

金属3Dプリンタの活用展開(高機能金型への応用)

機械金属部 ○高野昌宏 吉田勇太 宮川広康 前川満良

1. 目的

金属 3Dプリンタは複雑な金型や部品を生産する製造装置として期待されている。実部品に造形物を使用する場合、強度等の品質面が重要であるが、一般に金属 3Dプリンタ造形物は疲労強度が低いことが知られている。また、3Dプリンタならではの複雑形状を効果的に活かした機能性の高い部品を設計することも非常に重要と考えられる。

そこで、本研究では耐久性、機能性に優れた射出成形金型の造形のため、疲労強度が向上する条件の検討、シミュレーションに基づく金型の水管設計、および金型造形を実施し、その効果について検証した。

2. 内容

2.1 疲労強度向上の検討

射出成形金型には高い圧力が繰り返し作用することから、疲労破壊による割れが問題となる。そこで、金型の長寿命化を目的に疲労強度と造形条件の関係を調べた。表 1 に試験サンプルのレーザ条件を示す。ここでは、疲労強度向上を目的にレーザを二度照射する方法についても併せて実施した。図 1 に疲労試験結果を、また図 2 に疲労破面を示す。疲労強度はエネルギー密度の増加に伴い向上し、二度照射では圧延材の 9 割程度まで疲労限度が向上した。また、疲労破壊の起点は粉末の未溶融による内部欠陥であることが破断面写真から明らかとなった(図 2 参照)。そこで、内部欠陥の大きさと疲労限度の関係を求めた結果を図 3 に示す。内部欠陥の大きさは統計処理によって得られた最大欠陥面積の平方根 $\sqrt{\text{area}}$ とした。最大欠陥面積と疲労限度には強い相関があり、疲労強度向上には内部欠陥を小さくすることが重要であることがわかる。それゆえ内部欠陥を微細化できる二度照射は、疲労強度向上に有効な手法である。

表 1 レーザ条件

| | | レーザ出力 [W] | 走査速度 [mm/s] | 走査ピッチ [mm] | 積層ピッチ [mm] | エネルギー密度 [J/mm ³] |
|---------|-------|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------------------------|
| 速度重視モード | | 500 | 1400 | 0.12 | 0.05 | 59.52 |
| 密度重視モード | | 420 | 1400 | 0.08 | 0.04 | 93.75 |
| 二度照射 | 1 度目 | 420 | 1400 | 0.08 | 0.04 | 187.5 |
| | 2 度目* | 420 | 1400 | 0.08 | 0.04 | |

*二度照射：Z 軸を変えず 2 回照射すること

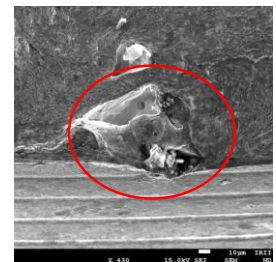


図 2 疲労破面

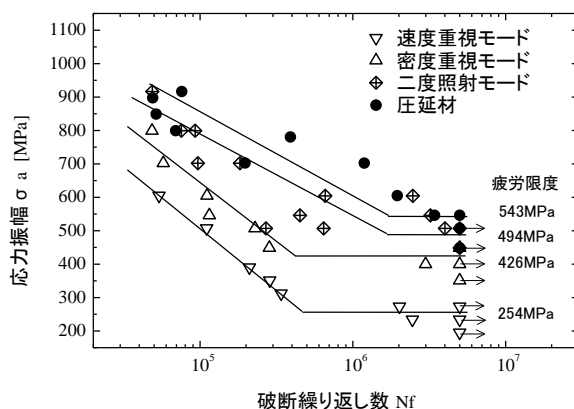


図 1 レーザ条件の違いによる疲労強度

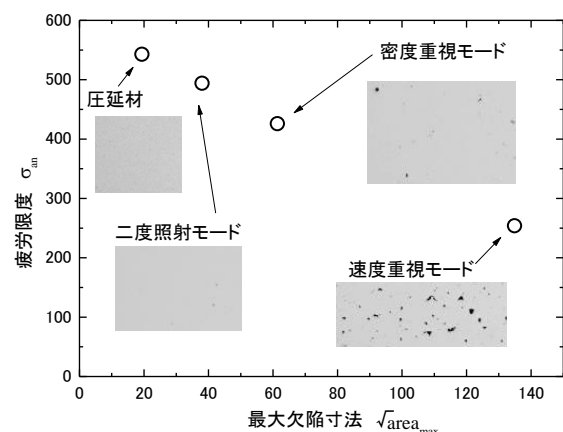


図 3 疲労限度と最大欠陥寸法の関係

2.2 高機能射出成形金型の設計

射出成形金型には溶融した樹脂を冷却するための水管を内部に形成しているが、従来の金型では加工上の制約により水管の形状が制限される。金属 3Dプリンタを用いれば複雑な冷却水管を自由に形成できるため冷却性能の向上が期待できる。そこで、成形時間の短縮と成形品の反り低減を目的に、内部に複雑水管を配置した。設計する水管形状を図 4 に示す。なお、成形品は反りが発生しやすい箱型形状とし、水管の形状は樹脂流動解析と構造解析により金型の冷却性能と強度を評価しながら、適正形状を決定した。

2.3 射出成形実験による効果検証

図 5 に示す 3D造形金型を用いて射出成形実験を行い、従来金型との成形時間、反り量を比較した。なお、射出条件は樹脂流動解析をもとに決定した。成形品の外観比較を図 6 に示す。従来金型の成形品は内側に反りが生じたのに対し、3D造形金型ではほとんど反りが生じていないことがわかる。反りの発生は温度ムラに起因するが、3D造形金型では成形品表面に近い位置に水管を高密度に配置することで、温度ムラがなく均一に成形品が冷却されたため、反りが大きく減少したと考えられる。図 7 に成形時間と反り量の関係を示す。3D造形金型では、成形時間が半分以下、反り量は 1/4 以下に低減できることが確認された。また、解析結果についても実験値と概ね一致しており、複雑な水管を効果的に設計するうえで樹脂流動解析は有効な手法といえる。

3. 結 果

本研究では、金属 3D プリンタを用いて高機能な射出成形金型を試作し、その効果を検証した。以下に得られた結果を示す。

(1) レーザの二度照射は、一度照射では抑止困難な未溶融による欠陥を微細化できるため、疲労強度向上に有効な手法である。

(2) 複雑な水管形状設計には、シミュレーションの活用が有効である。

(3) 金属 3D プリンタを用いて造形した高機能金型は、成形時間を 1/2 以下に、反り量を 1/4 以下に低減できる。

最後に、本研究の遂行にあたりご協力いただいた(株)ソディック、金沢大学の皆様に感謝します。

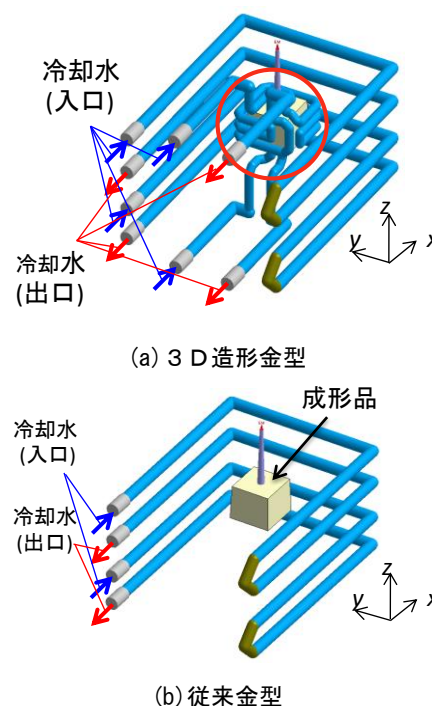


図 4 内部水管形状

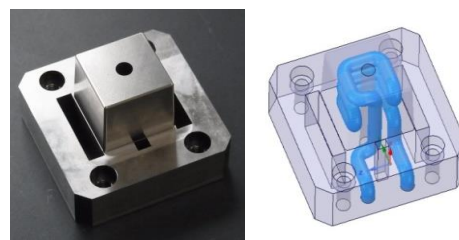


図 5 造形した金型と内部水管形状



図 6 成形品写真の比較

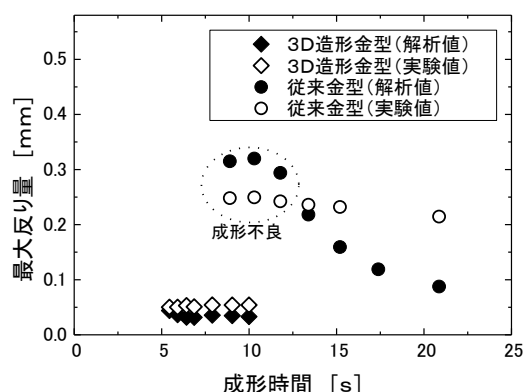


図 7 反り量と成形時間の関係