

順送り方式による微小部品の成形及び評価

Molding and Assessment of Micro Parts by Progressive Die

○田中 祥一郎*, 小林義和**, 白井健二**

○Shoichiro Tanaka*, 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 田中 祥一郎,

TEL: (024) 956-8824, Fax: (024) 956-8863, E-mail: tanaka_shoichiro@ushiwaka.ce.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

近年, 硬化性樹脂を用いたマイクロ成形に関する様々な研究が行われており, 現状においてはマイクロ・ナノメートルレベルの部品成形が可能である. マイクロ成形は高価な装置を用いるため製品も高価となる.

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3次元成形システムを開発し, 実験と精度の検証を行った。

本報告においては, 成形材料に光硬化性樹脂を用い, 数百 μm レベルの微小部品の成形

手法について述べ, 成形した微小部品の評価を行った.

2. システム構成

2.1 マイクロ成形システムの構成

図1(a)に今回, 実験を行った成形システムの概観を示す. このシステムは, 成形装置本体, 紫外線照射装置および各種コントローラと制御用PCにより構成されている.

成形装置本体の構成を図1(b)に示す. 成形装置は成形ヘッド, ヘッドの左右移動を行うシャフトモータ, 上下移動を行うエアシリンダ, 成形部品を製作する金型としてのキャビティにより構成されている. また, 成形へ

ッドは紫外線の照射を行うための光ファイバー、樹脂充填部、硬化した樹脂を付着させるためのガラスプレートにより構成されている¹⁾。

ここで用いるキャビティの材質は、硬化した樹脂が剥がれやすくなるようニッケルとし、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作成した。

2. 2 成形手順

図2に微小部品の成形する手順を示す。成形手順は以下の通りである。

- (1) 成形形状を分割した複数のキャビティを一行に配置する。この例では1個のキャビティの場合を示している。
- (2) 樹脂充填部より光硬化性樹脂を充填する。
- (3) 光ファイバー直下のガラスプレートを降下させ、型を閉じる。
- (4) 波長 365nm の紫外線を照射し、樹脂を硬化させる。
- (5) ガラスプレートとキャビティを分離し、再び紫外線を照射し、樹脂を完全に硬化させる。
- (6) 上述の(2)～(5)の処理をキャビティ毎に行い、成形物を積層し部品を作成する。

成形終了時の成形部品はガラスプレートに付着しているため、超音波洗浄により分離する。成形ヘッドの降下、上昇による型の開閉や、樹脂充填部の伸縮はエアシリンダによって行われる。

2. 3 マイクロ成形機の制御

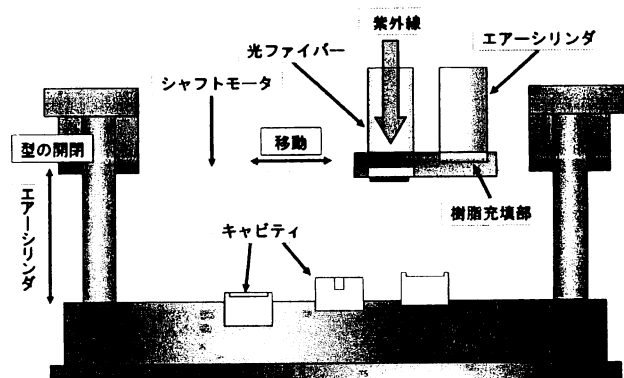
上述の成形システムの一連の成形動作は図3に示す成形システムダイアログによって制御される。まず、起動ボタンによりシャフトモータ・エアシリンダを起動させ、初期

化ボタンを押下することにより成形ヘッドが初期位置に移動する²⁾。

キャビティの個数と位置情報を入力し、紫外線照射するための成形ヘッド降下後の停止時間を入力する。すべての入力の終了後、SET ボタンを押下し、入力値を設定する。実行ボタンを押下することにより微小部品の作成を開始する。また、停止ボタンにより作成途中においても動作を停止させることが出来る。



(a) 成形システムの概観



(b) 成形装置本体の構成

図1 成形装置

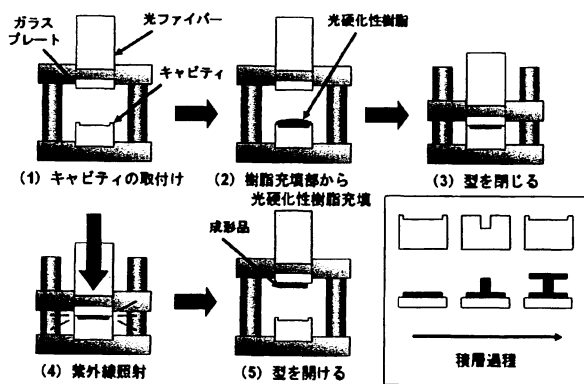


図2 成形原理

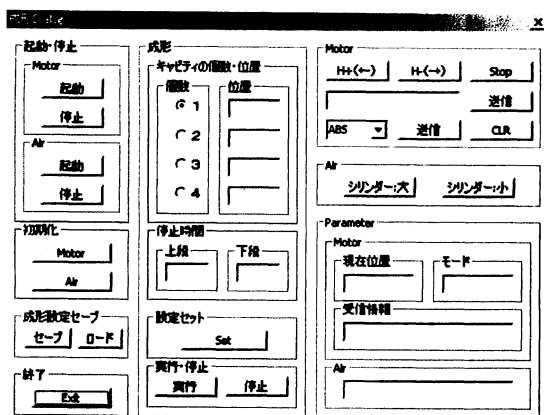
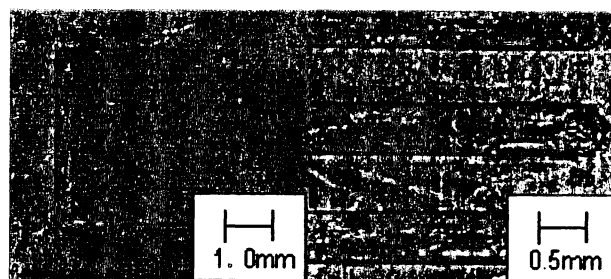


図3 成形システムダイアログ

3. 微小部品成形実験

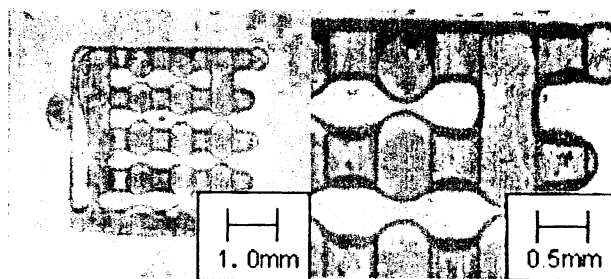
3. 1 ライン形状の積層成形実験

本装置においてライン形状のキャビティを用いた積層成形実験を行った。成形には射出成形用の樹脂 TSR-754 を使い、紫外線照射時間を3秒とした。また、硬化した樹脂を剥がれやすくするため、キャビティの材質をニッケルとし、表面に疎水性の離型剤を塗布している。成形に用いるキャビティは、フラットエンドミルの直径 $500\mu\text{m}$ 、切り込み深さ $100\mu\text{m}$ により加工した。多層化する前の成形物を図4に示す。この成形結果から、多数の細かな気泡が混入し形状が崩れていることを確認した。これは、成形に用いている樹脂の粘度が高いため、樹脂充填のときに気



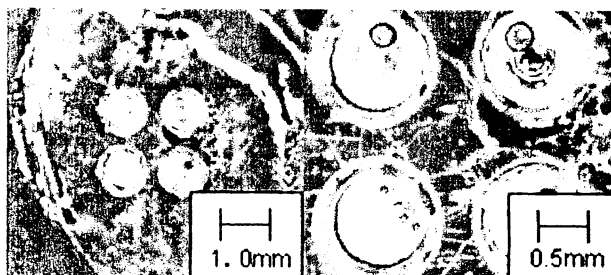
(a) 全体図 (a) 拡大図

図4 ライン形状の単層成形物



(a) 全体図 (a) 拡大図

図5 ライン形状の多層成形物



(a) 全体図 (a) 拡大図

図6 粘度の低い樹脂を用いた円形状成形物

泡が混じり込んだためである。

次に、格子状の多層成形物の成形実験を行った。2層目に用いたキャビティは1層目に用いたキャビティを用い、照射時間も同一時間とした。図5に示すこの成形結果から、交差目のみに2層目が成形されていることを確認した。これは、成形に用いている樹脂が灰白色であり、紫外線が透過しにくく、2層目の樹脂が完全に硬化しなかったためである。この結果より、積層しない成形においては型に対応した成形が可能であることを確認した。

3. 2 粘度の低い樹脂を用いての成形実験

そこで、無色透明で、上述の実験で用いた樹脂の20分の1の粘度の樹脂 TSR-820 を用いて、再度成形実験を行った。まず、円形状のキャビティを用いて単層成形実験を行った。成形に用いるキャビティは、フラットエンドミルの直径900 μm 、切り込み深さ200 μm により加工した。成形物を図6に示す。この成形では、型どおりの成形物が作成されているが、多数の気泡が混入している。

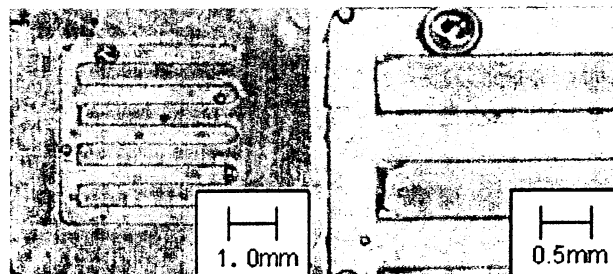
また、ライン形状のキャビティを用いての多層成形実験も行った。キャビティは、前述の実験と同一のキャビティを用い、照射時間も同一時間とした。多層化する前の成形物を図7に示す。この成形でも、型どおりの成形物が作成されているが、多数の気泡が混入して、粘度の低い樹脂を用いても気泡が除去されない。次に、格子状の多層成形物の成形実験を行った。その結果、図8に示すように、交差目以外にも2層目が成形されていることを確認した。しかしながら、交差目のみに2層目が成形されている部分も多く、成形精度は低い。今後、この点について検討し、2層目以降の成形においても、より高精度の成形物を作成する予定である。

4. 結言

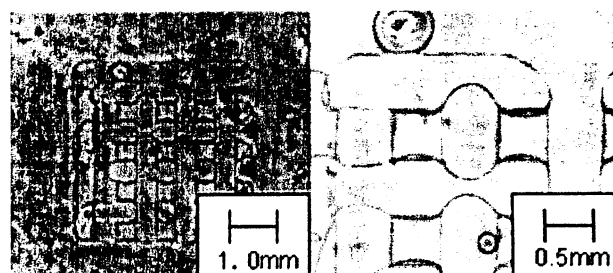
4. 1 結論

光硬化性樹脂を用いた3次元成形システムの開発を目的として、微小部品成形実験を行い、以下の結論を得た。

- (1) 積層しない成形は、型に対応する量産成形が可能である。
- (2) 無色透明で粘度の低い樹脂は、成形精度を向上させるが、気泡は除去できない。



(a) 全体図 (a) 拡大図
図7 粘度の低い樹脂を用いた多層成形物



(a) 全体図 (a) 拡大図
図8 粘度の低い樹脂を用いた多層成形物

4. 2 今後の課題

- (1) 気泡の混入と粘度の関連性の検討
- (2) 材質を変更して、2層目以降の成形の高精度化の可能なキャビティの作成

参考文献

- 1) 谷祐希：光硬化性樹脂を用いた順送りマイクロ成形装置による微小部品の成形，2006年度精密工学会春季大会，781
- 2) 清水裕紀：金属マスクを用いた光成形によるマイクロピラーの作成，2006年度精密工学会春季大会，780