャビティを用いた。各キャビティにおける型を閉じた状態での紫外線照射時間は、表 1 に示すとおりである。

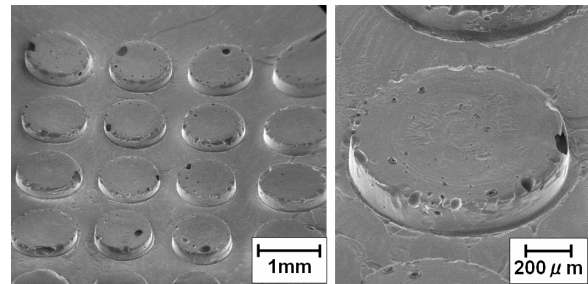
成形結果を Fig.5 に示す。Fig.5 に示す左図の成形結果から、Fig.4(b) の 1 層目の成形物の形状が積層を行った際に、変化してしまっていることがわかる。これは、樹脂を充填した際のキャビティ表面に残った樹脂が、積層成形を行った際に 1 層目に余剰硬化したものであると考えられる。表面の樹脂を除去し積層実験を行った結果、Fig.5 の右図に示す 1 層目の成形物が変化することの少ない積層成形物を得ることができた。すなわち、樹脂充填を行った後に、スクレーパーなどを用いて表面の樹脂を除去すれば、より安定した成形を行えると考えられる。

4. 2 ライン形状の成形実験

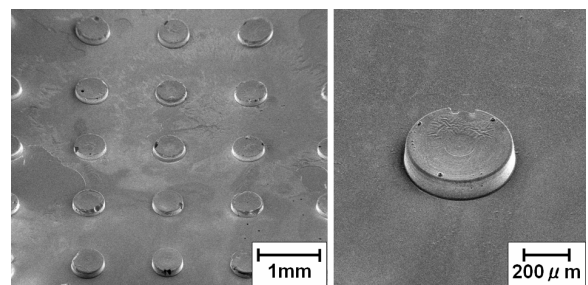
本装置においてライン形状の微小部品の成形実験を行った。成形に用いたキャビティは、表 1 に示す条件 C によって切削加工を行った、Fig.2(b)のキャビティを用いた。



(a) ボールエンドミル形状
(R1.5, AD=200 μm)



(b) フラットエンドミル形状
($\phi 0.9$, AD=200 μm)



(c) フラットエンドミル形状
($\phi 0.5$, AD=100 μm)

Fig.4 ドット形状微小部品

成形結果を Fig.6 に示す。成形結果から前述までのドット形状と異なり、全体に気泡等が見受けられない成形物が作成されていることが確認された。また、Fig.6 の右図に示す紫外線の照射が少ない右上の部分は形状が崩れているが、照射が安定している部分は、型どおりの成形物が作成されていることが確認された。

次にライン形状の積層成形による格子形状の微小部品成形を行った。成形に用いたキャビティは、前述の実験に用いたものと同様のキャビティを用いた。

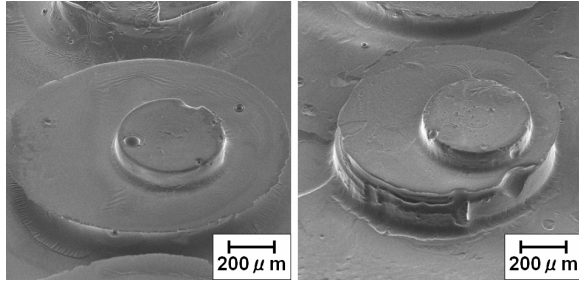


Fig.5 フラットエンドミル形状積層成形物

成形結果を Fig.7 に示す. 成形結果から, 交差目や, 1層目の成形物の無い部分での2層目の成形物が崩れてしまう成形結果があった. これらは, 成形を行う際のキャビティの段差の配置や, 2層目における紫外線の照射時間に問題があるためと考えられる. 高さを調整し成形を行った結果, 1層目, 2層目共に形状の崩れの少ない成形物を得られることを確認できた. しかしながら, 成形物全体で安定して良い形状を得ることは難しい. 今後は, これらの問題点について詳細に検証し, より高精度の積層成形物を作成していく予定である.

5. 結言

5. 1 結論

順送りマイクロ成形装置を用い, 実験, 検証を行った結果, 以下の結論を得た.

- (1) 各キャビティにおいて最適な紫外線照射時間で成形を行うことにより, 本装置で安定した量産が可能であることを確認した.
- (2) 積層成形時にキャビティ表面の樹脂を除去することにより, より形状の良い成形物を得られることを確認した.
- (3) ライン形状の積層において, キャビティの段差等を最適なものにする事により, 形状の崩れることの少ない成形が可能であることを確認した.

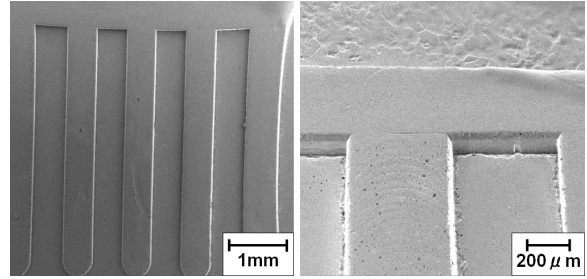


Fig.6 ライン形状微小部品
($\phi 0.5$, AD=100 μm)

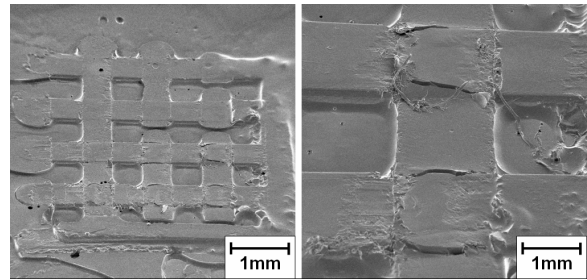


Fig.7 ライン形状積層成形物

5. 2 今後の課題

- (1) 積層を行う際の最適なスクレーパーの検証を行い, より精度の高い積層成形物の作成を行う.
- (2) ライン形状の積層成形における問題点を改善し, より高精度の積層成形物を作成する.
- (3) ボールエンドミルによるライン形状のキャビティを作成し, 本装置における微小部品作成の有効性について検証を行う.

参考文献

- 1) 小林義和, 白井健二, 原靖彦: 順送り型を応用したマイクロ成形システムの開発, 精密工学会北海道支部学術講演会, 89/90 (2003)