

金属積層造形システムにおけるアルミニウム合金の造形に関する研究

ものづくり研究開発センター 氷見清和、材料技術課 山本貴文、住岡淳司、石黒智明

1. 緒言

金属を材料とする3Dプリンターは、切削やダイカストなど従来の金属加工方法では不可能だった複雑な形状を比較的短時間で造形できるため、各種機械部品や金型等の試作、また最近では多品種少量の生産分野でも注目されている。

現在、金属 3D プリンターの造形材料には、マルエージング鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金が多く用いられている。中でもアルミニウム合金は比重が小さいことから、自動車や航空機の部品を金属 3D プリンターによる複雑な形状にすることで大幅な軽量化が期待できる。

そこで本研究では、アルミニウム合金により様々な形状を造形し、その寸法計測などの評価を行い、造形限度などについて調査した。

2. 実験方法

金属積層造形システムには、EOSINT M280 (EOS GmbH)を用いた。アルミニウム合金(ADC3 相当)を造形し、各部分について、形状状態について調査した。また、エネルギー密度について造形物の内部欠陥や表面形状への影響を調査した。

3. 実験結果および考察

3-1 金属組織観察

図1に造形物のエッチング後の金属組織の観察結果を示す。造形では水平方向の異方性を小さくするため、レーザーを1層ごとに約60°回転させて照射しているため、①水平断面では、熔融・固化した金属組織が折り重なった網目状であることが確認できた。また、②垂直断面においては、1層ずつ層が積み重なっていることが観察された。この結果、造形物は金属 3D プリンター特有の異方性のある金属組織を有していることがわかった。また、ミクロ的に観察したところ、急冷凝固された微細組織になっていることが確認できた。

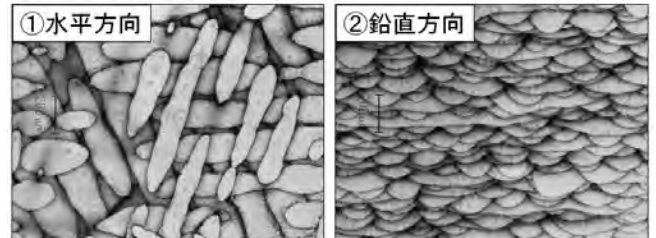


図1 金属組織観察結果 —200μm

3-2 造形物の評価

図2に①丸穴(垂直) $\phi 0.5\sim 5\text{mm}$ および②丸穴(水平) $\phi 0.5\sim 5\text{mm}$ の観察写真を示す。丸穴(垂直)は、積層方向と同じ方向に形状を繰り返して積層しているため、オーバーハング部が無い安定した積層となる。そのため、形状は悪いが $\phi 0.5\text{mm}$ の小さな穴も造形されていた。丸穴の径が大きくなるほど円に近似しているが、内周部の寸法精度は、穴の直径に関わらず同様な形状をしている。このことから、垂直方向の造形物端は、一定の寸法精度を持っていることがわかった。

丸穴(水平)は、積層方向に対して垂直であるため、造形している際に、穴上部がオーバーハング部の積層となり、不安定な層を造形することになる。そのため、穴の上部が崩れてしまい、造形することが困難となる。観察の結果、直径が大きくなるほど、形状崩れの部分が大きくなるため、形状を保つためにサポートの付与が必要になる。

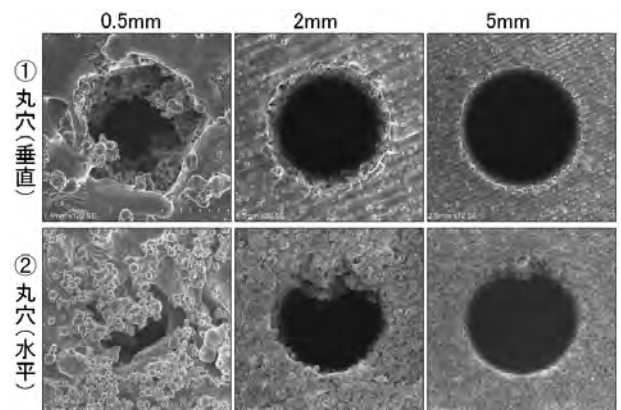


図2 造形物の穴形状

3-2 エネルギー密度の影響

金属 3D プリンターで造形するには、レーザー出力、速度のほか、走査ピッチ、1 層ごとの積層厚、造形時のガス雰囲気、ベースプレートの温度など、設定する条件が数多くある。本実験では、多くのパラメータの中でも造形に最も影響があるエネルギー密度について着目した。このエネルギー密度 E_d は(1)式で算出される。

$$E_d = \frac{P}{v \cdot s \cdot t} \quad \dots (1)$$

P : レーザー出力 (W) v : レーザー速度 (mm/s)
 s : 走査ピッチ (mm) t : 積層厚 (mm)

図 3 に、造形物を積層方向に対して垂直に切断・研磨した、研磨面の SEM 観察結果を示す。

空隙欠陥(黒い部分)は、レーザー速度が速くなるほど、多くなることがわかった。これは、レーザー速度が上がるほどエネルギー密度が小さくなり、材料の溶融に必要なエネルギーを十分に与えられなかったため溶融不足が発生し、積層状態は悪くなる。この表面状態が悪い積層が繰り返された結果、内部組織の欠陥が発生すると考えられる。

図 4 にエネルギー密度と相対密度の関係を示す。その結果、エネルギー密度が大きいくほど、相対密度が高くなることがわかる。

本実験では、エネルギー密度の最大条件で、相対密度が高く、表面粗さが小さい造形品が得られた。しかし、これ以上にエネルギー密度を上げた場合は、激しく溶融されることで、内部にガスが巻き込まれてガス欠陥が発生し、相対密度は下がり、表面粗さも大きくなると推測している。

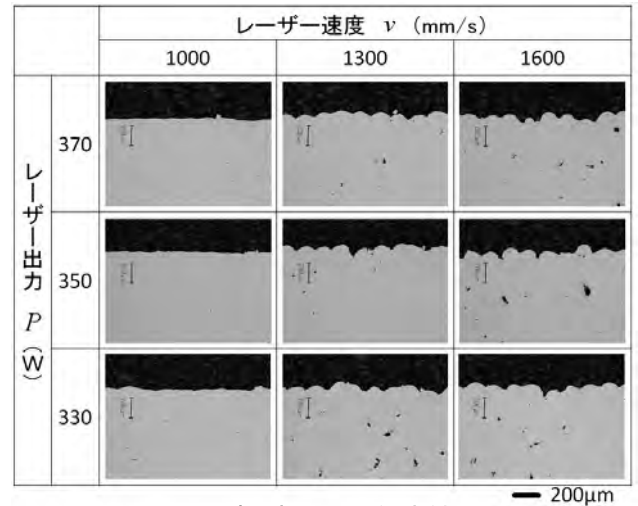


図 3 造形物の断面観察結果

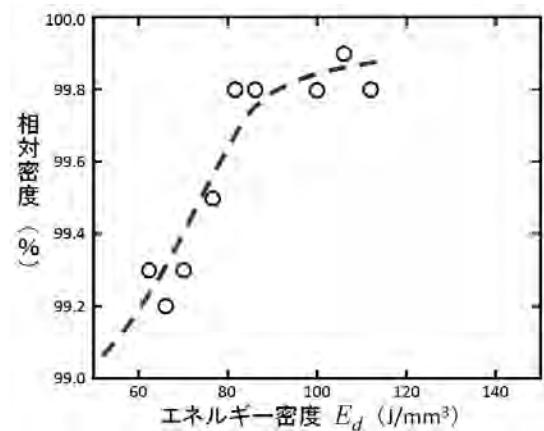


図 4 エネルギー密度と相対密度の関係

4. 結言

金属 3D プリンターによる造形物は、水平断面と垂直断面で形態が異なる特有の金属組織であった。

相対密度および表面粗さは、レーザーのエネルギー密度に大きく影響される。今回の実験では、エネルギー密度が高くなるほど良好な相対密度と表面粗さが得られた。

キーワード : 金属 3D プリンター, 金属組織

Basic Characteristics of Al Alloy Fabricated by Selective Laser Melting

Monozukuri R&D Center; Kiyokazu HIMI,

Material Technology Section; Takafumi YAMAMOTO, Jyunji SUMIOKA, Tomoaki ISHIKURO

In this study, the basic characteristics of Al alloy fabricated by Selective Laser Melting (SLM) were investigated. We confirmed the characteristic of 3D printer that there are different metal structures between horizontal direction and vertical direction of molded sample. Then we found that relative density of samples depends on energy density a great deal, and there is a tendency that relative density is higher if energy density is higher.