

熱可塑性CFRPの任意形状の薄板成形を可能とする3次元逐次成形技術の開発

著者	猪狩 龍樹, 田中 秀岳, 浅川 直紀, 柳 和久
著者別表示	Ikari Tatsuki, Tanaka Hidetake, Asakawa Naoki, Yanagi Kazuhisa
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集
巻	2016 Spring
号	B66
ページ	113-114
発行年	2016
URL	http://doi.org/10.24517/00050603

doi: 10.11522/pscjspe.2016S.0_113



熱可塑性 CFRP の任意形状の薄板成形を可能とする 3次元逐次成形技術の開発

長岡技術科学大学大学院 ○猪狩 龍樹, 柳 和久
 上智大学 田中 秀岳
 金沢大学 浅川 直紀

Development of incremental forming method for CFRTP
 Nagaoka University of Technology Tatsuki Ikari, Kazuhisa Yanagi
 Sophia University Hidetake Tanaka,
 Kanazawa University Naoki Asakawa

3D printer technology is expected future development. Additive manufacturing is most widespread use as a molding principle of 3D printing. However, materials that can be used are only dedicated resins, and it has low toughness. In particular, in the case of a shell shape molding, it has a problem which is strength poverty of layer boundary. Thus it is difficult to give practical strength to the shell shape molded parts. As a means for solving these problems, in this study, we proposed a three-dimensional molding method by incremental forming using a CFRTP as test piece. This is a method of obtaining a three-dimensional objective shape by discrete depression with hammer of test piece which is held shape by fiber while softened by heating. In this study, forming system which including temperature control system was developed, and several preliminary experiments and forming experiment which applying the whole / partial heating was carried out. As a result, knowledge of temperature control in forming was obtained.

1. 緒言

近年、個人での製品生産や、企業でのラピッドプロトタイプング(RP)や、その発展であるラピッドマニファクチャリング(RM)の方法として、3Dプリンタで総称される技術が注目されている。

現在販売されている3Dプリンタと呼ばれるものの原理の多くは付加造形法で、これは材料を融解または紫外線より硬化させるなどして積層する造形法である。この造形法は造形物の形状の自由度や、造形時に切削加工や荒仕上げなどの複雑な工程を経ずに、材料から直接造形物を作成できる等の利点を持つ。

しかし、これらの造形法は元々、形状の評価を目的として開発された造形方法であるため、RMの造形方法としては、樹脂の種類が特殊である、積層された層間の強度が弱い等、そのまま製品の部材として造形品を使用することは難しい。特に、シェル形状を造形する場合では、材料の支持に多量のサポート材の成形を必要とする上、層間の接着強度の弱さにより造形品の強度が低いと向いていない等、樹脂薄板に対しては未だ実用的な造形方法は提案されていない。

実用的強度を持った樹脂薄板の造形法として、逐次成形を用いた3次元造形法を提案と基礎的な成形実験を行った。

2. 逐次成形

本研究では、先行研究として鍛金加工の自動化を行っている。先行研究に於いて図1に示すように、CADデータから工具経路を作成し、その経路に基づいてハンマで試料を打撃して逐次的に変形させ、目標形状へ成形するシステムを構築している。ハンマにはリアモーターを用い、任意の速度で試料に打撃を与えることが可能である。また、試料にアルミ板を用いて半球形状の成形に成功している。¹⁾

このように逐次的な変形の積み重ねによる成形を樹脂に適用した場合、以下の利点が考えられる。まず、積層構造による強度上の弱点が存在しないため、付加造形法と比較して高強度を

持つ造形品が期待できる。また、試料は予め板状に成形されているため、材料に繊維強化樹脂等のノズルからの吐出が難しい材料を用いることが可能である。

本研究では、図2のように加熱により材料を軟化させ、ハンマにより押下することで目標形状へ成形する。

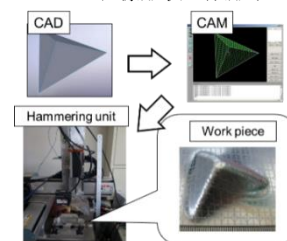


Fig. 1 Procedure of forming system

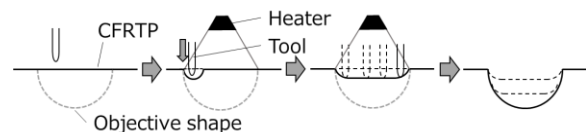


Fig. 2 Schematic of forming process

3. 炭素繊維強化樹脂

逐次成形を適用する樹脂は温度制御の観点から、加熱により軟化し、外力による変形が可能で、且つ自重を支えることができる強度を保った状態の温度域が広いことが望ましい。しかし通常の樹脂薄板の場合、この条件を満たすことは非常に困難である。そこで、本研究では炭素繊維強化樹脂(Carbon-Fiber-Reinforced-Plastics: CFRP)に注目した。

母材に熱可塑性樹脂を用いたCFRTP(Carbon-Fiber-Reinforced-Thermoplastics)は加熱により軟化させることで、プレス加工等の二次加工が可能である。CFRTPは加熱により母材が軟化した状態中では繊維による補強により、無強化の樹脂版と比較して形状の保持性が高いため、逐次成形用の材料として適しているといえる。表1に本研究の成形実験に用いる材料の仕様を示す。

Table 1: Material specification of work piece

Matrix	PA6
Fiber type	short fiber
CF content rate	20wt%
Melting point	225°C
Thickness	1mm
Supplier	Toray Plastics Precision Co.

4. 全体加熱を用いた成形実験

(1) 実験装置の構成²⁾

材料の加熱は1kWの近赤外線ヒータ2台による全体加熱によって行った。成形時のハンマの工具経路は、金沢大学の浅川らによって開発されているオープンソースCAMカーネルであるKodutuno (Kodutuno is Open Developed Alternative Trajectory Utility Object)のライブラリを用いて先行研究で開発された、鍛金用CAMを用いて生成する。ハンマはそれに倣って動作する。

(2) 実験条件

表2に実験条件を示す。加熱時の目標温度は予備実験によって求められた。また、成形部分以外はアルミニウム箔によって遮光した。

Table 2: Experiment condition

Objective shape	R20 Partial spherical shape
Tool path	Inward(1426 points)
Target temperature	210°C

(3) 実験結果

図3に成形結果と成形時の熱画像を示す。成形時に目標温度近傍の温度を維持した部分は問題なく成形されているが、成形時の温度の偏りによって過熱した部分では垂れ下がりや破れが発生した。

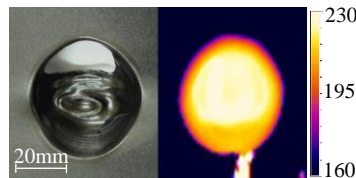


Fig. 3 Formed test piece and thermal image

5. 局所加熱を用いた成形実験

(1) 実験装置の構成

加工部の材料の温度を加工温度内に保つよう制御するため、図4に示すスポットヒータを用いて局所加熱を行い、IRカメラによる温度計測を用いてPID制御による温度制御を行った。

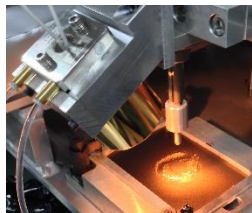


Fig. 4 Photo of infrared spot heater

(2) 実験条件

表3に実験条件を示す。

Table 3: Experiment condition

Objective shape	R20 Partial spherical shape
Tool path	Inward(surface:171 points) outward(body:342 points) scan(322 points)
Target temperature	210°C

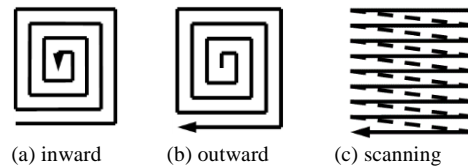


Fig. 5 Example of tool path

(3) 実験結果

図6に成形品とその成形中の熱画像を示す。inwardのsurfaceモードで行った成形結果では、成形途中で中央部分が大きく盛り上がり、最終的に破れが発生した。これは、円周部分の樹脂が中央部分に向かって移動した結果であると考えられる。

outwardのbodyモードでの加工では、中央部分は樹脂が盛り上がることはなかったが、垂れ下がりが発生した。

熱画像が示すように現在の加工点ではなく、数個前の加工点で最も温度が高いことが分かる。これは、赤外線は集光径の外の光が、昇温時の照射時に加工後で既に加工温度に達していた点を加熱するためであると考えられる。また、surfaceモードやbodyモードでは、材料の中央付近に加工点が存在する時間が長いので、温度が下がりにくくなっている。材料中央と加熱部の距離が常に大きく変化するscanモードでの加工も行った。しかし、成形結果をみるとbodyモードでの成形においても垂れ下がりや破れが同様に発生した。

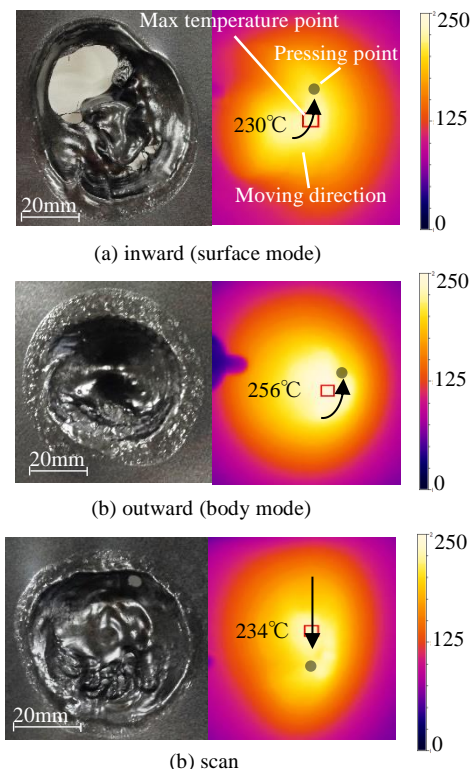


Fig. 6 Appearance of formed test piece and thermal image

6. 結言

今回の基礎的な成形実験により、次の知見を得た

- (1) 加工部のみを最適な温度に保つには、周辺の熱履歴を考慮する必要がある。
- (2) 工具経路により樹脂の偏り等の特性が異なる。

参考文献

- 1) 星野 郁：平成25年度修士論文 リニアモーターを用いたCADデータに基づく鍛金加工の自動化 (2014)
- 2) <http://www-mm.hm.t.kanazawa-u.ac.jp/research/kodutuno/>