

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 內視鏡微零件模組的精密切出成形研究 Study on Micro Injection Molding of Endoscope Module

計畫編號：NSC 88-2218-E-009-009-

執行期限：87年08月01日至88年07月31日

主持人：陳仁浩 國立交通大學機械工程學系

### 一、中文摘要

內視鏡細徑化上的問題之一為高形狀精度的微小透鏡之製作。針對此一問題，本研究考慮了內視鏡之結構，設計一可代表內視鏡之透鏡部分之微小透鏡模組，以精密切出成形之技術加以成形，並初步探討了各種成形條件對於微小透鏡模組的成形精度之影響。本實驗所使用之材料為壓克力，所探討的成形參數為：射出速率、塑料溫度、模具溫度、保壓壓力。實驗的結果顯示，隨著射出速率、塑料溫度、模具溫度、保壓壓力的增加，可得到較好的透鏡輪廓形狀精度。這是由於充填效果改善之故，因較好的充填性可使緊接著的保壓效果更容易作用，因而使其成形精度提高。在透鏡之三維輪廓的評估結果，顯示所成形之微透鏡模組之個別鏡片而言其三維輪廓是均稱的。

關鍵詞：內視鏡，微透鏡，射出成形，形狀精度

### Abstract

Manufacture and assembly of high precision microlenses are two of the major challenges to making the endoscope more thinner. To overcome these challenges, this project proposed a solution that making and

locating these microlenses simultaneously on a base plate by micro injection molding. We designed a microlenses module as a model of objective system for endoscope, and have been trying to realize it. Specially designed mold inserts were made, and preliminary study on effects of injection molding conditions on the molding tolerance has been done. PMMA was used as molding material in the experiment, and the major parameters included injection rate, barrel temperature, mold temperature, and holding pressure. The results show that better geometric tolerance of molded microlens can be obtained while increasing the injection rate or barrel temperature, mold temperature, holding pressure. This is due to the improvement of mold filling. Good filling property will achieve a good effect of packing, and increases the molding accuracy. Evaluation of 3-D geometry of microlens shows that the 3-D geometry of each microlens on the molded microlenses module is symmetrical.

Keywords: endoscope, microlens, injection molding, geometric

tolerance

## 二、緣由與目的

近年隨著人類生活文明之進步生命尊嚴益受重視，於是對於醫療科技的要求就愈趨高精密化、高水準化、複雜化、人性化。內視鏡由於具有毋需開刀即可進入人體內部進行探查診斷並施予必要的治療之特點，因此改善既有的內視鏡系統以發揮其特長於極致，使內視鏡能對人體醫學提供更大的貢獻乃是非常重要的事。其中內視鏡的細徑化即為首要的工作。而此內視鏡細徑化的努力中所需克服的一項關鍵問題就是微小透鏡的製作與透鏡間彼此的高精度定位及組裝。

由於精密射出成形技術具有高度的形狀複製性及成形精度，對於透鏡之製作可以達到較好的製造精度。且在生產性及成本的考量上，射出成形技術可以達到較高的生產性及避免製作成本的提高。因此，本研究嘗試利用精密射出成形的技術來製作適用於內視鏡之精密微小透鏡，探討各種成形參數與成形精度之關係，以瞭解微小透鏡輪廓之收縮模式，提供模仁修整之參考。

## 三、實驗規劃

在光纖式內視鏡的光學系統中的透鏡部分為物鏡和目鏡，主要構成是凸透鏡，其作用為影像之放大。此微小透鏡之尺寸，依超細內視鏡之外徑(0.8 ~ 1.2 mm)來估算，直徑大小約為 0.3 mm。所以本研究之透鏡尺寸依內視鏡結構設計為直徑 0.30mm、最小厚度 0.10 mm、曲率半徑為 0.35mm 之平凸透鏡。而微透鏡基板部分的厚度依射出成形品的「肉厚均一」設計原則定為 0.10mm，以避免因肉厚不均而造成收縮不一致而導致翹曲變形。

微透鏡模組的兩透鏡相對距離之計

算：微透鏡之焦距經由透鏡的焦距計算公式計算而得為  $f = 0.71 \text{ mm}$ (本實驗之材料為壓克力，折射率  $n = 1.491$ )。由參考文獻[1] 所提出之利用場半角(semi-angle of field)決定目鏡焦距之公式可推算得微透鏡模組系統所需之焦距。因此，利用所求得的系統之焦距我們可推得兩透鏡之相對距離為 0.30mm。本研究設計之微透鏡模組之外觀及尺寸如圖一所示。

本實驗所用射出成形用模具為二片模附活動板之形式，為一般市售之標準模座依設計加工而成。模仁部分由於微透鏡模組，是在一個基板上長出兩個小型平凸透鏡，故模仁在兩透鏡之內側因透鏡之凸出部分形成了脫模之干涉情形，造成脫模的困難。因此，本研究在模仁上設計了一個方便脫模的機構，將模仁分為幾個部分，微透鏡模組則可順利的取出。

本研究所使用之成形設備為德國 ARBURG 公司所生產之型號 270S 射出成形機。透鏡輪廓量測所使用之儀器為美國 ZYGO 公司所生產之型號 NewView 5000 之光學非接觸式微表面輪廓量測儀。

## 四、結果與討論

在探討不同的成形條件對形狀精度的影響的實驗中，我們以不同的射出速率、塑料溫度、模具溫度、保壓壓力來進行成形實驗，並將成形後的透鏡輪廓進行量測，與模仁輪廓進行比較，探討其成形精度。成形之微透鏡輪廓，若從光學上之角度來探討，可將其形狀上之偏差分為「近似之球面形狀偏差」加上「相對於此近似球面之相對偏差」(如圖二所示)，其中相對於近似球面之相對偏差對於屈折率及像差等鏡片的光學特性有密切的關係。由於光軸是通過鏡面之中心，所以本評估方法的近似之球面形狀偏差量是以中心肉厚之偏差量為參考值。

各成形參數實驗的結果，如圖三 ~ 十四所示，圖三為射出速率對成形之透鏡輪

廓之形狀精度之影響，圖四、圖五為近似球面形狀之偏差量和相對於此近似球面之偏差量之結果。其結果顯示，隨著射出速率的增加，微透鏡的形狀偏差愈來愈小。且在不同的位置(肉厚)其尺寸的偏差量是不一樣的。在中心肉厚的地方其偏差值最大，隨著遠離中心的地方偏差值是隨著降低的。這是由於射出速度的提高，使得高分子有較高的剪切率，會使塑料的黏滯性降低，即高分子材料的剪稀薄特性(shear thinning)，且再由於射出速度的增加，可以使其模穴充填時所產生的凝固層(solid layer)較薄，因而使其流動阻力較小。故射出速度的提高對微射出成形件有較好的充填性，而使其隨後保壓效果易於發揮，進而可提高成形件的成形精度。

圖六為塑料溫度對透鏡形狀精度之影響。圖七、圖八為近似球面形狀之偏差量和相對於此近似球面之偏差量之結果。結果顯示，在不同之塑料溫度下，透鏡的尺寸偏差是隨著塑料溫的增加而降低。在不同位置(肉厚)的地方，隨著肉厚較厚之處其尺寸偏差量亦隨著較大，但此傾向在料溫較高時有減緩的趨勢。由於高分子的材料特性，隨著溫度的提高其黏度值將隨之下降，分子運動的自由度將提升，因而在充填過程時其流動阻力將隨之變小。所以在較高的塑料溫度下射出，其塑料的充填性將愈好，使得壓力的傳播將更加的容易，因而充填更緻密，而減少了收縮率，因而可得到較高的成形精度。

圖九為模具溫度對透鏡形狀精度之影響。圖十、圖十一為近似球面形狀之偏差量和相對於此近似球面之偏差量之結果。結果顯示，透鏡輪廓相對於模仁輪廓尺寸偏差之趨勢為隨著模具溫度的增加，其形狀偏差量愈來愈小。在徑向方向不同位置之偏差趨勢為，隨著肉厚較薄之處其收縮量隨著降低。而在不同模溫下，隨著模溫的降低在不同位置(肉厚)之處其收縮差異將愈大。此是由於模溫愈高時，將使得其流動性較好之緣故，因模溫的提高，其高

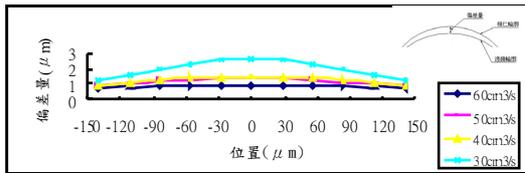
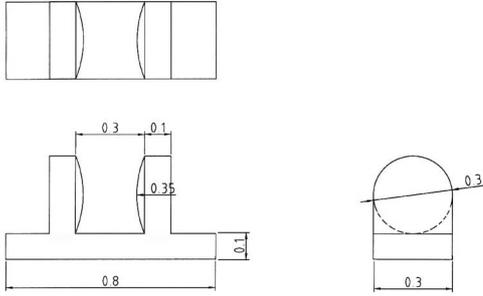
分子材料流動時的凝固層將較薄，所以成形材料流動時的阻力較小，因而其充填性的增加，使其隨後的射出壓力和保壓壓力易充分的作用，因此其收縮率較小。且高分子材料在玻璃轉移點(壓克力玻璃轉移點約為 100°C 左右)以上的溫度時，會微微地流動，所以若一面保持在玻璃轉移點以上的溫度時加以冷卻，可以做到均等收縮。

圖十二為保壓壓力對透鏡形狀精度之影響。圖十三、圖十四為近似球面形狀之偏差量和相對於此近似球面之偏差量之結果。結果顯示，隨著保壓壓力的增大，其形狀的偏差將愈來愈小，而在徑向方向不同位置的尺寸偏差上，同樣是肉厚處的尺寸偏差量較大。這是由於射出成形的過程中，塑料因充填過程中溫度變化所造成的體積收縮，保壓提供了微量的熔融材料以彌補收縮的體積，防止縮陷，增高密度。所以隨著保壓壓力的增加，其所補充的塑料相對的增加，將使其因收縮的影響更小。

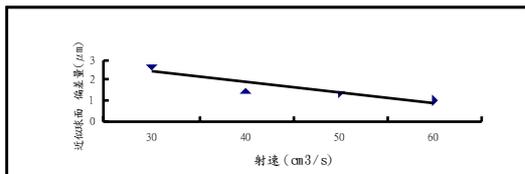
圖十五為成形之微透鏡三維輪廓之評估結果，在此定義成形之微透鏡輪廓之”形狀精度變化率  $\alpha$ ”為透鏡輪廓之曲率半徑值除以模仁輪廓之曲率半徑值，利用此  $\alpha$  值來評估透鏡球面的三維輪廓，量測的方向為微小透鏡成形時的充填方向(MD)與充填方向之垂直方向(TD)。量測的結果由圖中的可以看出， $\alpha_{TD}$ (充填方向之垂直方向)與  $\alpha_{MD}$ (充填方向)所相對的資料點大部分皆落在斜率為 1 之斜線的附近，表示微透鏡在流動方向與流動方向之垂直方向之形狀輪廓十分接近，亦即意謂著所成形之微透鏡在各直徑方向之輪廓是一致的，即微透鏡之三維輪廓是十分對稱的。顯示所成形之微透鏡其成形過程為等方性收縮。這可能由於成形之微透鏡肉厚十分薄，所以充填後不久可能即固化，所以由於高分子材料特性之分子配向性引起之不同方向之成形收縮率之差異的影響將會很小，因而成形之微透鏡主要之尺寸之偏差為厚度方向的收縮。

## 五、参考文献

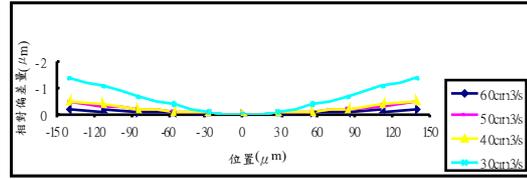
- [1] George Berci, "Endoscopy ", New York: Appleton-Century Crofts. ,1976.
- [2] F. Johannaber , "Injection Molding Machines:a user's guide", Munich New York Hanser Publishers Cincinnati, Ohio ,1994.
- [3] T. Suga, H. Yonekubo, " molding technology of High Precision Components ", 機能材料, Vol.18 No. 6 , p45-53, 1998. (in Japanese)
- [4] H. Takino, M. Kusano, T. Nakayama , "Relationship between Surface Shape of the Plastic Lens and Molding Conditions in the Injection Molding", Kobunshi Ronbunshu , Vol. 53, NO. 6, p. 345-351 ,1996. (in Japanese)
- [5] T. Maruyama, Y. Noro, M. Muranaka, and M. Takagi, " An Analysis of Molded Deformation in Injection-Compression Molded Plastic Lens by Finite Element Method ", Kobunshi Ronbunshu, Vol. 45, p. 625, 1988.
- [6] J. Sone, H. Murata, S. Takagi , "Experinental Results of Molding pressure Control on Injection Molding Process of Plastic Lenses ", Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen. Vol. 63, No. 611, p2552-2557, 1997. (in Japanese)
- [7] K. M. B. Jansen, D. J. Van Dijk, and M. H. Husselman, "Effect of Processing Conditions on Shrinkage in Injection Molding", Polymer Engineering and Science, vol. 38, No. 5, 1988.
- [8] J. Fassett, "Thin Wall Molding : How Its Processing Considerations Differ from Standard Injection Molding", Plastics Engineering, Vol. 51, No. 12, 1995.



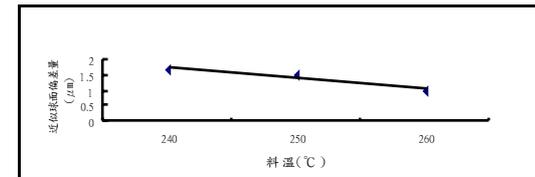
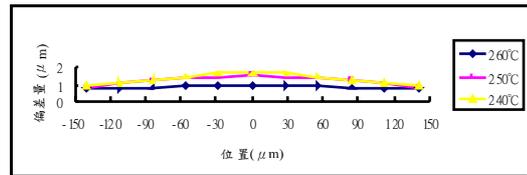
圖一 微透鏡模組之外觀及尺寸



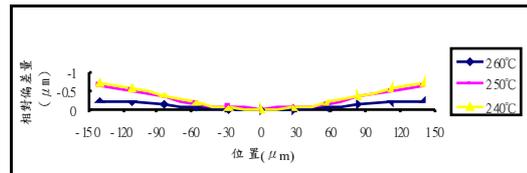
圖二 透鏡輪廓之評估方式



圖三 射出速率與透鏡之形狀偏差關係圖



圖四 射出速率與近似之球面形狀偏差量之關係



圖五 射出速率與近似球面之相對偏差量之關係

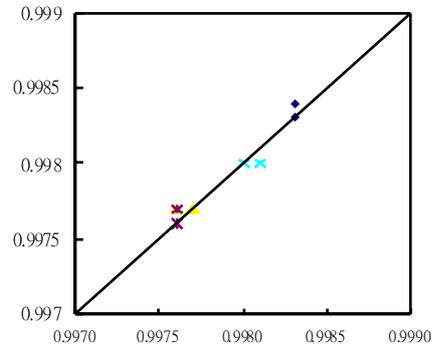
圖六 塑料溫度與透鏡之形狀偏差關係圖

圖七 塑料溫度與近似之球面形狀偏差量之關係

圖八 塑料溫度與近似球面之相對偏差量關係

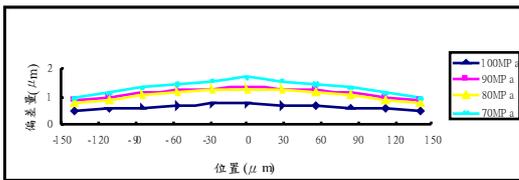
係

圖九 模具溫度與透鏡之形狀偏差關係圖



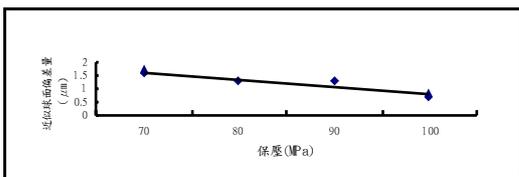
圖十四 保壓壓力與近似球面之相對偏差量關係

圖十 模具溫度與近似之球面形狀偏差量之關係

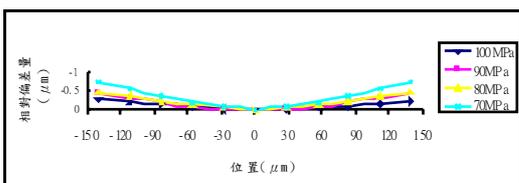


圖十五 透鏡三維輪廓之評估

圖十一 模具溫度與近似球面之相對偏差量之關係



圖十二 保壓壓力與透鏡之形狀偏差關係圖



圖十三 保壓壓力與近似之球面形狀偏差量之關

