

# 金屬粉末鐳射造型複合加工技術於異型水路之應用

## The Technology Combined Milling and Selective Laser Melting of Metal Powders for Processing Conformal Cooling Channel

楊青

*Yan Chin*

上海松井機械有限公司

*Shanghai Matsui Machinery Co., Ltd*

徐輔鴻

*Andrew Hsu*

科盛科技股份有限公司

*CoreTech System Co., Ltd*

### 金屬粉末鐳射造型複合加工技術簡介

近年來為因應產品生命週期的縮短，快速成型（Rapid Prototyping, RP）技術已應用到注塑模具製造領域。例如在歐洲，已經把原屬於 RP 技術之一的金屬粉末選擇性鐳射燒結（Selective Laser Sintering, SLS）技術或者選擇性鐳射熔化（Selective Laser Melting, SLM）技術用於直接製造金屬零件，並發展到製造注塑模具的零件上。

一般 SLM 技術造型過程中有一些固有缺陷，比如，鐳射掃描過程中熔池飛濺、球化和粘粉等因素導致造型零件的尺寸精度不夠，表面粗糙度也較高。由日本松下電工最初開發出來的金屬粉末鐳射造型複合加工技術正是為了彌補 SLM 技術的這些不足之處。金屬粉末鐳射造型複合加工技術把金屬粉末選擇性鐳射熔化（Selective Laser Melting, SLM）的疊層造型工藝和傳統的高速切削加工工藝融為一體，是疊層造型和去除加工的反方向加工手法的複合化，綜合集成了材料技術、電腦軟體技術、雷射技術和數控加工技術。與以往單純的金屬粉末選擇性鐳射熔化疊層造型技術相比，其特點在於可以一次性並且一體化地加工完成具有內部異型水路和排氣功能，但表面形狀複雜、難於實施後續加工的精密模具零件。加工尺寸精度可達到 $\pm 0.005\text{mm}$  以下，熱處理後的材質硬度可達到 Hrc50 以上。利用由此加工而成的模具零件，可極為有效地縮短模具冷卻時間，排除模內困氣，達到提高注塑成型效率、改善塑件品質的目的。因此，金屬粉末鐳射造型複合加工技術，尤其適合於精密注塑產品模具的加工製造。

### 金屬粉末激光造型複合加工流程

此項技術的加工順序如圖 1 所示。①用鐳射熔化鋪展在金屬底板上的金屬粉末；②重複鋪展金屬粉末和進行鐳射溶化，逐層疊加造型使疊層厚度達到切削刀具的有效刃長；③對疊層側面用小直徑切

削刀具施以切削加工；④反復進行鐳射熔化、疊層造型和高速切削加工；⑤最終做出具有精密加工表面的立體形狀造型。 SLM 技術與複合加工技術的差異比較可由圖 2 看出。

### 實際應用案例

#### 汽車輔助油箱(冷卻時間減少 60%)

圖 3 所示汽車輔助油箱的噴射泵(JP)零件和溢流部(OF)零件，是用金屬粉末鐳射造型複合加工技術製成的。由於在用傳統方法難於冷卻的狹窄零件內部設置了異型水路，使得整個模具的冷卻時間從原來的 25 秒縮短到 10 秒。

另外，圖中的圓座部分和 SNAP FIT 部分的注塑零件尺寸精度也提高了。（參照表 1）

	评价科目					
	①		②		③	
	一般钢材 (喷水)		金属光造型 (通水)		金属光造型 (通气)	
冷却 时间	JP	SNAP FIT	JP	SNAP FIT	JP	SNAP FIT
25	80	130	59	59	80	94
18	80	130	59	59	-	-
15	80	130	59	58	80	100
10	80	130	58	69	-	-

表 1 冷卻性能評價結果

### 運用 Moldex3D 模流分析技術在異型水路設計驗證的應用

異型水路設計是否能夠達到預期的效果，包括冷卻時間的降低與產品品質的改善等，通常是很難在試模前去瞭解。但是若透過一些工具如模流分析軟體，就可能在開模前先驗證水路設計的效益並達到有效降低成本的目的。

我們知道理想的冷卻系統必須考慮水路的分佈、型式、水溫、流率及冷卻時間等。有效的水路設計是要能貼近產品的輪廓以達到均勻帶走熱量目的。圖 4 為 OPM 研究室提供的一個工具機外殼案例。此產品的幾何形狀複雜，在公模面總共設計了兩組貼著產品表面的水路。圖 5 比較傳統水路與異型水路設計的差異。我們分別用 Moldex3D 分析了此兩組水路設計並與現場提供的數據做比對。根據 OPM 研究室提供的現場頂出條件是產品表面不能有縮水現象，而異型水路的冷卻時間較傳統水路的少了十秒(圖 6)。圖 7 中比較了傳統水路冷卻時間三十秒與異型水路冷卻時間二十秒後的表面凹痕值。從結果可看出軟體預測的值非常接近，位置也與現場符合。

## 六、結論

本文介紹了金屬粉末鐳射複合加工技術與異型水路的應用。與以往單純的金屬粉末選擇性鐳射熔化疊層造型技術相比，複合加工技術既保留了柔性加工的優點，又發揮了高速切削加工精度好的特長。其特點在於可以一次性並且一體化地加工完成具有內部異型水路和排氣功能，但表面形狀複雜、難於實施後續加工的精密模具零件。此外，我們也用 Moldex3D 模流分析軟體分析比較傳統及異型水路設計並得到合理的驗證結果。模流分析軟體為一有效的工具能夠提供水路設計驗證並進而降低製造成本。

**關鍵字：**金屬粉末、鐳射熔化、疊層造型、切削加工、異型水路、冷卻縮短、模內排氣。

**通訊作者：**楊 青

**連絡電話：**+86-21-54423111

**電子信箱：**[mmt-yq@matsui.com.cn](mailto:mmt-yq@matsui.com.cn)

## 七、參考文獻

1. 阿部論等，金屬光造形複合加工システムによる高機能射出成形金型製作，松下電工技術，Vol. 53 No. 2，p5-11
2. 浅析金属粉末激光造型复合加工技术，塑胶及金属，2011 年第 2 期，p26-27
3. 金属光造形複合加工法のシステム高度化と射出成形金型への応用，型技術，第 20 卷 第 10 号，2011 年 10 月号，p60-64

## 八、謝志

感謝株式會社 OPM 研究室提供資料與圖片。

### 加工装置概要

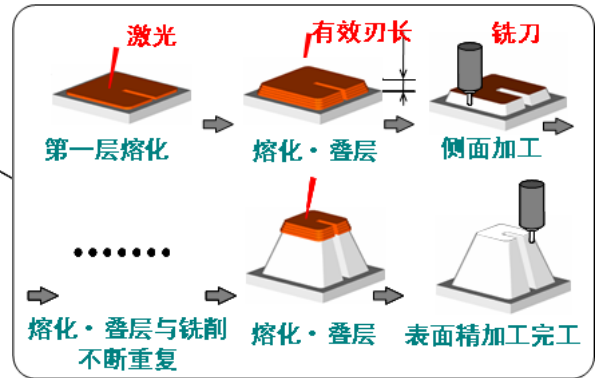
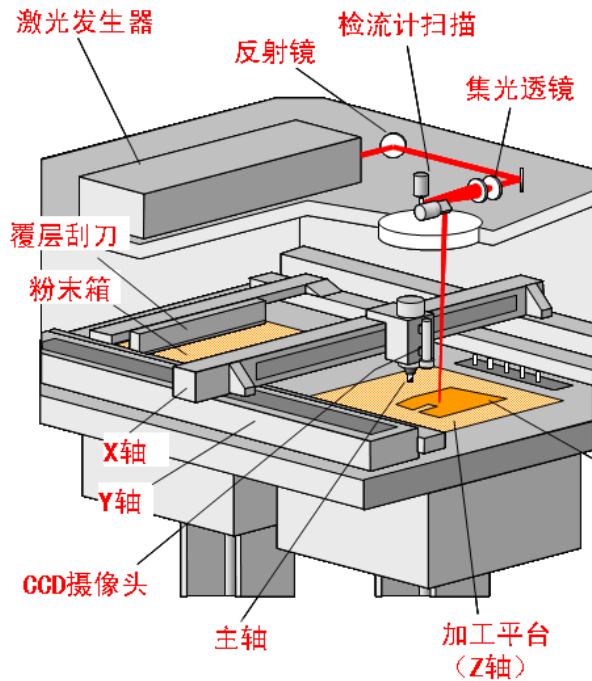
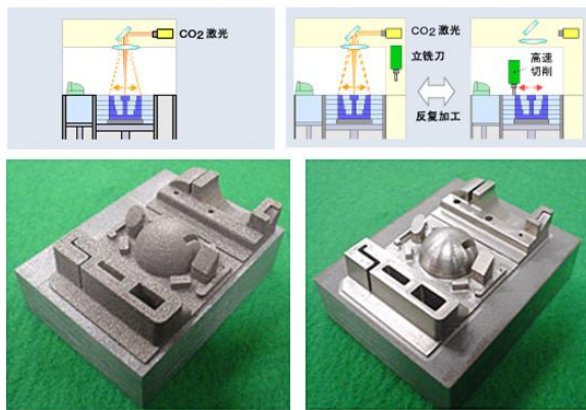


圖 1、加工装置和加工顺序说明图



(A)

(B)

圖 2、SLM 技术(A)与复合加工技术(B)比较

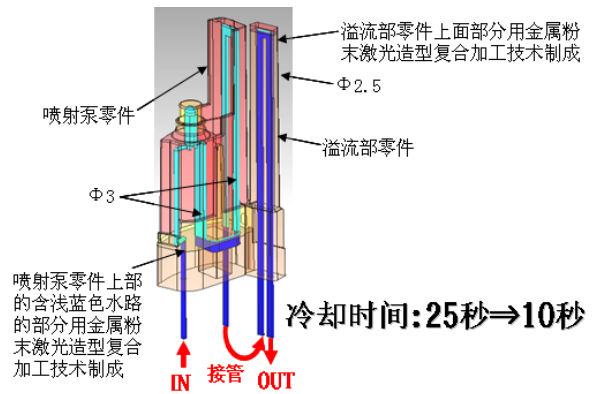


圖 3、汽车辅助油箱的冷却改善事例

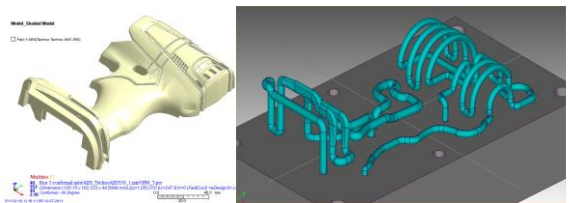
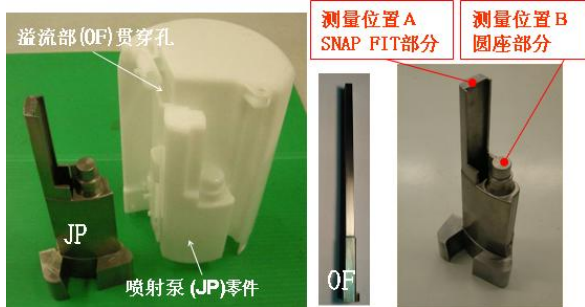
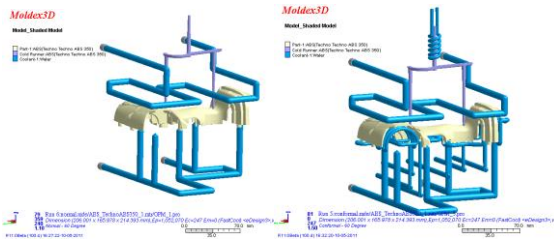


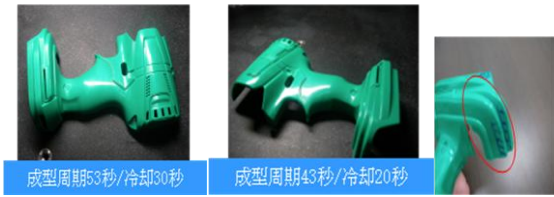
圖 4、工具機外殼幾何模型與異型水路設計



(A)

(B)

圖 5、傳統水路(A)與異型水路(B)設計



成型周期53秒/冷却30秒

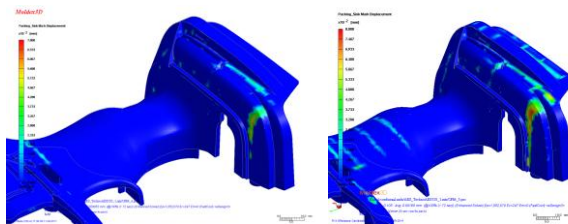
成型周期43秒/冷却20秒

(A)

(B)

圖 6、(A)傳統與異型水路的冷卻時間比較

(B)表面凹痕產生位置



(A)

(B)

圖 7、產品表面凹痕值預測比較

(A)傳統水路 (B)異型水路