

# ワックス 3D プリンターを用いた微細金属部品の作製に関する研究

デジタルものづくり課 氷見清和、鍋澤浩文

県総合デザインセンター 窪 英明

## 1. 緒言

3D プリンターによる部品の製造は、少量生産や試作品の製造であれば金型等を用いて製造する場合よりも少ないコストや時間での製造が可能であり、樹脂や金属を材料とした 3D プリンターが様々な分野で利用されるようになってきている。

これまで、金属 3D プリンターを用いて直接に金属製品を作製してきたが、形状によってサポートが必要なことや材料が限定されるなど多くの制限がある。また、樹脂 3D プリンターを用いて原型を作製し鋳造法にて金属製品の作製を試みた結果、数 cm サイズの金属部品では良好な形状を再現することができた。しかし、極薄い形状を必要とする部品の作製は困難であった<sup>2)</sup>。

近年、電子部品や医療用医療機器に搭載される金属部品は超小型及び高精度な部品が用いられている。例えば、医療用カテーテルの先端部に取り付けるパイプ部品も一層の小型化が求められている。極薄い中空製品の作製を目的とする本研究手法が実現できれば、このような産業ニーズに応えることができる。また、波状の比表面積の大きい熱交換パイプ部品、流体を高効率で輸送かつ耐薬品・耐熱性がある（高速反応・熱処理）スパイラル状の異形断面パイプを用いたマイクロ TAS 製品などにも応用でき、これまでの手法では不可能であった製品の作製が期待できる。

図 1①～③に、微細金属部品の作製手順の模式図を示す。本研究では、ワックスを材料とした 3D プリンターを用いて、①微細な複雑形状をしたワックスのモデルを作製し、②そのモデルに金属めっきを施した後、③ワックスを除去することで精度が高く極薄い金属製品を作製する手法について検討した。

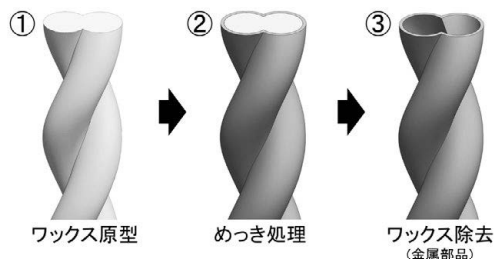


図 1 作製方法の説明図

## 2. 実験方法

ワックス 3D プリンターは、Project 3500 CPX Max (3D

Systems 社製) を使用した。ワックス材料の物性については、熱分析装置により融解温度および灰化温度を測定した。また、ワックス造形物の荷重下での熱変形については、熱変形温度測定装置により測定した。

ワックス上への下地導電膜の成膜には、複雑な形状でも回り込みの成膜が良いプラズマ CVD 法による手法を検討した。また、導電性の確認は、四端子測定法による電気抵抗測定を行った。

金属製品を形作る金属めっきには、電解ニッケルめっき手法による作製を検討した。また、めっきの膜厚は、蛍光 X 線装置/EDS を用いて算出した。

## 3. 実験結果

### 3.1 ワックスの物性

金属製品を完成させるためには、最終工程に基材であるワックスを除去する必要がある。その手法には、熱での融解や灰化による除去、薬品により除去する方法が考えられる。図 2 に、3D プリンターに使用するワックス材の熱分析の結果を示す。融解開始温度は約 40°C であり、最大ピーク温度は約 65°C であることがわかった。また、灰化する温度は約 300~350°C であった。

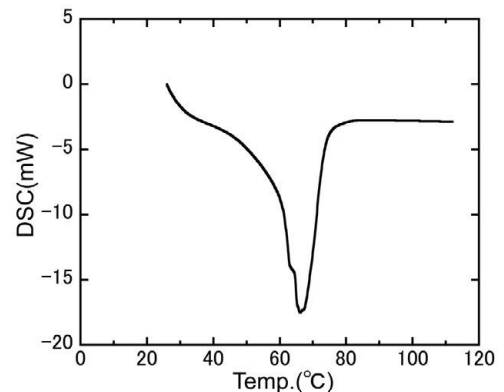


図 2 ワックスの熱分析結果

一般に 100°C 以下での金属めっき手法には、電解めっき法と無電解めっき法がある。どちらも温度が高い方が高い成膜速度を示すが、熱によってワックスの造形物に変形するため、なるべく低い温度でめっきを施す必要がある。ワックス造形物の熱変形温度測定の結果、荷重 100g/面積 1cm<sup>2</sup> では、約 50°C 程度であれば形状を維持できる結果であったが、先の熱分析の結果から、作業温度は約 40°C 以下がよいと推測する。

### 3.2 ワックス上への導電膜の成膜

3D プリンターによる複雑な造形物の表面に均一な導電性をもたせるために、導電膜の成膜方法を検討した。低温で薄い金属膜の成膜にはスパッタ法が良く用いられるが、回り込みが悪いうえ、プラズマによる熱影響により造形物が変形することが懸念される。本実験では、CVD 法による手法を検討した。図 3 に、(a)処理前と(b)処理後の外観を示す。四端子測定法による電気抵抗測定を行った結果、極薄い導電性膜が形成されており、繰り返して成膜することで高い導電性を示すことを確認した。

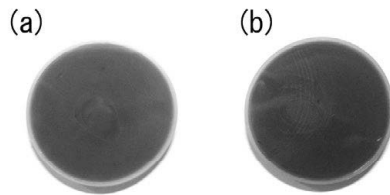


図 3 ワックス上の導電膜の成膜  
(a)処理前 (b)処理後

### 3.3 金属膜の生成

本研究では、電解ニッケルめっき法による金属膜の生成を検討した。めっき液の温度が 25°C と低い温度とし、ノンシアンニッケルめっき溶液を用いて、銅基材にめっき処理をした。図 4 に、処理時間とニッケルめっき厚さを示す。低温での処理のために成膜速度は大変に低いが、1 分間の処理でもニッケルめっきが生成されており、時間が長くなると膜厚が大きくなることも確認できた。今後、更に膜厚を大きくするために成膜速度の向上や二段階のめっき処理等の検討が必要である。

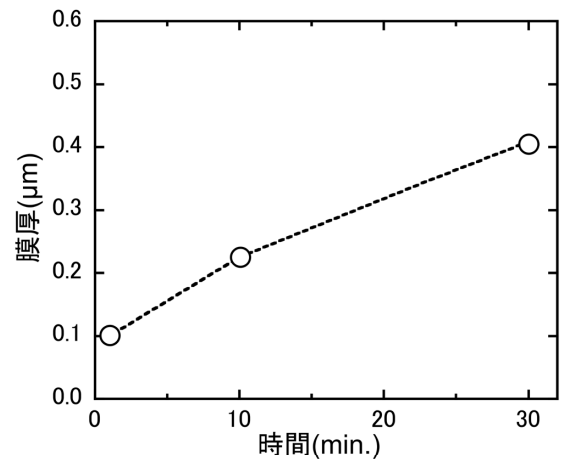


図 4 ニッケルめっき厚さ

### 4. 結言

本研究では、ワックスを材料とした 3D プリンターを用いて、精度が高く極薄い金属製品を作製する手法について検討した。実験の結果、造形したワックス上に電解ニッケルめっきを成膜するための導電性下地層を成膜することに成功した。また、室温 (25°C) において、ニッケルめっきを成膜できることを確認した。今後、導電性膜を施したワックス造形物にニッケルめっきの成膜を試み、めっき表面の状態について調査する。

### 参考文献

- 1)永田, 滝沢ら:若い研究者を育てる会, **30** (2017) pp. 14-20
- 2)水見ら: 富山県産業技術研究開発センター研究報告, **34** (2020) pp. 15-16

キーワード : 3D プリンター、ワックス、めっき、金属部品

## Research on Manufacturing Fine Metal Parts using Wax 3D Printers

Digital Manufacturing Section; Kiyokazu HIMI and Hirofumi NABESAWA  
Toyama Design Center; Hideaki KUBO

In this study, we investigated a method for producing highly accurate and ultra-thin metal products using a wax 3D printer. The melting start temperature of the wax is about 40°C and the maximum peak temperature is about 65°C. The ashing temperature is about 300-350°C. We succeeded in forming a conductive base layer by a CVD method for forming a nickel electrolytic plating on the 3D printed wax parts. We confirmed that nickel plating can be formed at room temperature. Although the film formation rate was very low due to the treatment at a low temperature, it was confirmed that nickel plating was performed even in the treatment for 1 minute, and the film thickness increased as the time became longer. We will try to form a nickel film on a wax model with a conductive film and investigate the condition of the plating surface.