

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

光學精密元件射出成形之整合研究 ()

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2212-E-002-070-

執行期間：92年08月01日至93年09月30日

執行單位：國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人：楊申語

共同主持人：楊申語

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 1 月 26 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

計畫名稱：光學精密元件射出成型之整合研究(II)-總計畫

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2212-E-002-070

執行期間： 92年 08月 01日至 93年 07月 31日

計畫主持人：楊申語

共同主持人：陳炤彰、沈永康

計畫參與人員：粘世智、柯岱佑

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣大學機械工程學系

中 華 民 國 93年 10月 31日

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：__年__月__日

國科會補助計畫	計畫名稱：光學精密元件射出成型之整合研究（II）-總計畫 計畫主持人：陽申語 計畫編號：NSC 92-2212-E-002-070 學門領域：EH
技術/創作名稱	
發明人/創作人	
技術說明	中文： (100~500 字)
	英文：
可利用之產業 及 可開發之產品	
技術特點	
推廣及運用的價值	

1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。

(二)中、英文摘要及關鍵詞

中文摘要

本研究為延續 91 年度光學精密元件射出成型之整合研究 (I) 之計畫，由三個子計畫共同合作以實驗和理論探討光學元件精密成型。子計畫一進行楔型板件之部等行程射出壓縮研究，探討模具設計與成型參數對楔型板件成型影響。實驗結果得知傳統射出壓縮及不等行程射出壓縮成型成品平面度都高於射出成型。而不等行程射壓成型壓力分佈的均勻性又優於等行程射出壓縮成型，且光彈量測發現其殘留應力也較小。子計畫二研究運用矽基模仁直接射出成型，以矽晶圓蝕刻微小結構，再運用蝕刻後之矽晶圓作為模仁。結果顯示提高模具溫度，減少塑料流動阻力可增加微溝槽成形性。子計畫三支援子計畫一、二，短射實驗及三維數值模擬分析剪切熱、溫度場及速度場分佈，分析出波鋒落後現象之原因。實驗結果顯示，運用三維數值模擬能分析與實際射出成型之真實充填行為，波鋒落後現象為射出速度太慢，剪切熱影響小使溫度分佈低，黏度升高流動阻力大流動速度慢所造成之現象。透過變異數分析影響平面度之最重要製程參數為模具溫度，低模具溫度時有較佳之平面度。

英文摘要

The integrated research project on precision molding of optical components consists of three sub-projects.

The sub-project I is devoted to “Variable-Distance Injection Compression Molding, VDICM” Significantly better flatness is observed in wedge plate molded with VDICM and ICM than those molded with IM. Pressure difference in plated molded with VDICM is smaller than these molded with ICM; as a result, the flatness is better.

The sub-project II is to investigate the feasibility of Direct Si-Molding (DSM) using the single crystal silicon as mold insert in injection molding and also the formability of micro grooves by DSM. Filling patterns of short-shots are very close to these obtained from the simulation. However, the effects of mold temperature is not predict well. Finally, the feasibility of DSM has been verified and the operation windows have been obtained. Besides, mold temperature has been identified as a key factor in micro groove formability.

The sub-project III is devoted to using short-shot experiments and 3D numerical simulation to analyze the viscous heating, temperature distribution and velocity distribution, and to find out the reason of edge-leading phenomena in wedge-shaped cavity. The filling patterns of 3D numerical simulation are very closes to those from experiments. The edge-leading in melt fronts is found to be caused by higher shear heating along the flow paths in the edges than those in the center.

關鍵詞：楔型板件(wedge-shaped plates)、不等行程射出壓縮成型 (Variable-Distance Injection Compression Molding, VDICM)、翹曲(warpage)、數值模擬(numerical simulation)

(三)報告內容

前言與研究目的

二十一世紀是一個光、機、電整合的時代，高精度及微小尺寸是力求達到的目標。本整合型計畫，以光學精密元件，針對射出成形機台之開發，模具設計開發、模流分析模擬、結構分析、光學性質量測做整合性研究，其間並與帝晶公司(TFT-LCD 導光板)、鈺德公司(DVD 光碟片)和智泰科技公司(模流分析)合作，期提昇台灣整體競爭力。

子計畫一：第一年主要工作為各製程參數與模具設計對成品品質之影響，希望經由實驗結果找出正確的模具設計與製程參數組合，達成楔型板件最佳化的目標。

子計畫二：第一年致力於探討模具冷卻速度對不同厚度比且含微溝槽之模具的射出成形影響，研究中探討模具溫度以液態氮作為急速冷卻對薄件厚度與微溝槽射出成形的影響性，並加入模具設計與射出成形參數影響性做為研究之課題。

子計畫三：以 3D 軟體 (Moldflow) 模擬探討子計畫一所見兩側波鋒超前的原因，並以田口實驗計畫法及變異數分析探討平面度。

本整合計畫包含了理論分析、成型實驗與流場觀察，致力探討光學精密元件射出成型製程。期望完成一整合性、系統性的精密射出成型技術，以支援產業界對此領域之廣泛應用。

研究方法

子計畫一實驗以實驗所用之射出成型機為震雄 SM-80，最大射膠壓力為 1890 kg/cm²，最大射出率為 65 cm²/sec，射出機並經原廠加裝一後壓縮機構，該後壓縮機構為彈簧回復式之中空環狀油壓缸，與頂出梢成同心安裝於可動側之增壓模板內，壓縮力最高可達 25tons。本實驗藉由調變 IM、ICM 及 VICM 的操作參數，以研究製程及其操作參數對於楔型版件的平面度影響。

子計畫二研究運用矽晶圓蝕刻後之矽基模仁直接射出成型之可行性，以不同深寬比微結構不同模具溫度與射出參數來探討微小結構之成型性，並找出不同厚度之成品之成型窗。並比較不同成型參數對微射出的翹曲量、收縮量、內應力及微結構之影響。

子計畫三以 3D 模流分析 (Moldflow)，模擬實際射出探討兩端波鋒超前超越中間現象。實驗方面以 125 Ton 精密射出機 (CLF-125T) 執行實驗，使用 5 吋 (100mm*75mm) 楔型板模具進行比對，射出厚度由一端 2.8 降至 0.8mm，材料為 PMMA (旭化成 ASAHI Delpet 80-NH, Japan)。

結果與討論

1. 不等行程射出壓縮成型 (子計畫一)

為讓此楔形板模具能夠進行傳統射出、等距射出壓縮、不等距射出壓縮三種成型方式，而以替換不同厚度尺寸之嵌入式模仁因應，圖 1 為射出壓縮成型 (ICM) 及不等行程射出壓縮成型 (VICM) 之模具作動示意圖。在 ICM 製程裡，我們先預放 0.2mm 的壓縮空間，待充填完成後予以壓縮，所以最厚端的壓縮比例為 20%，最薄端為 8%。在 VICM 製程裡，我們藉由厚端和薄端預放不同壓縮間隙(薄端 0.1mm，厚端 0.25mm)的模仁設計方式，達到楔形板件具有均一壓縮比例(10%)的要求。圖 2 為本計畫中之楔型版件實驗模具

設計圖。

2. IM、ICM、VICM 製程對楔型板件平面度之影響（子計畫一）

圖 3 為保壓(IM 製程)及後壓縮(ICM, VICM 製程)壓力對楔型板件平面度之影響，其結果顯示較高之保壓及後壓縮壓力有助於楔型板件平面度之提升，後壓縮的加入對平面度之提升也有明顯的效果，尤其以 VICM 的平面度最佳，顯見不等行程壓縮對楔型板件品質提升具良好效果。圖 4 為保壓(IM)及後壓縮(ICM, VICM)時間對楔型板件平面度之影響，其結果顯示較長之保壓(IM 製程)及後壓縮(ICM, VICM 製程) 時間有助於楔型板件平面度之提升，值得注意的是 IM 的成品平面度於 4 秒以後及維持一樣的水準，其原因為澆口於 4 秒時已凝固，故融膠無法進入模穴以補充收縮，其可由成品重量於保壓時間超過 4 秒以後即不再增加得到驗證。圖 5 為 IM, ICM 及 VICM 製程之楔型板件雙折射紋階分佈狀態。其結果顯示 IM 較 ICM 及 VICM 製程之楔型板件有較密集的雙折射紋階分佈，表示 ICM 及 VICM 製程具有較低的殘留應力和分子定向，這是 ICM 及 VICM 提升平坦度的主因。

3. 矽基模仁直接射出成型（子計畫二）

子計畫二直接運用矽模仁射出成型(DSM)，如圖 6.為厚度 0.5 mm之成型視窗。如圖 7.為厚度 0.3 mm之成型視窗。在操作視窗中射出壓力的表現可知成品厚度對矽模仁射出有很大的影響，在愈薄成品厚度時所用的壓力須增加才能成形，且實驗中看出有一不穩定區(有可能發生破壞)在較高射壓，這表示矽模仁仍有壓力上的限制，所如控制在低壓力是成形要素，如實驗結果所示，110MPa 為本實驗之範圍限制。其優點為可減少翻製次數，增進形狀轉寫(Form Transfer)精度，節省模仁製作成本和時間。

4. 模具溫度對微結構成型的影響（子計畫二）

塑膠在微小結構時不易成型，在微小溝槽成形發現增加模溫對微溝槽複寫高度有很大幫助，但提模溫對成形時間加長和模具熱量會造成成品收縮、翹曲變大。如圖 8 為矽模仁 150 μm 微溝槽溫成形高度、圖 9 矽模仁 100 μm 微溝槽溫成形高度、圖 10 矽模仁 50 μm 微溝槽溫成形高度。

5. 楔型板件之充填模擬與短射實驗比較（子計畫三）

經由射出實驗之短射，圖 11 圖 12 為短射與三維數值模擬分析之結果，不論是 Fan-gate I（截面似平凸）、Fan-gate II（截面似平凹），均可利用 3D 數值分析（Moldflow）模擬出與實驗非常接近之模穴真實充填行為。

6. 楔型板件平面度探討（子計畫三）

經由田口式實驗計畫法及變異數分析，不論 Fan-gate I 或 Fan-gate II 皆有 99%的信心水準下，影響平面度之最重要製程參數為模具溫度，並經由 S/N 比及品質特性的變異數分析可得 S/N 比的誤差及實驗誤差。

結論

本整合型計畫延續 91 年光學精密元件射出成型之整合研究 (I)，使用的載具為楔型導光板及微結構元件。子計畫一本研究比較一般傳統射出(IM)、射出壓縮成型(ICM)及不等行程射出壓縮成型(VDICM)三種成型方式的楔型板品質，有後壓縮的製程(ICM, VICM)成品平坦度明顯提升。觀察其雙折射紋階遠低於一般傳統射出，射出壓縮和不等行程射出壓縮成型相較於傳統射出成型，有較小的分子定向與殘留應力。子計畫二運用矽基模仁直接射出成型探討矽基模仁之可行性與微小結構之成型性。子計畫三模擬分析得知受剪切熱影響大的區域有較高的溫度分佈及速度分佈，可使塑料在流動時因黏度低阻力小而有較快之流動速度。而避免落後現象之發生則需增加其射出速度，增加塑料與模壁的摩擦使剪切熱增大。

參考文獻

1. 王東釗，"光電特集-LCD 背光技術"，工業材料 162 期，95 頁，89 年 6 月
2. J. Greene, "Pressure-Induced Densification in Injection Molding", Polymer Engineering and Science, 1986, vol. 26, No. 8, p534
3. 張永彥，實用塑膠模具學，全華圖書，83 年
4. 柯茗種，"射出壓縮成型過程的基本探討"，台灣大學機械工程研究所，碩士論文 (1992)
5. S.Y. Yang and M.Z. ke, "Experimental Study on the Effects of Adding Compression to Injection Molding Process", Advances in Polymer Technology, 1995, Vol. 14, No. 1, pp. 15-24
6. S.Y. Yang and M.Z. ke, "Influence of Processing on Quality of Injection-Compression-Molding Disks" Polymer Engineering and Science, Mid-August, 1995, Vol. 35, No. 15
7. S.Y. Yang and S.C. Nian, "Experimental Study on Injection Compression Molding of Cylindrical Parts", Advances in Polymer Technology, 1996, Vol. 15, No. 3 pp. 205-213
8. 陳裕承，"短射壓縮成型的基本應用及應用"，台灣大學機械工程研究所，碩士論文 (1996)
9. 劉熙銘，"射出壓縮在粉末射出的應用探討"台灣大學機械工程研究所碩士論文 (1997)
10. 曾義翔，"陶瓷薄件與厚件射出成型改善"，台灣大學機械工程研究所，碩士論文 (1998)
11. 吳宗祐，"射出壓縮成型在精密圓筒件與表面微肋件之應用探討"，國立臺灣大學，碩士論文(2000)
12. 馮文宏，"楔形板件精密射出與射出壓縮成型探討"，國立臺灣大學，碩士論文(2001)
13. 粘世智，"射出壓縮於精密成型的應用與探討"，台灣大學機械工程研究所，碩士論文 (1995)
14. S.Y. Yang and S.C. Nian, "Experimental Study on the Injection Compression Molding of Parts with Precision contours", Intern. Polymer Processing, XI, 1996, 2, pp. 188
15. A. I. Isayev, "Orientation Development in the Injection Molding of Amorphous Polymers", Polymer Engineering and Science, Mid-April 1983, Vol. 23, No5, p271
16. A. Siegmann, "Residual Stresses in Injection-Molded Amorphous Polymers", Polymer Engineering and Science, 1987, Vol. 27, No14, p1069
17. A. Siegmann, "Residual Stresses in Polymer III: The Influence of Injection-Molding Process Conditions", Polymer Engineering and Science, 1982, Vol. 22, No9, p560
18. K. Yoon, "Birefringence Measurements of Injection-Molded Disks", ANTEC'91, p333
19. K. Yoon, "The Effect of Holding Pressure on Frozen-in Birefringence in

Injection-Molded Disks", ANTEC'92, p2221

20. Pham, "Residual Stresses in Injection Molded Polycarbonate Rectangular Bars", Polymer Engineering and Science, 1993, Vol.33, No24, p1634
21. T.Oshiro, "Experimental Study of DVD Substrate Quality by Operating Condition in Injection Molding", ANTEC'97, p234
22. 林賢樑, "壓克力鏡片之射出成型模擬及其殘留應力之探討", 國立臺灣科技大學, 碩士論文(1994)

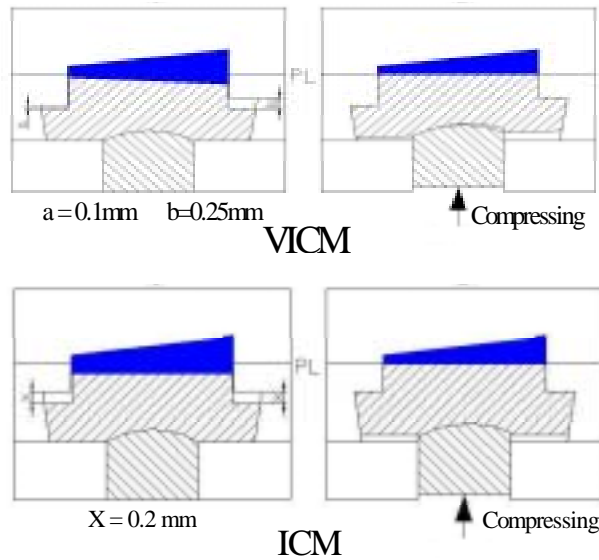


圖 1 射出壓縮成型 (ICM) 及不等行程射出壓縮成型 (VICM) 之模具作動示意圖

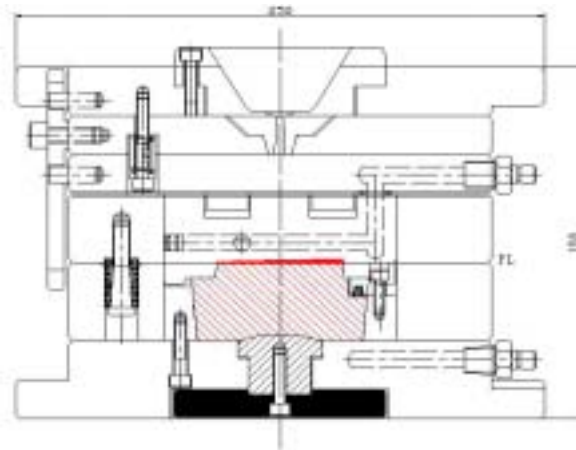


圖 2 楔型版件之模具設計圖

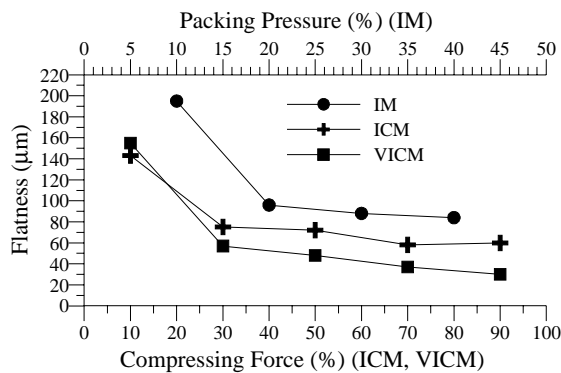


圖 3 保壓(IM)及後壓縮(ICM,VICM)壓力對楔型板件平面度之影響

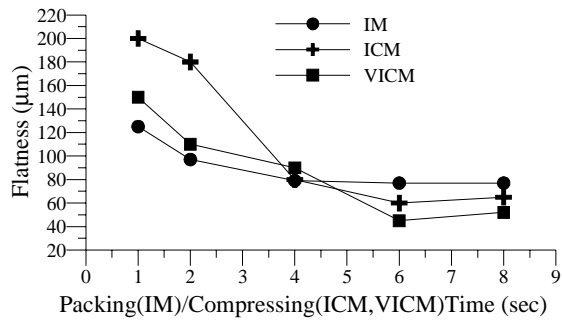


圖 4 保壓(IM)及後壓縮(ICM,VICM)時間對楔型板件平面度之影響

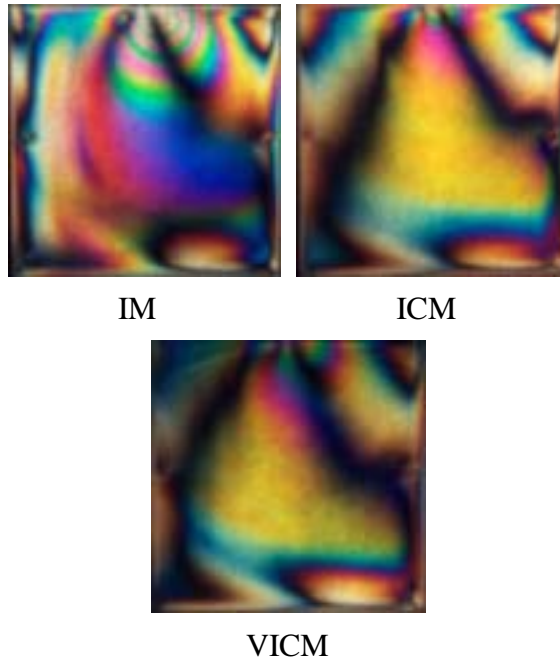


圖 5 IM, ICM 及 VICM 製程之楔型板件雙折射紋階分佈

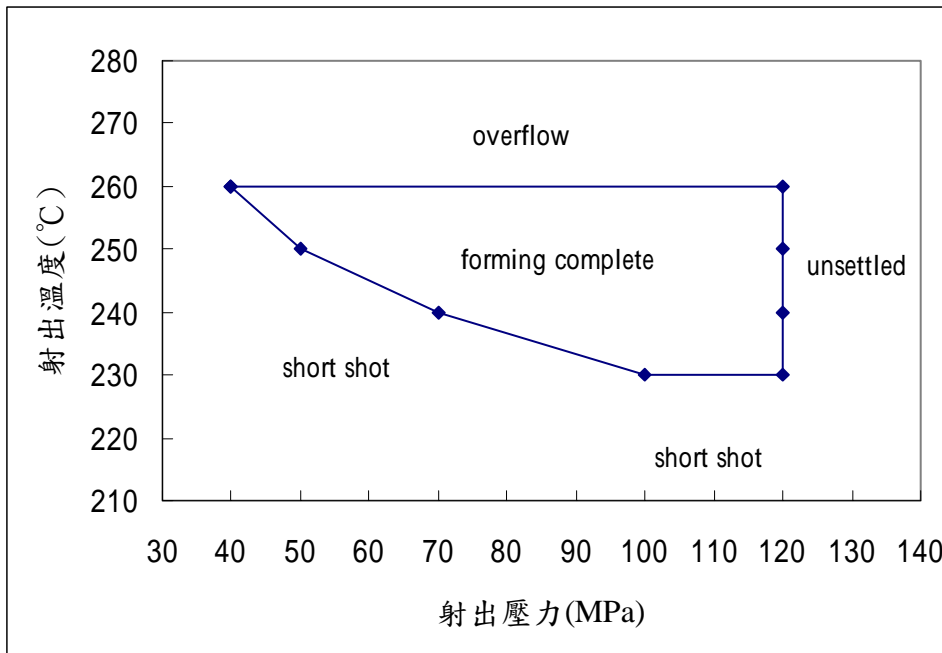


圖 6 厚度 0.5mm 模穴成形視窗

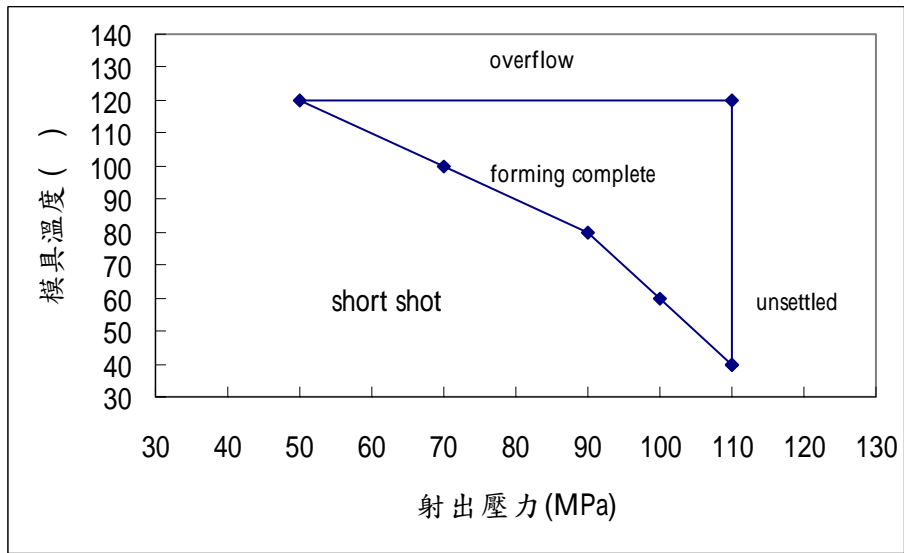


圖 7 0.3mm 模穴成形視窗關係圖.

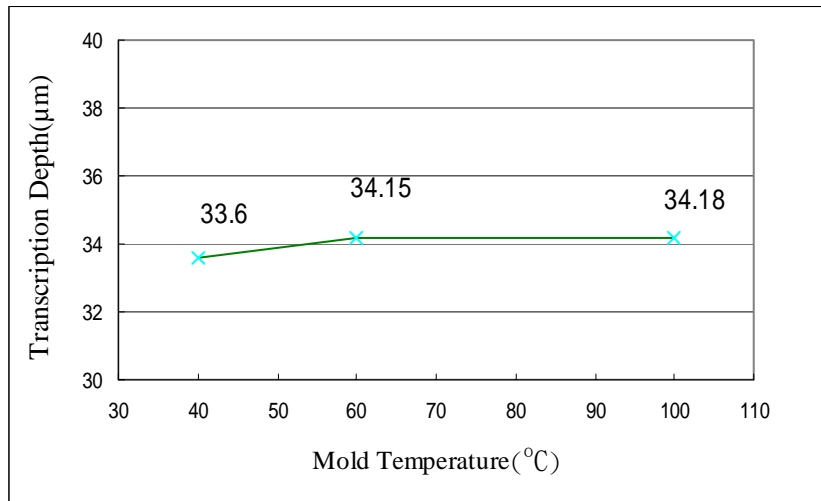


圖 8 矽模仁 150 μm 微溝槽模溫成形高度

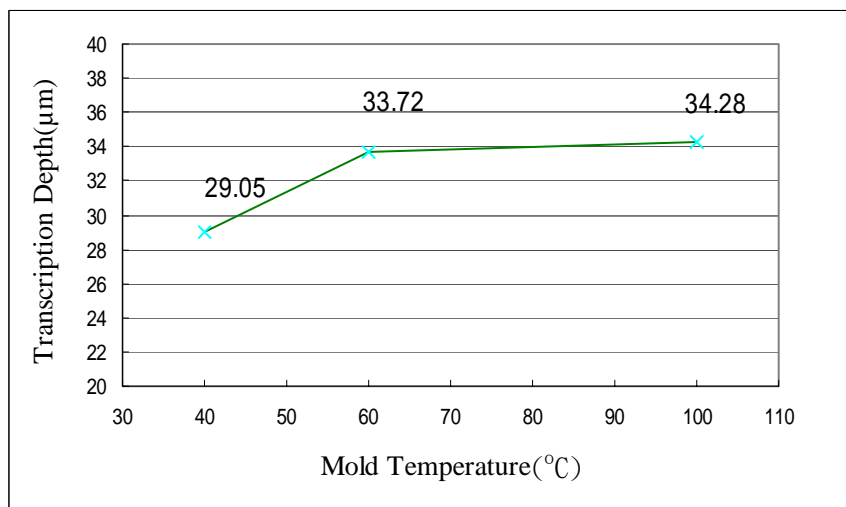


圖 9 矽模仁 100 μm 微溝槽模溫成形高度

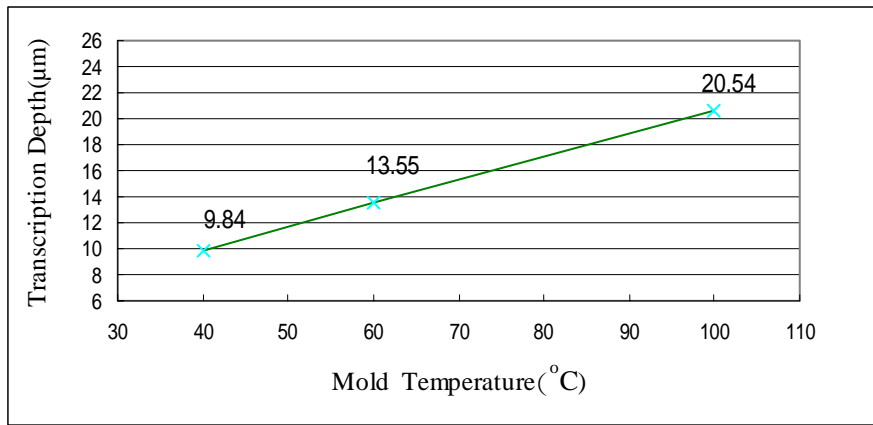
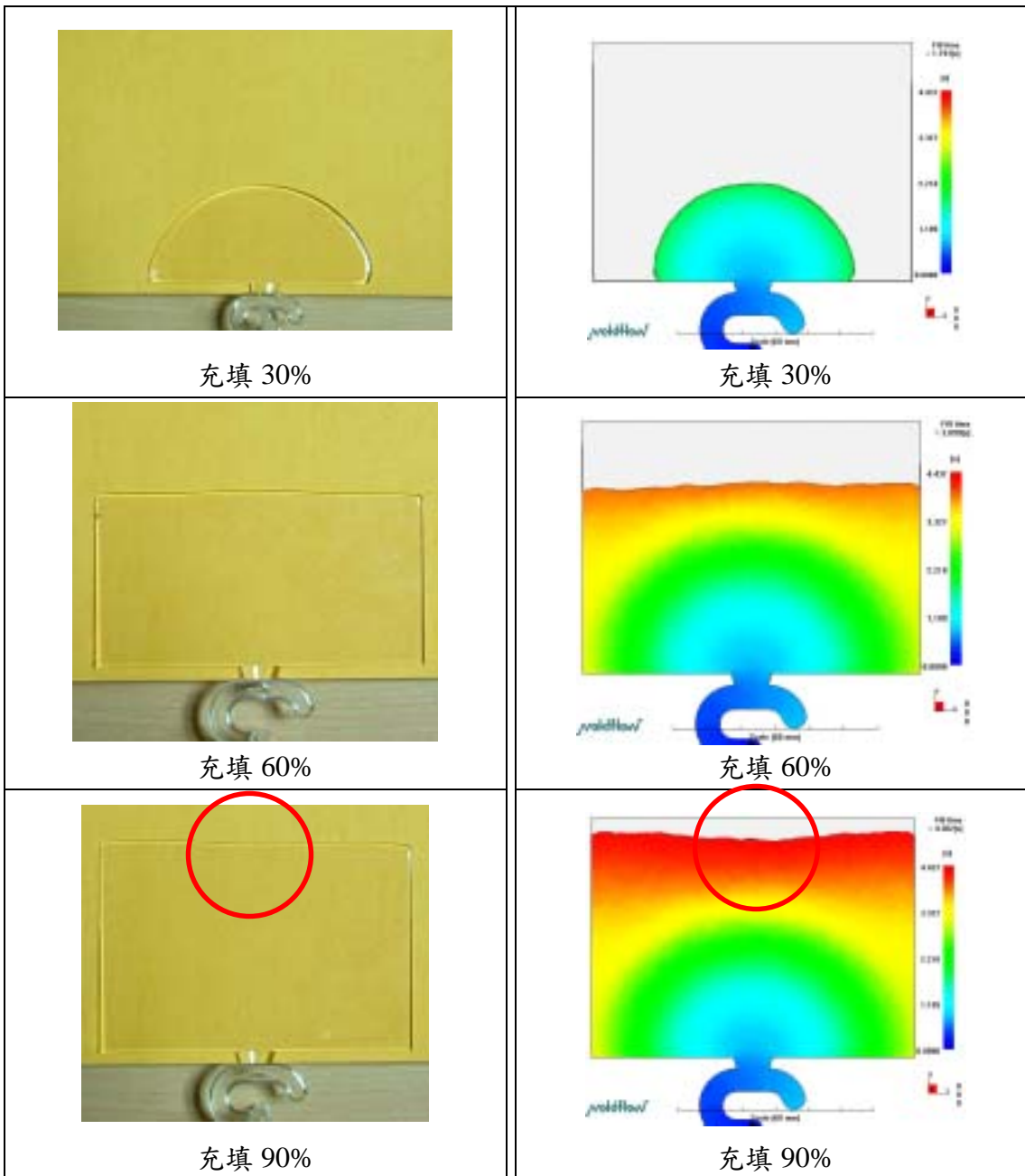


圖 10 矽模仁 50 μm 微溝槽模溫成形高度



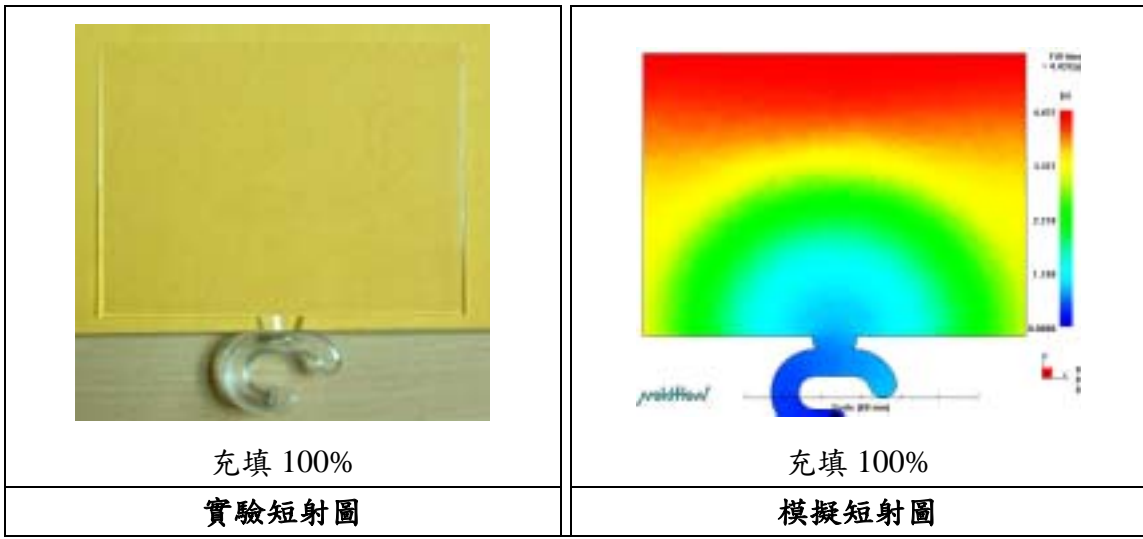
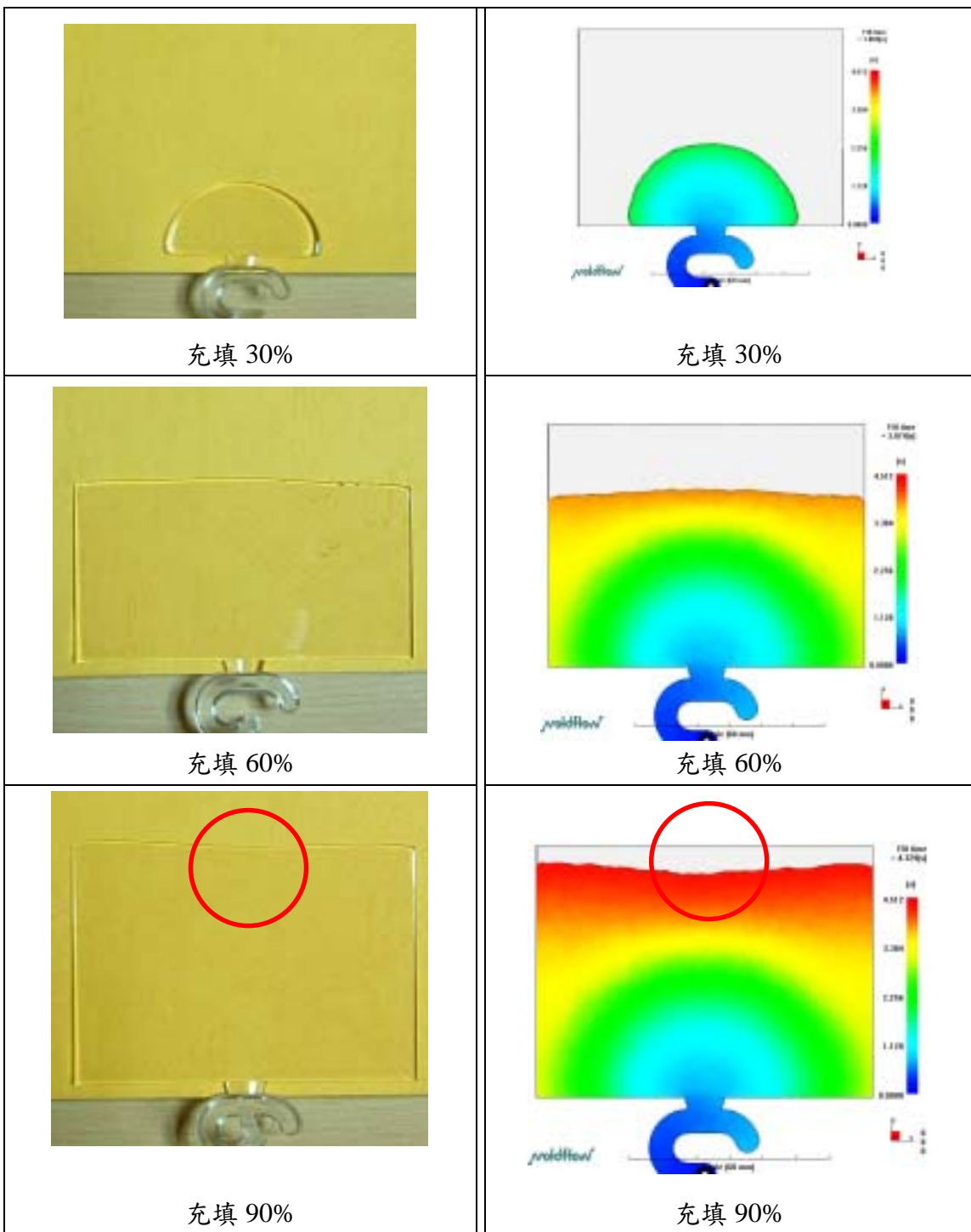
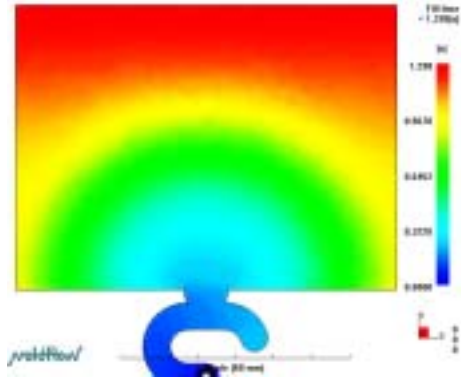


圖 11.Fan-gate I 波鋒落後實驗與模擬短射圖





充填 100%
實驗短射圖



充填 100%
模擬短射圖

圖 12. Fan-gate II 波鋒落後實驗與模擬短射圖