

アルミニウム合金粉末を用いた 3D プリンティング

キーワード：3D プリンタ、金属粉末レーザ積層造形、アルミニウム合金

1. はじめに

金属粉末レーザ積層造形法(SLM)は、金属系 3D プリンティングの一種であり、3D-CAD データに基づいて、金属粉末を原料として一層ずつレーザ照射により熔融、積層しながら三次元の構造体を造形する加工法です。SLM は、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ます。中でもアルミニウム系粉末を用いた SLM は、その低比重・高熱伝導性を活かし、航空宇宙、産業機械や自動車分野等において、軽量化部材や熱交換器のような熱制御部品への応用が期待されています。

本報では、アルミニウム SLM 材として広く用いられている Al-10%Si-0.4%Mg(ダイカスト用合金：JIS-ADC3 相当、ISO-AISi10Mg)合金粉末を用いて、最適なレーザ照射条件にて作製したアルミニウム造形体の組織と機械的性質および熱処理による機械的性質の変化について紹介します。

2. 造形体の組織

レーザ照射条件(出力、走査速度、走査間隔)を変化させて作製した Al-10%Si-0.4%Mg アルミニウム合金造形体の密度を測定し、最も高い密度が得られる条件として、最適なレーザ照射条件を決定しました¹⁾。最適条件にて作製した造形体の水平断面の光学顕微鏡(OM)写真を図 1 に示します。欠陥のほとんどない高密度体(相対密度 99.9%)が得られていることがわかります。

次に、エッチングにより金属組織を現出した造形体の(a)水平および(b)鉛直断面の走査電子顕微鏡(SEM)写真を示します(図 2)。(a)の水平断面では、0.5 μm 以下の極めて微細なデンドライトセル状組織を呈しており、(b)

の鉛直断面では、セル状組織が積層方向すなわち熱流方向に沿って伸長した組織形態となっています。これらの微細組織は、レーザ照射により瞬時に溶解、急冷凝固することで得られたと考えられ、SLM 特有の組織形態です。

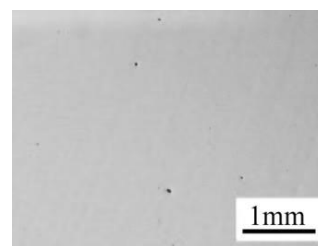


図 1 造形体の断面 OM 像

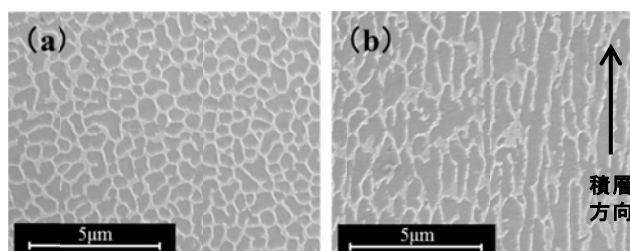


図 2 造形体の断面 SEM 像
(a)水平断面、(b)鉛直断面)

3. 造形体の機械的性質

造形体の引張試験片の採取方向を図 3 に、造形体の機械的性質を図 4 に示します。図 4 中には、比較として同組成のダイカスト材(HPDC-F 材)の機械的性質も併せて示しています。造形体は、0°材、90°材いずれも引張強さは 450 MPa 以上、0.2%耐力は 220 MPa 以上、破断伸びは約 10%であり、ダイカスト材に比べて大幅に優れていることがわかります。これは、造形体の相対密度がほぼ 100%であることに加え、造形体の組織が上述のように微細なセル状から成ることに起因すると考えられます。

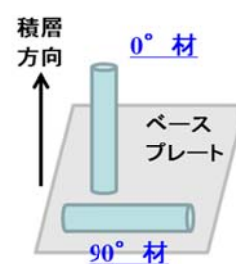


図 3 引張試験片の採取方向

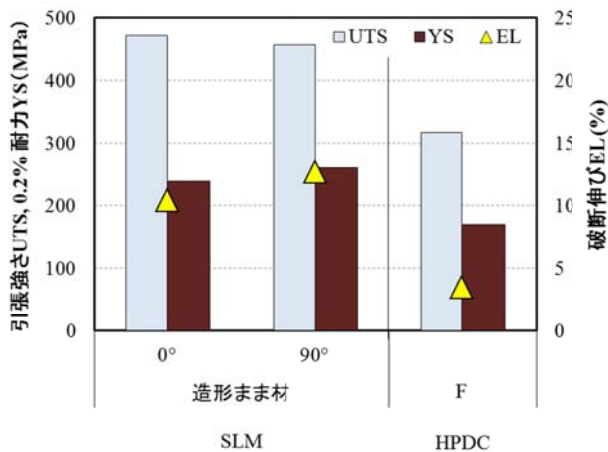


図 4 造形体の機械的性質

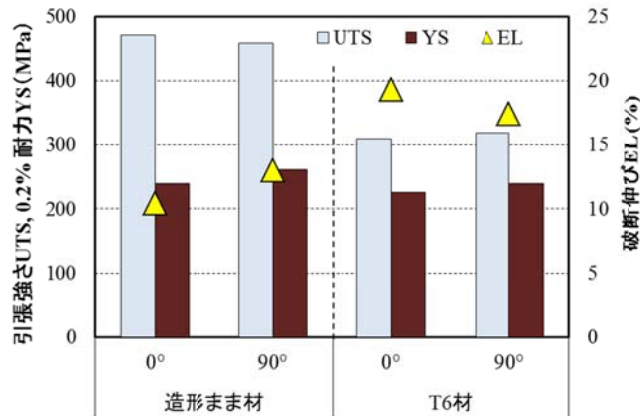


図 6 熱処理(T6)材の機械的性質

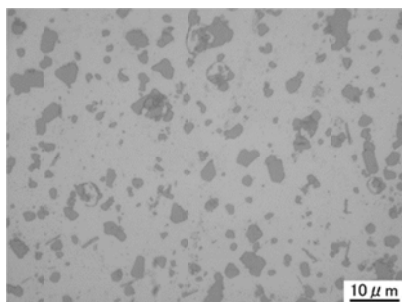


図 5 熱処理(T6)材の断面 OM 像

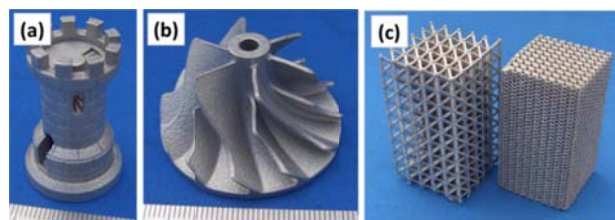


図 7 アルミニウム SLM 造形物の一例 ((a)チェスの駒、(b)インペラ、(c)ラティス構造体)

4. 熱処理材の機械的性質

図 5 に、溶体化処理(530 °C×6 h→水冷)後に時効熱処理(165 °C×6 h)を施した造形体(T6 材)の水平断面の OM 写真を示します。T6 材ではセル状組織は消失し、Al 主体のマトリックス中に 10 μm 以下の Si を主体とした粒状析出相が分散した組織形態となっています。

図 6 に、T6 材の機械的性質を示します。T6 材は造形まま材と比べて、引張強さは 300 MPa 程度まで低下するものの、伸びは 17~19% まで向上しています。伸びが向上した理由は、Al 主体のマトリックスが連続的に連結したためと推測されます。一方、強度の低下は、T6 材中に分散している粒状析出相が最大 10 μm 程度であり、造形まま材における 0.5 μm 以下の微細セル状組織と比較して、相対的に粗大化したことに起因すると考えられます。

5. 造形事例

図 7 に、アルミニウム SLM 造形物の一例を示します。(a)内部構造を有する部材、(b)曲面形状部品、(c)微細格子構造体など、3D プリンティングとしての設計自由度を活かした構造体を造形することが可能です。

6. おわりに

アルミニウム SLM は、複雑形状の造形が可能であると共に、その造形体は微細組織を形成することで優れた機械的性質を示すことがわかりました。当所では、今回取り上げた Al-10%Si-0.4%Mg 合金¹⁾以外にも、様々なアルミニウム系粉末を用いた SLM の造形技術開発に取り組んでいます^{2~4)}。

本技術に関する依頼試験や受託・共同研究をお受けしておりますので、ご興味がありましたら担当までお問い合わせください。

参考文献

- 1) 木村貴広, 中本貴之: 粉体および粉末冶金, 61 (2014) 531-537.
- 2) T. Kimura, T. Nakamoto: Materials & Design, 89 (2016) 1294-1301.
- 3) 木村貴広, 中本貴之: 軽金属, 66 (2016) 167-173.
- 4) T. Kimura, T. Nakamoto, M. Mizuno, H. Araki: Materials Science and Engineering A, 682 (2017) 593-602.