

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

總計畫

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2212-E-002-028-

執行期間：91年08月01日至92年07月31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

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 2 月 13 日

計畫名稱：光學精密元件射出成型之整合研究（I）-總計畫

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91 - 2212 - E - 002 - 028

執行期間： 91年 08月 01日至 92年 07月 31日

計畫主持人：楊申語

共同主持人：

計畫參與人員：

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 92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： 計畫主持人： 計畫編號： 學門領域：
技術/創作名稱	
發明人/創作人	
技術說明	中文： <p style="text-align: center;">(100~500 字)</p>
	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

本研究為兩年期整合型計畫，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 14.1 吋楔型板件的精密射出研究，探討模具設計與成型參數對楔型板件成型影響。實驗結果顯示：波鋒有兩側超前現象，改善澆口流量平衡及逃氣順暢度雖無法使波鋒平衡，卻能提昇保壓效果，使成品尺寸均勻。公母模溫差越接近 1 時，成品平整度最好。子計畫二研究模具冷卻速度對微溝槽成形影響，以液態氮為冷卻液，以流量多少控制冷卻速度，結果顯示模具冷卻速度對成品收縮及翹曲量影響不大，而提高模具溫度，減少塑料流動阻力可增加微溝槽末端成形性。子計畫三支援子計畫一、二，運用 3D 數值模擬分析充填過程，模具中央部分，剪切熱小於兩端使溫度稍低，黏度較高，流動速度慢。變異數分析得知影響平面度之最重要參數為模具溫度，低模具溫度有較佳平面度。

英文摘要

The integrated research project on precision molding of optical components consists of three sub-projects. The sub-project is devoted to investigation the precision injection molding (IM) of precision wedge-shaped plates. Though venting system does not totally eliminate the unbalance in melt front advancements, the dimensional deviation can be reduced with effective venting systems. Furthermore, the dimensional control is also improved with venting system. With current cooling system, reducing difference to 1 in coolant temperatures of two mold halves results in the least warpage. The sub-project is devoted to investigating the effects on mold cooling rate in micro-injection molding. Mold heating system is used to raise flow ability of plastic, and liquid nitrogen gas is used to provide cooling of mold temperature. Cooling rate depends on flow rate. Results show that mold cooling rate does not affect the shrinkage and warpage of parts much. The results of sub-project show that the filling situation of 3D numerical simulation very closes to those from experiments. The melt front in the center delays because the viscous heating is low and temperature is low in the center, resulting an high flow resistance.

關鍵詞：楔型板件(wedge-shaped plates)、精密射出成型 (precision injection molding)
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形製程。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 450 Ton 精密射出機 (日本製鋼 J450EII-SP) 進行實驗，模具為 14.1 吋(293mm*220mm)楔型板件，楔型厚度由一端 2.3 降至 0.7mm，材料為 PMMA (旭化成 ASAHI Delpet 70-FH, Japan)。探討澆口及逃氣道設計形式對於流動波前及收縮控制之影響，以及模溫參數對於成品平整度的影響。

子計畫二研究冷卻速度對微射出成形影響性，以不同深寬比微結構不同冷卻速度等參數來探討。急冷使用液態氮急速冷卻模具，急冷與慢冷以液態氮的量來控制，可迅速將模具溫度降低，量測並比較急速冷卻對微射出的翹曲量、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. 逃氣設計的影響 (子計畫一)

表 1 為各階段模具設計變更之最大波鋒超前距離之比較，圖 1 為原始波鋒短射照片組合，圖 2 為澆口設計更改後之逃氣道分佈，圖 3 為澆口設計更改後短射照片組合。由以上圖表，發現兩端波鋒超越中間，並無明顯改善。子計畫三模擬結果顯示，此現象乃因兩端產生較高的剪熱作用於該區的融膠所產生的情形。表 2 表 3 可發現隨著逃氣設計改善，對於成品的厚度均勻度與保壓所能影響的程度也都提升了許多。

2. 模溫對平整度的影響 (子計畫一)

在模溫控制與平整度變化上，表 4 為趨勢實驗各模溫條件配置，圖 4 為趨勢實驗條件設定與最大翹曲值變化關係。由結果可發現，固定側與可動側之模溫差對於成品的平整度

有一定影響，在此一模具設計與射出參數設定下，模溫差距越大，則翹曲值便越大。且翹曲的方向也受到兩側模溫的高低差距所影響，當可動側模溫較高時，成品會凹向可動側，反之，若固定側模溫較高時，則會凹向固定側。由此次結果可發現，條件七和八的模溫設定環境，可得到較佳的平整度，翹曲值約在 0.110~125mm 之間。

3. 冷卻速率對收縮量的影響（子計畫二）

塑膠在高模具溫度下成形，冷卻時會產生大量收縮，子計畫二探討在高溫下以冷卻速率對收縮量之影響。成品在模具溫度 80 呈現短射，無法充填飽滿，進行收縮的量測。故收縮量測選用 110 之成品，量測數據結果如表 5 所示。圖 5 為模具溫度 110 垂直與平行進澆之收縮率比較，垂直進澆方向的成品收縮量較小，其原因在射出成形時，塑料以熔融狀態高速通過澆口的狹窄處，塑料分子會被拉伸，且分配一定方向又稱分子的流動配向，實驗中流動配向方向為平行進澆方向，因此在平行進澆的方向處的收縮率大於垂直方向。

4. 冷卻速率對翹曲量的影響（子計畫二）

塑膠成品的翹曲量會影響成品外型產生變形，高模具溫度下成品收縮量大，成品會產生不同方向的拉、壓應力導致變形，液態氮急速冷卻探討對於翹曲量之影響。翹曲量量測上需以充填飽滿之成品量測，由於成品在模具溫度 80 為短射現象無法充填飽滿，所以翹曲量量測選用 110 之成品測量其成品翹曲值，量測數據結果如表 6 所示。圖 6 比較不同冷卻方式垂直與平行流動方向的翹曲量，發現平行進澆大於垂直方向，急冷與慢冷影響不大。

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 7 與三維數值模擬分析之結果，不論是 Fan-gate（截面似平凸）Fan-gate（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（子三）

經由田口式實驗計畫法及變異數分析，不論 Fan-gate 或 Fan-gate 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

本整合型計畫致力於光學精密元件射出成型探討，使用的載具為楔型導光板及微結構元件。子計畫一楔型板件精密射出涉及充填及保壓冷卻。充填時兩端波鋒超越中間，發現乃充填流動剪切升溫，改善逃氣設計對尺寸精度提升有幫助。公母模溫差 1 以內時，最為平直。子計畫二探討模具冷卻速度對於微射出成形成品的影響，以液態氮急速冷卻設備，急、慢冷由量來控制，急、慢冷影響不大。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. J. Greener, *Polym. Eng. Sci*, **26**, 886 (1986).
2. W. C. Bushko, *Polym. Eng. Sci*, **36**, 322 (1996).
3. D. Seidler, *Kunststoff Plast Europe*, 1338, **Sep.**,(1998).
4. C. Ziegmann, *J. Polym. Eng*, 99, **Sep.**,(2001).
5. Y. K. Shen, *Int. Commun. Heat Mass Transf*, 28 ,1035,(2001).
6. Shen, Y. K., Yang, S. Y., Wu, W. Y., Jian, H. M. and Chen, C-C. A., *J. Reinf. Plast. Compos.*, Accepted , (2003).

表 1 變更模具設計對最大波鋒距離之影響

	原始設計	逃氣設計(一)	逃氣設計(二)	逃氣設計(三)	澆口變更+逃氣設計(三)
最大波鋒超越值(mm)	38	28	29	29	43

表 2 趨勢實驗之模溫條件配置表

量測位置	模具尺寸 (mm)	成品尺寸 (mm)	誤差值(%)
長 A-A	293.4	293.012	-0.13
長 B-B	293.4	293.127	-0.09
長 C-C	293.4	293.283	-0.04
寬 1-1	221.08	220.488	-0.27
寬 2-2	221.08	220.652	-0.19
寬 3-3	221.08	220.894	-0.08
厚 1	2	1.857	-7.70
厚 2	2	1.967	-1.68
厚 3	2	1.922	-4.06
中 1	1.33	1.151	-15.55
中 2	1.33	1.329	-0.08
中 3	1.33	1.232	-7.95
薄 1	0.62	0.488	-27.05
薄 2	0.62	0.619	-0.16
薄 3	0.62	0.542	-14.39

表 3 各條件設定最大翹曲值量測結果

量測位置	模具尺寸 (mm)	成品尺寸 (mm)	誤差值(%)
長 A-A	292.86	292.541	-0.11
長 B-B	292.86	292.558	-0.10
長 C-C	292.86	292.571	-0.10
寬 1-1	220.68	220.016	-0.30
寬 2-2	220.68	220.196	-0.22
寬 3-3	220.68	220.043	-0.29
厚 1	2.25	2.241	-0.40
厚 2	2.25	2.246	-0.18
厚 3	2.25	2.231	-0.84
中 1	1.47	1.45	-1.36
中 2	1.47	1.468	-0.14
中 3	1.47	1.432	-2.59
薄 1	0.7	0.698	-0.29
薄 2	0.7	0.693	-1.00
薄 3	0.7	0.695	-0.71

表 4 趨勢實驗之模溫條件配置表

條件代碼	模溫設定()	條件代碼	模溫設定()
A1	固定側:-37	A6	固定側:-37
	可動側:-20		可動側:-33
A2	固定側:-37	A7	固定側:-37
	可動側:-22		可動側:-35
A3	固定側:-37	A8	固定側:-37
	可動側:-24.5		可動側:-37
A4	固定側:-37	A9	固定側:-37
	可動側:-27		可動側:-40
A5	固定側:-37	A10	固定側:-37
	可動側:-30		可動側:-43

(溫度數值為模溫與材料軟化溫度之差距)

表 5 成品之收縮值

參數 \ 量測	平行進澆(mm)	收縮率 (%)	垂直進澆(mm)	收縮率 (%)
模溫 110	4.930	1.40	4.942	0.99
模溫 110 慢冷	4.962	0.76	4.964	0.72
模溫 110 急冷	4.964	0.72	4.966	0.68
模溫 110 慢冷+射壓	4.982	0.36	4.980	0.40
模溫 140	4.898	2.04	4.912	1.76
模溫 140 慢冷	4.940	1.20	4.946	1.08
模溫 140 急冷	4.952	0.96	4.958	0.84
模溫 140 慢冷+射壓	4.978	0.44	4.978	0.44

表 6 成品的翹曲量測值

參數 \ 量測	平行進澆量測(μm)	垂直進澆量測(μm)
模 110	54.2745	42.3973
模 110 慢冷	37.6281	29.0176
模 110 急冷	35.6330	28.5999
模 110 慢冷+射壓	19.3566	16.6725
模 140	31.9656	24.8273
模 140 慢冷	21.5902	24.1167
模 140 急冷	22.5569	20.2677
模 140 慢冷+射壓	14.7084	20.7200

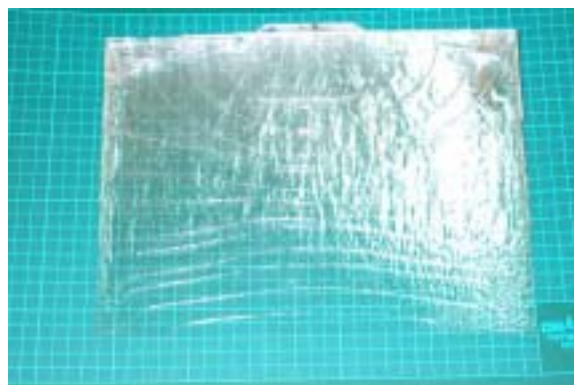


圖 1 原始波前短射照片組合圖

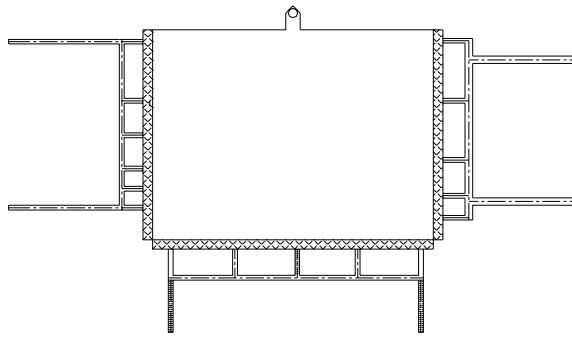


圖 2 澆口設計更改後之逃氣道分佈圖

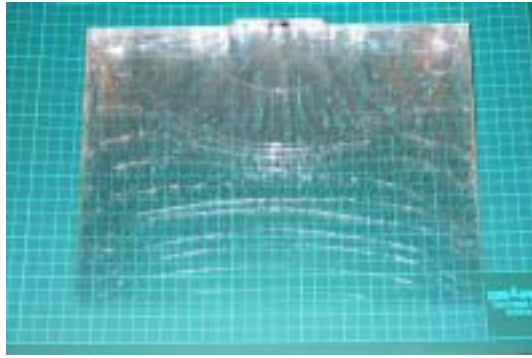


圖 3 澆口設計更改後的短射照片組合圖

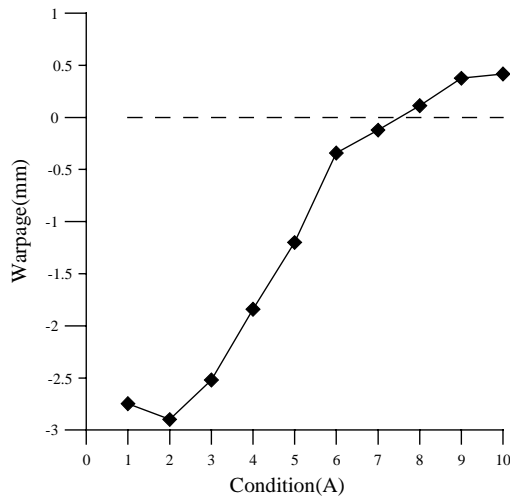


圖 4 趨勢實驗之條件設定與最大翹曲值變化關係圖

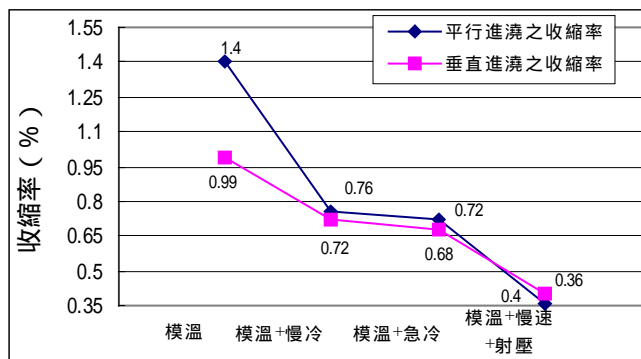


圖 5 模具溫度 110 垂直與平行進澆之收縮率比較

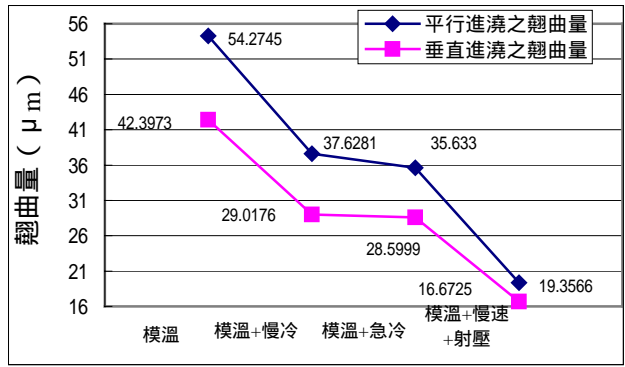


圖 6 模具溫度 110 垂直與平行進澆之翹曲量比較

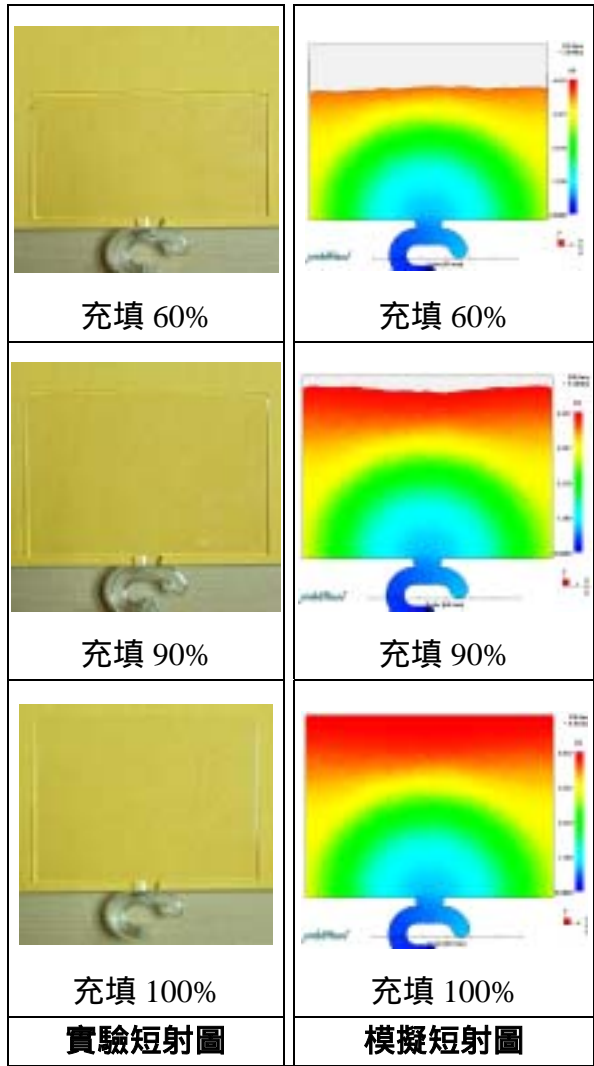


圖 7 Fan-gate 波鋒落後實驗與模擬短射圖

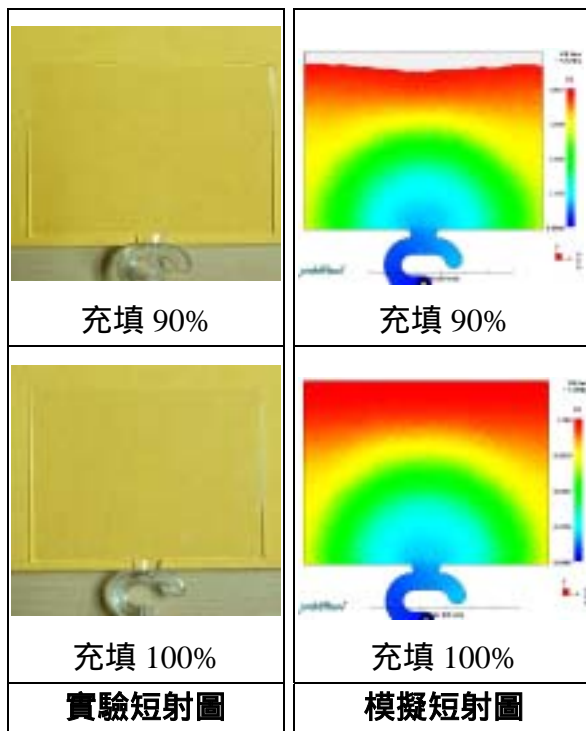


圖 8 Fan-gate 波鋒落後實驗與模擬短射圖