



鎢合金模造玻璃模具之超精密切削加工技術研究

A Study on Using Ultra-Precision Machining Technology to Process Tungsten Alloy Mold for Glass Lens Manufacturing

李仲淇 / 陳子鴻 / 簡瑞廷

金屬工業研究發展中心 精微成形研發處 模具與精微加工組

摘要：市面上玻璃模具的材料，大多都是選用碳化鎢(tungsten carbon, WC)或碳化矽(silicon carbon, SiC)，由於此兩種材料屬於難切削材，無法使用一般的傳統切削方法來加工，必須使用研磨拋光製程，本文，改用與碳化鎢有相同特性，其含鎢量達 98% 以上的鎢合金，來當玻璃模具材料，並選用超精密加工製程搭配超音波橢圓震動加工技術來加工模具。

設計一個形狀為 $\varnothing 3$ mm，R 值 3 mm，深度 0.4 mm 的玻璃模具透鏡，來當作載具，先車削 3 顆銅模具來做形狀精度及重現性的印證。再將其加工參數，套用在鎢合金模具上，最後使用 UA3P 量測儀器，測量其形狀精度及表面粗糙度，其鏡片模具形狀精度可達到 0.3 μm 以內，表面粗糙度可達 Ra 15 nm 以內。

Abstract : Tungsten carbide and silicon carbide are the two most widely used material for glass-making molds. However since the materials has high hardness, they cannot be processed by traditional machining. Instead, it is usually worked by polish. A study of using tungsten alloy to replace tungsten carbide for making glass-making molds was undertaken. The alloy contains 98% or more tungsten and has similar properties of tungsten carbide. It is processed by ultra-precision machining technology together with ultrasonic oval vibration technology.

In this study, a mold for lens of molded glasses was designed. It has the geometry of diameter $\varnothing 3$ mm, R value 3mm, and depth 0.4mm. First, the reproducibility of shape accuracy was verified by using 3 pcs copper mold made by turning. Second, the machining parameters were applied to machine the mold of tungsten alloy. Finally, the shape accuracy and surface roughness was measured by UA3P instruments. It is well noted that the shape accuracy is within 0.3 μm and the roughness within Ra 15 nm.

關鍵詞：超精密加工、光學玻璃鏡片、超音波加工

Keywords : Ultra-Precision Machining, Optical Glass Lenses, Ultrasonic Processing

前言

傳統模造玻璃製程原本是使用在研磨用玻璃毛胚預形體的模作成形或是低精度成形光學元件

上，但隨著玻璃材料技術的演進及模具、模仁技術的進步，製作非球面模造玻璃鏡片的良率日益提高，才使得模造玻璃產業再一次的受到光學廠的重



視。模造玻璃製程其實是高溫材料的熱處理技術，大部分的模造玻璃材料其軟化點約在攝氏 480~550 度之間，才能方便施予高溫模壓成型，但因為製程環境都是處在攝氏 500 度上下的高溫，對於模仁及模具的影響相當大。早期的模具材料大部分以碳化鎢材料為主，但是碳化鎢材料極硬且韌性高，不易加工，於是漸漸的研究以類鑽薄膜(diamond like carbon, DLC)附著其上來增加模具模仁的壽命。

光學鏡頭產業可說是隨著終端應用面而起落，從早期的傳統相機、數位相機、投影機到近年來的智慧型手機，也讓台灣中部形成完整的光學元件產業聚落。就產業鏈而言，從最上游的毛胚玻璃、各類式鏡片等功能性的元件；中游為已可成像的各類型鏡片(lens)；到下游則是相機模組(CCM)等，台灣在光學元件廠商足以跟日本與德國大廠相抗衡。

光學材料中的鏡片主要分為 2 類：玻璃鏡片(glass, G)和塑膠鏡片(pitch, P)，玻璃鏡片相較於塑膠鏡片有較高硬度、透光度、折射率、抗潮濕、抗高溫、抗變形性且光穿透頻譜範圍較寬等特性，其中，非球面玻璃透鏡相對於球面玻璃透鏡易修正光學像差，使光學系統成像品質提高，同時減少鏡頭所使用的鏡片數。

不過，近年來因消費型數位相機幾乎被智慧型手機所取代，讓不少廠商積極轉型、跨足其他光學應用，如車用鏡頭、虛擬實境(virtual reality, VR)、擴增實境(augmented reality, AR)、機器人視覺等領域。根據統計，2016 年台灣精密光學元件產值達 957 億台幣，年衰退 10%，中止 2009 年金融海嘯以來的連年成長紀錄。工研院產經研究中心預期今年光學鏡頭產業可望在手機雙鏡頭滲透率提升帶動產值回暖，由於手機出貨為鏡頭大宗，占比超過八成，因此，雙鏡頭為重要觀察指標。此外，汽車先進駕駛輔助系統(advanced driver assistance systems, ADAS)滲透率提高，將帶動車用鏡頭使用量大增，將是下一個推動光學產業的一大動力來源。

另外，智能工廠將在生產線上導入更多攝影

機，用於隨機抓取、瑕疵檢測、3D 物體辨識等，另外，個人商業用機器人主要用於協助日常生活，如掃地機器人利用鏡頭對室內空間進行掃瞄，無人機空拍、自動閃避障礙物等功能，均強化終端產品對於視覺技術需求提高。

以全球光學元件應用面來看，智慧型手機鏡頭仍是占最大宗，光電協進會預估，今年智慧型手機雙鏡頭滲透率可望達 16%。里昂證券(CLSA)更預估，一八年雙鏡頭智慧型手機出貨量將可達 4.9 億支，若未來每支手機都搭載雙鏡頭加上前置鏡頭，將創造出逾四五億顆的鏡頭需求，對於鏡頭相關廠商可說是一大商機。

高階光學鏡頭除智慧型手機外，目前市場另一關注焦點為車用電子，在車載鏡頭部分，隨著先進輔助駕駛逐漸成為中高階車款標準配備，各大車廠競相投入無人駕駛，帶動車載鏡頭需求大躍進，由於車載鏡頭必須通過嚴酷的環境考驗，因此多以玻璃為主，5G 到 7G 產品皆有。

主因車輛使用情境複雜與不同環境之極限要求，玻璃工作溫度範圍較塑膠鏡片廣，且玻璃鏡片於光學係數中，透視度佳/入光量多/耐刮度高等其他利多，但玻璃量產缺點之一，為所有玻璃鏡片皆需要研磨故製程較複雜，相較塑膠鏡片直接射出無需研磨；但亦有廠商已開始實驗，希望導入玻璃+塑膠鏡片(hybrid)於鏡頭內部使用，後續需觀察是否能通過工作溫度的信賴性測試[2]。

超精密加工製程介紹

1. 一般玻璃模具加工製程

一般的玻璃透鏡的製作方式分為精密研磨與拋光法和精密模造成形法。精密研磨與拋光法必須利用超精密加工機或非球面研磨機成形透鏡，最後再經過非球面研磨拋光製程才能完成，但此法不適合大量生產，而且對技術人員的加工技術要求較高。近年來，在高量產的需求下，多採用精密模造成形法，此成形常用的模仁材質為碳化鎢和碳化

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