



應用 3D 列印技術於鑄造模具之製造

Fabrication of Casting Tools Employing 3D Printing Technology

¹ 吳慶財 / ² 林文志

¹ 金屬工業研究發展中心 金屬製程研發處 熔鑄組 副組長

² 同峰模具有限公司 總經理

摘要：本案建立國內應用 3D 列印砂模技術於鋁合金鑄造模具的首例，研究之實施過程需整合鑄造方案設計、鑄造凝固模擬分析、模具設計、3D 列印與鑄造澆鑄等工程，才能準確且快速製造符合鑄造模具之鑄件。本案例完成的鑄造模具可直接應用於傳統砂模量產製程上，加速鑄造產品交貨期 40% 以上，節省模具費用 5 萬以上。

應用於類似產品的模具開發上，在一次列印工作中(工作箱尺寸為 2000 × 1000 × 1000 mm)可成型 24 套不同種類的模具，對於新產品模具的開發製作具有高度發展潛力，並提高 3D 列印鑄造模具應用於量產模具的可能性。

Abstract : This study is the first case in using 3D printing sand mold technology to manufacture casting tools in Taiwan. In order to rapidly and accurately fabricate casting tools for casting manufacturing, this study integrates design of casting methods, casting simulation, design of molds, 3D printing, and casting pouring engineering. The finished casting tools in this paper have been applied in mass production of sand mold and help shorten delivery time up to 40% and reduce the cost of the tool more than fifty thousand NTD.

For similar application of new product development, 24 sets of various sand molds can be printed in one working process (the size of the job box 2000 × 1000 × 1000 mm). This innovative process has high potential in tool manufacturing for new product development and helps increase the applications of 3D printing technology in sand mold mass production industry.

關鍵詞：鑄造砂模、3D 列印、鑄造模具

Keywords : Sand Mold, 3D Printing, Casting Tools

前言

3D 列印的製程可分類為光聚合固化(vat photo-polymerization, VP)、粉體熔化成型(powder bed fusion, PBF)、板材疊層成型(sheet lamination, SL)、

直接能量沉積(directed energy deposition, DED)、材料噴塗成型(material jetting, MJ)、黏著劑噴塗成型(binder jetting, BJ)與材料擠壓成型(material extrusion, ME)..等七大類。其中 VP、MJ 與 ME 因材料與製程的限制，只適合列印高分子材料；SL 製



程欠缺競爭力，在市場上已較少見；DED 與 PBF 可應用於金屬件成形與金屬模具的列印；BJ 為所有 3D 列印製程中，最適合列印鑄造砂模的技術[1~2]，因此具有應用於鑄造產品開發上之優勢。

近年來，德國 Voxeljet、美國 ExOne、日本 CMET、大陸與韓國等國家皆有開發黏著劑噴塗成型(BJ)的 3D 列印砂模設備，並成功應用於汽車、航太、閥體、幫浦等產業上之創新產品開發應用案例。BJ 應用於鑄造砂模可彈性選擇不同黏結劑(binder)搭配不同顆粒大小的砂材，應用於不同鑄造產品的列印需求。列印所得的砂模可以應用於鋁合金、鎂合金、鑄鐵、鑄鋼、不鏽鋼與特殊合金鋼..等鑄造材料之澆鑄，對於鑄造產業開發新產品、新材料開發與新製程開發有極大的助益。

我國第一台工業等級的 BJ 砂模列印機為金屬中心於 105 年引進的德國 Voxeljet VX2000 中大尺寸設備[3]，其可以成型尺寸為 2000 × 1000 × 1000 mm，該系統目前設置於經濟部傳統產業創新加值中心之 3D 列印鑄造砂模服務與營運中心，自 105 年建置起至目前為止，已經完成 50 案以上的國內創新鑄件開發案例，由應用案例顯示，本技術可以大量縮短產品開發時程並節省產品的開發過程中的模具成本。然而，由排氣歧管、汽缸頭與葉輪等應用案例顯示，與傳統模具製程比較，隨著 3D 列印砂模數量增加時，3D 列印砂模的成本較傳統木模翻製砂模的成本高，隨著需求數量的逐漸提高，傳統木模翻製砂模的平均成本將更低，3D 列印砂模逐漸失去價格上的競爭力。因此，如何應用 3D 列印砂模技術來製作鑄造模具或鑄造用治具，再應用鑄造模治具於量產生產上，實為提高 3D 列印砂模的應用價值，降低產品研發費用與提升產品價值之發展方向。本文為應用 3D 列印砂模技術於鋁合金砂模模具之開發應用案例，一套鋁合金鑄造模具即可應用於數千~數萬次砂模之開發應用上，本案例突破目前 3D 列印砂模僅應用於少量鑄件的試作打樣製作之既有應用領域，延伸應用於量產鑄造模具

之開發並提升 3D 列印鑄造砂模的應用價值，值得產業參考應用。

實施方法

1. 載具特性分析

圖 1 所示為目標載具鑄造模具設計圖，該載具可應用於量產砂模之生產上。載具具有 40 個直徑 25 mm 的特徵圓孔，這些特徵應用機械加工來製造，其費用成本提高，如果選擇鑄造翻製砂模來生產將可以降低生產成本。本案例將應用 3D 列印砂模來開發圖 1 鑄造模具，除了具有節省成本外並具有縮短開發時間的優勢。

2. 鑄造方案設計與鑄造模擬分析

根據圖一的鑄件需求，完成之鑄造方案如圖 2 所示，本方案要解決鑄件縮孔產生，於鑄件斷面厚度高之處設置 8 個冒口，克服內厚處縮孔的問題。

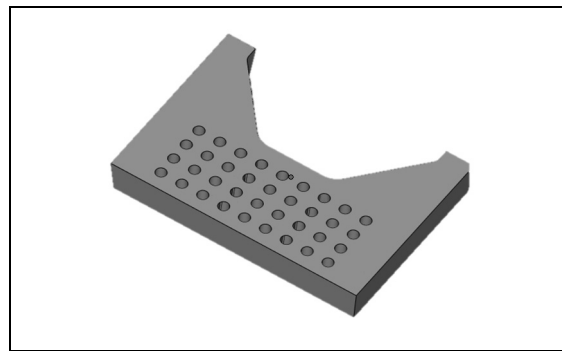


圖 1 鑄造模具之 3D 設計圖

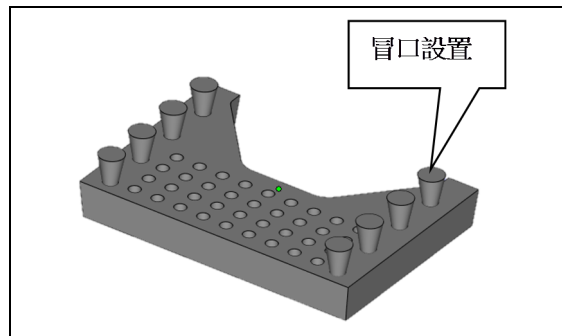


圖 2 鑄造模具之鑄造方案設計

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】417期・106年12月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw