

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*1

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ったり。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²⁾。

近年、電子部品やメディカル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など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。

本研究では、複雑形状をしたワックスのモデルを作製し、そのモデルに金属めっきを施した後、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。

2. 実験方法

ワックス 3D プリンターは、Projet 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。

微細な金属製品を形作る金属めっきには、電解ニッケルめっき、および無電解銅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。

図 1①～③に、ワックスを材料とした 3D プリンターを用いた微細金属部品の作製手順の模式図を示す。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。

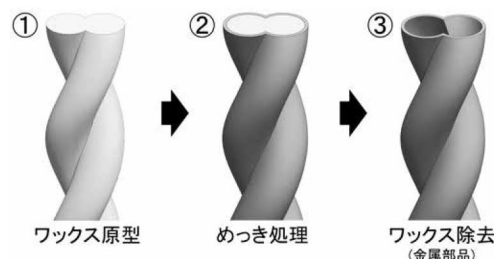


図 1 作製方法の説明図

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。3D プリンターに使用するワックス材の熱分析の結果、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。

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が変形するため、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 1cm² 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 以下がよいと推測した。

3.2 ワックス上への電解ニッケルめっきの成膜

電解めっきには材料に導電性が必要になる。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。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。実験の結果、CVD 法により回り込み良く導電性の下地膜ができた。

電解ニッケルめっきを浴槽温度が 30°C と低い温度にて

*1 現 機械電子研究所

試みた。実験の結果、金属板上へのめっきは成膜速度が低いものの成膜することができた。しかし、CVD法による導電性下地膜上へのめっきは困難であった。この原因は、成膜速度が小さく、また下地膜の電気抵抗が高いために、表面とめっき液間の電流が取れないためと推測される。

3.3 ワックス上への無電解銅めっきの成膜

無電解銅めっきを施すため、触媒液に錫触媒液およびパラジウム触媒液を用い、浴槽温度が30°Cにて無電解銅めっきを試みた。無電解銅めっき液は、硫酸銅およびロッシェル塩(酒石酸カリウムナトリウム)、水酸化ナトリウムにより調整した。

ワックスは高い撥水性のために、ワックス上に触媒が定着しないため、表面処理する必要がある。複雑形状でも回り込みのよいCVD法による処理により、ワックス表面を親水性にすることができた。

図2に、ワックス上への銅めっきの表面写真を示す。親水性処理を施した造形物を触媒液に錫触媒液およびパラジウム触媒液に浸漬後、浴温30°Cの無電解銅めっき液に浸漬させたところ、銅めっきが成膜された。しかし、めっきを厚くするために数分間浸していくと徐々にめっきが剥がれる現象が生じた。この原因は、ワックスの膨張率が大変に高いため、めっき膜が成長中に下地層とめっき膜の界面で応力が発生し剥離することがわかった。

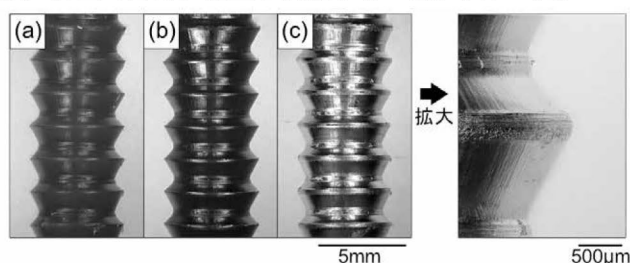


図2 めっきしたワックス造形物の表面観察
(a)ワックス, (b)表面処理, (c)銅めっき

3.4 電解銅めっきの成膜とワックスの除去

ワックスを除去した後、金属製品として形作るにはめっきの厚さが必要となる。無電解銅めっき上に電解銅めっきを試みた。めっき液は、硫酸銅および硫酸により調整した。ワックスの除去は、ワックスの熱膨張による破損を防ぐため、30°Cにて有機溶剤により除去した。

図3に、電解銅めっきの後、ワックスを除去した金属製品を示す。内部のワックスが除去されていることが確認できる。今後、ワックスの除去を効率的にするため、造形物内部を中空にして加圧下で融解するなどワックスを除去する等の手法を検討する必要がある。

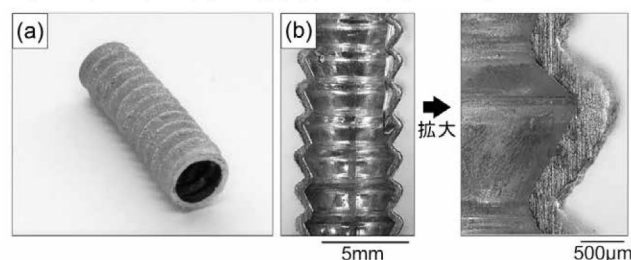


図3 中空の金属製品 (a)外観, (b)断面内部

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、小型のワックス造形物に表面処理を施し、液温30°Cにて無電解銅および電解銅めっきを施す手法により、微細な部分にも均一に銅めっきができ、ワックスを除去して複雑な金属製品の作製に成功した。

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) 氷見ら: 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*¹
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. We succeeded in forming a Cu plating by electroless plating and electrolytic plating methods on the wax parts at 30°C. By removing the wax, we were able to make a highly accurate and ultra-thin metal product. We will study efficient wax removal methods and plating with other metallic materials.