

レーザー粉体肉盛法による微細造形技術の開発

機械金属部 ○山下順広 舟田義則 廣崎憲一 根田崇史

1. 目 的

近年、金属 3D プリント技術の一つとして、レーザー粉体肉盛法（Laser Metal Deposition, 以下LMDと示す）が注目されている。これは、薄く敷いた原料粉末の面に、造形したい箇所のみレーザー照射して固化し、これを繰り返して積層する一般的な方法と異なり、必要な部分にのみ粉末を連続的に供給しながらレーザーで熔融・固化する技術である。LMDは、用意する粉末が少なく済むことや、製品に対して部分的な形状付加が容易であるなどの特長がある。しかし、現状の市販装置では、kW級の大出力レーザーを用いることや粉末の供給精度が低いことなどから、薄肉部品や微細部品に対する精密造形が難しいという課題がある。

そこで本研究では、薄肉部品や精密部品に対して微細な造形が可能なLMD技術を開発した。

2. 内 容

2. 1 面直噴射型LMD装置

市販のLMD装置は、原料粉末を斜め方向から供給しており目標とする位置への粉末の集束性が悪く、微小な範囲へ正確に粉末供給することが難しい。そこで、本研究では、図 1 に示すように、レーザー加工ヘッドの中心に配置した粉末供給ノズルから母材に対して面直方向（面に対して垂直な方向）に粉末を噴射供給すると同時に、斜め方向からレーザーを照射して加熱することで造形を行う面直噴射型LMD装置を試作した。この装置は、複数の半導体レーザー（波長 915nm, 最大出力 150W）を搭載し、原料粉末供給ノズル（口径 $\phi 0.4\text{mm}$ ）と同軸上の一点に全てのレーザー光が集光される。このときの集光径は、 $\phi 0.4\text{mm}$ とした。

また、薄肉や微細部に造形するためには、微量の原料粉末を定量供給できる高精度な粉末供給機が必要である。そこで、粉末の凝集による詰まりを加振により抑止した粉末供給機を試作した。本装置は、チューブを介してレーザー加工ヘッドに接続され、高圧ガスを流すことでヘッド内のノズルより噴射供給している。

上述のレーザー加工ヘッドおよび高精度粉末供給機を搭載した面直噴射型LMD装置の外観を図 2 に示す。装置には、X軸、Y軸、Z軸および回転 2 軸からなる 5 軸の位置決め装置が組み込まれており、ワークを移動させながら造形している。

2. 2 ビード形成実験

厚さ2mmのステンレス鋼板（SUS304）に直線状のビードを形成する実験を行った。使用

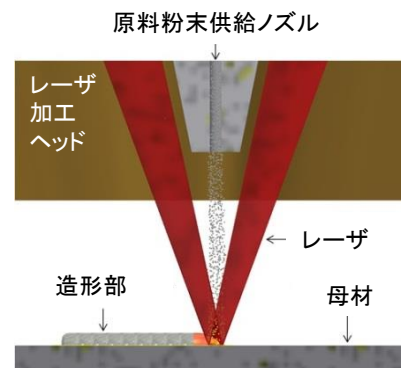


図 1 面直噴射型LMD



図 2 試作LMD装置

した原料粉末は平均粒径 $\phi 40 \mu\text{m}$ のNi基自溶合金である。レーザ出力40W，送り速度10mm/sの条件で実験を行ったところ，図3に示すような半球型のビード断面が形成された。断面からビードの幅，高さおよび溶け込み深さを計測した結果，それぞれ151 μm ，61 μm ，29 μm であった。市販のLMD装置は，造形可能な最小のビード幅は0.5mmと広く，最小の溶け込み深さは0.2mmと深い，本装置を用いれば溶け込みの浅い微細な幅のビード形成が可能である。

2. 3 部分造形実験

$\phi 4\text{mm}$ のツイストドリル（材質：ハイス鋼）の刃先に超硬粉末（平均粒径 $\phi 30 \mu\text{m}$ ）を用いたビード造形を行った。レーザ出力80W，送り速度3mm/sの条件で実験したところ，図4に示すような約0.3mmの幅のビードが形成され，鋭利な刃先上であっても造形可能であることが確認された。

2. 4 積層造形実験

厚さ 2mmのステンレス鋼板（SUS304）に，図 5 に示すような角丸四角形状（20mm角）を積層造形する実験を行った。使用した原料粉末は平均粒径 $\phi 30 \mu\text{m}$ のSKD11 である。レーザ出力 100W，送り速度 10mm/sの条件で実験を行い，1 層目の造形高さが 0.06mmであったことから 0.06mmずつ積層毎に試料台を下げて造形を行った。10 層毎に造形高さを測定した結果を図 6 に示す。10 層から 50 層まで直線的に増加し，造形初期から一定に積み上げられていることがわかる。図 5 は，50 層造形後の観察状態である。形状が崩れることなく，角丸四角形を輪郭として約 0.7mm幅の薄壁を 3mmの高さまで造形できることを確認した。

3. 結 果

本研究では，原料粉末をレーザ加工ヘッドの中心から噴射供給可能な面直噴射型 LMD 装置を開発し，これを用いて造形実験を行った。得られた結果を以下に示す。

- (1) 厚さ 2mm のステンレス鋼板上にビードの幅 151 μm ，高さ 61 μm および溶け込み深さが 29 μm の微細で溶け込み深さの小さなビードを形成できる。
- (2) ドリル刃先の鋭利な形状部において，硬質材（超硬）を約 0.3mm 幅で部分造形できた。
- (3) 20mm 角の角丸四角形を輪郭とする約 0.7mm 幅の薄壁では，3mm の高さまで形状が崩れることなく積層造形できた。

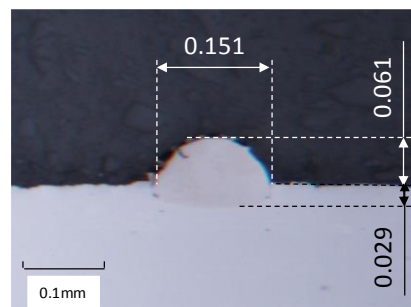
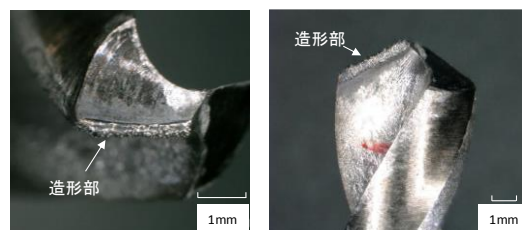


図 3 ビード断面



(a) 逃げ面 (b) すくい面

図 4 ドリル刃先における部分造形

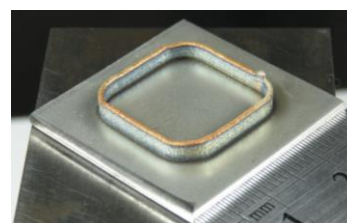


図 5 積層造形物

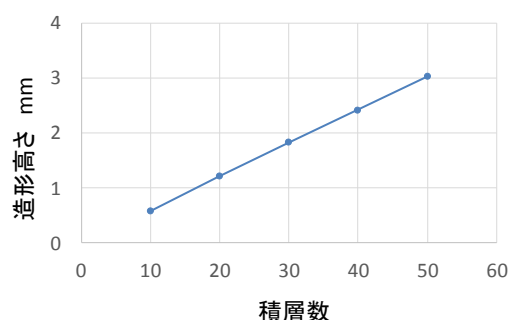


図 6 積層数における造形高さ