

# パウダーベッド方式の金属 3D プリントで造形したアルミニウム合金の機械的特性に及ぼす造形姿勢の影響

材料科 植松俊明 望月智文 田光伸也 菅野尚子  
機械電子科 大澤洋文

## Effect of Build Orientation on Mechanical Properties of Additively Manufactured Aluminum Alloy Using Laser Powder Bed Fusion

UEMATSU Toshiaki, MOCHIZUKI Tomofumi, TAKO Shinya  
KANNO Naoko, and OOSAWA Hirofumi

Keywords : Additive Manufacturing , aluminum alloy, mechanical property, build orientation

パウダーベッド方式の金属 3D プリントで造形したアルミニウム合金の機械的特性に及ぼす造形姿勢の影響を検討した。造形条件はレーザ出力を 650W、走査速度を 1,850mm/s、走査間隔を 0.17mm、積層厚さを 0.06mm とし、造形姿勢はベースプレートの上面に対して 0°、45°、90°とした。造形物の金属組織が微細化したことで引張強さと耐力の造形姿勢の違いによる差は小さくなったが、引張試験時の亀裂の進展経路は造形姿勢によって異なり、破断点伸びに異方性が強く現れた。

キーワード：積層造形、アルミニウム合金、機械的特性、造形姿勢

### 1 はじめに

パウダーベッド方式（以下、PBF 方式）の金属 3D プリントは、金属粉末をレーザによって局所的に溶融・凝固し、数十 $\mu\text{m}$ ずつ積層することで従来の加工方法では不可能な複雑な形状を造形できる。しかし、造形物には局所加熱によって積層方向に依存した異方性を有する特徴的な金属組織が現出する。金属組織の異方性は、造形物の機械的特性にも影響を及ぼすことが知られており、使用する造形条件における造形物の異方性を把握することは造形物を使用する上で重要である。本研究では、造形物を積層方向に対して複数の角度に傾けて造形し、造形姿勢がアルミニウム合金の機械的特性に及ぼす影響を検討した。

### 2 方法

金属粉末は市販のアルミニウム合金粉末 AlSi10Mg（東洋アルミニウム(株)製）を用いた。造形は PBF 方式の金属 3D プリント SLM280（Nikon SLM Solutions AG）を使用した。造形条件

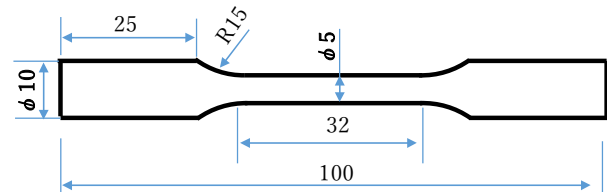


図 1 引張試験片形状

は造形物の相対密度が 99.9%程度となる積層厚さ 0.06mm、レーザ出力 650W、走査速度 1,850mm/s、レーザ間隔 0.17mm、ベースプレート温度 150℃とした。造形姿勢は造形物がベースプレートの上面に対して 0°、45°、90°とした。造形物は図 1 に示す JIS Z 2241(2022) の 14A 号引張試験片に削り代を 0.5mm 付与した形状で、切削加工で試験片の寸法に仕上げた。金属組織は、造形姿勢 90°の造形物から小片を切り出し、鏡面研磨後にケラー試薬でエッチングして金属顕微鏡 MA200（ニコン(株)）で造形物の積層方向に対して垂直方向から観察した。引張試験は精密万能材料試験機 AG-250kNXplus（(株)島津製作所）を用い、クロスヘッド速度 1 mm/min で荷重を加えて、引張強さ、耐力、破断点

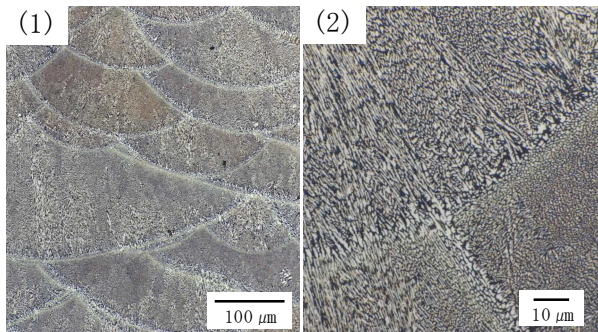


図2 造形物の金属組織  
(1) 鱗状模様、(2) 熔融池痕底部

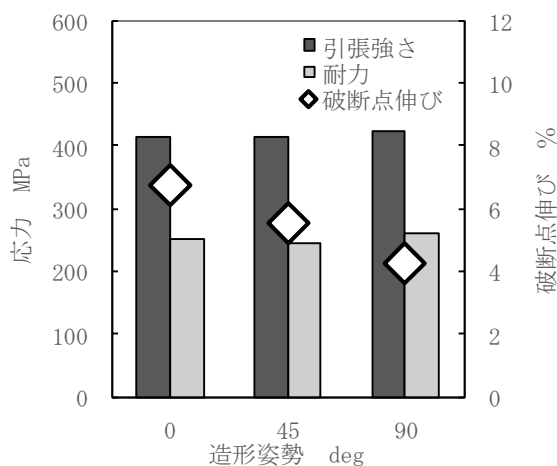


図3 造形姿勢による機械的特性の変化

伸びを求めた。試験片の破断面は電界放射型走査電子顕微鏡 JSM-7610FPlus (日本電子㈱) で観察した。

### 3 結果および考察

造形物の金属組織を図2に示す。金属組織は図2(1)のように100 μm以上の円弧からなる鱗状を呈していた。この鱗状模様はレーザによって局所的に熔融凝固したときの熔融池痕である。熔融池痕の底部を拡大すると図2(2)に示すように熔融した金属が固体の金属に接触することで急冷凝固した微細な等軸晶となっていたが、それよりも上部は柱状晶内に微細なα-AlとSiの共晶組織が観察された。また、柱状晶内のSiは積層方向に伸長した形でネットワークを構成していた。

次に各試験片の引張強さ、耐力、破断点伸びを図3に示す。試験片の引張強さと耐力は造形姿勢90°でわずかに高かったものの造形姿勢の違いによる影響は小さかった。破断点伸びは造形姿勢0°で7%程度を示し、造形姿勢0°、45°、90°の順に

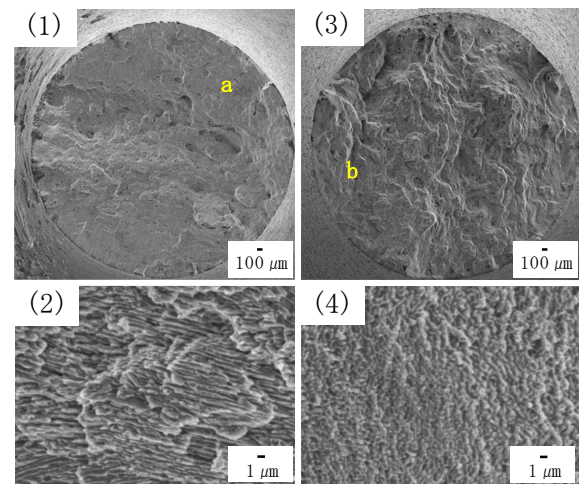


図4 引張試験後の破断面  
(1)0° 全体、(2)0° a部拡大  
(3)90° 全体、(4)90° b拡大

低下する傾向で異方性が強く現れた。

次に造形姿勢0°及び90°の引張試験後の破断面を観察した結果を図4に示す。造形姿勢0°の破断面は全体的に凹凸は小さく、a部には細長い微細な模様が確認できた。一方、90°の試験片の破断面は凹凸が大きく、b部には1 μm程度の微細な模様が確認できた。これらの模様は等軸晶と柱状晶の金属組織に起因したものと考えられ、造形姿勢0°では主に柱状晶内を、90°では熔融池痕の底部を亀裂が進展したと推測される。

以上のことから、造形物の引張強さと耐力に及ぼす造形姿勢の影響は金属組織が微細化したことで小さくなったものの、柱状晶内は積層方向にSiが伸長したことで積層方向がわずかに高強度となり、造形姿勢によって亀裂の進展経路に違いや破断点伸びの異方性が発生したと考えられる。

### 4 まとめ

PBF方式の金属3Dプリンタで造形物の造形姿勢がアルミニウム合金の機械的特性に及ぼす影響を検討した。造形物の引張強さと耐力は造形姿勢の違いによる差は小さいが、破断点伸びは異方性が強く現れた。造形物の機械的特性は結晶粒サイズと共晶Siのネットワークに影響を受けるため、レーザ出力や走査速度の違いによって造形物の機械的特性は変化すると考えられる。