

金属光造形金型による射出成形の成形精度向上

金沢大学 ○末廣栄覚, 米山猛, 香川博之, 大原功 松下電工 阿部諭 宮丸精密金型 宮丸充

Accuracy Improvement in Injection molding using a Metal laser sintered mold

Kanazawa university Yoshiaki SUEHIRO, Tkakeshi YONEYAMA, Hiroyuki KAGAWA and Isao OHARA
And Matsushita Electric Works.Ltd Satoshi ABE and Miyamaru Co,Ltd Mitsuru MIYAMARU

Using an injection mold produced by a metal laser sintering combined with high-speed milling, cooling channels are arranged at effective positions. It promotes the cooling speed and improves the shape accuracy. In this research, spirally formed cooling channel was located between the ribs where heat accumulates and causes the temperature difference in the work piece. The effect of the reduction of the warp has been confirmed compared with a steel mold with conventional cooling channels. Analyzed temperature in the resin and the displacement of the warp agreed well with the experimental result.

1. はじめに

プラスチックの射出成形において金型内の樹脂が均一に冷却されないため、特にコーナー部や凹部を持つ成形品において、成形後の寸法精度や形状精度が低下する問題が生じる。本研究では近年発展している金属粉体のレーザ焼結及び切削加工（金属光造形複合加工法）を利用することにより、複雑な冷却水路を内部に持つ金型を製作し、冷却促進によるサイクルタイムの短縮や寸法精度向上の効果を確認する¹⁾。さらに射出成形シミュレーションを用いて樹脂温度とそりを解析し、金型設計に対して有効であることを見出す。

2. 成形対象と金型

金属光造形金型（以下光造形金型）による成形品の寸法精度向上を確かめるために、図1に示すリブ形状を持つ成形品を対象にした。この成形対象はリブの間に熱がこもりやすく、そりが発生しやすい。図1に示したそり測定ラインはリブ面を裏、平面を表として見た場合のものである。

光造形金型における水管配置を図2(a)に示す。比較として鋼材を切削加工して作る金型（以下鋼材金型）を製作し、切削加工で可能な水路を図2(b)のように配置した。従来の金型には熱のこもりやすいリブ間に水路が配置されておらず、リブの下に1本の水路（φ6）が配置されているのみである。光造形金型にはリブ間に楕円型（5×3）の水路が配置されている。金型造形後の縦断面を図3に示す。

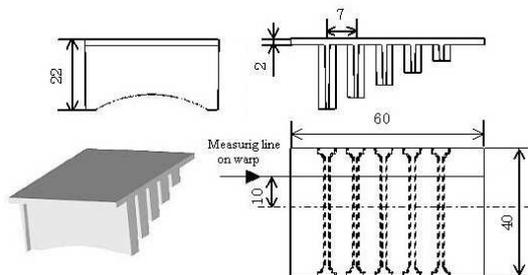


Fig. 1 Molding piece with Ribs

3. 成形実験及び解析

3.1 成形条件

成形実験では樹脂はPOMを用い、射出樹脂温度を200℃とした。成形条件は充填時間3秒、射出圧力113MPa、保圧時間3秒、保圧圧力100MPa、サイクルタイムを30秒とした。冷却管流量は光造形金型のコアの流量1.3L/s、キャビの流量2.5L/s 鋼材金型の流量5L/s一定とし、金型に流れる水の温度を変化

させることで冷却やそりにどのような影響が現れるかを調べた。冷却水の温度条件を表1に示す。

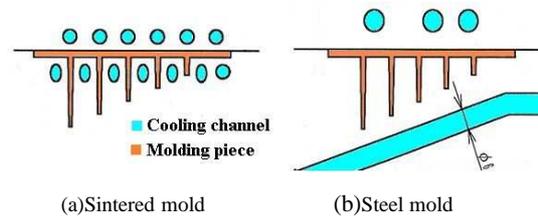


Fig. 2 Cooling channel

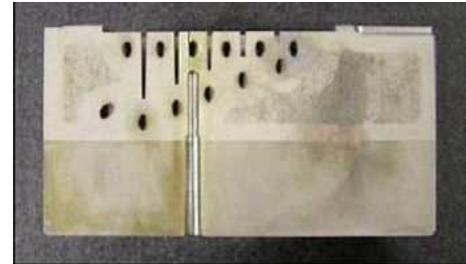


Fig. 3 Cross section of sintered mold

Table 1 Experimental and Analysis conditions

	Condition	Core[°C]	Cavity[°C]	Cavity-Core[°C]
Sintered mold	V1	44	38	-6
	V2	36	37	1
	V3	36	43	7
	V4	37	47	10
Steel mold	K1	49	39	-10
	K2	39	44	5
	K3	39	49	10
	K4	29	49	20
	K5	29	59	30
	K6	25	63	38
	K7	29	54	25

3.2 温度測定点

金型内にシース熱電対を埋め込み、樹脂表面付近（金型表面から1mmの位置）での金型温度を測定した。温度センサの取り付け位置を図4に示す。

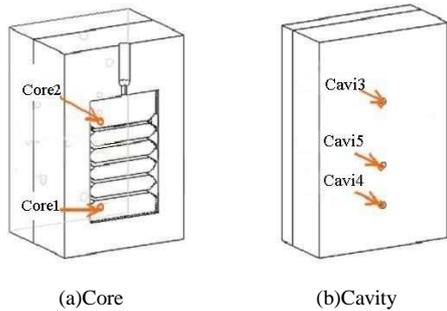


Fig. 4 Temperature measurement points

3.3 解析

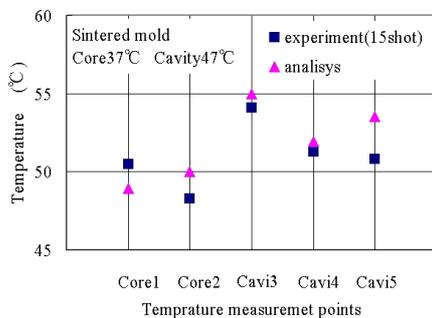
射出成形シミュレーションに使用したソフトはTimon3Dであり、有限差分法により計算している。金型冷却解析、そり収縮解析を行い、実験で得られた結果と一致するかを検証した。

解析条件は基本的に実験条件を参考にした。ただし射出樹脂温度は樹脂と成形機シリンダとの摩擦せん断や圧縮による発熱を考慮に入れ、実験温度よりも10℃高い210℃とした²⁾。また冷却水温度はコア水管入口と出口の平均温度とした。

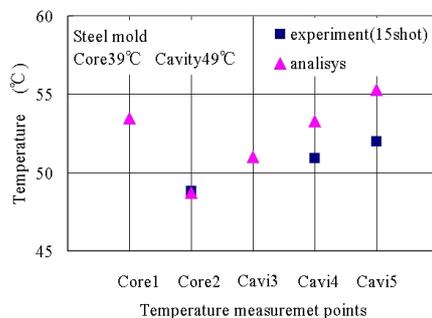
4. 実験結果及び解析結果

4.1 温度

金型温度の計測結果と計測点近傍の樹脂温度解析結果を図5に示す。図5(a)は光造形金型における温度結果であり、図5(b)は鋼材金型における温度結果である。どちらの金型でも実験における金型温度と解析での樹脂温度とがよく一致している。



(a)Sintered mold



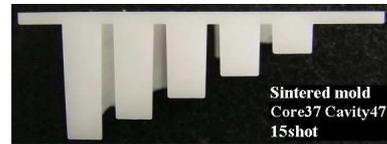
(b)Steel mold

Fig. 5 Measurement mold temperature compared with analytical result

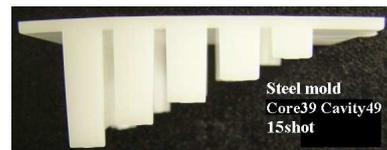
4.2 そり

成形品の写真を図6に示す。そりの方向として上に凸なもの下に凹なもの二通りあったので、それぞれプラスの方向のそり、マイナスの方向のそりとして定義した。キャビとコア

との温度差とそり量全体の関係を図7に示す。なお成形品のそりは三次元デジタイザにより計測した。図7(a)は光造形金型におけるそりの結果であり、図7(b)は鋼材金型におけるそりの結果である。このグラフから金型の温度差を少なくした場合、光造形金型を使用の方がそり量は小さくなると予測され、寸法精度の向上が見込まれる。またどちらの金型でも実験でのそりと解析でのそりとよく一致している。

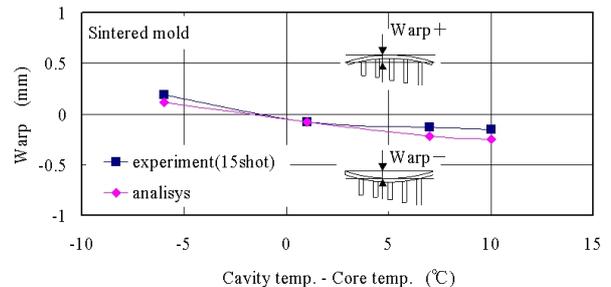


(a)Sintered Mold

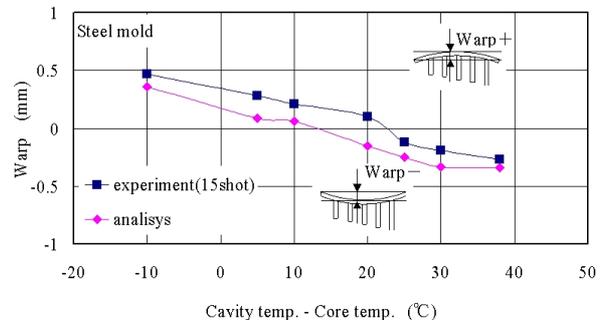


(b)Steel Mold

Fig. 6 Molded piece



(a)Sintered mold



(b)Steel mold

Fig. 7 Measurement warp compared with analytical result

5. 結論

光造形金型は従来の鋼材金型よりも少ない温度差で精度よく成形できることが分かった。解析でのそりと実験でのそりが定性的に一致したことから、金型の水管設計に生かされると考えられる。

謝 辞

本研究の一部は、中小企業総合事業団「戦略的基盤技術力強化事業に係る委託業務（金属光造形複合加工技術の高度化による革新的金型製造法の研究開発）」により行われた。感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 米山, 香川, 他5名: 平成17年精密工学会誌, 第71巻, 第3号, 347~351
- 2) 日本塑性加工学会編: 流動解析プラスチック成形, コロナ社 (2004)