

光硬化性樹脂を用いた 3 次元成形システムによる 微小部品の積層造形

Laminating of small parts by three-dimensional molding system with photopolymerizing polymer

○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となっている。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¹⁾。

本報告においては, 作成する微小部品の材料を光硬化性樹脂として, 数百 μm レベルの型を用いて, 多層の積層形状の成形物を作成し, 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) に成形システムの構成を示す。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。

成形装置の本体の構成を図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と、成形部品の金型となるキャビティにより構成されている。また、成形ヘ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。

2. 2 成形手順

図2に微小部品の成形手順を示す。その手順は図2における番号に対応しており、以下のとおりである。

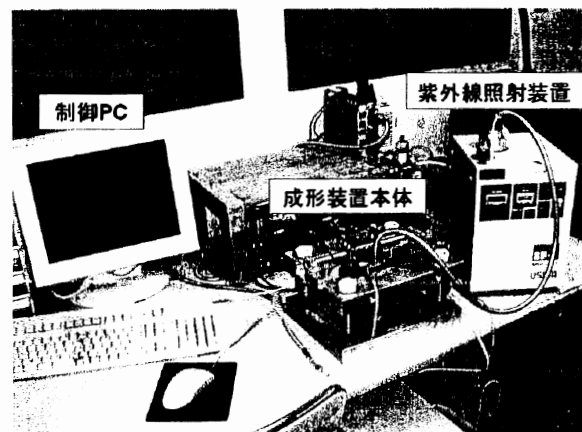
- (1) 成形形状を分割した複数のキャビティを一行に配置する。この例では1個のキャビティのみの場合を示す。
- (2) 樹脂充填部より光硬化性樹脂を充填する。
- (3) 光ファイバー直下のガラスプレートを降下させ、型を閉じる。
- (4) 紫外線の照射を行い、樹脂を硬化させる。
- (5) ガラスプレートとキャビティを分離し、再び紫外線を照射し、完全に硬化させる。
- (6) (2)～(5)の手順を各キャビティに対して行い、成形物を積層し部品を作成する。

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させる。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り行われる。

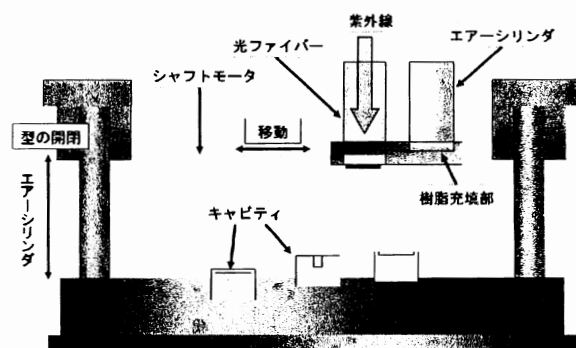
2. 3 マイクロ成形機の制御

上記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。

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) 成形装置概観



(b) 成形装置本体の構成

図1 成形装置

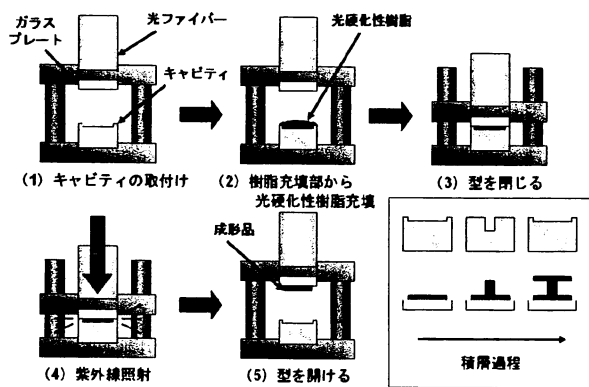


図2 成形原理

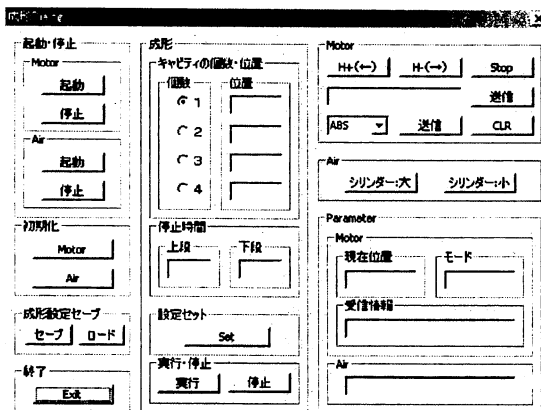
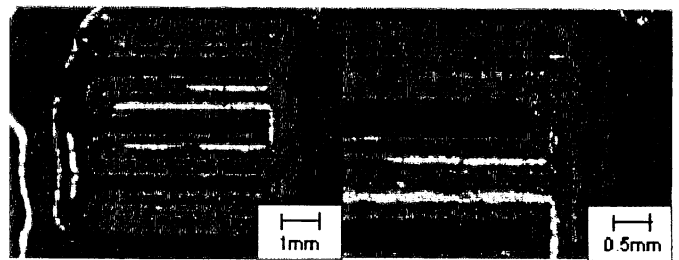


図3 成形システムダイアログ

3. 微小部品成形実験

3.1 積層形状の成形実験

本装置においてライン形状のキャビティを用いた多層成形の成形実験を行った。成形に用いたキャビティは、ボールエンドミルで直径は1.0mm、切り込み深さは200 μ m切削したものを使用した。また、紫外線照射時間は3秒とした。多層を行う前の成形物を図4に示す。成形結果から、左上の部分に気泡が混入し形状が崩れているが、それ以外の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。



(a) 全体図

(a) 拡大図

図4 ボールエンドミルを用いた単層成形物



(a) 全体図

(a) 拡大図

図5 ボールエンドミルを用いた多層成形物

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、照射時間も同様の時間とした。成形結果を図5に示す。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が確認された。これは、図5の拡大図からも分かるとおり、キャビティの切削面は円形状になっており、1層目と2層目の接触している面積が不足していること、また、紫外線の照射時間が短く樹脂の硬化が不足していたためである。

3.2 ライン形状の成形実験

そこで、切削に用いる工具を切削面が平面状になるフラットエンドミルに変更し、1層目と2層目の接触している面積を増やした状態で再度多層成形の実験を行った。なお、実験に用いたキャビティはフラットエンドミルで直径は500 μ m、切り込み深さは100

μm のものを使用した。また、紫外線照射時間は4秒とした。多層を行う前の成形物を図6に示す。成形結果から、多数の気泡が混入し形状が崩れているが、型どおりの成形物が作成されていることが確認された。

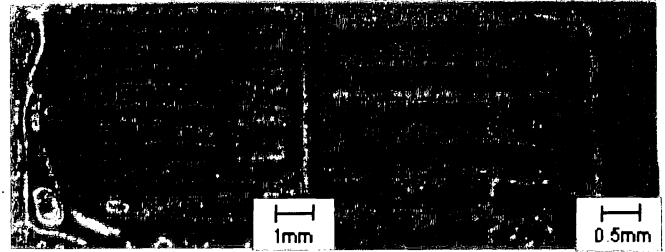
次に、格子状の多層成形物の成形実験を行った。照射時間は、2層目の樹脂を十分に硬化させるため10秒とした。その成形結果を図7に示す。そして、1層目の上に2層目が型どおり成形されているのを確認した。しかしながら、交差目以外のガラスプレートの上にも2層目の樹脂が成形されていることが確認された。これは、成形を行うときのキャビティの段差の配置に問題があるためである。また、現状においては、多層成形実験において安定した形状は得ていないため、今後は、この問題点について検討し、より高精度の成形物を作成していく予定である。

4. 結言

4. 1 結論

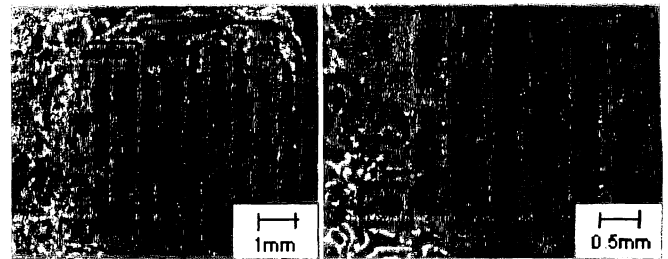
光硬化性樹脂を用いた3次元成形システムの開発を目的として、数百 μm の多層の積層形状の成形物を作成し、以下の結論を得た。

- (1) 積層を行わない成形は、型どおりの量産成形が可能である。
- (2) 多層成形における1層目と2層目の接触している面積を増やし、また、紫外線の照射時間を増やすことにより精度の高い成形物を得ることができた。



(a) 全体図 (b) 拡大図

図6 フラットエンドミルを用いた単層成形物



(a) 全体図 (b) 拡大図

図7 フラットエンドミルを用いた多層成形物

4. 2 今後の課題

- (1) ライン形状の多層成形における段差の配置などの問題点を改善し、より精度の高い成形物の作成をする。
- (2) ライン形状以外の形状の微小部品を作成し、それぞれの比較を行い、最適な成形方法を検討する。

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