

# 金属積層造形技術による高機能金型の開発

材料技術課 山本貴文 住岡淳二 林千歳\*1

## 1. 緒言

3Dプリンタは付加製造プロセスとして位置づけられ、従来の加工法では作製が困難な形状を容易に作製できる方法として注目されている。その中でも、金属積層造形法による造形物は、レーザの高出力化に伴い、材料によっては密度99.9%以上を達成するに至り、従来製法と同等以上の機械的特性を示している。一方で、3次元形状データを中心としたデジタルものづくり技術の重要性も提唱されており、CAD/CAE/AM(Additive Manufacturing)の連携活用による効率的なプロセスの構築が期待されている。

本研究では、金属積層造形法による三次元水管金型を用いた鋳造シミュレーションと重力鋳造との比較検討を行い、3次元形状データを活用したシミュレーションにより事前に結果をある程度予測した上で、AMによる金型の創製が可能であることを確認したため、その概要について報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 金属積層造形法による三次元水管金型の作製

Fig. 1(左)に示す階段形状の金型が得られるよう、金属積層造形に用いる3次元形状データを作成した。この際、金型の階段形状表面から水管中心までの距離を7.5mmで一定となるように配置した。造形材料にはマルエージング鋼を用い、造形後には後加工

(フライス加工、磨き加工)及び熱処理(490℃×6H、空冷)を行った。なお、対となる金型にはSKD材を用い、Fig. 1(右)に示す金型を切削加工により作製し、重力鋳造に用いた。

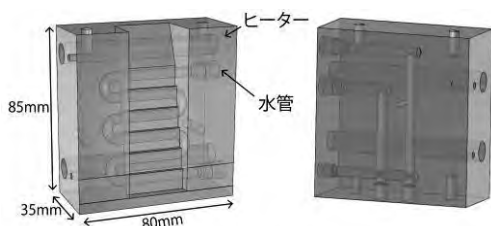


Fig. 1 金型設計モデル

### 2.2 鋳造シミュレーション解析と重力鋳造実験

鋳造シミュレーション解析ソフトウェアにはオリカ社製JSCASTを使用した。解析条件は後述の鋳造実験に基づいて入力し、溶湯等の材料物性値は既存の初期データを使用して設定した上で、湯流れ解析及び凝固解析を行った。解析により得られた金型温度分布を、鋳造実験の結果と比較することにより、三次元冷却水管の冷却効果について検証した。

また、重力鋳造実験には鋳物材料としてアルミ合金(AC4C)を用い、これを700℃で熔解させ、作製した金型を300℃に予熱した後に鋳造を行った。冷却効果を調査するために、水管に冷却水を流した場合と流さない場合で金型温度を測定した。なお、冷却水の流速は約1.5L/minとし、湯流れが完了した時点で冷却水を流した。

## 3. 実験結果、考察

### 3.1 金属積層造形法による三次元水管金型の作製

Fig. 2に金属積層造形及び後加工により作製した金型を示す。造形後の金型にフライス加工によりオフセット分を加工した後、磨き加工を施すことにより鏡面加工が可能であり、熱処理により硬さがHRC 53となることを確認した。

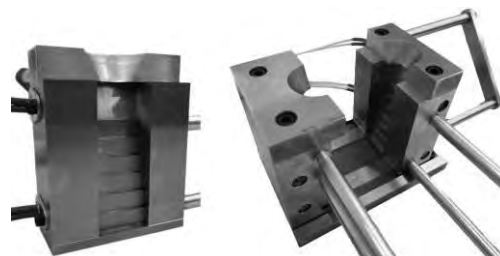


Fig. 2 作製した金型の写真

また、Fig. 3にエックス線CT測定による内部形状の観察を行った結果を示す。Fig. 3より、内部に階段形状に沿って冷却水管が蛇行している様子が確認されるとともに、階段表面から一定の距離を保って配置されていることを確認した。

\*1現 商工労働部 商工企画課

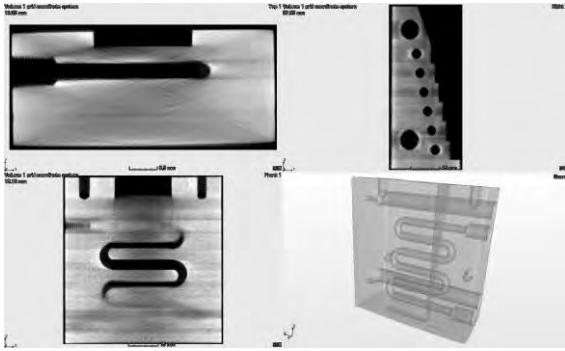


Fig. 3 エックス線CT測定の結果

### 3.2 鋳造シミュレーション解析結果と重力鋳造実験の比較検討

Fig. 1に示した金型を設計する際、造形前に3次元水管による冷却効果を把握するために鋳造シミュレーションを行い、凝固時の金型温度分布を予測した。凝固開始から約5秒後の金型温度分布を、Fig. 4に示す。

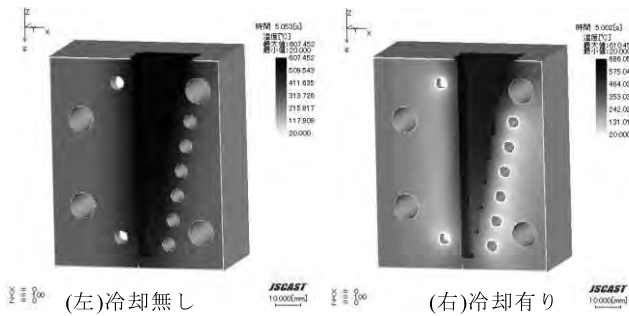


Fig. 4 凝固時の金型温度分布

また、Fig. 5には冷却水管周辺の温度分布を比較した結果を示した。これらの解析により、アルミ合金を材料とした重力鋳造における三次元水管の冷却効果を再現することが可能であり、階段形状の金型表面に対し均一な冷却効果が得られるという解析結果を得た。また、解析した金型温度の妥当性を検証

キーワード：金属積層造形、シミュレーション、三次元形状データ、金型

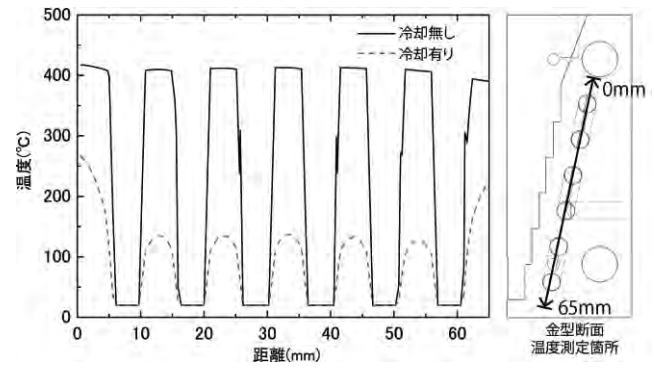


Fig. 5 冷却水管周辺の温度分布

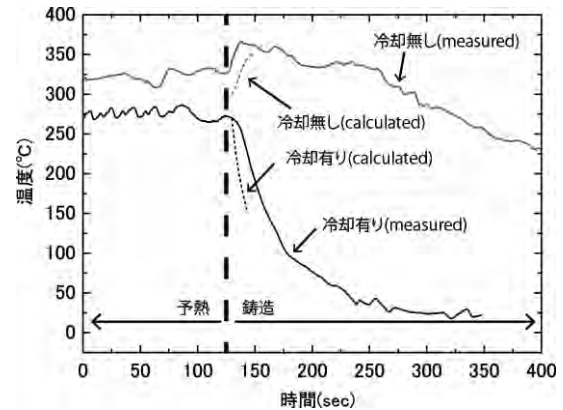


Fig. 6 金型温度変化の比較

するために、重力鋳造実験における金型温度の経時変化を測定し、解析結果との比較を行った。その結果をFig. 6に示す。解析により得られた金型温度変化は、「冷却有り」と「冷却無し」の場合のいずれも重力鋳造時と同様の傾向を示すことが確認され、その変化の程度も概ね一致することが明らかとなった。

以上より、3次元形状データを基にしたシミュレーション解析及び金属積層造形の連携活用が可能であり、事前の結果予測による問題点抽出と金型作製の効率化により高機能な金型を創製できる可能性を示した。

## Development of high-performance mold by direct metal laser melting method

Takafumi YAMAMOTO, Junji SUMIOKA, and Chitoshi HAYASHI (Toyama Industrial Technology Center)

We made a comparative review of casting simulated result and actual gravity casting process using a mold, which have complicated cooling water-pipes made by direct metal laser melting method. As a result, we confirmed that effects of cooling by complex pipes in a mold can be simulated on some level and a change in the temperature of the mold by casting simulation is generally consistent with that of gravity casting process. These results show that we can easily detect problems and modify CAD data before the building process by simulation analysis and direct metal laser melting method based on 3D model.