

高速かつ高精細な 金属3Dプリンタ

独自の造形ノズルで359 cm³/h の高速造形を実現

東芝と東芝機械(株)は、従来よりも高速な造形を実現する金属3D(3次元)プリンタの試作機を共同開発しました。

レーザ方式の金属3Dプリンタでは、造形速度の向上が大きな課題でした。そこで、試作機では、一般のパウダベッドフュージョン方式に替えて、ノズルから金属パウダを噴射すると同時にレーザ光を照射することで金属パウダを溶融、凝固させて造形を行うレーザメタルデポジション(LMD)方式を採用し、高速化しました。

また、造形速度を更に向上させるために出力6 kWのレーザを適用し、高精細造形のために流体シミュレーションを活用して高収束ノズルを開発しました。その結果、359 cm³/hの造形速度と0.3 mmの造形幅を実現しました。

金属3Dプリンタの課題

金属を原料として造形する金属3Dプリンタの特長は、

- (1) 目的の構造物を3Dデータからパーツ分割なしで直接製作可能
- (2) 切削加工だけでは製作不可能な構造を形成可能

などが挙げられます⁽¹⁾。また、必要な部分だけを造形できるため、ニアネットシェイプ作製による材料費削減が可能で、省エネルギーの観点からも注目を集めています。金属3Dプリンタは、金属部品や製品の製造工程を変革する技術として、展開が期待されていますが、従来の金属3Dプリンタの造形速度や、精度、最大造形サイズには課題があります。

そこで今回、東芝と東芝機械(株)は、従来⁽¹⁾よりも高速な造形が可能なレーザメタルデポジション(LMD)方式の金属3Dプリンタの試作機を開発しました(図1)。

LMD方式

LMD方式は、構造物に金属パウダを噴射すると同時にレーザ光を照射し、金属パウダを溶かしながら造形する手法です(図2)。

レーザ光をベースプレートに照射すると溶融プールが形成されます。金属パウダは、ノズルからキャリアガスとともに噴射され、形成された溶融プールに収束されて溶融した後、冷却されることで凝固します。

LMD方式は、従来のパウダベッドフュージョン方式に比べ、①高出力レーザが使用できるため造形速度が速い、②加工点の酸化防止に局所パージを使用することで、パージ用の不活性ガスを保持する筐体(きょうたい)が不要となり、大型造形に対応できる、③金属パウダの供給経路を切り替えることで複層造形(異種金属の造形)ができる、という利点があります。

試作機の特長

試作機は、ファイバレーザ、金属パウダを一定量供給するパウダフィーダ、金属パウダを収束する造形ノズル、造形物を覆う筐体、及び表面処理を行うレーザポリッシュ機構で構成されています。



図1. 開発した試作機 — 試作機の外観(左)と、ステンレス(SUS316L)の金属パウダで直径30 mmの円筒を造形している様子(右)です。高速な造形が可能なLMD方式を採用しています。

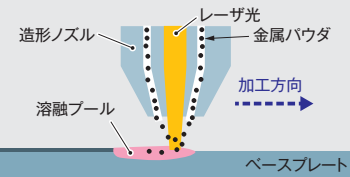


図2. LMD方式の模式図 — 構造物に金属パウダを噴射すると同時にレーザ光を照射し、金属パウダを溶かしながら造形を進める方式です。

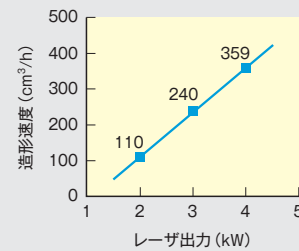


図3. レーザ出力と造形速度の関係 — インコネル718を使用し、寸法100(幅)×100(長さ)×10(高さ)mmの試験片を造形した時間から造形速度を算出しました。造形速度は、レーザ出力に応じて増加し、4 kWのときに最大で359 cm³/hを実現しました。

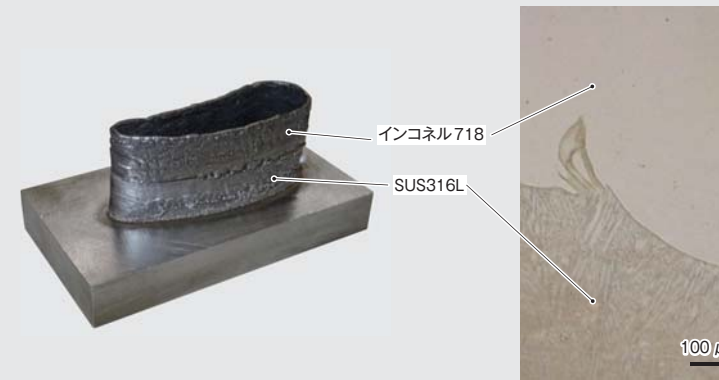


図4. 複層造形の例 — SUS316Lの造形物の上にインコネル718を造形したサンプルの外観(左)と断面(右)です。複層の境界に割れなどがなく、正常に接合されています。

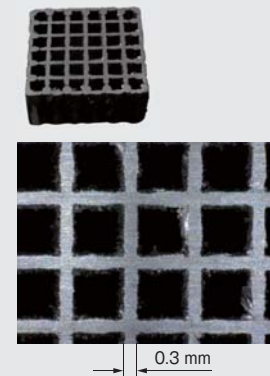


図5. 高精細造形の評価サンプル — SUS316Lで、造形幅が約0.3 mmと高い分解能での造形を実現しました。

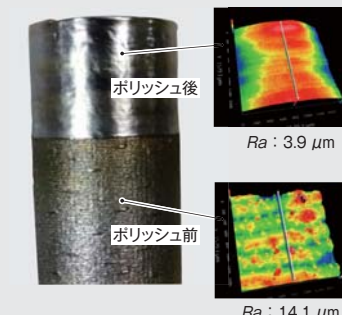


図6. レーザポリッシュの評価サンプル — SUS316Lを用いて造形した直径30 mmの円筒をレーザポリッシュすることで、Raが14.1 μmから3.9 μmに低減しました。

レーザ光源にはファイバレーザを採用し、最大6 kWの出力が可能なため、高速造形に適しています。造形ノズルは、流体シミュレーションを活用して独自に設計し開発したものです。最小で0.7 mmの収束径を実現し、高精細な造形に対応できると同時に、溶融プール内に金属パウダを確実に噴射でき、金属パウダの利用効率を高めることができます。このレーザ光源と造形ノズルにより、高速造形と高精細造形の両立を実現しています。

金属パウダの材料は、ステンレスや、ニッケル基合金、鉄などに対応しており、供給経路を切り替えることで、材料を部分的に変化させた複層造形も可能です。造形物を載せるステージが縦と

横の水平方向に移動し、ノズルが積層ごとに高さ方向に移動する構成で、最大300(幅)×300(長さ)×100(高さ)mmの造形サイズに対応しています。また、筐体内には、後処理用のレーザポリッシュ機構が付属しています。この機構により、造形物表面にレーザ光を照射して表面を再溶融させ、表面張力を利用して表面粗さを小さくできます。

造形サンプル

造形速度は、レーザ光で溶融できる金属パウダの量に依存するため、レーザ光の出力に伴って向上し、4 kWのときに最大で359 cm³/hの造形速度が実現できています(図3)。

複層造形の例を図4に示します。長

さ約50 mmの翼形状を模擬した形状で、ステンレス(SUS316L)の造形物の上にインコネル718を造形しました。両材料は比較的近い物性値を持つため、複層の界面に割れなどが発生せず、正常に造形できています。

高精細造形の性能評価のため、寸法10(幅)×10(長さ)×7(高さ)mmで、6×6マスのメッシュ形状を造形しました(図5)。1本の造形幅は約0.3 mmと高い分解能で造形できることを実証しました。

レーザポリッシュ評価のため、この試作機で造形した直径30 mmの円筒をポリッシュ加工しました(図6)。レーザポリッシュ後の表面には光沢があり、その表面粗さを3次元計測器で測定した結果、算術平均粗さRaが14.1 μmから3.9 μmに低減していることがわかりました。

今後の展望

社会インフラ機器部品などの製造工程に金属3Dプリンタの適用を進め、生産効率の向上を目指すとともに、東芝機械(株)による開発した試作機の製品化を進めます。

この研究は、経済産業省の委託事業「三次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム(次世代型産業用3Dプリンタ技術開発及び超精密三次元造形システム技術開発)」におけるプロジェクト「次世代型産業用3Dプリンタ技術開発」で実施したものです。

文献

- (1) 京極秀樹. 3Dプリンターの開発動向. レーザ研究. 42, 11, 2014, p.833-837.

塩見 康友

生産調達統括部
生産技術センター
光技術研究部研究主務