

金属粉末射出成形における樹脂型の適用

田尻 智基*¹ 西澤 崇*¹

Application of Resin Molds in Metal Powder Injection Molding

Tomoki Tajiri and Takashi Nishizawa

金属粉末射出成形（MIM）では金型作製に多大な費用と時間が必要である。そこで、試作コストの低減を目的に、光造形3Dプリンター製樹脂型の適用について検証した。成形試験の結果、保圧時の応力集中により中心部分から亀裂が生じ、30ショット以降の精度が低下したものの、20ショット程度までは実用的な転写精度を維持した。本手法は、安価かつ迅速な試作手法として、形状確認の用途において有効であると考えられる。

1 はじめに

福岡県工業技術センターでは、令和4年度に「金属粉末造形技術研究会」を発足した。本研究会は、金属粉末射出成形（以下、MIM）及びアディティブ・マニファクチャリングの普及を目的とし、研究活動や意見交換会を継続的に実施している。

研究会の運営過程において、MIMはAM（Additive Manufacturing）と比較して試作の実施にコストがかかるという課題が顕在化した。これは、MIMでは、金型作製に多大な費用と期間を要することが原因であり、企業の迅速なアイデア検証を阻害する要因になっていた。そこで、樹脂3Dプリンターを用いて型を作製することで、試作におけるコストの低減を試みた。

一般に、樹脂型は金型と比較して耐熱性や機械的強度が著しく劣ることが知られている。本報告では、MIM工程における樹脂型の適用可能性及び有効性を検証した結果を述べる。

2 実験方法

2-1 金型作製

2-1-1 金型の構成

金型には、当センターで既に使用されているカセット金型を採用し、そのキャビティ部を樹脂型に置換する構成とした（図1）。樹脂型の外形寸法は、幅40 mm × 奥行き40 mm × 厚さ30 mmとし（図2）、この樹脂型を保持するための入れ子ブロックを作製した（図3）。また、成形品の離型プロセスを考慮して、入れ子ブロックにはエジェクターピン用の貫通穴を配置した。

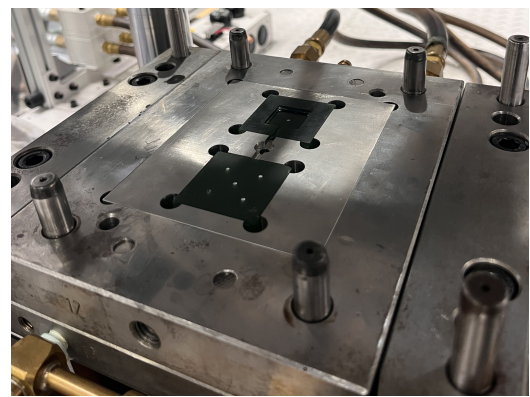


図1 成形時の金型の様子

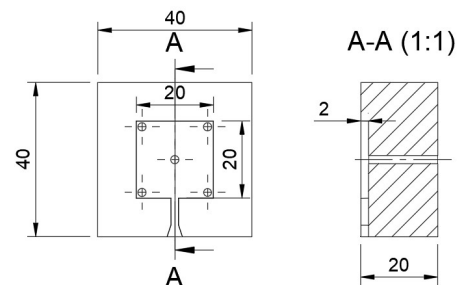


図2 樹脂型の形状及び寸法

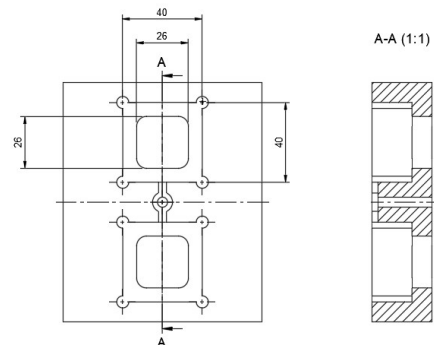


図3 入れ子ブロック形状及び寸法

*1 機械電子研究所

2-1-2 樹脂型の造形

樹脂型の造形には、高い寸法精度を確保するため、光造形方式3Dプリンター（ELEGOO社製：MARS）及び耐熱性光硬化レジン（OYOWO0A社製：耐熱温度280℃）を用いた。

光造形において、造形姿勢は造形品質を左右する重要な因子である。当初は造形失敗（脱落や歪み）を回避する目的で、造形プラットフォームに対してキャビティ面を傾斜させた姿勢で造形を行った。しかし、この樹脂型を用いた射出成形を試みたところ、成形体（グリーン体）の一部が型表面に残留する離型不良が発生した。この課題を解決するため、キャビティ形状面が造形方向に対して「接線方向」または「法線方向」（以下、正方向）となるよう配置姿勢を変更し、比較検証を行った。その結果、正方向の姿勢で造形した樹脂型において、フィードストックの付着が抑制された。両者の表面性状を確認したところ、後者では前者に比して表面の凹凸が小さく抑えられていた（図4, 5）。

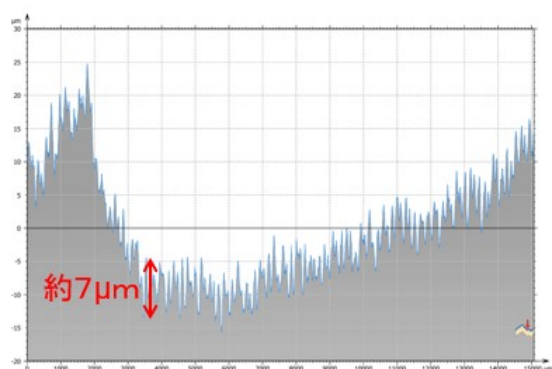


図4 傾斜させて造形した樹脂型の表面形状

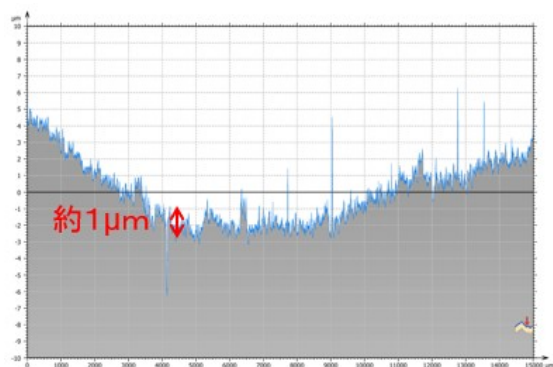


図5 正方向の姿勢で造形した樹脂型の表面形状

これは、3Dプリンター特有の積層痕の影響と考えられる。すなわち、造形精度や成功率の観点からは適切

とされる傾斜姿勢が、射出成形においては積層痕によるアンダーカット（引っ掛かり）を生じさせ、離型性を阻害する要因となったと考えられる（図6）。以上の検討結果に基づき、以降の成形実験では、離型性に優れた正方向の姿勢で造形した樹脂型を使用することとした。

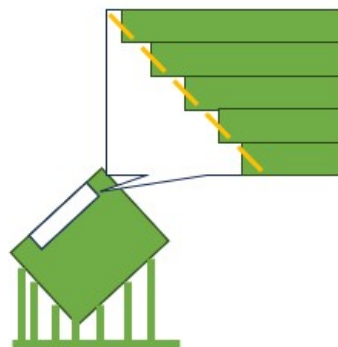


図6 傾斜させて造形した際の表面の簡略図

2-2 成形実験

金型の組み付け後、保圧10 MPaの条件下でショートショット試験を行って、充填挙動を確認し、最適成形条件を決定した。本実験で設定した成形条件の詳細を表1に示す。条件設定後、樹脂型が破損または劣化により成形不能に至るまで連続成形を実施した。これにより、樹脂型の転写精度及び耐久性の検証を行った。成形体の品質評価には、非接触三次元形状測定機（ZEISS社製：ATOS 5）を用い、樹脂型の初期形状（設計値）と得られたグリーン体の形状比較及び寸法差の計測を実施した。

表1 成形条件

項目	
射出温度	185℃
射出速度	30mm/s
金型温度	30℃
保圧	30MPa

3 結果と考察

3-1 形状精度の経時変化

成形前の樹脂型キャビティ形状に対する、各ショット回数（1, 10, 20, 30, 40, 50ショット）におけるグリーン体の形状比較結果を図7, 8, 9, 10, 11, 12に示す。

成形回数の増加に伴い、成形体寸法が初期の型形状を超過する傾向が確認された。また、樹脂型表面に発

生した亀裂がグリーン体表面に転写される現象が散見された。特に30ショット以降,これらの傾向が顕著となっていることから,この段階で大規模な亀裂が進展し,保圧工程における型の開き(変形)が生じたものと推察される。

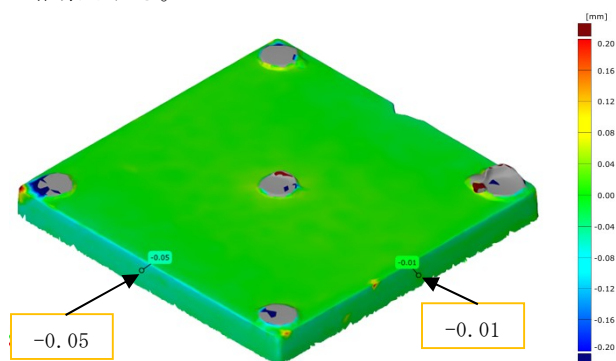


図7 1ショット時の成形体のキャビティとの寸法差

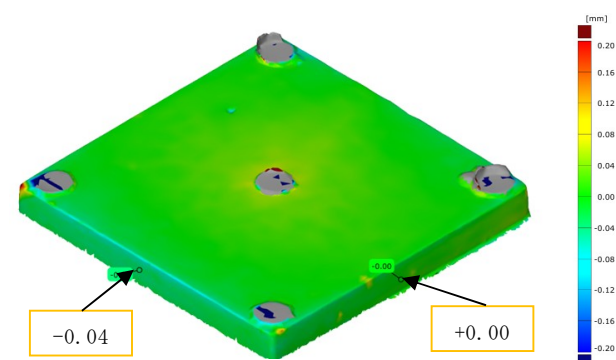


図8 10ショット時の成形体のキャビティとの寸法差

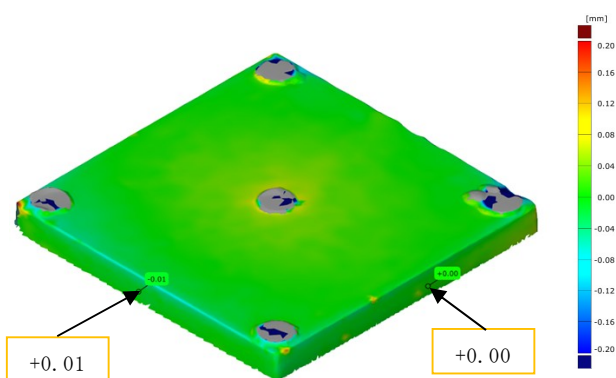


図9 20ショット時の成形体のキャビティとの寸法差

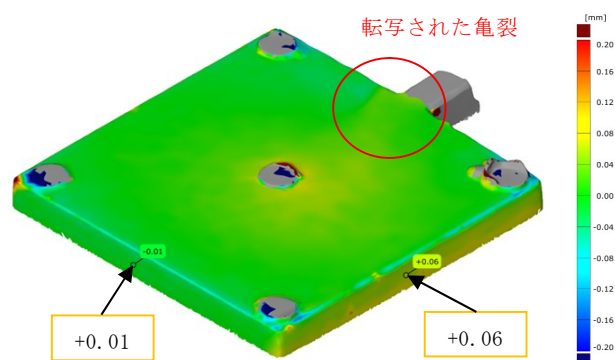


図10 30ショット時の成形体のキャビティとの寸法差

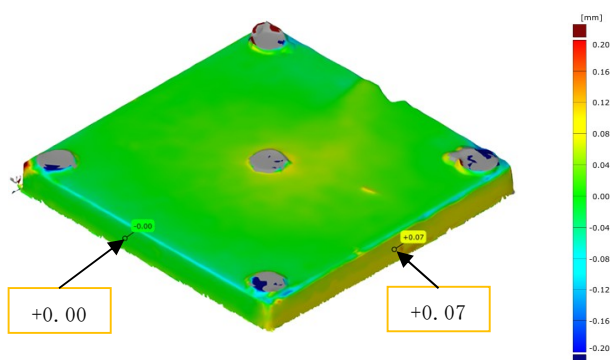


図11 40ショット時の成形体のキャビティとの寸法差

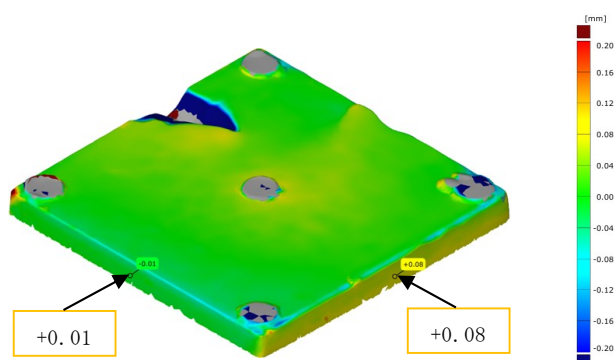


図12 50ショット時の成形体のキャビティとの寸法差

3-2 樹脂型の損傷要因解析

実験終了後,樹脂型を分解して観察したところ,中心部から放射状に広がる亀裂が確認された(図13)。

本実験に用いた入れ子ブロックの構造上,エジェクターピン用の貫通部周辺には樹脂型を裏面から支持する構造を欠いている。そのため,高圧の保圧工程において,当該部位に向けて樹脂材料が局所的にたわむような変形が生じ,応力集中による亀裂が発生,進展したものと考えられる。

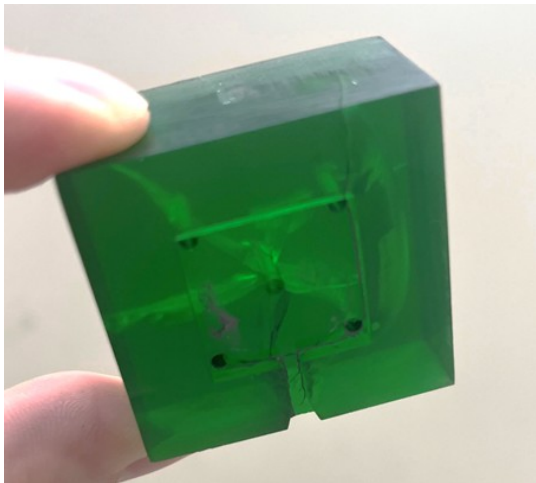


図13 樹脂型に発生した亀裂の様子

4 まとめ

本研究では、MIMにおける試作コストの低減を目的とし、光造形3Dプリンターを用いて作製した樹脂型の適用可能性を検証した。得られた知見を以下に記す。

(1)実験の結果、本実験の構成において十分な成形精度を維持し得る限界は20ショット程度であると判断される。しかし、樹脂型は低コストかつ数時間という短時間で作製が可能であるという点から、許容できる範囲であり、製品開発の初期段階における形状確認や試作手法に有効であると考えられる。

(2)樹脂型の損耗を抑制し、ショット数を延伸させるためには、材料及び構造の両面からのアプローチが不可欠である。具体的には、より機械的強度の高い他社製レジンの選定や、エジェクターピン用の貫通穴面積の最小化などの設計変更、さらには入れ子ブロックによる補強構造の最適化などにより、耐久性の向上の可能性があると考えられる。

今後はこれらの改良を加え、試作を実施していく予定である。当所では、MIM関連機器（成形機及び真空脱脂焼結炉）の研修を受け入れており、試作したい形状の部品があれば、是非、ご気軽に問い合わせいただきたい。

5 参考文献

- 1) 重光和夫：大分県産業科学技術センター研究報告書，(2025)