

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作成

日本大学 ○田中 祥一郎 小林義和 白井健二

安価な微小部品を大量生産することを目的として、3次元微小部品成形システムを開発している。本装置は、金型における順送り型の生成方式を応用したものである。すなわち一列に配置されたキャビティ上に樹脂を充填し、紫外線を照射することにより、微小部品を作成する。本システムにより、一層および多層の積層形状を作成し、その形状精度を検証した。

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成形される製品も高価となる。

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提案する。

2. システム構成

2.1 マイクロ成形システムの構成

図1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。成形装置本体は成形ヘッド、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、硬化した樹脂を附着させるためのガラスプレートにより構成されている。

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列に配置する。この図は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、樹脂を降下させる。
- (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附着しているため、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って行なわれる。

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ことにより成形ヘッドが初期位置に移動する。



図1 成形システムの構成

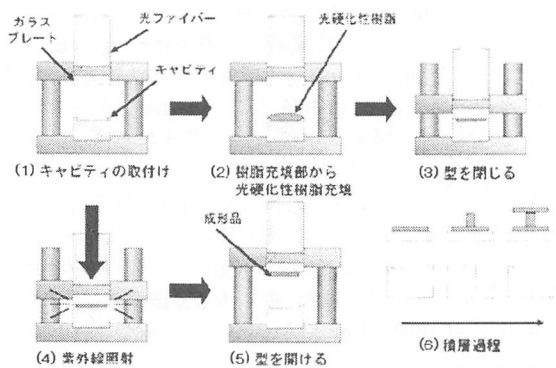


図2 成形手順

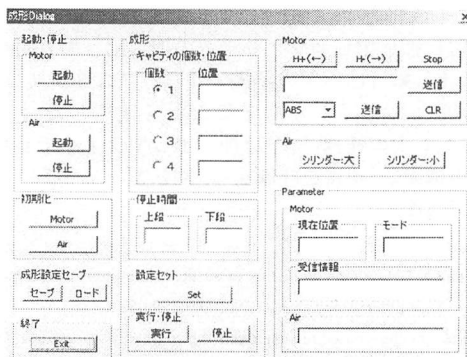


図3 成形システムダイアログ

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できる。

3. 微小部品成形実験

3. 1 振動による気泡の除去実験

ドット形状のキャビティによる成形物を図4に示す。紫外線の照射時間は、型を閉じた時に1.4秒間照射し、型を開いた後に完全に硬化させるため、再度10秒間紫外線を照射した。これは型が閉じている時に長時間紫外線を照射すると、樹脂がキャビティから剥がれなくなるためである^{1) 2)}。キャビティは、フラットエンドミルの直径1.0mmで切り込み深さは200 μ m切削したものを使用した。図4には樹脂充填の際に入り込んだ気泡により、表面の成形が崩れている状態を示す。この問題を解消するため、樹脂を充填したキャビティに、2分間振動を与え気泡を除去した。これにより作成した成形物を図5に示す。この様に振動を与えることにより、気泡は除去された。しかしながら、図4と同様の紫外線照射時間であるにも拘らず、樹脂が完全に硬化せず、表面は液状のままであった。これは、振動によって樹脂の構造が変化したためである。

そこで、同様の条件により振動を与えた後、紫外線照射時間を5秒、7秒と変化させ実験をした。その成形物を図6に示す。紫外線照射時間が5秒の場合、成形物は硬化が不足し、7秒の場合、硬化はするものの成形物の周囲にひびが発生した。また、照射時間を10秒とした場合、樹脂が硬化し過ぎたため、ひび割れにより型どおりの成形物を作成出来なかった。

3. 2 ライン形状の成形実験

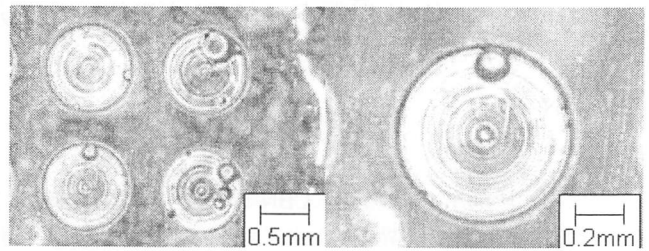
ライン形状のキャビティにより成形をした成形物を図7に示す。紫外線の照射時間はドット形状の成形実験と同様の条件で行った。図7(a)は単品成形を行ったものであり、図7(b)は同じキャビティを使用し、積層成形を行ったものである。使用したキャビティは、フラットエンドミルの直径0.5mmで、切り込み深さは200 μ m切削したものを使用した。また図7(b)は2層目の成形を行う場合、キャビティ直下に厚さ200 μ mの金属製のステップを設置し、高さを調整した後に実験を行った。その結果、一部積層成形されたが、交差部分以外の2層目の樹脂がガラスプレートに付着してしまった。これは試料の厚さが薄く、2層目の樹脂がガラスプレートに接触してしまったためである。また、キャビティ表面に付着している余分な樹脂がガラスプレートに接触したためでもある。

4. 結言

4. 1 結論

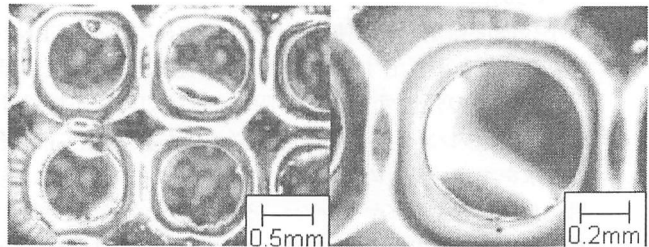
光硬化性樹脂を用いた3次元成形システムの開発を目的として、微小部品成形実験を行い、以下の結論を得た。

- (1) 樹脂を充填した後、キャビティに振動を与えることにより気泡を除去出来た。
- (2) キャビティに振動を与えた場合、照射時間が5秒以下では樹脂は硬化しなかった。
- (3) 金属製の試料で高さ調整を行うことにより、積層成形の2層目を作成出来ることがわかった。



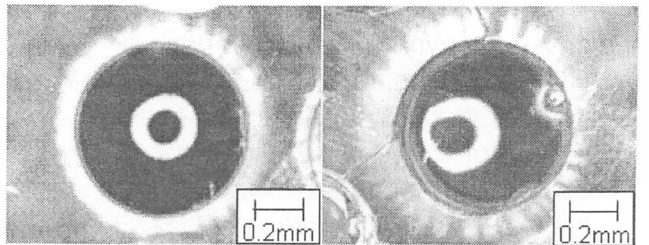
(a)全体図 (b)拡大図

図4 ドット形状の単品成形物



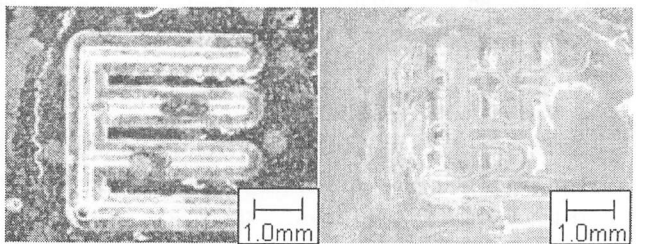
(a)全体図 (b)拡大図

図5 振動を与えた単品成形物



(a)照射時間5秒 (b)照射時間7秒

図6 照射時間を変えた単品成形物



(a)単品成形 (b)積層成形

図7 ライン形状の積層成形物

4. 2 今後の課題

- (1) 樹脂を充填したキャビティに振動を与えた場合の、最適な紫外線照射時間を計測する。また、振動を与えた場合に樹脂が硬化しにくくなる原因を究明する。
- (2) 積層成形実験の場合、2層目で使用する高さ調整用の試料の最適な厚さを計測する。また、2層目の成形の場合に交差部分以外の樹脂も1層目に付着するように、最適な紫外線照射時間を計測する。

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