



# 精微熱壓印快速模具研製 以及熱壓印最佳製程參數研究

Implementation of Precision Micro Hot Embossing Rapid Tooling  
and Optimization of Hot Embossing Molding Process Parameters

郭啟全

明志科技大學  
機械工程系  
教授

陳炳誠

明志科技大學  
機械工程系  
研究生

## 關鍵詞(Keywords)

- 快速模具 Rapid Tooling
- 熱壓印 Hot Embossing
- 田口方法 Taguchi Design Method
- 轉寫率 Transcription Rate

## 摘要(Abstract)

運用熱壓印製程於聚合物進行微細製造是一種具經濟效益之方法。本研究運用快速模具技術來製作熱壓印模具，所製作之熱壓印模具之微結構深度與寬度之翻製率均為 98%。由於熱壓印製程參數與熱壓印成品尺寸息息相關，因此本研究運用田口方法探討熱壓印菲涅爾透鏡之最佳化製

程參數，研究結果發現，影響熱壓印成品之轉寫率最大影響因子為熱壓印溫度。最佳熱壓印製程參數為熱壓印壓力 83 kgf/cm<sup>2</sup>、熱壓印溫度 155°C、熱壓印時間 6 分鐘以及脫模溫度 55°C。運用最佳熱壓印製程參數進行熱壓印，菲涅爾透鏡之深度轉寫率可以提升約 7.8%。

Hot embossing is a cost-effective method for polymer-based microfabrication. The hot embossing mold was fabricated using rapid tooling technology. The replication rate of the depth and the width of hot embossing mold is about 98%. The process parameters varied significantly with mold dimensions. Our research investigates the optimal process parameters of the hot embossing molding of Fresnel Len using Taguchi methodology. Experimental results show that the dominant factor affecting the



microstructures of Fresnel Len is hot embossing temperature. The optimal process parameters are verified; they are the hot embossing pressure of 83 kgf/cm<sup>2</sup>, the temperature of 155°C, the execution time within 6 min, and the demolding temperature of 55°C. The depth transcription rate of the embossed part is therefore increased by 7.8% when these optimal parameters are used in the hot embossing molding process.

## 1. 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(plastic injection molding) [3-5]、微熱壓印成型(micro hot embossing molding) [6]、射出壓縮成型(injection compression molding) [7]與微鑄造成型(micro casting) [8]。其中，微熱壓印成型技術已經廣泛的應用，主要的原因為微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) [9]、鎳(nickel) [10]、矽晶圓(silicon wafer) [11]以及聚二甲基矽氧烷(Polydimethylsiloxane, PDMS) [12]，熱壓印模具如以鋼材來製作，優點為模具强度高，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，優點為强度高，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 PDMS 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，均以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，通常需要使用昂貴設備以及製程曠日費時[13-20]。鑑於精微元件需求與日俱增。所以，開發兼具經濟效益與可批量試產之精密熱壓印模具，即變成一個非常重要的研究方向。快速模具技術(rapid tooling, RT) [21-25]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。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，本研究以金屬樹脂研製一個兼具經濟效益與可批量生產之精密熱壓印快速模具。此外，由於熱壓印成型品之微結構尺寸與熱壓印成型參數息息相關，因此，本研究運用田口方法探討熱壓印之最佳化製程參數。

## 2. 實驗方法與步驟

本研究所使用材料包括矽膠主劑(KE-1310 ST, Shin Etsu)、硬化劑(CAT-1310S, Shin Etsu)、離型劑、金屬樹脂(TE-375A, Jasdi)以及壓克力薄板(MH, Meihan Shinku Kogyo)；本研究所使用設備包括金相顯微鏡(M835, Microtech)、真空注塑機(F-600, Feiling)、k 型式熱電偶(TC05, Cheng Tay

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】405 期・105 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](http://www.automan.tw)

機械工業雜誌信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)