



高冷卻效率之熱壓印快速模具研製與應用

Development and Application of High-Cooling-Efficiency Hot Embossing Stamps

¹ 郭啟全 / ² 陳炳誠

¹ 明志科技大學 機械工程系 教授

² 明志科技大學 機械工程系 研究生

摘要：運用金屬樹脂所製作之熱壓印模具可以運用於少量生產，但是與金屬熱壓印模具比較，成型週期時間比較長，主要的原因為運用金屬樹脂所製作之熱壓印模具其熱傳導率不佳。因此，研製高冷卻效率之熱壓印快速模具是一個重要研究方向。本研究製作三副不同冷卻水路之熱壓印快速模具，並研究三副熱壓印模具於熱壓印過程中之冷卻時間，研究結果發現，如與熱壓印快速模具不具冷卻水路進行比較，當熱壓印快速模具具有順形冷卻水路，可以節省冷卻時間約 92%。

Abstract : Hot embossing stamp fabricated by aluminum-filled epoxy resin can be employed for low volume productions. However, due to poor thermal conductivity, its process cycle time is much longer than metallic stamps. Therefore, developing hot embossing stamps with high cooling efficiency is an important issue. In this study, three different kinds of hot embossing stamps with or without cooling channels were fabricated using rapid prototyping and rapid tooling techniques. Effects of different hot embossing stamps on the cooling time during hot embossing molding were investigated. It was noted that the cooling time of using a hot embossing stamp with conformal cooling channels can be reduced by about 92% with respect to those without cooling channels.

關鍵詞：熱壓印模具、冷卻水路、冷卻時間

Keywords : Hot Embossing Stamp, Cooling Channels, Cooling Time

前言

精密光學元件使用率越來越高，其中菲涅爾透鏡(Fresnel lens) [1, 2]因為具有體積小、重量輕、易於製造等諸多優點，因此廣泛地被運用於太陽能、車燈、路燈與發光二極體照明等產業。可以製作菲涅爾透鏡的方法包括塑膠射出成型(injection molding) [3]、熱壓印成型(hot embossing molding)

[4]、射出壓縮成型(injection compression molding)

[5]與微鑄造成型(micro casting) [6]。其中，熱壓印成型技術已經廣泛的應用，主要的原因為熱壓印成型模具製作成本較低廉、成型參數簡單、成型操作容易、產品不易產生翹曲、產品具有較低殘留應力以及產品製程溫度較低等諸多優點。根據文獻，可運用於製作熱壓印模具材質包括模具鋼(mold



steel)[7]、鎳(nickel) [8]、矽晶圓(silicon wafer)[9]以及聚二甲基矽氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS) [10]，熱壓印模具如以鋼材來製作，優點為模具強度高，於高壓力之熱壓印過程中，模具表面特性穩定以及幾何形狀不易改變；熱壓印模具如以鎳材來製作，優點為強度高，但缺點為製作過程繁瑣；熱壓印模具如以矽晶圓來製作，優點為表面品質佳，但缺點為質脆，不適合批量生產；熱壓印模具如以聚二甲基矽氧烷來製作，優點為可以熱壓印出微結構，但缺點為質軟易變形，模具壽命有限。一般業界，均運用永久性模具鋼來製作熱壓印模具，但是要於模具鋼表面製作具有微奈米特徵結構，缺點涵蓋：(a)設備昂貴；(b)開發過程曠日費時以及(c)模具製作成本昂貴[11]。

快速模具技術(rapid tooling, RT)特色為能於短時間內開發出新產品模具，達到快速試產之功效，由於模具與冷卻液之間的熱交換，係以熱傳導方式進行，因此模具之熱傳導係數高低將直接影響產品之冷卻時間(cooling time)，進而影響產品之成型週期時間(cycle time)。此外，曲面光學元件(optical element)，有很多平面光學元件無法達到的特殊效果，因此曲面光學元件需求與日俱增，所以如何以低成本方式，快速開發曲面光學元件快速模具，即變成一個非常重要的研究方向。因此，本研究提出一個低成本與快速製作曲面熱壓印快速模具技術，高冷卻效率，並藉由熱壓印成形於壓克力材料製作菲涅爾曲面透鏡，並比較無冷卻水路之快速模具、傳統冷卻水路之快速模具以及有順形冷卻水路快速模具在冷卻時間與產品殘留應力之差異性。

實驗過程與細節

本研究使用材料包括矽膠主劑(KE-1310ST, Shin Etsu)、硬化劑(CAT-1310S, Shin Etsu)、離型劑、金屬樹脂(TE-375A, Jasdi)、蠟(K512, Kato)以及壓克力(polymethylmethacrylate, PMMA)薄板 (Meihan Shinku Kogyo, MH)。本研究使用設備包括 uPrint

快速原型系統、應力偏光儀(stress viewer)、金相顯微鏡 (M835, Microtech)、真空注塑機 (F-600, Feiling)、k 型式熱電偶(TC05, Cheng Tay)、資料收集器 (MRD-8002L, IDEA System)、精密電子秤 (AWH3, Excell)、數位多段式真空注蠟機(0660, W&W)以及熱壓印機台。建構冷卻系統所使用設備包括電源供應器(RS-75-12, 明緯)、溫度感測棒(PT-100, 泰菱電子)、熱電致冷晶片(thermoelectric cooler (TEC12706AJ, Caijia)) 以及溫度控制器 (JCM-33A, Shinko)。

金屬樹脂快速模具為工業界於新產品研發最常使用之暫用模具，主要的原因為金屬樹脂快速模具製作速度快、表面精度佳、微結構複製能力佳且不需後加工等優點。因此，本研究運用金屬樹脂來製作熱壓印快速模具。為了評估冷卻水路在曲面熱壓印過程之效益，本研究製作三種不同冷卻水路之熱壓印快速模具，如圖 1 所示，第一種為不具冷卻水路之熱壓印快速模具，第二種為具直進直出冷卻水路之熱壓印快速模具，冷卻水路之形式為串聯式，冷卻水路管徑為 8 mm，水路管壁與模面之最短距離為 6 mm，水路間距為 18 mm，第三種為具

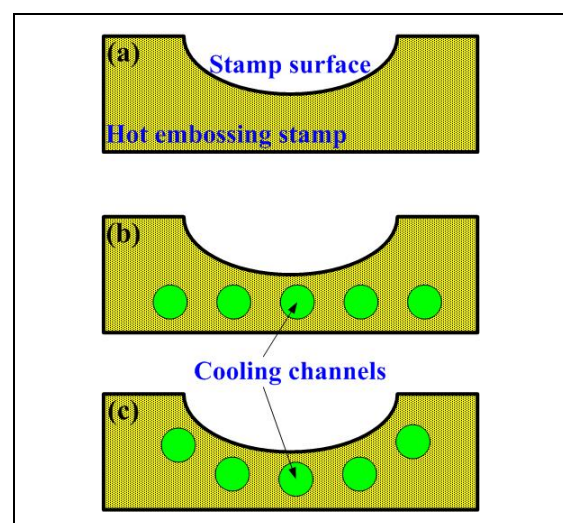


圖 1 熱壓印快速模具製作流程示意圖熱壓印快速模具：(a)無冷卻水路，(b)具傳統冷卻水路與(c)具順形冷卻水路

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