

熱溶解積層法3Dプリンターを用いた金属成形体の作製

花房龍男, 竹保義博, 古川大輔*, 中山英樹*

Fabrication of metal molding by fused deposition modeling 3D printer

HANAFUSA Tatsuo, TAKEYASU Yoshihiro, FURUKAWA Daisuke and NAKAYAMA Hideki

熱溶解積層法による 3D プリンターを用いて金属成形体を作製することを検討した。樹脂と金属粉末とを混合し、金属成分を 42~44%含有する 3D プリント用 ϕ 3mm 線材を作製した。この線材を用いて 3D プリンターにより「田」の字状 3D 造形体を作製することができた。さらに、3D 造形体を脱脂焼結し、金属 3D 焼結体を作製することができた。

キーワード：3D プリンター，熱溶解積層法，金属分散線材，金属 3D 焼結体

1. 緒 言

近年、機械金属製品製造業では、複雑形状製品や小ロット生産が求められており、さらにはそれらの製品を短期間で開発し市場投入する必要がある。そこで、Additive Manufacturingによるものづくりが注目されている。Additive Manufacturingでは金型を作製する必要が無く 3D-CAD図面から製品を製造することが可能で、1 個当たりの製造期間を短くすることができる。そのため少量品の生産に適している。Additive Manufacturingの中でも特に、熔融させた材料を積層させて製品を作製する積層造形法（3Dプリンター）が広く知られている¹⁾。樹脂やゴム材料を用いた造形は、模型や試作品の形状確認等で行われている。一方で、樹脂では強度が低く耐熱性も低いといった課題があることから、金属製製品を 3Dプリンターにより作製することも求められている²⁾。金属製品の 3Dプリンターでは、金属粉末を敷き詰めた台にレーザーや電子ビームを照射し焼結する方法や、熔融させた金属粉末を吹き付けて積層する方法が用いられている²⁾。しかし、積層方向に異方性が生じ、強度などの特性がバラつくといった課題がある³⁾。

ここで、異方性に関する課題は焼結等元素の拡散を行うことで解決することができ、また元素の拡散は金属粉末焼結や金属射出成形法の手法により行うことができる。このことから、樹脂と金属とを混合したものを作製し、3Dプリンターにより均質性の高い製品開発を目指す。このため熱溶解積層法による 3D 造形をターゲットとし、熱溶解積層法用金属/樹脂複合材料を開発し、この材料を用いて 3D 造形し焼結することで、金属 3D 積層成形体を作

製することを目的とした。

2. 実験方法

樹脂には、ポリ乳酸系樹脂（東レ㈱製エコディア V751-X53，以下PLA（密度 1.12g/cm³））を用いた。ペレット状であり、明確な融点はなく 130~150℃で徐々に軟化する。分散する金属は、ステンレス粉末（エプソンアトミックス㈱製AT316L PF-13F（平均粒子径 7 μ m））を用いた。

金属分散線材の原料となる金属分散樹脂ペレットを、体積比で樹脂：金属=50：50 となるように計量し、混練した。樹脂と金属との混練には加圧ニーダー（イオン化工㈱製 1DF 1-5）を用いた。加圧ニーダーの条件は回転数 51.7rpm，型温度 190℃とした。混練したペレットを用いて、 ϕ 3mm の穴の開いたダイを使用し、手動加圧プレス機により線材化した。

3D 造形には、熱溶解積層法 3D プリンター（武藤工業㈱製 MF-1100）を用いた。プリンタヘッドのノズル径は 0.5mm とし、積層ピッチを 0.3mm とした。

造形モデルは、横及び奥行方向（以下、X-Y 方向）の断面が「田」の字の形状とした。大きさは、角 10mm×高さ約 15mm である。

3D 造形体の焼結は脱脂した後、1350℃の真空雰囲気中で 2 時間焼結した。

3. 実験結果と考察

3.1 金属分散線材の作製

図 1 に金属分散線材の外観写真を示す。線材の蛇行する部位（矢印）があるが、他の部位は比較的直径の変化も小さく、線材化できている。線材の蛇行部の要因として、

手動加圧プレス機による加圧力変動に伴って材料の押し出し量に変化が生じたものとする。図2に線材の断面写真を示す。断面には20 μm 以下の微細な気孔があるが、金属粒子の偏在もなく均一に分散できている。この時の線材中の金属成分の体積分率は、線材中5箇所での測定で、42.9～44.9%であった。



図1 金属分散線材の外観写真

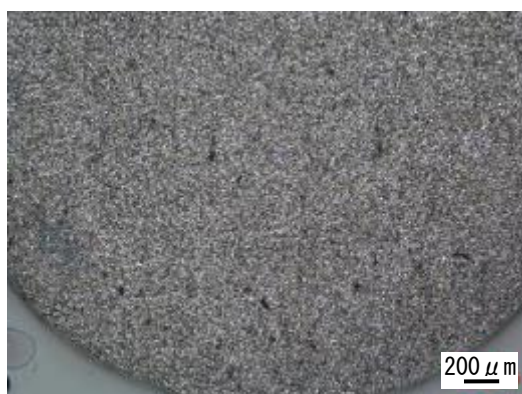


図2 金属分散線材の断面写真

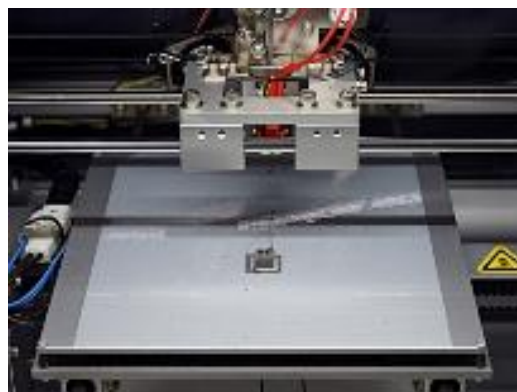


図3 金属分散線材を用いた3D造形の様子

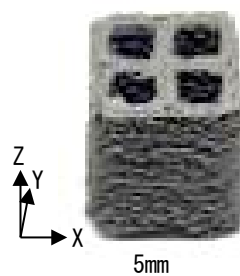


図4 金属50/PLA50線材を用いた3D造形体

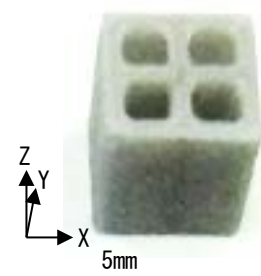


図5 PLA線材を用いた3D造形体

3.2 金属分散線材による積層造形体の作製

先述の線材を用いて、3Dプリンターにより造形を行った。造形中の外観を図3に、3D造形体を図4に示す。なお、比較のため、PLAのみで作製した線材を用いて同一モデルの造形を行った。PLAでの造形体の外観写真を図5に示す。金属分散樹脂の場合、PLAのみと比較して、積層方向(以下、Z方向)の積層ピッチに影響される部位で表面の凸凹が大きいことが分かる。田の字の格子中間部の断面組織を図6に示す。金属成分は偏在化することなく、比較的均一に分散している。一方で、田の字における内面のバリが大きいことが、さらに線材には確認できなかった粗大な気孔が生じていることが観察できる。これは、金属混合樹脂の流動性が低いことや線材の直径が不均一なことにより、ノズルからの吐出量が安定せず材料が不足したり、吐出材料の塊を引きずることで造形物表面を破壊したりすることが原因と考える。

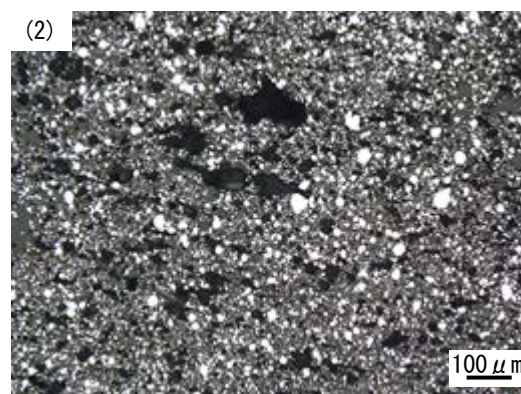


図6 格子中間部の断面写真
(1)マクロ写真, (2)ミクロ写真

3.3 金属分散積層造形体の焼結

次に、3D造形したものを焼結した。焼結後の外観写真を図7に示す。脱脂・焼結によりX-Y方向で約18%縮小しているが、崩壊や変形をすることなく成形できている。

3D造形焼結体のX-Y方向の断面組織写真を図8に、Z方向の断面組織写真を図9に示す。X-Y方向では一部に粗大な気孔があるが焼結でき、密度の高い部位も確認できる。一方で、Z方向には、金属成分が疎な部位と密な部位とに分かれている。これは造形時のピッチや材料を引きずることによって生じた気孔の影響で、金属粒子間が広がり、焼結が十分に進展しなかったためと思われる。

今後は、積層方向の改良を進め、さらなる高密度化を検討していく予定である。

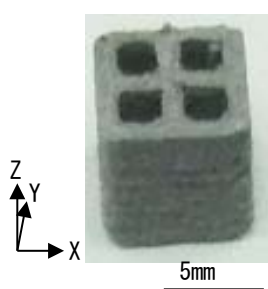


図7 3D造形体の焼結後外観写真



図8 3D造形焼結体のX-Y方向断面組織

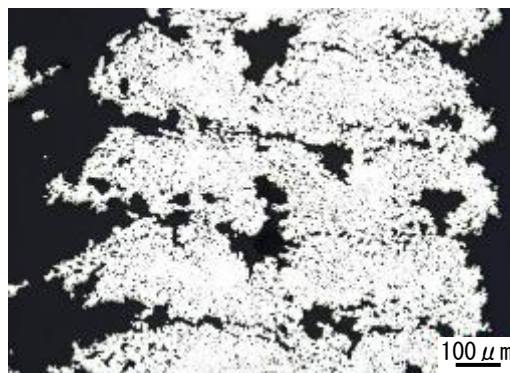


図9 3D造形焼結体のZ方向断面組織

4. 結 言

3Dプリンターによる金属製造形体を得ることを検討し、以下の結論を得た。

- ・ 金属成分を42~44%含有する3Dプリント用φ3mm線材を作製することができた。
- ・ 金属成分高含有線材を用いて、3D造形体を作製することができた。
- ・ 3Dプリンターによる3D造形体を脱脂焼結し、金属製3D成形体を作製することができた。

文 献

- 1) 酒井仁史：新たな製造法アディティブマニュファクチャリング（AM）その使い所と勘所，SOKEIZAI, 54(2), 49-53 (2013).
- 2) 松田英樹：金属積層造形技術(3Dプリンタ)の最新動向，ARCレポート, 1014, (2017).
- 3) 福田匠，村川収，佐々木拓哉，徳永辰也，恵良秀則：3次元積層造形法により作製したSUS316Lの諸特性評価，日本鑄造工学会中国四国支部会報誌, 40, 71-72 (2017).