

金型のガスベントを自由に配置でき、複雑形状や薄肉の铸造を可能にする

金属積層造形機（金属 3D プリンター）を使用して、小径穴を造形する技術を開発しました。既存の金属積層造形機では、造形することが困難であったφ 0.3 mm 以下の穴を造形することが可能になり、金型製造などへの応用が期待されます。

金属 3D プリンターで金型を作りたい

多彩な铸造品が現代社会を支えています。铸造には砂型铸造と金型铸造がありますが、安定した寸法精度が求められ、大量生産される自動車部品などや、プラスチック製品の射出成形などでは、金型が用いられます。金型に溶融した金属や樹脂を流し込む際に、金型内部の空気や発生したガスを適切に排出しなければ、ガス巻き込み不良や湯回り不良などの欠陥が生じる恐れがあります。

金型にはガスベント（エアベント）と呼ばれる排気用の小さな穴が開けられています（図 1）。溶けた金属や樹脂が流れ込まないガスベントの大きさはφ 0.1 mm とされていますが、これは従来の金属 3D プリンターでは実現が難しい大きさでした。金属 3D プリンターは、切削加工などで作ることが難しい形状の金型を作ることができますが、ガスベントも同時に造形できれば、製造コストの大幅な削減が期待できます。また、ガスベントの位置も自由に設計できるため、複雑形状の铸造が可能になります。都産技研では、金属 3D プリンターによるφ 0.2 mm やφ 0.1 mm の穴形状試作の相談が以前からあったこともあり、小径穴造形技術の開発を行いました。

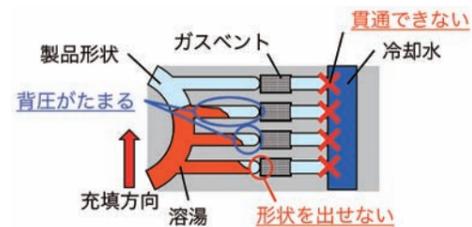


図 1 金型とガスベント
金型には製品の形状をした空間のほかにも、溶けた金属を流し込む湯口、金属が流れる湯道、ガスベントなどが設けられている。

越えることのできないφ 0.3 mm の壁

金属 3D プリンターによる造形にはいくつかの方法がありますが、今回の開発では金属粉をレーザーで焼結して積層造形を行うパウダーベッド（粉末床溶融結合）タイプのプリンターを使用しています。微細な金属粉を焼結するといっても、ミクロで観察すれば、その表面には原料粉末に由来する凹凸が生じています。小径の穴形状を造形する場合、積層が進んでいくと（穴の長さが長くなっていくと）、十分な空間を構成できず、閉塞してしまいます。そのため、従来の形成プロセスではφ 0.3 mm 以下の穴形状の安定した造形をすることができませんでした。

φ 0.1 ~ 0.5 mm、穴長さ 1 ~ 20 mm の試験片を造形して流れる空気量を測定したところ、φ 0.2 mm とφ 0.1 mm ではほとんど空気が流れず、閉塞していることが確認できました。さらに、積層プロセスを観察することで、閉塞の原因が造形部位以外に固着したり、熱影響部からはみ出す形で固着したりしている粉末であることが分かりました（図 2）。

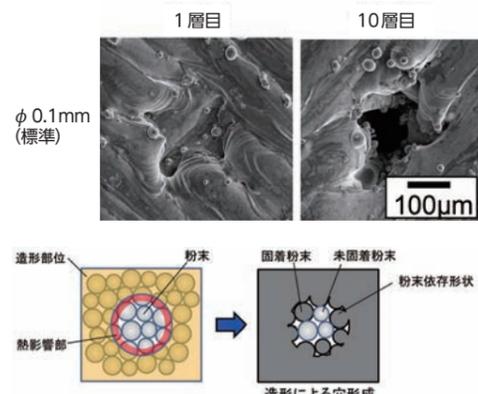


図 2 造形穴形成プロセスの把握
17-4PH ステンレス鋼粉を用いて穴形成過程を観察した結果

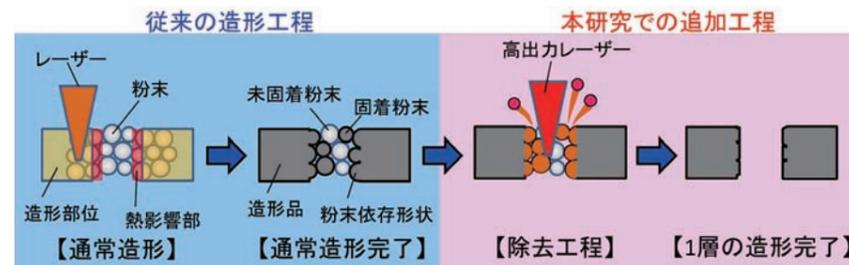


図 3 改良された造形プロセス
従来の造形工程の後に、除去工程を追加することで、造形精度の向上を実現

レーザー加工技術を応用し、穴の形を整える

造形物表面の凹凸を少なくするためには、原料粉末により小粒径の粉末を使うアプローチがあります。しかし、原料粉末があまり微細になりすぎると取り扱いが難しくなるという課題がありました。レーザー加工の技術を使用すれば、不要な部分を除去することができます。具体的には、穴を塞ぐ形で固着している粉末に高出力レーザーを照射して、不要な部分を吹き飛ばすといったイメージで除去します。この工程を通常の造形工程が完了するたびに行います（図 3）。

金属 3D プリンター（都産技研保有の ProX300）が 17-4 PH ステンレス鋼の造形を行う際のレーザーの出力は通常 135 W 程度ですが、除去工程では 450 W 近い出力でレーザーを照射します。除去工程のレーザー照射は、原料の金属粉末を溶融させるエネルギーを持っています。そのため、照射時間を適切に調整しないと溶融した金属で穴を塞ぐことになってしまいます。レーザーの出力と走査速度の組み合わせを検討して、最適な条件を求めました。新しい造形プロセスでφ 0.1 mm の穴形状試験片を造形して空気の流量を測定したところ、従来法では閉塞していた小径穴造形が導通していることが分かりました（図 4）。

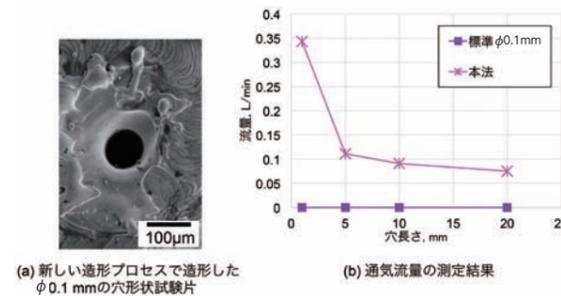


図 4 開発プロセスによるφ 0.1 mm の穴造形

専用機を試作して、さらに高度化を目指す

今回の開発で、小径穴造形が技術的に可能であることが明らかになりました。この造形プロセスを用いることで、φ 0.1 mm の穴形状を長く伸ばしたり、曲線で造形することも可能になりました（図 5）。

従来の金属積層造形では困難だった小径穴造形を実現でき、曲線孔のような複雑流路の造形も可能になったことで、3D プリンターの特長である自由な造形力を活かした金型製造への道が開けました。この技術は铸造や射出成形による薄肉化や一体化による軽量化、内燃機関などの冷却機構の最適化にも適用が可能です。自動車や航空宇宙に加え、医療分野などでも高付加価値製品を生み出すことが期待されます。

しかし、新しい造形プロセスはこれで完成した訳ではありません。開発を進めていく上で、除去工程のレーザー出力はより高出力が必要だと感じていました。現在、高出力のレーザーを搭載した金属 3D プリンターを試作しているところです。将来は穴形状の造形精度だけでなく、造形物表面の凹凸の低減にも適用できると考えています。都産技研では今後もこの技術による金属積層造形技術の高付加価値化を目指していきます。



図 5 開発技術の応用



3D ものづくりセクター
副主任研究員
ちば ひろゆき
千葉 浩行

お問い合わせ
3D ものづくりセクター
(本部)
TEL 03-5530-2150