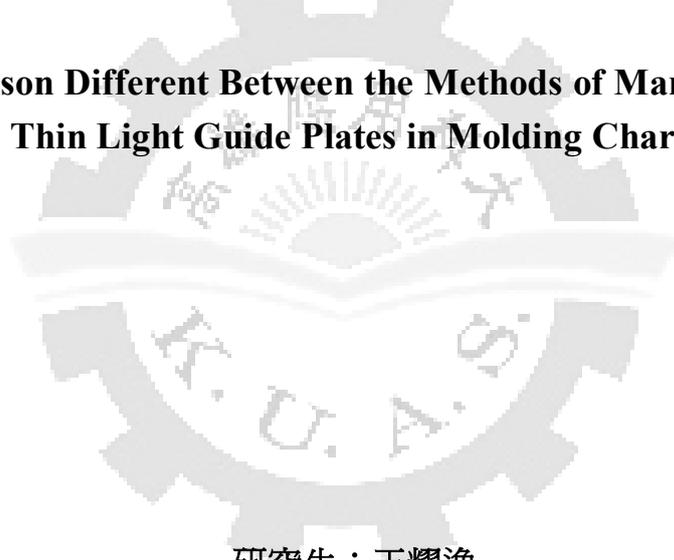


國立高雄應用科技大學
模具工程系碩士班

碩士論文

不同製程方法對超薄型導光板
成型特性比較

**The Comparison Different Between the Methods of Manufacture of the
Thin Light Guide Plates in Molding Characteristics**



研究生：王耀逸

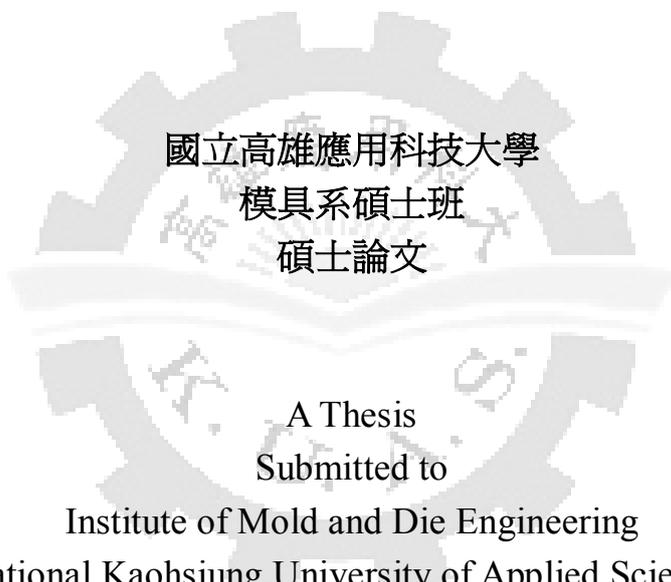
指導教授：黃俊欽教授

中華民國 九十八 年 七 月

不同製程方法對超薄型導光板成型特性比較

**The Comparison Different Between the Methods of Manufacture of
the Thin Light Guide Plates in Molding Characteristics**

研究生：王耀逸
指導教授：黃俊欽教授



國立高雄應用科技大學
模具系碩士班
碩士論文

A Thesis
Submitted to
Institute of Mold and Die Engineering
National Kaohsiung University of Applied Sciences
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Engineering
in
Mold and Die Engineering
July 2009
Kaohsiung, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

不同製程方法對超薄型導光板成型特性比較

學生：王耀逸

指導教授：黃俊欽

國立高雄應用科技大學模具工程系碩士班

摘要

導光板是背光模組中最重要之關鍵零組件之一，其功能在於將 LED 或 CCFL 之光源引導成均勻的面光源，提供顯示器面板所需的足夠光源。主要原理是利用表面的微結構來破除光線在導光板內部的全反射現象，使光線能均勻由出光面射出。為了降低背光模組的成本及厚度，導光板將朝薄型化發展，但是傳統的射出成型往往因高射速及高射壓，衍生出應力殘留、塑品翹曲變形、微結構充填不易等問題。本研究主要目的在於探討不同製程方法；例如射出成型、射出壓縮成型、模溫變動製程等，對導光板成型特性如翹曲變形及微結構轉寫率的影響，並且針對不同等級的厚度及微結構建立適當地成型視窗。本研究以長 55.42mm、寬 40.92mm 之 2.5 吋導光板為例，分別測試不同厚度如 0.3mm 與 0.5mm，不同 v-型溝微結構尺寸如 20 μ m、10 μ m、2.5 μ m。研究成果顯示；與傳統射出成型相較，射出壓縮成型能有效降低成型壓力，因此明顯降低塑品在澆口附近的應力殘留，也改善了翹曲變形的問題，同時由於壓力均勻，對整個表面微結構有均勻化的作用，且因以壓縮方式微結構有更好的轉寫效果，而微結構尺寸愈小，轉寫率愈低。以 20 μ m、10 μ m、2.5 μ m 的 v-型溝微結構為例，轉寫率分別約為 91%、93%、76%。而模溫變動製程能有效提高模具表面溫度，這對微結構轉寫率的提高是個關鍵，以光學級壓克力 PMMA 塑料為例，當模具表面溫度提高至 140 $^{\circ}$ C 時，微結構轉寫率均可大幅提高到約 90% 以上，而且整個表面的微結構轉寫率也更加均勻。

關鍵字：導光板、微結構、射出壓縮成型、變模溫製程、殘留應力、翹曲變形、轉寫率

The Comparison Different Between the Methods of Manufacture of the Thin Light Guide Plates in Molding Characteristics

Student : Yao- Yi Wang

Advisor : Professor Chung-Ching Huang

Institute of Mold and Die Engineering

National Kaohsiung University of Applied Sciences

Abstract

Back Light Module is the key section of TFT-LCD, The main function is to guide the light source of LED or CCFL to plane uniform light source, it offers enough light and uniform light source for plate. It is made the micro-structure to destroy total reflection phenomenon which inside LGP than cause the light send out by LGP out light surface. In order it would like to reduce cost and thickness of the back light module, the LGP is developed is about to be more light and thin, however, the traditional injection molding is often due to high speed and high pressure, it induce residual stress, plastic warpage, microstructure difficult to fulfill. This study is to explore different methods of manufacturing process; such as injection molding and injection compression molding, change temperature, It consider LGP molding characteristics, such as warpage, influence of micro-structure transcription rate, and for different levels of thickness and micro-structure set up the proper molding window. This research takes 2.5inches LGP parts, which is 55.42illimeter length and40.92 millimeter width. The LGP's thickness is 0.3and0.5 millimeter. The micro-structure is V- cut, which dimensions $20\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$. The research finding; the effectively molding pressure is reduced and the micro-structure is more uniformity in injection compression molding. It reduces not

only residual stress, but also improving warpage, when it obvious transcription rate, which depends on the micro-structure size. The s transcription rate approximately are 91%,93%,75% when V-cut micro-structure are 20 μm 、10 μm and 2.5 μm . Mold temperature change process can effectively improve mold surface temperature, and this microstructure to improve the transcription rate is a main key, take plastic optics grade of acrylic (PMMA) as the example, when the mold surface temperature enhances to 140 $^{\circ}\text{C}$ transcription rate of micro-structure can be drastically increased to more than 90%,and the entire surface of the micro-structure transcription rate is also to a more uniformity.

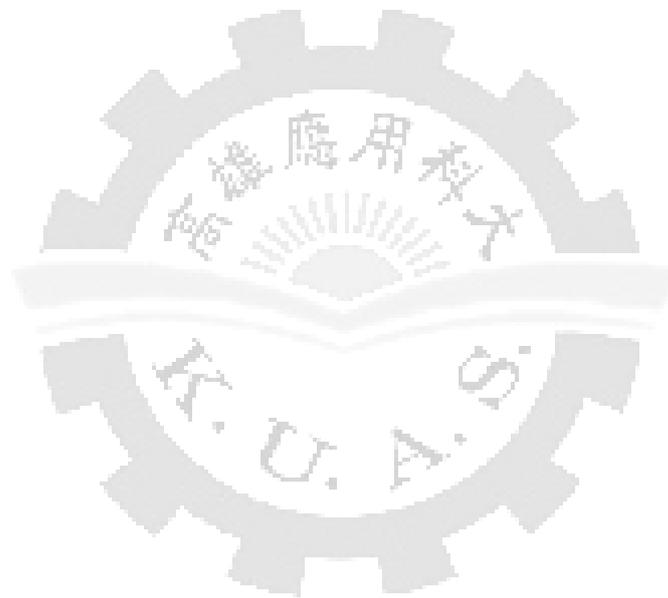
Key words : Light Guide Plate, Micro-Structure, Injection compression molding,

Change temperature, Residual stress, warpage, transcription rate.

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	IV
表 目 錄.....	VI
圖 目 錄.....	VIII
第 1 章 緒 論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 背光模組簡介.....	2
1-3 導光板的種類與製造方法.....	3
1-4 研究動機.....	6
1-5 文獻回顧.....	7
1-6 論文架構.....	10
第 2 章 成型原理.....	17
2-1 射出成型(injection molding, IM).....	17
2-2 射出壓縮成型(injection compression molding, ICM).....	19
2-3 薄殼射出成型製程簡介.....	20
2-4 變模溫控制系統.....	24
第 3 章 模具設計分析.....	30
3-1 導光板模具設計.....	30
3-2 射出成形模流分析.....	32
第 4 章 成型實驗與檢測.....	42
4-1 實驗流程.....	42
4-2 實驗材料與設備.....	42
4-3 成型視窗實驗.....	44
4-4 微結構成型實驗.....	44
4-5 田口實驗計畫法.....	45
4-5-1 簡介.....	45
4-5-2 步驟.....	46
4-5-3 選擇直交表.....	48
4-5-4 交互作用(Interaction).....	48
4-5-5 變異數分析(Analysis Of Variance, ANOVA).....	49
第 5 章 超薄型導光板實驗結果與討論.....	65
5-1 成型視窗實驗探討.....	65

5-2	製程條件對微結構成型之影響	66
5-3	田口實驗對微結構最佳化探討	69
5-4	全因子實驗	71
5-4-1	射出成型實驗探討	71
5-4-2	射出壓縮成型實驗探討	73
第 6 章	結論與未來研究發展	123
6-1	結論	123
6-2	未來研究發展	124
參考文獻	126



表目錄

表 1-1 背光模組主要零件簡介表.....	11
表 1-2 冷陰極管與發光二極體的比較.....	11
表 1-3 導光板微結構製造方式技術比較表.....	12
表 3-1 模流分析參數設定表.....	34
表 3-2 微結構加工尺寸.....	34
表 4-1 GH-1000S 光學級壓克力(PMMA)物性表.....	51
表 4-2 射出機合模規格.....	52
表 4-3 射出機塑化射出規格.....	52
表 4-4 表面輪廓儀規格表.....	53
表 4-5 導光板厚度微結構成型實驗射出成型參數配置.....	53
表 4-6 導光板厚度微結構成型實驗射出壓縮成型參數配置.....	54
表 4-7 四個控制因子之直交表.....	55
表 4-8 四個控制因子之回應表.....	55
表 4-9 四個控制因子之誤差統合表.....	55
表 4-10 四個控制因子之變異數分析表.....	56
表 5-1 射出成型參數對微結構高度 20 μm 之影響.....	77
表 5-2 射出成型參數對微結構高度 10 μm 之影響.....	78
表 5-3 射出成型參數對微結構高度 2.5 μm	79
表 5-4 射出壓縮成型參數對微結構高度 20 μm 之影響.....	80
表 5-5 射出壓縮成型參數對微結構高度 20 μm 之影響(續).....	81
表 5-6 射出壓縮成型參數對微結構高度 10 μm 之影響.....	82
表 5-7 射出壓縮成型參數對微結構高度 10 μm 之影響(續).....	83
表 5-8 射出壓縮成型參數對微結構高度 2.5 μm 之影響.....	84
表 5-9 射出壓縮成型參數對微結構高度 2.5 μm 之影響(續).....	85
表 5-10 田口氏實驗計畫法因子與水準表.....	85
表 5-11 田口實驗導光板V-溝微結構量測結果表.....	86
表 5-12 田口實驗導光板V-溝微結構量測結果表(續).....	87
表 5-13 信號雜音比.....	88
表 5-14 S/N回應表.....	88
表 5-15 田口最佳條件的V-溝量測結果.....	89
表 5-16 變異數分析表.....	89
表 5-17 誤差統合表.....	89
表 5-18 全因子實驗參數表.....	90

表 5-19 各微結構轉寫率比較表..... 90



圖目錄

圖 1-1 TFT-LCD結構圖	13
圖 1-2 TFT-LCD 光的偏極	13
圖 1-3 背光模組結構圖	14
圖 1-4 側邊光源背光模組(來源：大億科技)	14
圖 1-5 直下式光源背光模組(來源：大億科技)	14
圖 1-6 印刷式導光板	15
圖 1-7 非印刷式楔形導光板	15
圖 1-8 非印刷式微結構導光板	15
圖 1-9 擴散式導光板	16
圖 2-1 結晶性與非結晶性塑膠的分子示意圖	26
圖 2-2 塑膠分類圖	26
圖 2-3 射出成形程序示意圖	27
圖 2-4 射出壓縮成形程序示意圖	28
圖 2-5 射出壓縮-位置控制模式	29
圖 2-6 射出壓縮-壓力控制模式	29
圖 2-7 薄殼射出成形應用於產業圖	29
圖 3-1 導光板產品尺寸示意圖	35
圖 3-2 微結構尺寸設計示意圖	35
圖 3-3 冷卻水路的配置	36
圖 3-4 母模平面圖	36
圖 3-5 公模平面圖	37
圖 3-6 模具組立圖	37
圖 3-7 公母模實體	38
圖 3-8 模流分析塑料物性資料	39
圖 3-9 導光板充填流動波前分佈圖	39
圖 3-10 導光板在充填結束後的壓力分佈圖	40
圖 3-11 導光板充填結束後的溫度分佈圖	40
圖 3-12 導光板澆口凝固時間隨時間變化	41
圖 3-13 導光板開模時的整體溫度分佈圖	41
圖 4-1 研究流程圖	57
圖 4-2 Sodick-TR30EH 油電複合式V型機構射出成型機	58
圖 4-3 V型射出單元結構圖	58
圖 4-4 模溫機與氣動控制閥	59

圖 4-5 Talysurf PGI 635 表面輪廓儀	60
圖 4-6 探針內部結構圖	60
圖 4-7 光彈量測儀	61
圖 4-8 微結構的量測位置	61
圖 4-9 探針角度與探針頭R值	62
圖 4-10 田口實驗流程圖	63
圖 4-11 品質特性因子(魚骨圖)	64
圖 5-1 導光板厚度 0.3mm 射出成型視窗	91
圖 5-2 導光板厚度 0.3mm 射出壓縮成型視窗	91
圖 5-3 導光板厚度 0.5mm 射出成型視窗	92
圖 5-4 導光板厚度 0.5mm 射出壓縮成型視窗	92
圖 5-5 射出成型塑料溫度對微結構之影響	93
圖 5-6 射出壓縮成型塑料溫度對微結構之影響	93
圖 5-7 射出成型射出速度對微結構之影響	94
圖 5-8 射出壓縮成型射出速度對微結構之影響	94
圖 5-9 射出成型模具溫度對微結構之影響	95
圖 5-10 射出壓縮成型模具溫度對微結構之影響	95
圖 5-11 射出成型保壓壓力對微結構之影響	96
圖 5-12 射出成型保壓時間對微結構之影響	96
圖 5-13 射出壓縮成型壓縮力對微結構之影響	97
圖 5-14 射出壓縮成型壓縮速度對微結構之影響	97
圖 5-15 射出壓縮成型壓縮切換位置對微結構之影響	98
圖 5-16 射出壓縮成型壓縮時間對微結構之影響	98
圖 5-17 S/N 比回應圖	99
圖 5-18 射出成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況	99
圖 5-19 射出成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況	100
圖 5-20 射出成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況	100
圖 5-21 射出成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況	101
圖 5-22 射出成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況	101
圖 5-23 射出成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況	102
圖 5-24 導光板厚度 0.5mm 微結構高 20 μ m 標準差	102
圖 5-25 導光板厚度 0.3mm 微結構高 20 μ m 標準差	103
圖 5-26 導光板厚度 0.5mm 微結構高 10 μ m 標準差	103
圖 5-27 導光板厚度 0.3mm 微結構高 10 μ m 標準差	104

圖 5-28 導光板厚度 0.5mm 微結構高 2.5 μ m 標準差	104
圖 5-29 導光板厚度 0.3mm 微結構高 2.5 μ m 標準差	105
圖 5-30 導光板厚度 0.5mm 射出成型與射出壓縮成型時壓力	105
圖 5-31 導光板厚度 0.3mm 射出成型與射出壓縮成型時壓力	106
圖 5-32 射出成型應力光彈圖.....	106
圖 5-33 射出壓縮導光板厚度 0.5mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況	107
圖 5-34 射出壓縮導光板厚度 0.3mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況	107
圖 5-35 射出壓縮導光板厚度 0.5mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況	108
圖 5-36 射出壓縮導光板厚度 0.3mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況	108
圖 5-37 射出壓縮導光板厚度 0.5mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況	109
圖 5-38 射出壓縮導光板厚度 0.3mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況	109
圖 5-39 射出壓縮成型應力光彈.....	110
圖 5-40 微結構高度 20 μ m 最佳條件近澆口量測圖	111
圖 5-41 微結構高度 10 μ m 最佳條件近澆口量測圖	112
圖 5-42 微結構高度 2.5 μ m 最佳條件近澆口量測圖	113
圖 5-43 微結構高度 20 μ m 最佳條件遠澆口量測圖	114
圖 5-44 微結構高度 10 μ m 最佳條件遠澆口量測圖	115
圖 5-45 微結構高度 2.5 μ m 最佳條件遠澆口量測圖	116
圖 5-46 微結構高度 20 μ m 最差條件近澆口量測圖	117
圖 5-47 微結構高度 10 μ m 最差條件近澆口量測圖	118
圖 5-48 微結構高度 2.5 μ m 最差條件近澆口量測圖	119
圖 5-49 微結構高度 20 μ m 最差條件遠澆口量測圖	120
圖 5-50 微結構高度 10 μ m 最差條件遠澆口量測圖	121
圖 5-51 微結構高度 2.5 μ m 最差條件遠澆口量測圖	122

第1章 緒論

1-1 前言

隨著平面顯示器(Flat Panel Display)在科技不斷提升的時代與品質不斷精進，從早期的陰極射線管(Cathode Ray Tube, CRT)發展至今的液晶顯示器(Liquid Crystal Display, LCD)或電漿顯示器(Plasma Display Panel, PDP)等，其產品特性皆以輕、薄、短、小、省電、高亮度、高解析度、高品質為導向，其中以薄膜電晶體液晶顯示器 (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD) 技術為國內主要發展重點，在政府積極推動及各廠商積極投入與量產實績下，從小尺寸之彩色手機、PDA 到大尺寸之平面電視應用，顯示著高品質顯示器的時代已經來臨。

薄膜電晶體(TFT-LCD)為市場主流，TFT-LCD 結構包括：背光模組(Back light Module)、偏光板(Polarizing sheet)、透光電極(Transparent Electrodes)、對準層(Alignment Layer)、液晶(Liquid Crystal)、彩色濾光片(Color Filter)和間隔裝置(Spacer)等零件，如圖 1-1 所示。TFT-LCD 的顯示原理為由背光模組發出之光源照射在偏光板上，當光線在穿過偏光板後會產生偏極化現象，使每一個光線分子在能量、相位、頻率和方向上的特性都相同，偏極化的光線繼續傳遞至液晶層，此時將玻璃基板上的電晶體施以電流通過而產生電場變化，造成液晶分子偏轉，改變偏極化光線的偏光角度，因上偏光板僅允許特定偏光角度的光通過，所以不同的偏光角度的光所造成的光線強度會不同，藉此控制每個畫素(Pixel)的明暗狀態，如圖 1-2 所示，而其中的背光模組中，控制光線均齊的導光板，對於背光模組佔有一相當比例的厚度，顯而易見的，減少導光板的厚度，成為目前重要的研發項目之一。

由於液晶面板本身不會自發光，需背光模組提供光源，其功能提供高亮度與高均齊光源，提供液晶面板顯示畫面所需的光源，而背光模組(backlight)為液晶顯示器中關鍵零組件，面對市場大增的趨勢下，價格持續下滑，使得液晶顯示器的

應用逐漸普遍。顯示器勢必朝著具有低成本、高產量的方針並且以輕量化、高效能與薄型化的發展，來滿足產業與市場之需求，保持未來市場的競爭力。

1-2 背光模組簡介

由於液晶顯示器本身不發光，為非自發性光源的顯示裝置，必須藉由其外部裝置提供光源，一般皆使用背光模組又稱背光板，其功能在於提供液晶面板的光線來源，基本原理是把採用的線光源或點光源，透過導光板將有效光轉化成高亮度且均齊性良好的光源，背光模組的構造如圖1-3所示，主要由發光源、導光板、反射板、擴散片、增亮膜與外框所組成，而其組件功能如表1-1所示。目前使用的光源主要冷陰極燈管(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)，發光二極體(Light Emitting Diode, LED)，其中冷陰極管具有高輝度、高效率、高可靠度與良好的演色特性，與發光二極體具有小體積，壽命長與低耗電的特性下，目前以這兩種為主要採用的光源，而其中冷陰極燈管具有圓柱狀外形因此很容易與光反射元件組合成薄板狀照明裝置，故目前以冷陰極螢光管為主流，表1-2為冷陰極管與LED的比較，但隨著歐盟環保法規制定，具有高污染源的冷陰極管在未來勢必將被其他光源所取代。一般而言，背光模組可分為前光式(Front Light)與背光式(Back Light)兩種，其中背光式以光源位置的區別，有側光式(Edge lighting)與直下式(Bottom lighting)兩種，依據需求分別應用於不同之產品及不同的液晶面板尺寸上。

1.側光式

側光式背光模組，是將發光源擺放於顯示器側邊，結構如圖 1-4 光源的使用上以冷陰極管與發光二極體為主，較常應用於 18 吋以下中小尺寸的背光模組，側邊入光在設計上，有輕量化、薄型化，低耗電率的特色，在側邊的入光的條件下，邊緣光源必須經過導光板內部的全反射原理將光導向光源遠端，內部全反光線在

經過導光板的擴散點擴散或利用微特徵的疏密分佈使光線擴散均勻的分佈，破壞全反射條件再將光線導向正向視線方向出光，對於側光式背光模組而言，導光板掌控了的光源的輝度與均齊性的好壞，因此必須利用導光板的設計，來加強對光源分佈的控制。

2.直下式

直下式背光模組為應用在 19 吋以上大尺寸液晶顯示器，結構如圖 1-5 所示，其設計概念為滿足更高亮度的需求，將光源放置於液晶面板的下方，大多採用冷陰極管為光源，藉由直下式的線光源打到擴散板與雜散光的反射後，使光線打散並均勻的分佈為面光源，進入液晶面板，直下式背光模組具有均齊性低、模組厚度增加、發光效率高與組裝零件減少的特性，在直下式的設計上，高亮度的需求與模組的厚度、重量、耗電量成了相對犧牲的考慮，直下式背光模組少了側光式背光模組中所使用的導光板，其光源的平面化只需要擴散膜來完成，在大尺寸液晶顯示器要求高亮度、高對比度與視角大的需求下，直下式背光模組在未來的發展下依然具有必然的優勢，並隨著 LED 材料及封裝技術的不斷進步，LED 的微小化發展與亮度不斷的提高，而 LED 應用於小尺寸的背光模組逐漸發展應用在中大型尺寸的背光模組，逐漸取代傳統的 CCFL，在推出新式產品中，可以發現薄形化與低工作溫度的概念應用，直下式背光模組的冷陰極管，已被發光二極體所取代，但體積小的 LED 在大尺寸的應用上必須使用更多的 LED 模組，提高了製造成本，而且 LED 使用溫度的上升，將會影響其發光效能，降低了模組的使用壽命，因此目前在直下式光源使用的考量上，還有很大的設計空間。

1-3 導光板的種類與製造方法

導光板(Light guide plate)為將光源引導為平面正向之面光源的塑膠組件，導光

板的聚光與出光機能表現與導光板表面的擴散結構設計有關，不論是光的利用率與光射出的均齊性都是導光板上擴散特徵的設計重點，對於小尺寸之液晶顯示器，其背光模組一般皆採用點光源，同常是指發光二極體 LED，於導光板的側邊放置光源，光線由導光板側端進入，導光板的原理是利用光的全反射特性，將光導引至光源遠端，再利用導光板上的微結構，破壞光線的全反射或干涉，造成擴散效果使整各背光模組之光線柔和且輝度均勻，在光線打到擴散點或微結構後，將光線導引向上，使光線由顯示面的法線方向射出；導光板必須具備優異的光學性質，足夠的加工特性與良好的加工特性，由上述三種特性決定導光板的品質與良率，考量下是以高透光率及低折射的塑膠材料，經過射出成型機充填成形，一般使用的塑料為壓克力(PMMA)、聚碳酸樹脂(PC)或新世代工程塑膠(COC)，大型尺寸導光板目前以 PMMA 為主流，而中小尺寸則為 PC，一般成形的導光板有楔形板或平板，分別應用在不同的產品上，由於輕薄短小的潮流，導光板的厚度在設計上會減少，由楔形板厚度 2.2mm~0.6mm 改變為均一厚度的薄形板，在未來薄形板將會成為導光板發展的重要方向；而導光板上的微特徵，有印刷式及非印刷式及擴散式三種如表 1-3 所示，以下分別介紹；

印刷式導光板

目前此技術多使用在大尺寸顯示器中的導光板，是以網板印刷的方式將二氧化鈦或二氧化矽這些具有極高散射效果的材料，印刷在導光板底面，藉著印刷材料對光線發生破壞全反射的效應，使光線在導光板內傳播，均勻分佈發光區域並於正面射出，如圖 1-6 所示。印刷式的技術能快速變更光學設計且具有開發成本低及生產快速的優點，但因需先製作空板，再經由網板印刷製程將光學網點印刷於空板的表面上，所以製程時間較長，因此發展出了非印刷式導光板的技術。

2.非印刷式導光板

非印刷式導光板係利用外形的變化或機械加工方式等，將導光板設計為楔形如圖 1-7，或在模具入子加工出設計的幾何形狀，經過射出成形機後，將幾何形狀轉寫至導光板上，直接產出具有光學特徵的導光板，對光路的效果如圖 1-8 所示；對印刷式而言能減少導光板製程，此加工方式適用在中小尺寸 17 吋以下的導光板，但由於專用加工機台的產生與技術的提升，也有 17 吋以上的導光板應用非印刷加工技術，來增取時間成本，而在非印刷式導光板中，重要關鍵為精密模具的開發與射出成形技術的精度，對於導光板上的光學微特徵，目前有機械加工、蝕刻、Stamper 三種製造方法，分別介紹如下：

(1) 機械加工法

以超精密加工機，藉由精度高的加工方式，在金屬模仁上，利用銑削、鉋削的方式，加工出設計的幾何特徵，再經過射出成形後產出導光板。其導光板的光學特徵在輝度上較為優異。

(2) 蝕刻

以曝光顯影製程形成網點，尺度為 200~300 μm ，將金屬模仁以咬花的方式進行表面的蝕刻，再經過射出成形後產出導光板，其咬花網點大於印刷的網點，全反射被破壞的程度不如印刷式，輝度亦不如印刷成型的導光板。

(3) Stamper

以模具射出形成網點尺度為 40~50 μm ，反射面設計能破壞光源之全反射並控制光源射出導光板面角度的分布，其網點的數量多寡對光源作有效率的控制技術較純熟，網點可隨模具任意設計形狀，若網點設計為極小的平滑鏡面，可使光在網點及導光板內部的損失減至最小。

3.擴散式板光板

在射出成型時在材料中加入不同折射率的高分子聚合物作為擴散劑，在密度均勻材料中若存有折射率相異的兩種材料時就會引發光漫射的現象，利用濃度的不同對光源作有效率的射出調制，如圖 1-9 所示，以控制擴散劑不同濃度及分佈控制其漫射的特性，使光均勻分布，並降低光源在導光板內損耗的可能。此方式光的利用率高，製造方便，但技術尚未成熟且均齊性不易調整。

1-4 研究動機

因應近年來資訊及電子產品的市場蓬勃發展，使得講究產品輕、薄、短、小的消費品，成為現代社會經常使用的必需品。隨著其產品功能不斷的提升，與訴求輕便性，使的產品內部的零件不斷的増加，但輕薄的訴求使其內部的空間也日趨減少，這樣的趨勢下，對於液晶顯示器而言，導光板為主要的模組厚度與材料成本的主要掌控零件，所以導光板勢必朝著薄型化與輕量化的方向發展。薄型化的導光板可以使背光模組的厚度降低，並減少材料的使用，在製程上還可以縮短成形的週期，然而在薄型化的條件下成形上則因厚度的減少，而造成流動的阻力增加使得塑料不易充填，微結構成形困難導致光學品質變差且成形品易翹曲及殘留應力的問題。

本研究的主要目的在於探討具有微溝型結構的導光板，其研究過程是使用模流分析、田口實驗計畫、實驗與成品檢測等方式進行，實驗部份，探討不同大小及位置的V-溝微結構之轉寫性，探討成型條件對V-溝轉寫性的影響，以射出成型與射出壓縮成型條件製成參數對於微結構轉寫性之影響，找出每一項製成參數對於微結構充填轉寫性之關聯性，成型方式則分別比較傳統射出成型及射出壓縮成型、模溫變動三種製程，配合田口實驗計畫、導光板各種微結構的尺寸量測，找

出影響微結構成型的主要因子，達到製程條件的最佳化控制，提高微結構的成型性。

1-5 文獻回顧

導光板製程方面，導光板為精密的光學元件且表面具有微結構的特徵，在製作時不但要求考慮尺寸精度、外形精度、翹曲、分子配向等問題，且須精確成型導光板表面上的微結構，因此對於薄化的導光板在射出製程上有著許多重要的考慮因素。以下針對精密射出成型、薄殼射出成型、微結構成型及射出壓縮成型作相關文獻之探討。

【1】Johannaber 在 1985 年以實驗方式發現在射出成型製程的成品中，當成型品後度越薄，成形的壓力則會越高，而隨著模具溫度的提高，射出壓力的壓損則會降低。

【2】Greener 在 1986 提出傳統射出成型與精密成型的比較，在傳統射出成型上成型重點在充填階段，開模的溫度必須低於塑料的玻璃轉移溫度，品質上必須考慮短射與縫合線的產生，成品以厚件為主，精密成型則注重後充填階段，開模溫度除了低於玻璃轉移溫度外，也必須達到熱平衡，品質則考慮內部應力、均質、收縮等顯微組織，成品也以薄件為主。

【3】Friedrichy 在 1988 年對射出壓縮成型應用於薄壁的成品上，有減少射出壓力、成型快速等優點，且此製程適合各類熱塑性塑膠，該文並指出射出壓縮重要製程參數的控制在於模溫、塑膠溫度、壓縮壓力、壓縮延遲位置與壓縮距離。

【4】Yoon and Wang 在 1991 根據分子定向的產生，發現熔膠溫度、模具溫度、充填溫度與保壓壓力為使產品翹曲的主要因素。

【5】交通大學，杜俐芋在 1998 年以實驗方式對長薄平板成型品研究，發現

在提高射出速率，熔膠溫度與模具溫度，成型上有較長的充填效果。但由於增加射出速率的因素，隨著殘留應力的增加，成型品的表面缺陷會更劇烈。

【6】Despa 在 1999 年以具有高深寬比的微結構做探討，以模流與熱傳的理論分析，指出提高模溫的情況下，微結構的成型視窗會增大。

【7】成功大學，黃東鴻在 2001 年發現在減少保壓壓力、提高模具溫度與熔膠溫度可以減少薄殼成品射出製程中的殘留應力，減少成品的翹曲變形。

【8】長庚大學，林昆華在 2001 年對楔形導光板以射出壓縮方式，實驗探討發現適當的壓縮壓力可以有效的減低殘留應力，若施加過大的壓縮力，則會使分子定向增加，造成不良品。

【9】大葉大學，蘇義豐在 2002 年利用田口方法搭配射出與射出壓縮製程，對於導光板的品質要求，找出最佳製程參數。

【10】高雄應用科技大學，蔡俊欽探討2.5吋V溝型式之導光板，長56mm、寬45.75 mm、厚度由2.3 mm漸縮至0.9 mm的楔形導光板，使用光學級聚碳酸酯(PC)利用射出成型機成型，研究中發現熔膠溫度及保壓壓力是影響V溝微結構轉寫的主要因素。

【11】台灣科技大學，陳炤彰探討雙面V型微溝槽射出成型之轉寫性，首先利用模流分析軟體進行雙面垂直微溝槽之充填分析並進行實驗探討。實驗結果顯示(1)模溫為影響微溝槽成型的主要參數，射速為次要參數。(2)可利用微溝槽方向與流動波前方向間的斜角，來判斷微溝槽在充填過程中之容易程度。

【12】高雄應用科技大學，黃彥文以一2.2吋、厚度為0.6mm的平板型導光板來探討射出成型與射出壓縮成形對翹曲變形及光學性質的影響。其實驗結果顯

示，V溝的設計尺寸為出光面V溝高度為13.9 μm 、反射面V溝高度為6 μm ，在出光面V溝轉寫比例平均為85%、反射面V溝轉寫比例平均為60%，且距離澆口愈遠轉寫高度愈低；射出壓縮成型皆能有效地提高V溝轉寫的比例優於射出成型。

【13】龍華科技大學，張宏榮探討以2吋導光板，其微結構圓徑為100 μm 線性擴大至300 μm 。研究針對微射出壓縮與微射出成型對導光板微結構之探討，研究結果得知，無論在微射出成型或微射出壓縮成型，模具溫度為影響導光板微結構轉寫性最重要製程參數。

【14】台灣大學，黃勝田探討利用特殊設計之鎳模仁進行微模具之設計，並配合變模溫系統針對雙面微結構之超薄件微射出成型進行相關之研究。探討射出成型的製程參數對微結構轉寫性之影響，並定義出不同塑料、成品厚度及表面有無微結構下的成型操作窗變化。實驗結果顯示因為微透鏡結構深寬比小微結構的轉寫性都很好，模穴越薄其操作窗越小，表面微結構會使極薄件之充填速度需求大幅調高，三種材料所得操作窗大小、面積、形狀均異。

【15】成功大學，張弘超【15】以利用UV-LIGA負型厚膜光阻製程定義出微特徵孔洞，製造出高精密度的模仁。最後進行射出成型的工作，並設計在不同的射出製程參數下，比較射出成型品之微特徵與模仁微孔洞在不同的充填條件下所造成的差異性。實驗最後的結果是模具溫度的提升為改善充填情況的最重要因素，其次分別為保壓壓力與射出速度。

【16】台灣大學，吳宗祐探討射出成型與射出壓縮成型製造表面微肋件能力，探討其之拷貝度與成型性，研究結果發現表面微肋射出成型於射出參數方面，模具溫度、熔膠溫度對微肋拷貝深度有顯著的影響。在幾何形狀方面，薄零件有較好的拷貝深度，但薄件拷貝均勻性較差，拷貝均勻性方面，射壓成型能有效的改

善拷貝均勻性。

【17】高雄應用科技大學，黃竹申【17】以2.5吋、厚度0.3mm、具有V-型溝微結構的平板型導光板作為載具，塑料為聚碳酸樹脂(PC)，以射出/壓縮製程與變換模具溫度方式進行精密成型，研究顯示在射壓、變換模具溫度製程導光板表面微結構轉寫率可達95%以上。

1-6 論文架構

本文分為六章以下分別簡述之

第一章緒論：簡介平面顯示器 TFT-LCD 液晶顯示器以及背光模組的結構與種類，背光模組並介紹導光板的種類與製程，針對導光板的相關文獻做探討，最後說明本論文的研究動機。

第二章成形理論：首先介紹精密射出成型、射出成型與射出壓縮成型、薄殼射出成型、變模溫等原理

第三章模具設計：本章探討導光板的模具設計與成型分析，根據設計的導光板，配合模流分析軟體，根據模擬進行模具設計，與模具加工，並決定射出的參數。

第四章成形實驗與檢測：本章介紹論文的實驗流程、設備與實驗方法，並介紹本研究所應用之實驗計劃法及射出成型參數，且針對導光板射出實驗與射出壓縮實驗探討、轉寫性進行檢測實驗等。

第五章結果與討論：說明製程參數對微結構轉寫性之影響，微結構成型最佳化探討並比較射出、射出壓縮成型製程與搭配變換模溫成形轉寫的影響差異，探討製程條件、微結構成型尺寸之關係。

第六章結論與未來發展：本章為將實驗結果做一整理與分析，並總結實驗之結論與心得。最後，提出對於未來相關研究之建議與展望。

表 1-1 背光模組主要零件簡介表

組件名稱	功能/要求	材料
光源	高輝度、高效率、高壽命	熱陰極螢光燈/冷陰極螢光燈 (CCFL) ; LED
導光板	控制光的方向、提高輝度使面板輝度均一化	板面上施予光點(Dot)印刷之壓克力板或 PC 板
擴散片	將來自導光光圈之光源加以擴散	PET 或 PC 樹脂
稜鏡片	將經過擴散片之散漫光，透過稜鏡之折射使光向垂直向上，亦即有聚光作用	3M 專利 "BEF" 光學模
反射板	防止冷陰極螢光燈光源外漏之遮蔽板	PC 樹脂、鋁板、發泡 PET 膜

表 1-2 冷陰極管與發光二極體的比較

	優點	缺點
CCFL 冷陰極管	亮度較高 成本低	位置比較受到限制 長度跟角度受限 跟 LED 比起來較耗電 含水銀（環保問題） 產品厚度較大
LED 發光二極體	耗電量比較低 角度跟長度限制比較小 壽命短	亮度較低 溫度與效能成反比 點光源特性，面光源應用 時架構複雜 成本高

表 1-3 導光板微結構製造方式技術比較表

	生產方式	優點	缺點
印刷式	利用射出成型法，成型後的壓克力內面利用印刷方式，印出形狀	可輕量化 可改散微細的光 可任意設計構造、形狀	需要成形模具費用
非印刷式	利用精密模具技術，直接在模具上產生精密溝槽或球狀，產生光線均勻分布的效果	高效率、低成本 可達輕量化 可任意設計構造形狀	初次費用高 需耗模具開發時間
擴散式	在壓克力材料上加入異質高分子聚合物，以內部擴散方式，使導光板發光	不用印刷	改善較困難 須花費較多的時間調配添加量的比例

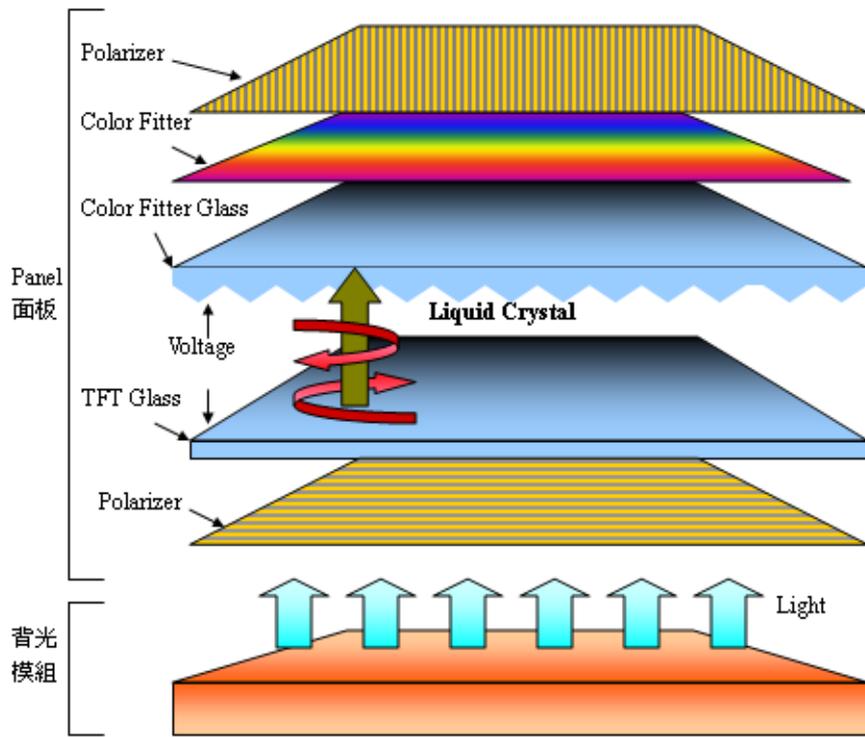


圖 1-1 TFT-LCD 結構圖

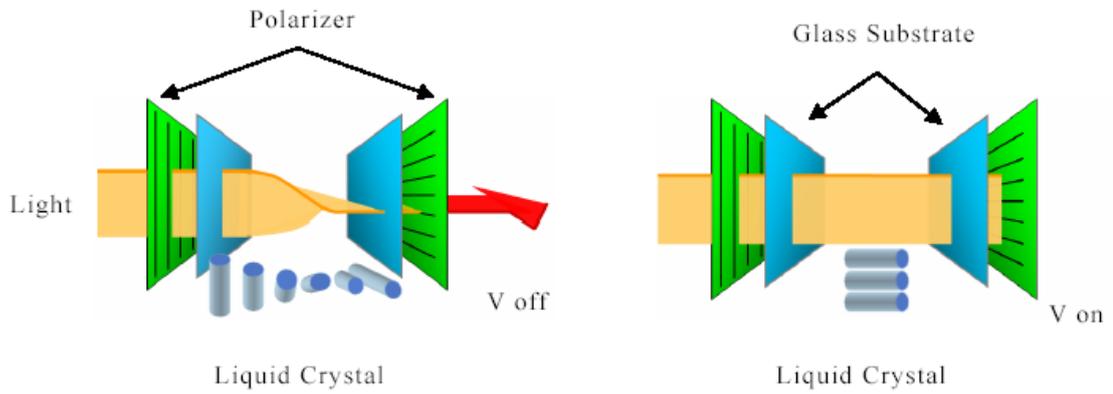


圖 1-2 TFT-LCD 光的偏極

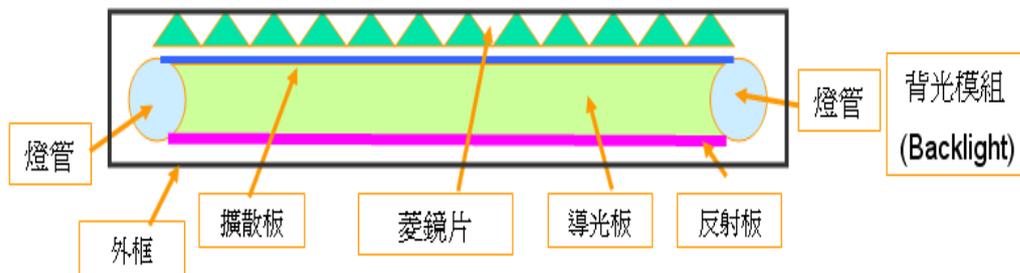


圖 1-3 背光模組結構圖

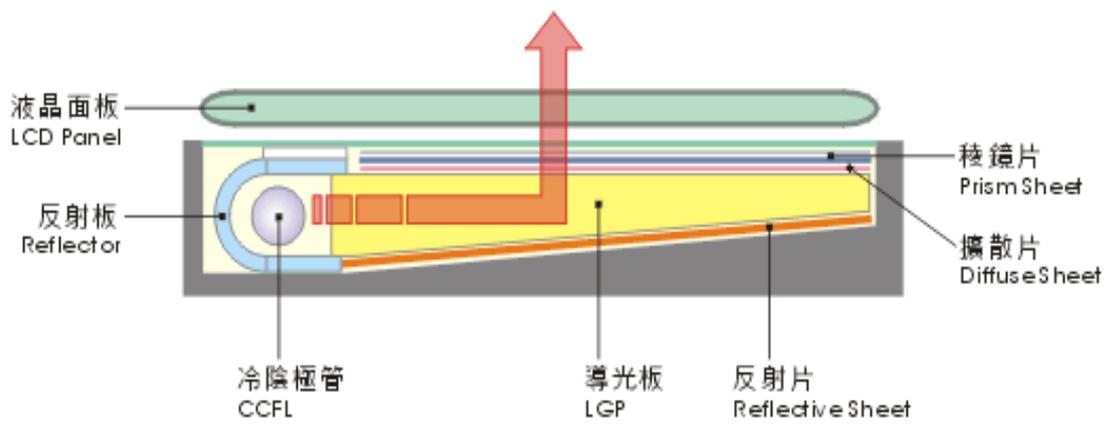


圖 1-4 側邊光源背光模組(來源：大億科技)

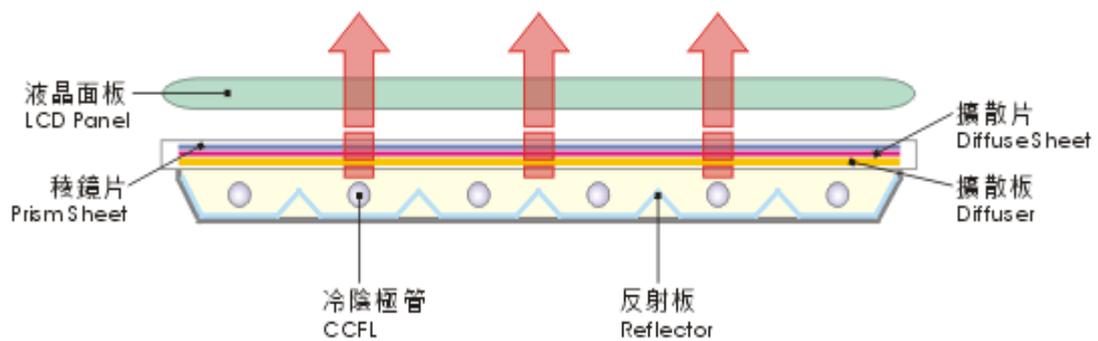


圖 1-5 直下式光源背光模組(來源：大億科技)

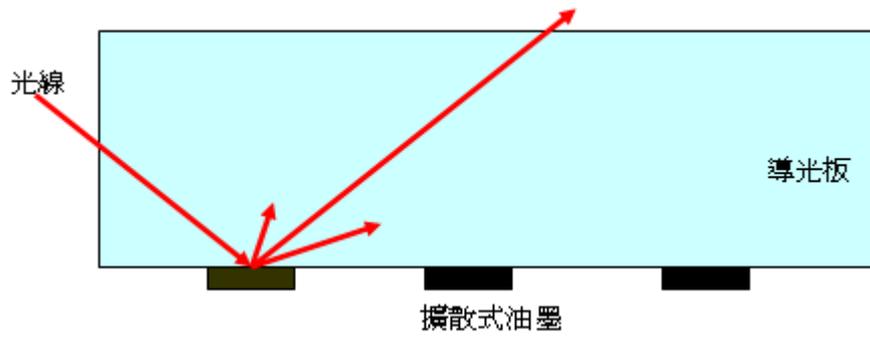


圖 1-6 印刷式導光板

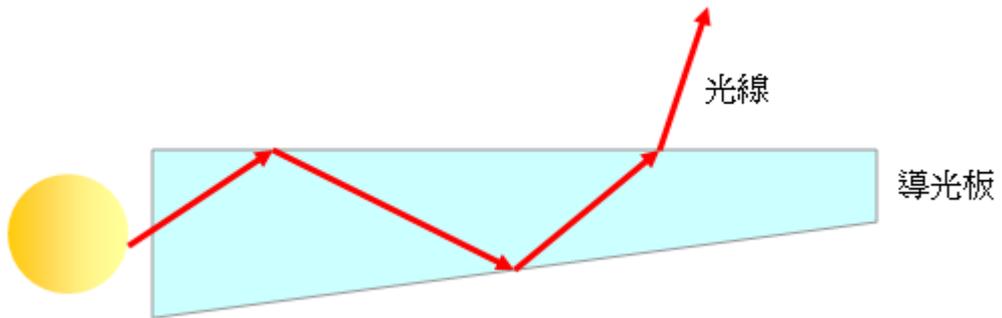


圖 1-7 非印刷式楔形導光板

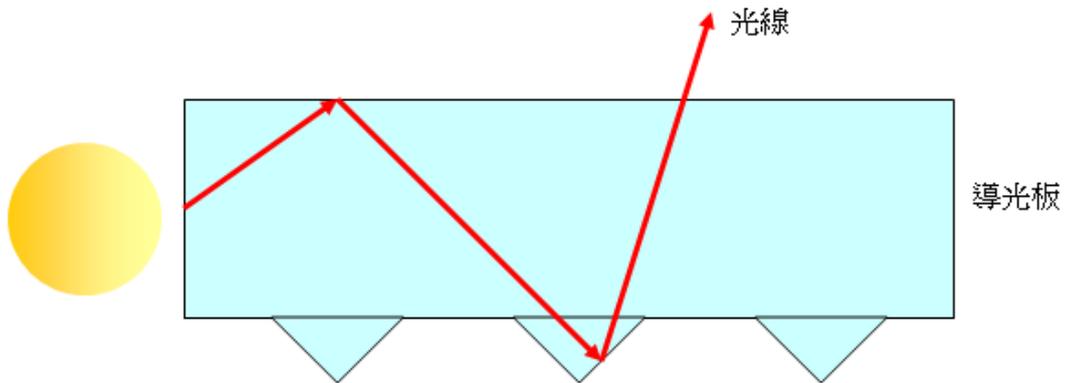


圖 1-8 非印刷式微結構導光板

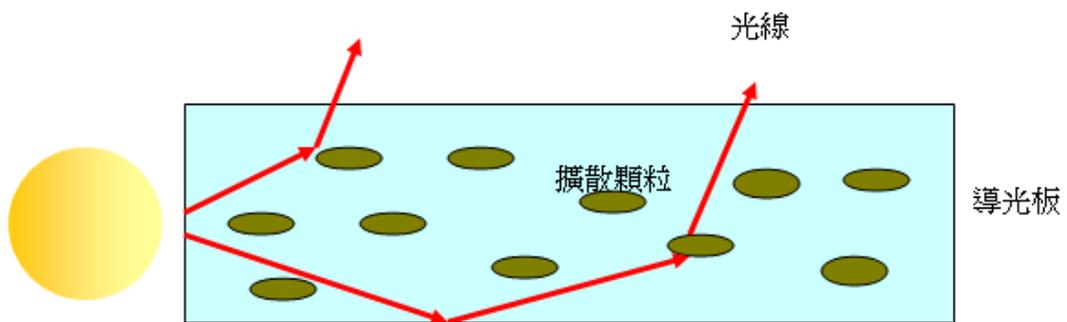


圖 1-9 擴散式導光板



第2章 成型原理

塑膠是由分子量非常大的有機化合物所組成，是一種人造的高分子化合物，是由原料的單體(monomer)化合物經聚合而成的聚合物(polymer)，一般而言由高分子結構和交聯情形，塑膠原料可大分為兩大類：「熱塑性塑膠」(Thermoplastic)及「熱固性塑膠」(Thermosetting)。熱塑性塑膠，係只塑膠受熱即軟化，將其冷卻後則固化成型，若再次加熱則又會變成熔融的狀態，而可進行再次的塑化成型，可反覆成形使用的塑膠，稱做熱塑性塑膠。熱塑性塑膠又可以分為結晶性塑料(Crystalline Plastic)與非結晶性塑料(Amorphous Plastic)，結晶是指分子規則排列集成者，一般來說排列規則的部分為結晶部份，排列不規則的部分為非結晶部份，如圖2-1所示。非結晶性之塑膠其透明度甚高如苯乙烯(PS)、壓克力(PMMA)和聚碳酸酯(PC)等，屬於結晶性之塑膠則有聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚醯胺(PA)等。相反的，熱固性塑膠則是加熱到一定溫度後變成固化狀態，即使繼續加熱也無法改變其狀態，以圖2-2說明各種業界常用之塑膠的分類。

高分子加工技術的應用有壓縮成形(compression molding)、轉移成形(transfer molding)、押出成形(extrusion molding)、射出成形(injection molding)、吹入成形(blow molding)、熱成膜(thermo forming)、射出壓縮成型(injection compression molding)、輪壓成形(calendering molding)...等。以下針對本研究所應用的射出成形與射出壓縮成型做進一步的介紹。

2-1 射出成型(injection molding, IM)

射出成型廣泛應用於塑膠成品的成形法，由於塑膠成形成容易，具有極佳尺寸精度、良好的尺寸穩定性、可成型複雜外型、生產率高，故成為現今塑膠製品熱門成型方式之一，其原理是利用螺桿將顆粒狀塑料加熱成熔融態，在足夠的溫度條件下，成為流體的狀態，再以高壓射入將熔融塑料注入模穴內，在經過冷卻使

熔融塑膠固化後，開模將成品頂出。一般而言，塑化的溫度在200°C左右，工程塑膠可能高達300°C，利用此方式，可以達到精密且均質的製程目的，射出成型有預塑、充填、保壓、冷卻、頂出五個主要的階段如圖2-3所示，分別說明如下：

1. 預塑(Volume)

又稱為計量階段，塑膠原料在料筒中完成烘乾後，即流入料管內加熱熔化，經過加熱片與螺桿的旋轉進料造成塑膠摩擦生熱，使塑膠達到玻璃轉移溫度而成為熔融狀態，此時螺桿(或柱塞)後退，在螺桿(或柱塞)前端形成一空間，將熔融塑膠暫時儲存，當準備好這些動作後，將射座向模具移動，使噴嘴與注道襯套互相接合，預備射出。

2. 充填(filling)

塑料在料管中被加熱到一定的溫度，因螺桿前進的推擠壓力而往模穴進行射出動作，將熔融塑膠射進模穴，進入模穴的熔融塑膠以流體型態在模穴內不斷擴充，直到填滿整個模穴空間。

3. 保壓(holding)

當塑料充滿模穴時，模穴內部的壓力還是須保持在高壓狀態，此動作是為了提高模穴內的塑料密度達到適當程度，使熔融塑料繼續以高壓擠入，以補償因冷卻所造成的收縮，主要的判別是進澆口固化，無法進料為止。

4. 冷卻(cooling)

成品的冷卻動作在保壓階段便已開始，保壓結束後，澆口雖已冷卻，但成品尚處於高溫，融膠在模穴內不斷的損失熱量並開始由熔融狀態固化成固態，在冷卻的過程裡，必需使成品肉厚的中心溫度達到塑膠的頂出溫度，直到成品硬化到足以承受頂出而不變形。

5. 開模與頂出階段

成品完成冷卻後，這時候塑膠才有一定的剛性，射出機便開始進行開模動作，在開模後由頂出裝置，將成品頂出模具，此階段須注意頂出機構的設計，因不均勻的頂出會導致成品嚴重變形。

2-2 射出壓縮成型(injection compression molding, ICM)

射出壓縮成型(Injection-Compression Molding)為一結合了射出成型與壓縮成型的新成型技術，它克服了傳統射出成型在保壓階段所產生的應力、壓力分佈不均所造成的翹曲等問題，有效的補償不均勻的收縮，在尺寸精度、表面精度或表面平坦度，都較傳統射出成型優異，使用射出壓縮成型技術除了獲得良好製品外，並且在射出壓力、鎖模力皆降低的情況下，機台電力消耗也可獲得減少。而此一新成形技術目前已廣泛應用於需高精度尺寸及考慮光學性質的光學產品，如：薄型導光板、光學鏡片與DVD、CD-ROM 等的製造。

射出壓縮成型此種製程主要是在一般傳統射出成型製程中之外加入模具壓縮的製程，是在傳統射出成型後充填過程加一壓縮步驟，不再單靠融膠自澆口傳輸壓力，如圖 2-4 所示，亦即在充填之初模具不完全閉鎖，當部份塑料注入模穴後，再利用鎖模機構閉鎖模具，由模仁或模壁向模穴內融膠施加壓力以壓縮成型來完成模穴充填。

射出壓縮成型不但可以降低充填模穴所需之射出壓力，且由於均勻加壓使得整個成型製程可以在低壓的環境下完成而得到模穴內融膠均勻的壓力分佈。射出壓縮功能控制模式可分為兩種模式：壓力控制模式與位置控制模式，其控制方式如下所述：

A. 位置控制模式如（圖 2-5）

不同於射出成型的地方，當模板進行合模動作時，預先定位至某一位置，以預留較大的模穴空間，此時進行射出動作擠入熔融塑料，在射出階段中因為模穴空間的增加，使融膠容易充填，待成品充填至一定程度後，再增加所模壓力，進行壓縮動作迫使模具完全閉合。

B. 壓力控制模式(如圖 2-6)

在射出階段，模具完全閉合，但以低壓力鎖模，不施以足夠的鎖模力，在射出階段的過程中，由於高射出壓力使模具撐開，以使模穴空間加大，且同時降低流動阻力，使其增加熔膠的充填效率，在射出完成後，在施加足夠的鎖模力，再使可動側模板移動進行壓縮動作，使模具閉合。

從上述說明可發現射出壓縮過程，在射出階段由於較大的流動空間，流動的阻力較少，可減少射出的壓力，而壓縮階段，屬成品表面的面壓縮，因此在成形上可以獲得較平均的壓力分佈，因此射出壓縮成型與射出成型比較具有以下優點：(1)降低射出壓力、(2)降低殘餘應力、(3)減少分子定向、(4)均勻保壓，減少不均勻收縮、(5)克服凹陷及翹曲、(6)減少成品雙折射率差、(7)緩和比容積變化、(8)增進尺寸精度、(9)所需鎖模力較低，可生產較大投影面積之產品。

2-3 薄殼射出成型製程簡介

近年隨著電子資訊、通訊產品的市場蓬勃發展，使得現今消費性產品市場對於更小、更輕，更精密的的產品和其他相關產品需求高速的成長，成為現代社會經常使用的必需品。資訊時代產品一再的更新進步，新產品的設計及開發更為迅速，大量生產的週期需簡短，外觀及細部尺寸更是要求的重點，亦使得薄殼射出成型廣泛地應用於塑膠工業上，其遍及產業包含光電、3C、汽機車、五金家電產品等，如圖 2-7 所示。尤其是液晶顯示器、筆記型電腦和行動電話等 3C 產品，更

是推動發展的主要因素。因 3C 產品強調的是可攜帶性，所以產品本身必需秉持「輕、薄、短、小」的目標，且尚需顧慮到尺寸精確性、分子定向、翹曲、凹痕、殘留應力及光學性質等現象，這些現象都是造成影響產品的品質、精度及外觀的重要因素。

關於薄殼件的定義有下列兩種：

- (1).成品的壁厚需小於 1mm(0.04 in)，且表面積需大於 $50\text{cm}^2(8\text{in}^2)$ 。
- (2).流動長對壁厚比(Length to thickness Ratio)為 100:1 到 150:1 或更大。

由此兩項定義可發現，薄殼射出成型的困難度很高，主要是因為流路變薄，而造成材料充填不易，但薄殼射出成型卻依舊蓬勃發展，主要是因為其具有下列優點：

- (1).成品重量減輕
- (2).成品體積小型化
- (3).節省材料成本
- (4).縮短成形週期時間

由於產品設計有朝向薄型化的發展趨勢，因為厚度縮減的關係，使得塑料使用量大大地減少，除此之外，以往傳統射出成形週期約為 40 秒到 1 分鐘，冷卻時間約佔成形週期的 70%，而薄殼射出成型週期可到達 15 秒以下，由於成品厚度變薄，冷卻時間可以大幅降低，縮短射出成型週期，對於提高產能有明顯的幫助。

在薄殼射出成形中，當模穴內的厚度越來越薄時，固化層所佔的比例將隨之昇高，一但固化層增加，塑料與模壁間的流動阻抗也會隨之提升，將會造成充填

無法完成，導致成品有短射現象，以下針對薄殼成型提出幾個改善方法：

- (1).多點進澆系統
- (2).提高射出壓力
- (3).提高射出速度
- (4).提高塑料溫度
- (5).提高模具溫度
- (6).選擇黏度低且機械性質良好的材料

上述改善方式中以增加進澆數目來提高充填的效率，可改善薄殼造成短射缺陷，但若是採用了多點進澆系統的話，勢必會免不了結合線的問題，此時就要看產品是否有承受撞擊與壓力的顧慮，不然能盡量避免結合線的產生的話，對產品的結構強度是最好的設計。

提高射出壓力與射出速度爲了讓塑料快速流動，造成極大的剪切率，因而產生剪稀薄現象，使得黏度下降，流動性提升。材料快速流動會使固化層不至於迅速成長，如此一來，流動阻抗將大大地減少，對射出充填將有所幫助。射出壓力的設定主要是控制油壓使足以推動螺桿達到所設定的射出率，能在極短時間內完成充填，可以讓熔膠保持流動和溫度的一致，當成型薄件時，高射出壓力與射出速度能使產品避免短射缺陷，但卻也造成了翹曲、噴痕、溢料或毛邊等瑕疵，所以如何調整不同的射出率來獲得最佳成品，便是模具工程師需花費耐心與時間來探討的。

提高塑料溫度將有助於增加流動性，因塑料隨著溫度的上昇，其黏度會下降，因此充填便較容易。然而塑料溫度並不能無限制地提高，當塑料溫度超過某一限

度時，塑料會因此產生劣解，且高溫的塑料較不易冷卻，對模具設計與產品外觀都是極大的困擾。

提高模具溫度主要是使塑料溫度與模壁間的溫差縮小，固化層的生成也因此減緩，使得流動阻抗變小，有利於薄殼充填。但若是模具溫度太高，會因熱漲而導致產品尺寸不精準，冷卻時間增加，產能下降。

薄殼射出成型模具與傳統射出成型模具相比較的話，前者因一開始就受到許多條件所限制，因此在設計模具時，需注意下列幾項重點：

- (1).冷卻系統的設計
- (2).提高模具剛性
- (3).良好的排氣設計
- (4).適當的澆口設計
- (5).設計成熟澆道系統
- (6).提高模具加工精度
- (7).適當的頂出設計

由於產品是薄殼件，在設計要求上是越薄越好，但為了滿足設計的剛性、耐衝擊性和光學用特性，須選用高流動性的塑料，且要搭配精密模具加工，才能達到預期的成形效果。因薄殼模穴效應，使得充填阻抗變得極大，將大大地增加射出成型的困難。此一問題必需結合材料供應商、模具及產品設計工程師、模具加工廠以及成形機附屬設備製造廠來共同研究與探討。

2-4 變模溫控制系統

模具加熱的方法有許多種，除了傳統的模溫機以水或油當媒介加溫外，還有許多快速控溫技術持續被研發，目前快速模具加熱冷卻技術的發展有電熱管、使用高溫低溫切換的加熱冷卻系統、火焰加熱、電阻式加熱、感應式加熱、紅外線加熱等方式。模溫加熱方式以其傳輸可分為直接及間接。一般傳統加熱方式大都是間接經由其他模板將熱傳至模仁部分，如：油溫加熱、電熱、脈衝式加熱、蒸氣式快速加熱；另一種直接對模仁處加熱，如：火焰加熱、感應式加熱、鍍層滯熱 輻射源加熱。

以下探討模溫控制方式，目前的模溫控制機指的是利用水或傳熱油作為傳熱媒體，以機體內之加熱棒將傳熱媒體加熱至設定溫度後，加壓並經由連接管路送至模具設計的水路系統，再傳送回機體內作成循環如而達到模溫控制的效果，必須有兩台模溫機控制，第一台模溫機使模具保持在塑料的頂出溫度，第二台模溫機對模具及其微結構進行加熱。當射出成型後，模具連接至第一個油系統，並再次冷卻至頂出溫度，油溫對模具加熱及冷卻之間的熱量傳輸慢，造成冷卻時間過長，生產成本相對提升的缺點。在電熱方面，則須在模板加裝電熱片或電熱管對模仁加熱，這樣可以使其獲得高效率的熱源，電熱管散發出來的熱量幾乎完全被模具或熱板所吸收，冷卻則模溫機通油或水冷卻。

在感應式加熱中，是利用互相感應將能量傳遞給模板，經過銅線圈的高頻電流產生了交替式電磁場，使被加熱的材料內部產生感應渦電流並依靠渦電流產生能量達到加熱目的。由於僅對於工件表面範圍加熱，因此加熱體積少升溫速度快，表面加熱完成後，再搭配快速低溫冷卻設備，所以整個周期時間較短。

變模溫控制系統之應用優缺點：

優點：

- 1.降低成型壓力、殘留應力和鎖模力
- 2.幫助消除表面浮纖的現象。
- 3.助消除縫合線
- 4.利於薄殼射出
- 5.利於微結構成形

缺點：

- 1.模具可能因快速加熱及冷卻使模具熱疲勞導致壽命縮短
- 2.冷卻週期時間較長
- 3.射出成品較易有結晶現象



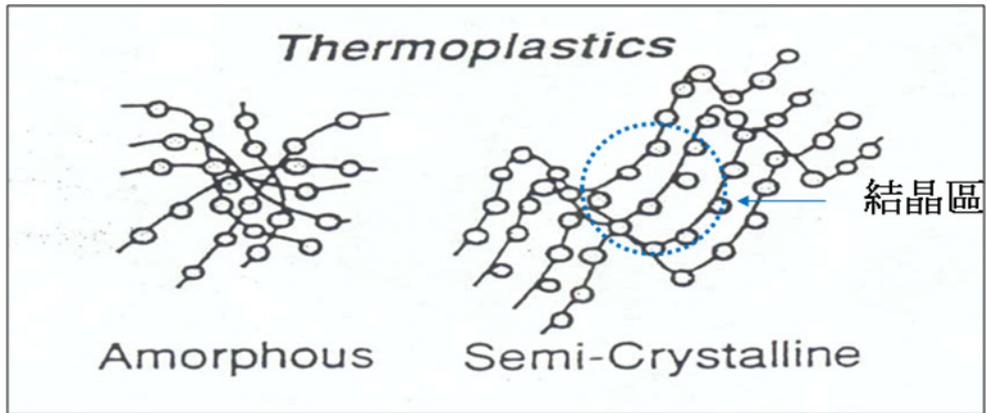


圖 2-1 結晶性與非結晶性塑膠的分子示意圖

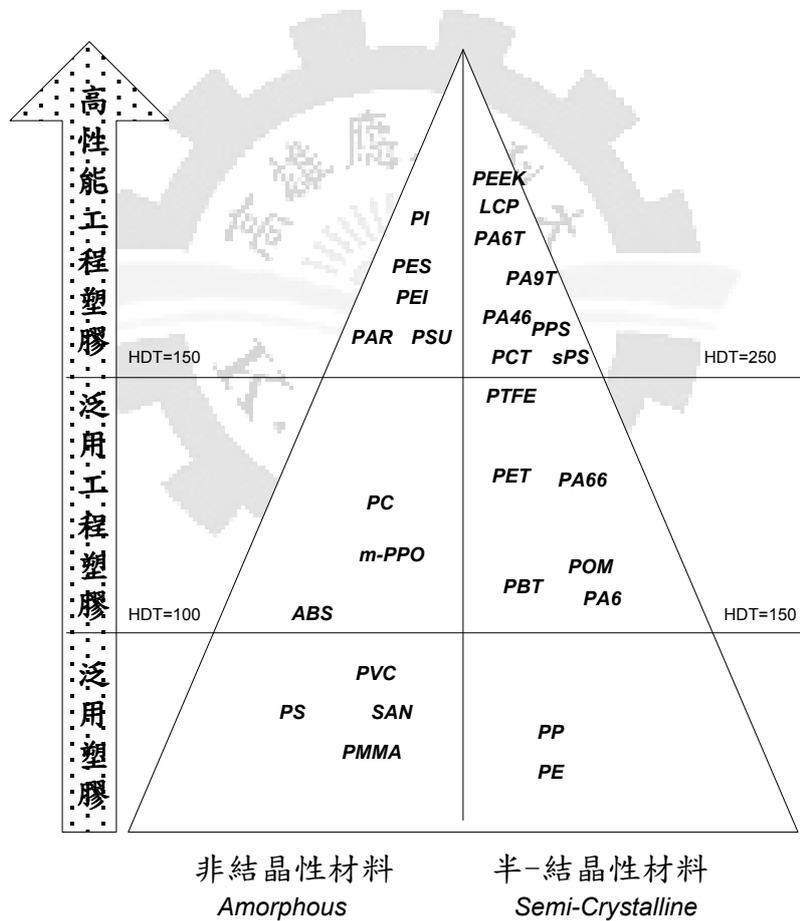


圖 2-2 塑膠分類圖

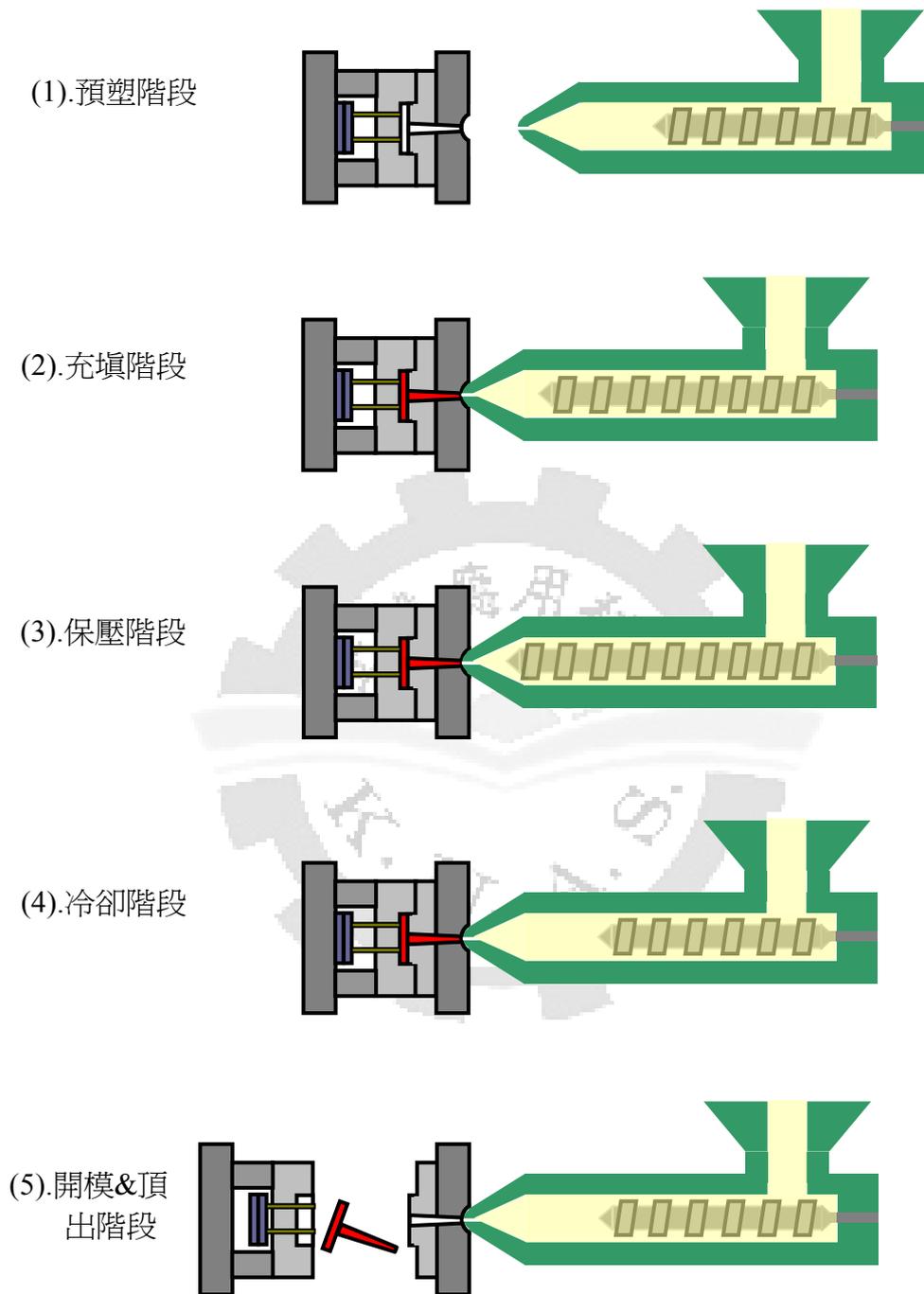


圖 2-3 射出成形程序示意圖

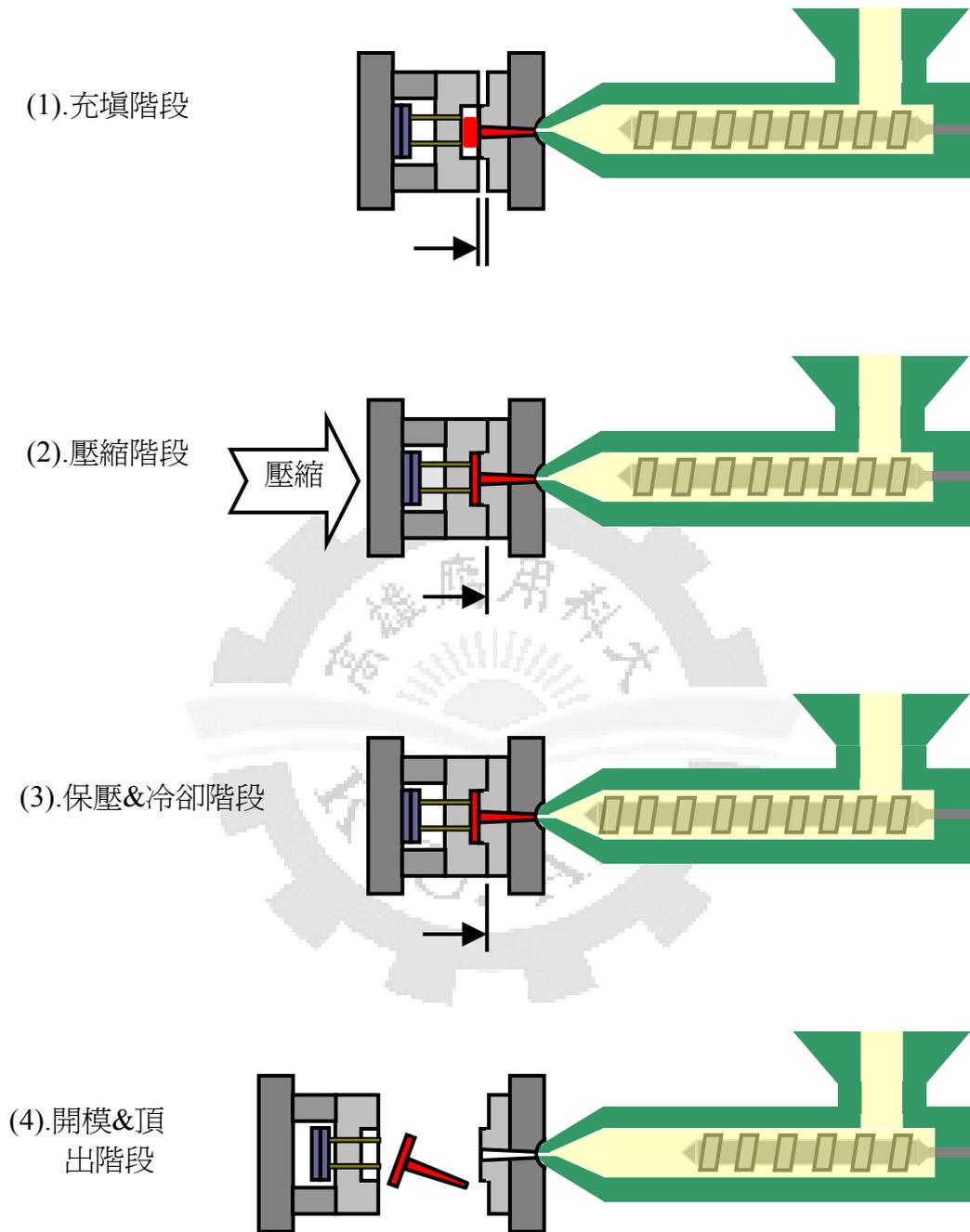


圖 2-4 射出壓縮成形程序示意圖

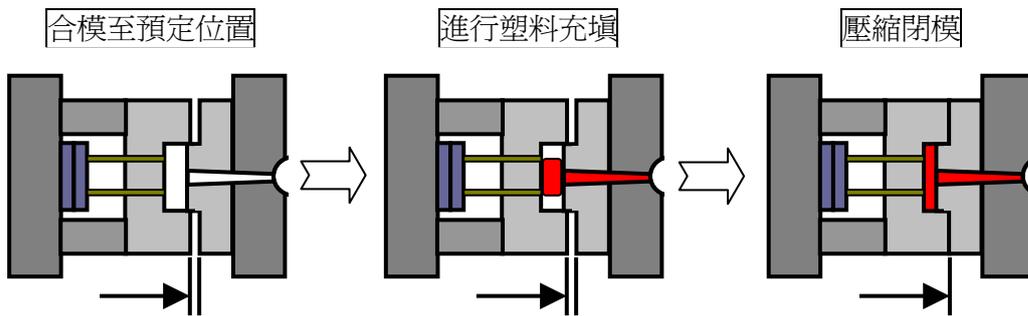


圖 2-5 射出壓縮-位置控制模式

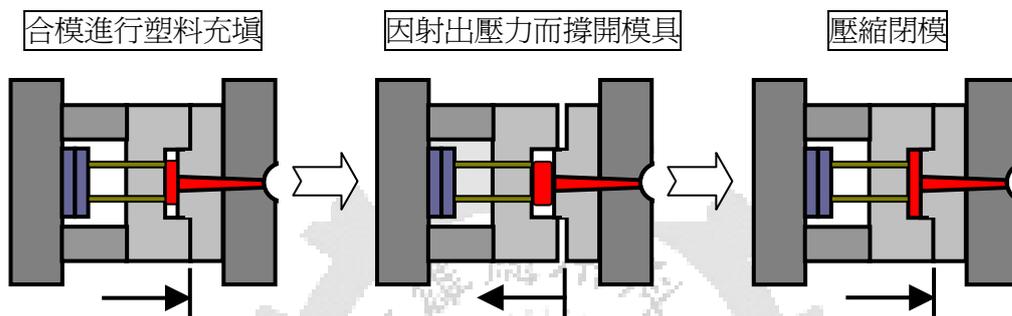


圖 2-6 射出壓縮-壓力控制模式

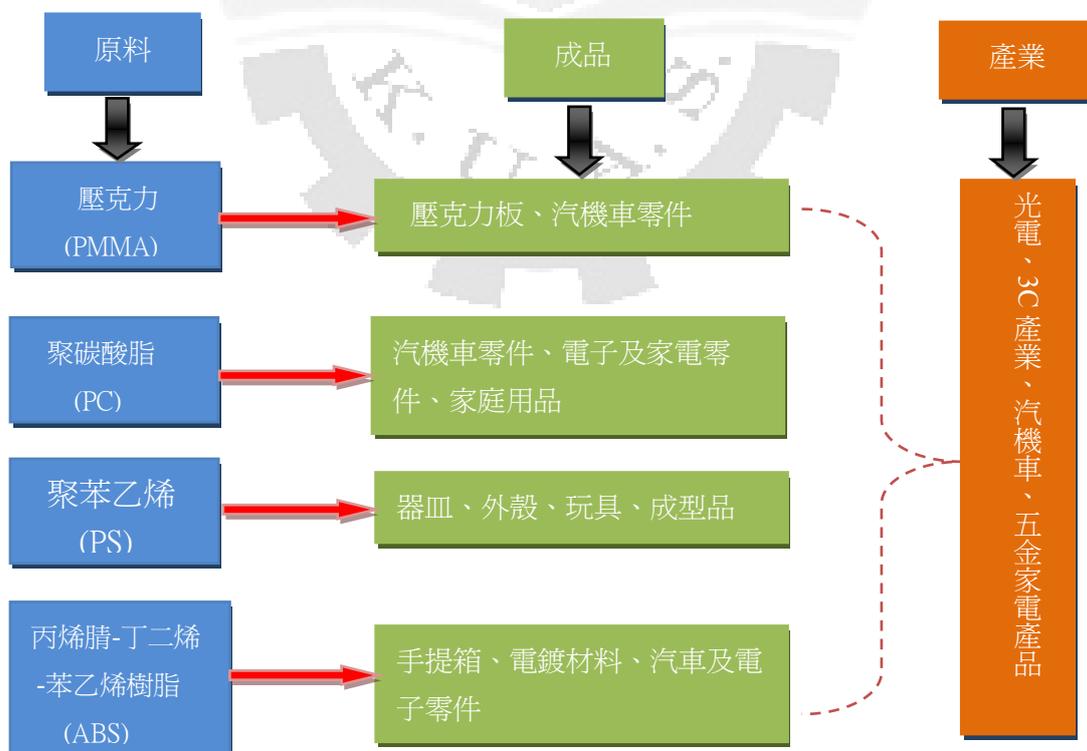


圖 2-7 薄殼射出成形應用於產業圖

第3章 模具設計分析

3-1 導光板模具設計

本研究模具設計重點需具備一般射出成型與射出壓縮成型的雙重功能，並容易且穩定成型超薄型導光板及表面微結構。在模具設計上有下列幾項步驟：

1. 產品外觀設計-

本研究設計一 2.5 吋，均一厚度為 0.3mm 與 0.5mm 的導光板，尺寸為長 55.42mm、寬 40.92mm 如圖 3-1 所示。

2. 模仁微結構設計尺寸

在本研究中所設計以 V 型微溝槽的公模仁，共三種不同的微結構高度形式的模仁如表 3-1 所示，三種模仁微結構高度與角度設計分別為：高度為 20 μ m、10 μ m、2.5 μ m，設計角度皆為 90 度；皆為等間距連續 Pitch，微結構尺寸設計示意圖如圖 3-2 所示。

3. 模具形式的選定-

模具的種類有冷澆道與熱澆道兩種，冷澆道模具是指流道內的熔膠和模穴內的熔膠一同冷卻，開模後一起取出；熱澆道模具是指流道的熔膠再整個成型週期中維持著熔融狀態，不隨成品冷卻，開模只有成品取出，而冷澆道模具中，有兩板式模具與三板式模具，兩板式模具為射出製程中開模後成品與流道相連取出，而三板式模具則具有自動化生產的功能，通常配合點狀澆口，所以開模後，成品與流道會自動分離。在經濟與實用性的考量下，本研究採用冷澆道、兩板式模具。

4. 成型模穴數量與配置

本研究設計單一模穴以簡化在成型上的問題，在模穴的配置上，由於考慮公模的模面受到射出壓力的位置不均一，會造成模具的變形，因此將模穴配置於模具中心，而注道偏離模具中心；在模仁的設計上，模穴以模仁入子鑲入方式設計，

以方便模穴的修改與配換，並設計三組公模仁入子，模仁入子選用經熱處理 STAVAX 的不銹鋼作為使用的材料，搭配射出成型與射出壓縮成型兩種不同的製程來生產實驗的導光板。

5. 模具大小與強度

在確定成品大小與模穴的配置後，可以選用模具的尺寸，因公模板模穴以模仁入子鑲入方式設計，方便模穴的修改與配換，模仁入子為 17mm，墊塊高度為 4.5mm 與 4.7mm 兩種來變換成品的高度，由於射出成型中可動側會受到較大的壓力，考慮模具的強度，故選用 A 型模座增加承板，補強可動側模板避免變形，因此本實驗採用仕霸標準模座(SA1520-50-20-60S)之標準模座。

6. 流道的設計

流道的設計上有尺寸、種類和配置，設計簡單的圓形流道，流道直徑為 3.4mm~6mm。

7. 澆口形式與尺寸

考慮薄型的導光板熔膠不易充填，設計澆口為扇型澆口，以使射出壓縮充填過程中，融膠流動波前有平行的流動與相同的波前間距，流道澆口厚度尺寸為 0.3mm 厚度，這樣的設計是因導光板成品厚度為超薄，澆口與成品一樣厚度期望在射出壓縮過程中，塑料由於塑膠剪切的力量造成溫度上升，有助於塑料的流動，較容易充填製模穴內。

8. 冷卻形式與尺寸

成品溫度對成型的效率有很大的影響，模溫高可以增加流動性，模溫低可以縮短固化時間；對成品的物性來說，高模溫可以使成品的結晶高，有較好的表面性質，模溫太低則會使材料迅速固化，成型壓力增加，造成澆口附近有較大的殘

留應力；對於冷卻的效率而言，冷卻不足會造成收縮下陷，而冷卻不均勻則會造成成品翹曲。本研究設計上下循環冷卻迴路，管徑為 8mm，如圖 3-3 所示。

9.頂出型式

由於導光板成品面有微結構，屬成品重要功能，因此爲了射出成型操作順利，在每次成型完畢後，模具開啓後，使用注道抓銷將注道自襯套中抓出，使注道附著在可動側以便與成形品同時被頂出脫落。

基於上述超薄型導光板設計，模具加工尺寸 CAD 模具圖與模具實體圖如圖 3-4 至 3-7 所示。

3-2 射出成形模流分析

本研究分析主要是以模流分析軟體 Moldflow MPI6.2 進行模擬分析，首先利用 3D 幾何模型 CAD 建立基本模型，繪入 Moldflow 建立流道、澆口及水路，並以實際成型機台的參數和材料的特性設定進行模擬。材料選用光學級具有透明性與高透光率之 PMMA，爲 Kuraray 生產的 GH-1000S 塑料，其加工參數、黏度、PVT 如圖 3-8 所示，以利模擬導光板的成型狀況。

導光板的模流分析中，先模擬在不同參數時，射出機需要產生多大的射出壓力，以及導光板內部的壓力差、體積收縮率、冷卻程度找出較適當的加工參數。首先以成型條件如表 3-2 所示，進行充填、保壓、冷卻、翹曲等模擬分析，選取適當的成型參數，由充填時熔膠的流動波前圖，如圖 3-9 所示，顯示在充填過程中其波前流動方向穩定、均勻地充滿模穴，並且可知整個充填時間爲 0.056 秒；在充填過程的壓力分佈，如圖 3-10 所示，爲充填滿後成品內部之壓力爲 224.6MPa，顯示導光板在射出時需要較高的射出壓力，才能達到所設定的射出速度，可以快速的充填模穴；成品在充填後的溫度分佈，如圖 3-11 所示，顯示導光板整體溫度平均

且溫度差異為是可接受的範圍內。

在充填結束後，進入保壓階段，保壓的目的在於防止成品收縮。若當澆口處之熔融塑膠尚未完全凝固而保壓太早結束時，易使塑料發生逆流現象造成成品的過度收縮。因此在保壓階段需先知道成品之保壓時間，在確定保壓時間後再進行保壓壓力的設定，利用保壓壓力在澆口未凝固前再將塑料擠入模穴中以補償溫度降所造成的收縮，保持成品的尺寸與形狀，因此需要確定成品之澆口已經凝固，保壓壓力才能解除。由圖3-12中所示，在成品澆口處取3點來確定澆口凝固時間，數值顯示當時越接近0時表示熔膠還是熔融狀態，等於1的時候則表示熔膠已經凝固，由圖可知其澆口凝固時間約為2.069秒，在保壓參數設定方面，保壓時間是以澆口凝固時間(2.069sec)減去充填時間(0.0567sec)，故設定其保壓時間為2秒。冷卻時間需確定成品已達到頂出溫度，其中包含澆口及流道部分，從圖3-13中可看出成品冷卻溫度達20.07秒時，整體成品都已達可以頂出的溫度，因此設定冷卻時間為20秒。確定以上製程參數後，將運用到實際射出成型上，並進行所需之探討。

表 3-1 模流分析參數設定表

成型條件	參數
塑料溫度 (°C)	270
模具溫度 (°C)	80
射出速度 (mm/s)	400
保壓壓力 (MPa)	180
保壓切換位置 (mm)	10
保壓時間 (sec)	2
冷卻時間 (sec)	20

表 3-2 微結構加工尺寸

V-Cut 加工	Type1	Type2	Type3
刀具角度(°)	90°	90°	90°
加工Pitch(μm)	40	20	5
加工深度(μm)	20	10	2.5
加工溝數	1293	2587	10350

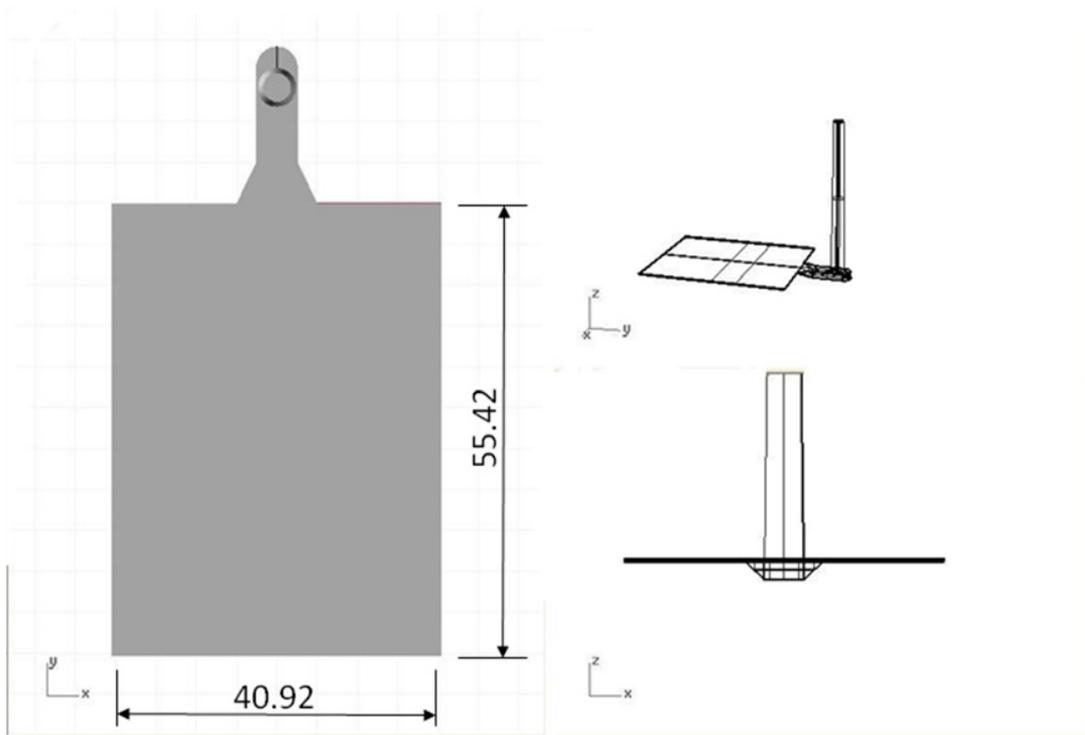


圖 3-1 導光板產品尺寸示意圖

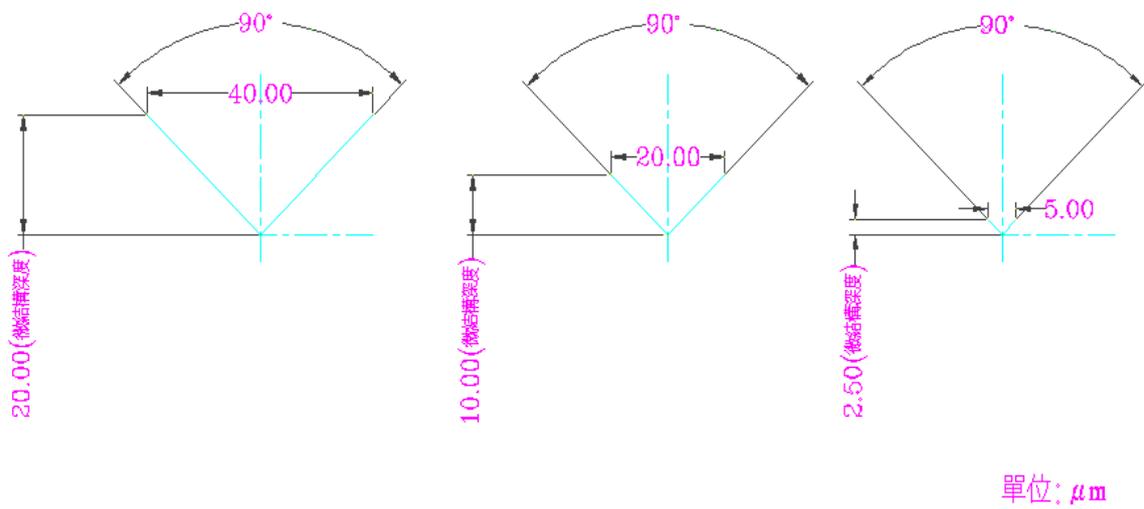


圖 3-2 微結構尺寸設計示意圖

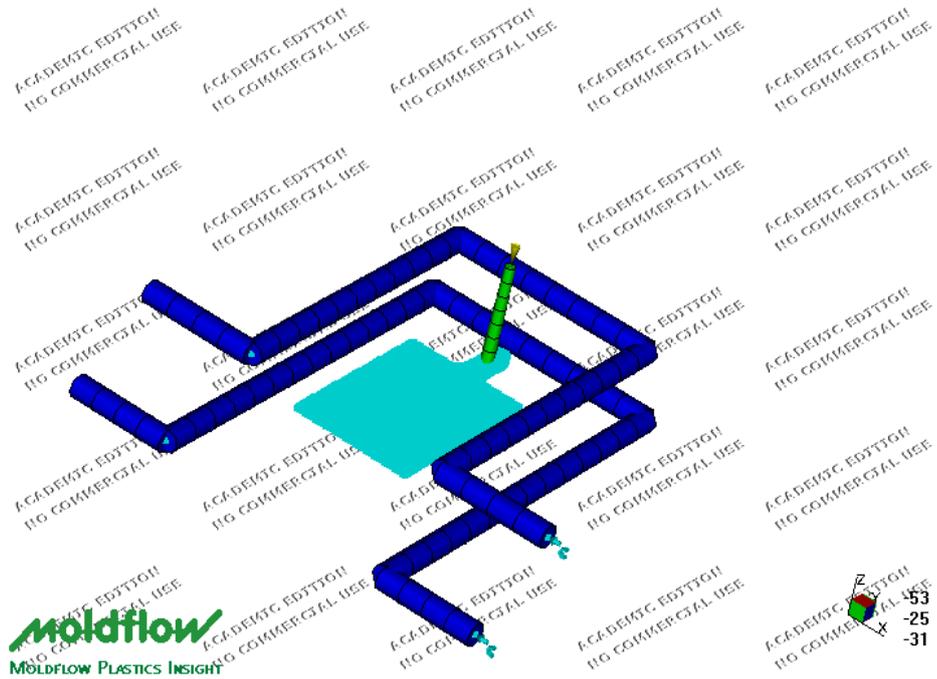


圖 3-3 冷卻水路的配置

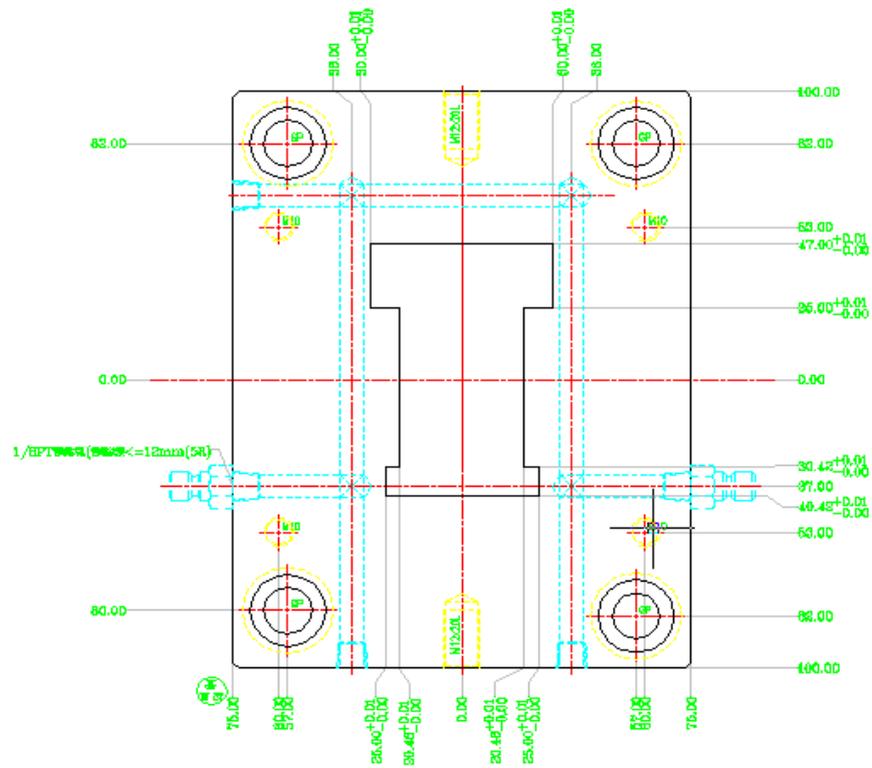


圖 3-4 母模平面圖

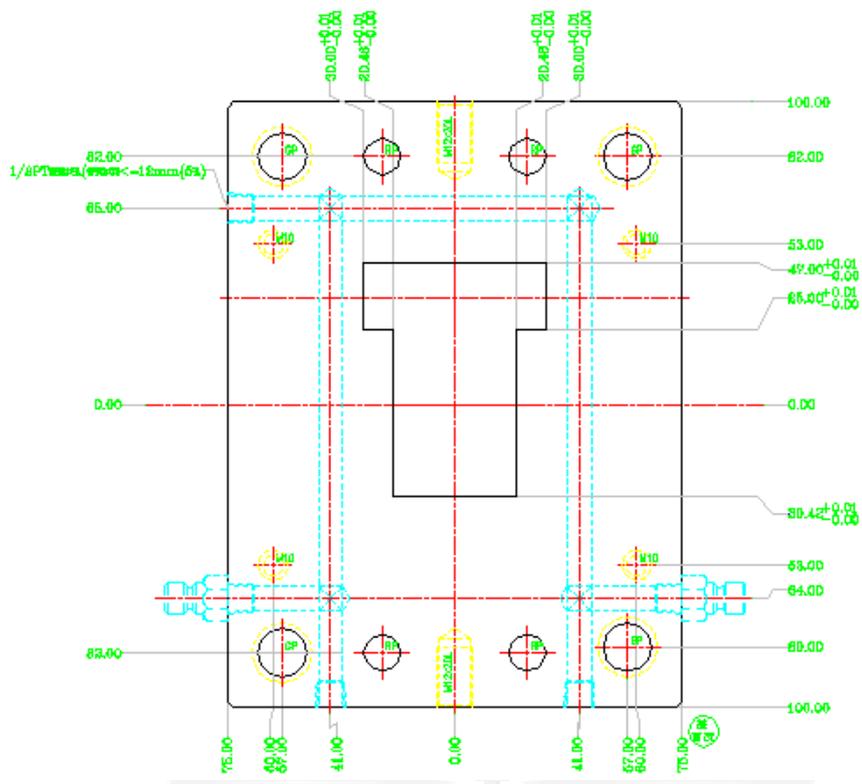


圖 3-5 公模平面圖

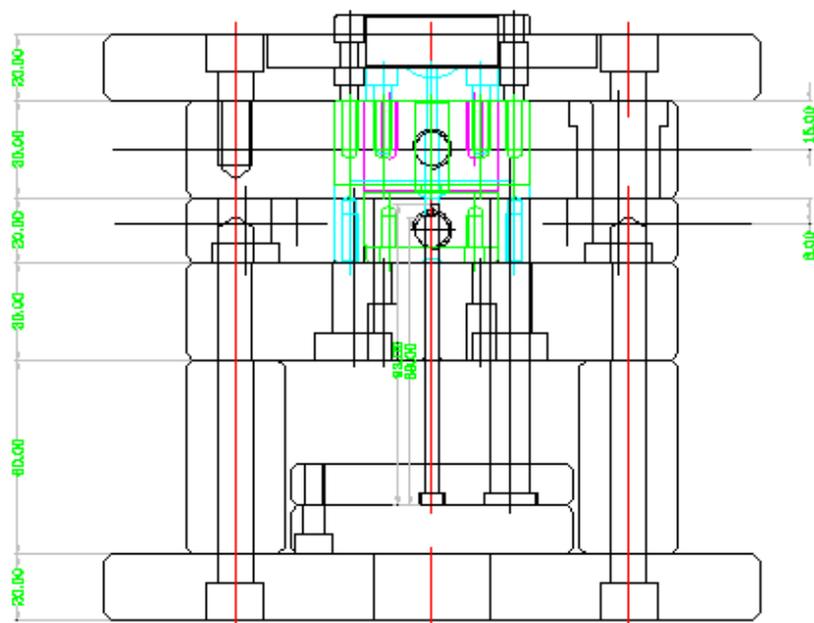


圖 3-6 模具組立圖

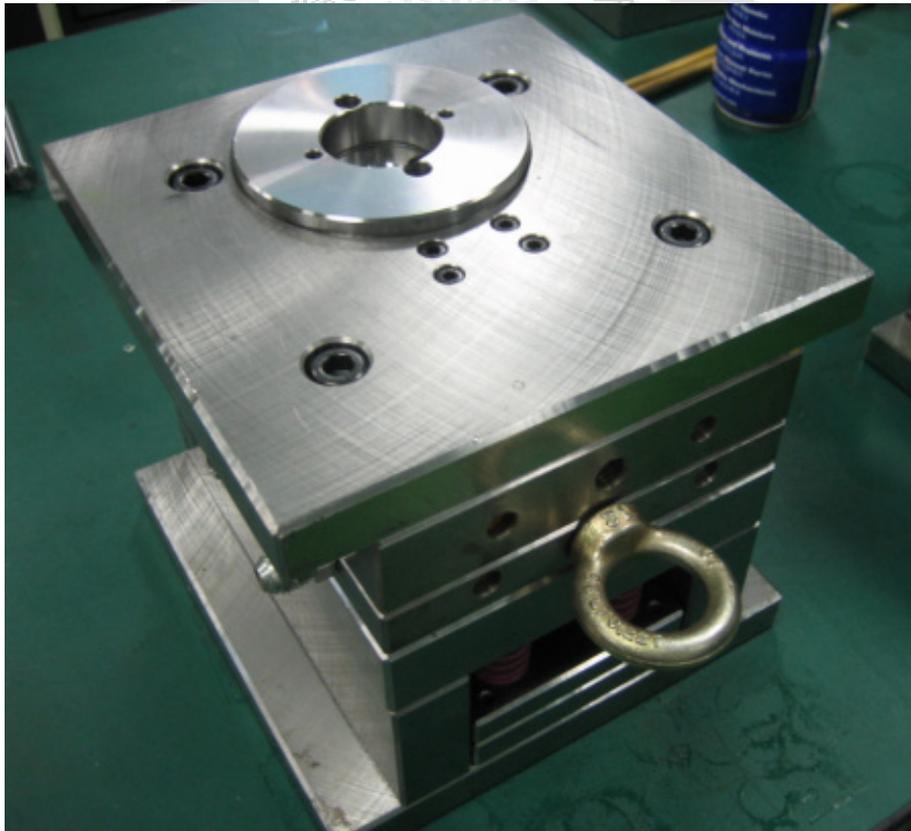
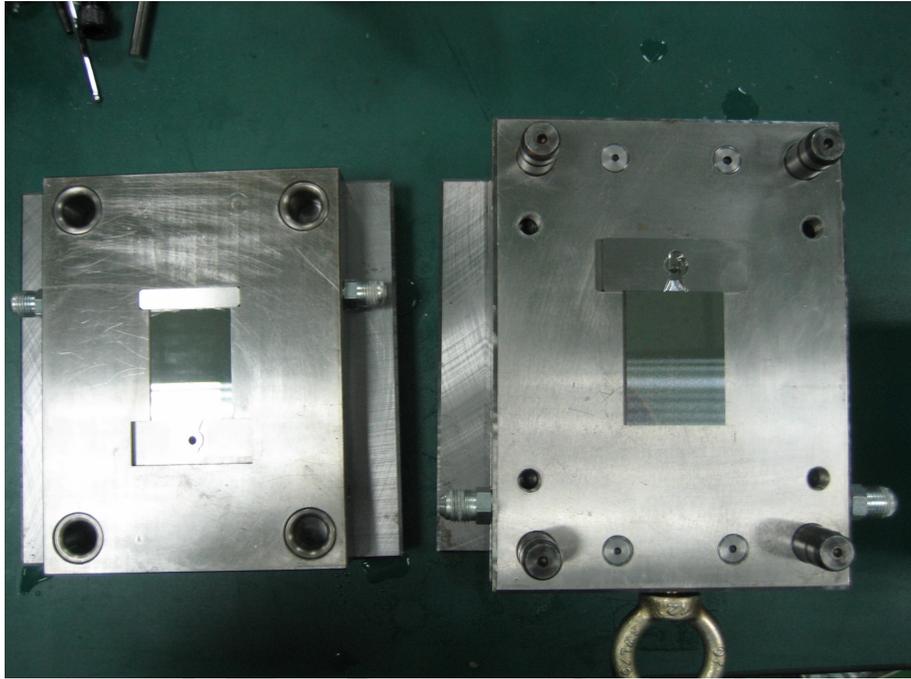


圖 3-7 公母模實體

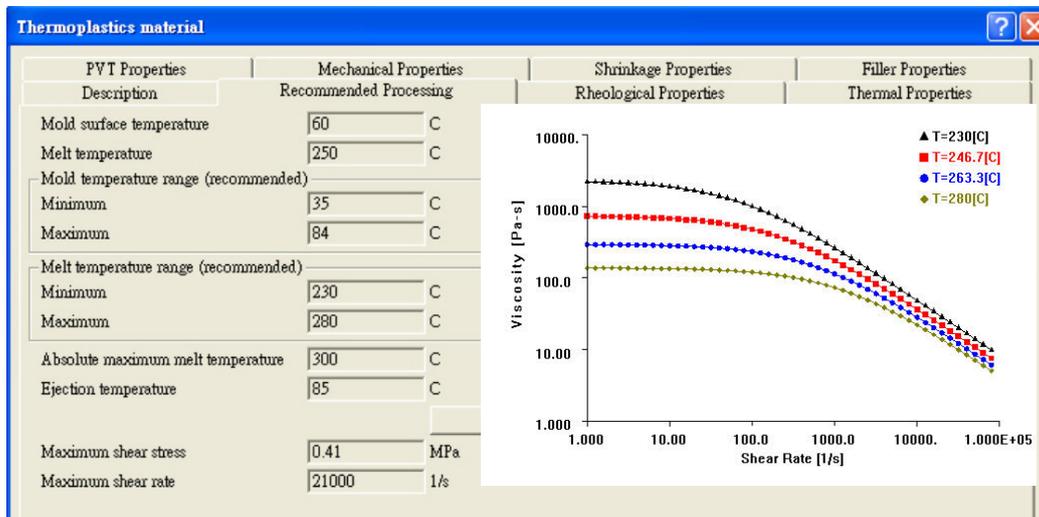


圖 3-8 模流分析塑料物性資料

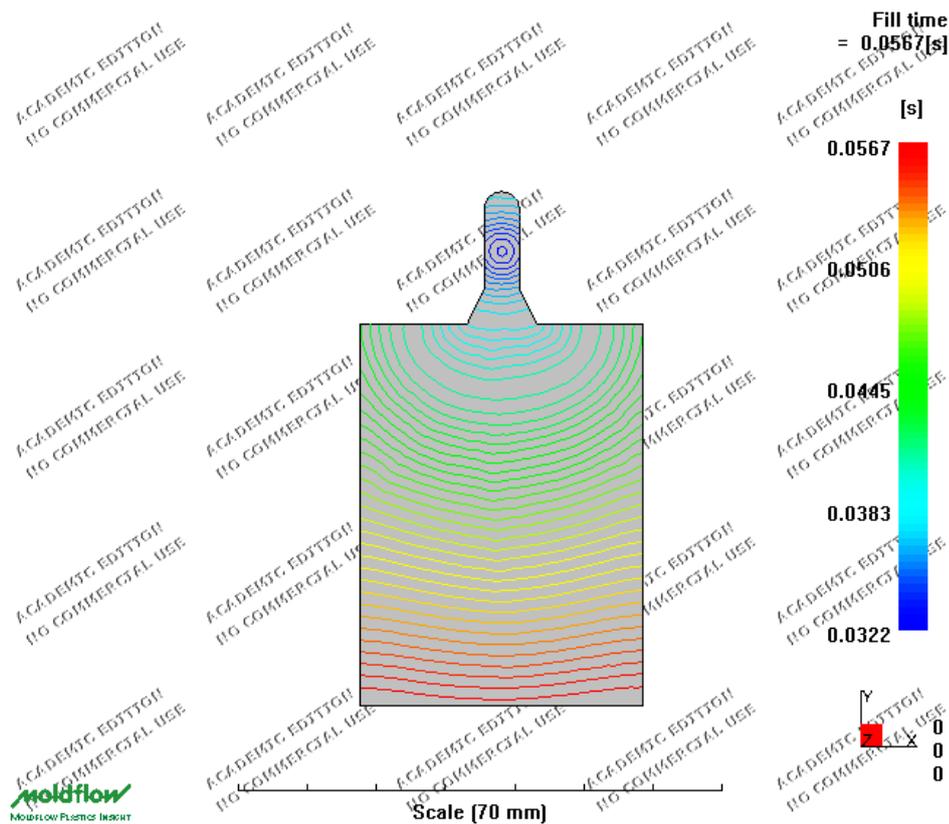


圖 3-9 導光板充填流動波前分佈圖

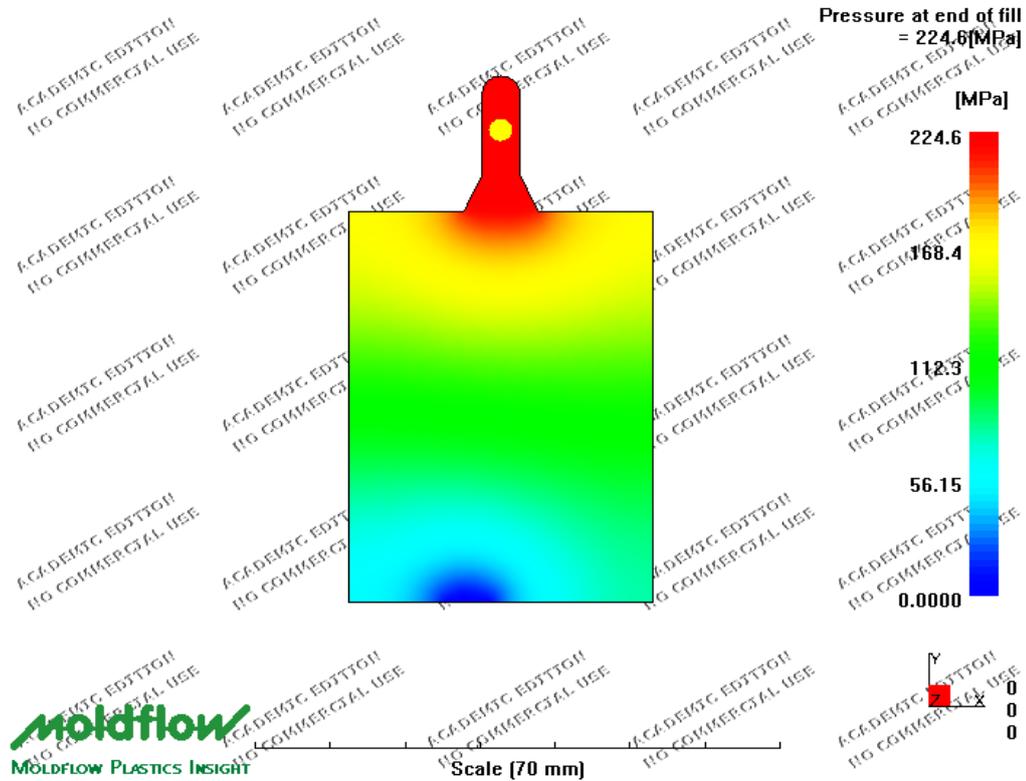


圖 3-10 導光板在充填結束後的壓力分佈圖

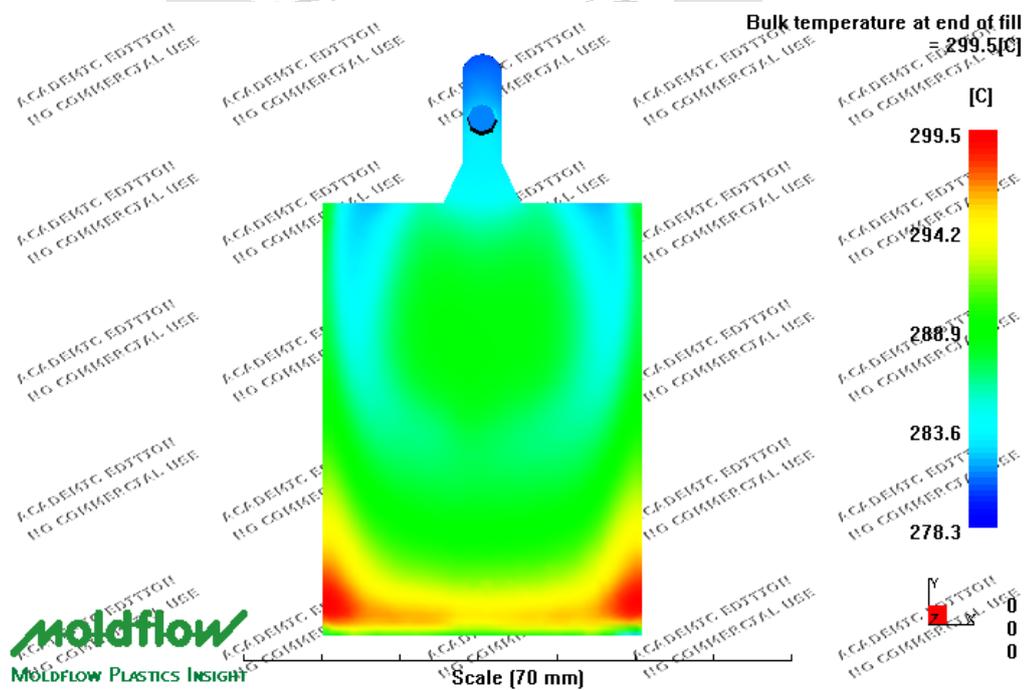


圖 3-11 導光板充填結束後的溫度分佈圖

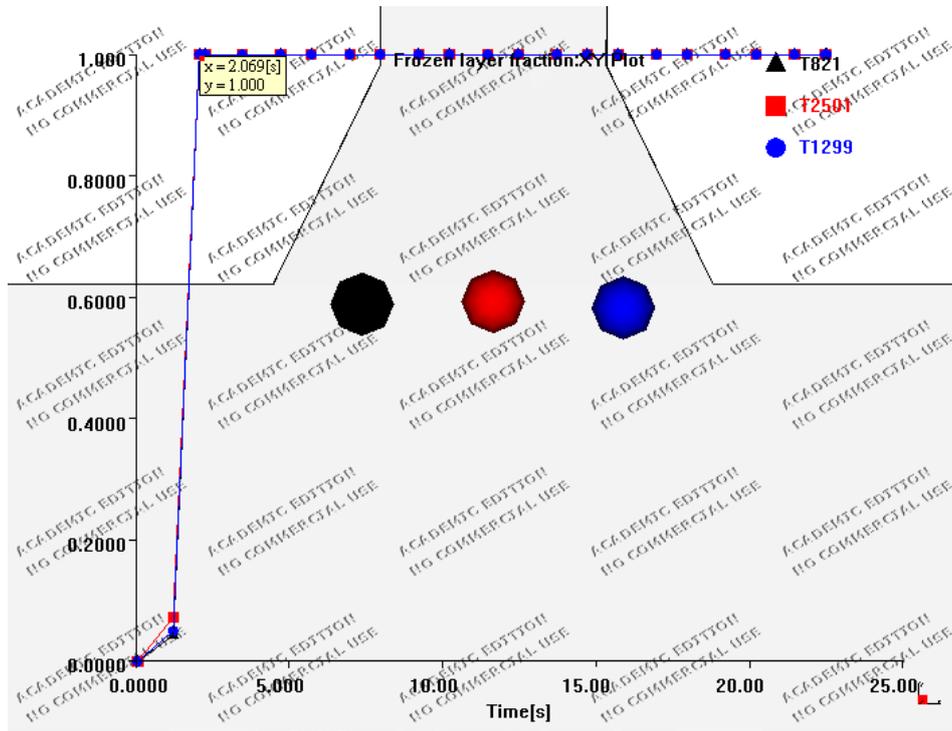


圖 3-12 導光板澆口凝固時間隨時間變化

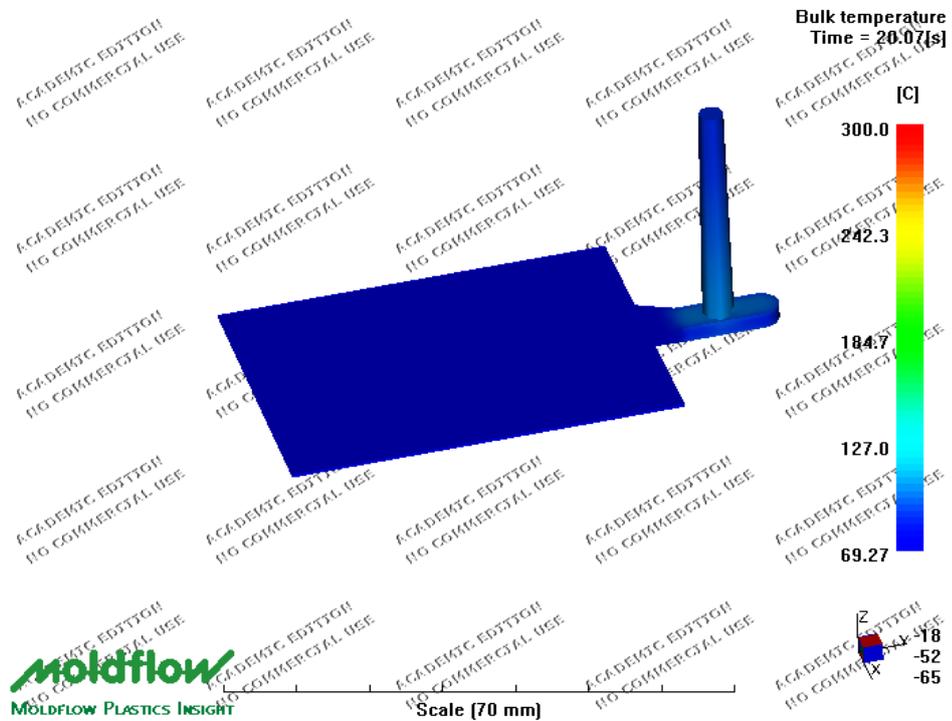


圖 3-13 導光板開模時的整體溫度分佈圖

第4章 成型實驗與檢測

4-1 實驗流程

研究以2.5吋薄型導光板為其研究標的，其尺寸為長(55.42mm)、寬(40.92mm)、厚度為0.3mm 與0.5mm，以2.5、10、20 μ m等不同高度而角度皆為90度的微v溝型微結構為例，建立不同尺度微溝型微結構的成型視窗，且實驗模具備射出成形及射出壓縮成形的雙重功能，其實驗流程如圖4-1所示，首先利用模流分析針對導光板進行分析，模流分析模擬射出過程中塑料在模具內部所無法得知的製程參數，來提供實作時做為設定之成型參數。實驗模具加工製造後，進行薄型導光板射出成型實驗；首先探討不同製程條件射出成型、射出壓縮在搭配變模溫調控下對超薄型導光板成型性之影響，並找出可成型的製程參數範圍，完成超薄型導光板的成型視窗；其次使用單一參數法探討各製程條件與超薄型導光板微結構成型的關係及影響；接著以田口氏實驗計畫法進行微結構成型的最佳化實驗，尋求製程參數條件對微結構成型的貢獻度與最佳組合；再著以射出成型及射出壓縮成型、模溫變動三種製程方法，成型超薄型導光板並檢測表面微結構的成型狀況，比較各製程方法對於微結構成型的影響及差異性並以光彈儀量測其應力分佈，成型機採用Sodick TR30EH 油電複合V式結構射出機搭配兩台模溫機使用高低溫，進行射出實驗成型生產導光板，並經過表面輪廓儀的檢測以探討比較成型品質之間的好壞。本章將逐一說明所使用的實驗材料、儀器設備、實驗方法及步驟。

4-2 實驗材料與設備

1. 實驗材料

在本實驗中，使用的塑膠原料為Kuraray GH-1000S 光學級壓克力(PMMA)，其特性為光穿透率高(92.4%)，具有透明度佳、高硬度、流動係數佳及耐Gamma 射

線照射等特性，因此適用於中小尺寸薄形導光板的射出成型，其基本性質如表4-1所示。在進行射出成型實驗前，須先將塑料充分烘乾，避免因水氣殘留於塑料內，而造成導光板在射出成型後有氣泡產生。本實驗所採用的光學級PMMA 的乾燥溫度設定為90℃，乾燥時間設定為5小時，因PMMA的吸濕性較高，故須注意塑料的烘乾效果，以免影響到實驗的進行。而此塑料的成型溫度為230~280℃，塑料溫度不可過高或者停留在料管內太久，否則將會造成熱分解使塑料黃化，影響導光板的物理性質。

2. 成型射出機

成型實驗使用 Sodick TR30EH 油電複合 V 式結構射出成型機如圖 4-2 所示，有使用壓縮功能的參數設定，在射出裝置為 V 式結構，意即在射出單元有螺桿與柱塞，螺桿機構負責將進料並熔融塑膠原料為塑化功能，柱塞機構則負責計量與射出如圖 4-3，由於柱塞與射出管屬於緊密配合，因此在計量上會比使用螺桿計量來的精準、穩定，因此 Sodick TR30EH 可生產高精度的成形物件，在鎖模機構方面則為直壓式油電複合機構，對於鎖模精度較為精準且鎖模力分佈均勻，以適用於高精度的模具生產。主要規格如表 4-2、4-3 所示。

3. 模溫機

本研究使用科基公司兩台模溫機，作為高溫以及低溫控制，高溫模溫機最高溫可達 250℃，低溫模溫機最高可達 200℃作為高低溫切換，切換裝置使用氣動球閥進行控制如圖 4-4 所示。

4. 表面輪廓儀

本研究在微結構外型尺寸的檢測上，使用Taylor Hobson 公司所生產的Form Talysurf PGI 635(如圖4-5)表面輪廓儀，為接觸式的量測方式，可用來量測表面粗糙度與微小外形的量測，最小精度為3.2 nm，在其檢測原理是利用探針(Stylus)，接觸待測物表面，並由收錄器(Pick-up)把探針在表面上的起伏過程轉成電訊號，由軟體

收成點資料加以分析，探針的內部結構如圖4-6所示。本研究所使用的輪廓儀在接收器的形式上屬光柵干涉式(PGI)，利用雷射同調光的干涉特性，在探針起伏造成光程上的變化，將干涉打至光柵上而由後端的Photo Diode接收判讀，表面輪廓儀的規格如表4-4所示。

5. 光彈量測儀

本研究將以光彈量測儀進行成品殘留應力之量測。光彈儀主要包含了光源、施力架、偏振片 (Polarizer)、分析片 (Analyzer) 和兩個四分之一波板。而光彈殘留應力分析主要是依據材料內部應力產生之雙折射差，導致入射光因前進速度不同而產生之相位差干涉條紋，藉此干涉條紋可反推內部應力之分佈情形，如圖4-7所示。

4-3 成型視窗實驗

此實驗是以成型視窗來判定可成型區域的範圍，首先找出兩個重要的成型條件，變動成型條件的參數做射出成型實驗，繪出可成型的區域範圍，若範圍很小，表示不易成型，若範圍很大，表示容易成型，以成型視窗實驗來瞭解超薄型導光板成型時所需的成型參數。實驗以超薄型導光板模具配合油電複合式 V 型機構射出成型機，其製程參數包含塑料溫度、模具溫度與射出速度等，其中選取模具溫度及射出速度這兩項參數，探討這兩項參數對成品成型性的影響，製作成型視窗，並以不同的塑料溫度，觀察模具溫度與射出速度成型範圍的變化，藉此探討塑料溫度對於超薄型導光板成型性之影響，而可成型區域的條件定義為成品能完全充填，實驗時當有短射(Short Shot)的成品屬於不可成型範圍。

4-4 微結構成型實驗

超薄型導光板的表面微結構成型實驗，主要是使用射出成型與射出壓縮成型

改變單一參數法，探討每一個成型條件對微結構成型。射出成型實驗選定塑料溫度、模具溫度、射出速度、保壓壓力、保壓時間等五個製程條件；射出壓縮實驗方面選定料溫度、模具溫度、射出速度、壓縮力、壓縮速度、壓縮時間、壓縮螺桿切換位置等七個製程條件進行射出成型與射出壓縮實驗，其製程參數由成型操作視窗中決定單一參數實驗的水準值，如表 4-5 與 4-6 所示。實驗時以一組參數為標準製程參數，以變換某一製程條件，固定其它條件，就可觀察此單一參數因子對微結構成型的影響性。各製程參數在射出成型之後，使用表面輪廓儀量測導光板V-溝微結構的成型狀況，如圖4-8所示於導光板表面各九點位置進行微結構量測，以0.1mm/s的速度劃過量測區域，以得到導光板上微結構的實際成型尺寸，探討製程參數對表面V-溝微結構成型性之影響，其微結構成型轉寫率計算採用微結構成型率來表示微結構的轉寫品質，由於探針頭前端有R角2 μm ，在量測微結構時因探針前端無法量測到最底端會有高度0.84 μm 無法量測到如圖4-9所示，所以微結構轉寫率其計算公式如下所示。

$$\text{轉寫率} = \frac{\text{微結構成型尺寸} + 0.84\mu\text{m}}{\text{模仁加工尺寸}} \times 100\%$$

4-5 田口實驗計畫法

4-5-1 簡介

田口式實驗計畫法(以下簡稱田口法)由田口玄一博士，結合英國統計學家 R.A.Fisher 以及印度學者 Rao，所發展出來的實驗計畫法。是針對有效率開發新產品及改良製程的品質工程技術；它的特性在於以低成本、高效率、數字化的指標，來幫助企業做好品質的源流管理和改善。田口法的特色在於利用直交表規劃實驗與信號雜音比 (Signal-Noise Ratio, S/N)分析實驗數據。利用直交表實驗計畫以快速、經濟的方式進行實驗，並得到最小實驗誤差之數據，而以信號雜音比分析實

驗數據，找出最佳參數水準組合，以達到適當的品質目標值。田口氏實驗計畫法之實驗流程如圖 4-10 所示，以下為實驗流程說明：

4-5-2 步驟

1. 確定品質特性 (Quality Characteristics)：

使品質特性與目標值一致，只要一有偏離，即會造成損失，以損失函數的概念將品質量化，使人能掌握品質的狀況。而品質特性依理想機能的不同可以區分為許多型態

(1) 望目特性(Nominal The Best)：

品質特性越接近目標值越好，品質特性的機能是此目標值。其 S / N 比公式為：

$$S / N = - 10 \log [(\bar{y} - m)^2 + S^2]$$

(2) 望小特性(Smaller The Best)：

品質特性越小越好，也就是品質特性的理想機能為零(假設品質特性永遠是正數)，其 S / N 比公式為：

$$S / N = - 10 \log (\bar{y}^2 + S^2) = - 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} = \eta$$

(3) 望大特性(Larger The Best)：

品質特性越大越好，也就是品質特性的理想機能為無窮大(假設品質特性永遠是正數)，其 S / N 比公式為：

$$S / N = - 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}}{n} = \eta \text{ 其中：}$$

y_i 為第 i 個品質特性

\bar{y} 為平均品質特性

n 為資料數目

S 為標準偏差，即
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

2. 列出所有影響此品質特性的因子(Factor)

最好以魚骨圖(Fish-Bone Diagram)的方式呈現，需結合各種專業人才做腦力激盪或依據經驗決定。圖 4-11 是針對本次實驗來進行深入探討所整理出之魚骨圖。在所有影響此品質特性的因子中，決定控制因子(Control Factors)，並定出它們的水準。

3. 選擇適當之直交表

應用直交表來配置實驗時之控制因子及水準，以簡化實驗次數的進行來獲得有用的統計資訊，雖然理論上會有精度上的損失，但對解決工程品質問題的目的而言，直交表常常是足夠的。依控制因子及水準的數目來選定適當的直交表，安排、執行實驗，紀錄實驗數據。本研究主要是以四個控制因子3水準的成型參數來進行直交表規劃，直交表排列如表4-7所示。

4. 資料分析：

資料分析工作的主要目的是：

- (1) 計算每個控制因子的變動對品質特性的效應(Effects)。
- (2) 計算每個控制因子的變動對品質特性變異的效應，回應表如表4-8所示。
- (3) 依據前兩項的資訊，利用 S / N 反應圖表調整控制因子，以求取最佳的參

數組合。

5. 確認實驗：

依據最佳參數組合做確認實驗，以驗證實驗結果的再現；進行各因子的重要性測試(F-Test)，與變異數分析之貢獻度不同的是，F-Test是根據統計量的機率分配來決定控制因子是否達到最低信心水準，並進而判斷控制因子的重要性，如表4-9所示。

4-5-3 選擇直交表

由於直交表的種類眾多，所以需要先計算出總共的自由度(Degree Of Freedom)，由總自由度中可得知所需進行實驗次數的最小值，而一個直交表的列數則表示實驗的次數，所以在選擇一個能適用的直交表時，它的列數必須大於或等於所需的自由度，而一個直交表的行數代表該直交表所能研究因子個數的最大值。因此需要先確定所討論的控制因子共幾個，並且每個控制因子需要幾個水準，確定以上參數後即可計算所需之自由度，其公式如下：

$$D.O.F. = m \times (n - 1) + 1 \quad (1)$$

m: 成型參數個數(控制因子)

n: 水準個數

4-5-4 交互作用(Interaction)

在選定控制因子時會先假設每個因子的效應都是獨立的，表示任何兩個因子間互不影響，表示任何兩個因子間無交互作用，因此所獲得之最佳參數所做的實驗數據會比直交表中任何參數較佳；若不是最佳參數組合則需從新探討各因子間之交互作用，取得考慮交互作用後之參數組合再做確認實驗以求得最佳的參數組

合；或是慎選品質特性及控制因子，盡量降低交互作用所產生的效應，並使用高度推薦之直交表，或飽和的直交表來降低交互作用所產生的影響求得最佳的參數組合。

4-5-5 變異數分析(Analysis Of Variance, ANOVA)

變異數分析的主要目的為求得因子的貢獻度及有效性，並評估實驗誤差。在實驗過程中，常出現干擾因子與交互作用影響實驗結果的現象，而變異數分析便是利用平方和的統計技術，以評估各控制因子與整體實驗在平均回應上的偏差量。其相關公式定義如下，並整理成變異數分析表，如表4-10所示以四個控制因子為例。

1.全變動(Sum Of Square Due To Total Variation)，為各條件之S / N 比的變異總量為各條件的S / N 比與平均的S / N 比之差的平方和

$$S_T = \sum_{i=1}^n \eta_i^2 - CF \quad (2)$$

2.變動(Sum Of Square)，為各因子的變動率

$$S_A = \left[\sum_{i=1}^{k_i} \frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right] - CF \quad (3)$$

3.自由度(f)，P為因子具有之水準

$$f = P - 1 \quad (4)$$

4.變異(Error Variance)，判斷何者將列入誤差因子

$$V_A = \frac{S_A}{f_A} \quad (5)$$

5.純變動(Pure Sum Of Square)

$$S'_A = S_A - (f_A \times V_e) \quad (6)$$

6.變異比(F Value) , 可看出誤差因子對每一因子的影響

$$F_A = \frac{V_A}{V_{eT}} \quad (7)$$

7.貢獻度(Contribution) , 看出每一個因子對實驗的影響程度

$$\rho_A = \frac{S'_A}{S_T} \times 100\% \quad (8)$$

8.誤差項變動

$$S_E = S_T - S_A - S_B - \dots - S_n \quad (9)$$

9.誤差項自由度

$$f_E = f_T - f_A - f_B - \dots - f_n \quad (10)$$

10.誤差項的貢獻度

$$\rho_e = \frac{S'_{eT}}{S_T} \times 100\% \quad (11)$$

表 4-1 GH-1000S 光學級壓克力(PMMA)物性表

項目	試驗法 ASTM	單位	GH-1000S
光學性質			
全光線透過率	D1003	%	93
霧度	D1003	%	0.1
屈折率	D542		1.49
機械性質			
拉伸強度	D636	Kgf/cm ²	740
伸長率	D638	%	5
彎曲強度	D790	Kgf/cm ²	1180
彎曲彈性率	D790	Kgf/cm ²	3.4×10 ⁴
Izod 衝擊強度	D256	Kgf/cm ²	26
洛氏硬度	D785	M scale	101
熱變性質			
熱變形溫度 (無負荷) (有負荷)	D648	°C	92
			101
MFR	D1238	g/10min	10
軟化點溫度	D1525	°C	113
其他性質			
比重	D729		1.19
成形收縮率	D955		0.002~0.006
成形加工			
成形條件	乾燥條件	°C & hr.	80~100&4~6
	成形溫度	°C	230~280
	模具溫度	°C	50~90

表 4-2 射出機合模規格

合模方式	直壓式油電混合鎖模裝置
最大合模力 KN(tf)	294(30)
連桿間隔 (橫 × 縱) mm	260 x 260
壓板尺寸 (橫 × 縱) mm	390 x 390
間隙 mm	400
最小/最大模具厚度 mm	150 / 300
頂出方式	電動伺服球形螺絲驅動
頂出力 KN(tf)	7.3(0.74)
頂出行程 mm	50

表 4-3 射出機塑化射出規格

塑化射出方式	螺桿預塑、柱塞射出
螺桿直徑 mm	18
柱塞直徑 mm	16
最大射出壓力 Mpa(kg/cm ²)	262(2679)
射出量 cm ³	14(0.5oz)
射出率 cm ³ /sec	100
柱塞行程 mm	70
最大流率 1 mm/sec	500
最大螺桿旋轉速度 rpm	400
溫度控制區數	4
加熱圈容量 kw	5.11
射出裝置移動行程 mm	230

表 4-4 表面輪廓儀規格 表

裝置項目	Taylor Hobson Form Talysurf Laser 635
X 軸量測範圍	120mm
X 軸解析度	0.125 μ m
Z 軸量測範圍	6mm
Z 軸解析度	3.2nm
量測速度	0.1、0.25、0.5、1、10mm/s
主軸真直度	0.5 μ m / 120mm
標準校正物	R=22mm 陶瓷標準球
校正精度(陶瓷標準球)	Pt 小於 0.15 μ m
校正報告	UKAS 英國國家實驗室認證報告

表 4-5 導光板厚度微結構成型實驗射出成型參數配置

微結構成型實驗標準條件	
塑料溫度(°C)	270
模具溫度(°C)	80
射出速度(mm/s)	400
保壓壓力 (Mpa)	180
保壓時間(sec)	2
單一參數射出實驗水準值	
塑料溫度(°C)	260、265、270、275、280
模具溫度(°C)	60、80、100、120、140
射出速度(mm/s)	300、350、400、450、500
保壓壓力 (Mpa)	140、160、180、200、220
保壓時間(sec)	1、2、3、4、5

表 4-6 導光板厚度微結構成型實驗射出壓縮成型參數配置

微結構成型實驗標準條件	
塑料溫度(°C)	270
模具溫度(°C)	80
射出速度(mm/s)	400
壓縮力(%)	99
壓縮速度(%)	99
壓縮時間(sec)	2
壓縮開始位置(mm)	10
單一參數射出實驗水準值	
塑料溫度(°C)	260、265、270、275、280
模具溫度(°C)	60、80、100、120、140
射出速度(mm/s)	300、350、400、450、500
壓縮力(%)	80、85、90、95、99
壓縮速度(%)	80、85、90、95、99
壓縮時間(sec)	1、2、3、4、5
壓縮開始位置(mm)	8、9、10、11、12

表 4-7 四個控制因子之直交表

Exp.	控制因子 (A)	控制因子 (B)	控制因子 (C)	控制因子 (D)	配置組合
1	A1	B1	C1	D1	A1B1C1D1
2	A1	B2	C2	D2	A1B2C2D2
3	A1	B3	C3	D3	A1B3C3D3
4	A2	B1	C2	D3	A2B1C2D3
5	A2	B2	C3	D1	A2B2C3D1
6	A2	B3	C1	D2	A2B3C1D2
7	A3	B1	C3	D2	A3B1C3D2
8	A3	B2	C1	D3	A3B2C1D3
9	A3	B3	C2	D1	A3B3C2D1

表 4-8 四個控制因子之回應表

	Factor A	Factor B	Factor C	Factor D
Level 1	A1	B1	C1	D1
Level 2	A1	B2	C2	D2
Level 3	A1	B3	C3	D3
Effect	$A_{\max}-A_{\min}$	$B_{\max}-B_{\min}$	$C_{\max}-C_{\min}$	$D_{\max}-D_{\min}$

表 4-9 四個控制因子之誤差統合表

控制因子	變動 (S)	自由度 (f)	變異 (V)	變異數 (F)	信心水準 (Confidence)	重要性 (Significant)
Factor A	S_A	f_A	V_A	F_A		
Factor B	S_B	f_B	V_B	F_B		
Factor C	S_C	f_C	V_C	F_C		
Factor D	S_D	f_D	V_D	F_D		
Error	S_e	f_e	V_e	S (實驗誤差)		
Total			*NOTE : At Least % Confidence(最低信心水準)			

表 4-10 四個控制因子之變異數分析表

控制因子	變動(S)	自由度(f)	變異(V)	純變動 (S')	貢獻度(ρ)
Factor A	S_A	f_A	V_A	S'_A	ρ_A
Factor B	S_B	f_B	V_B	S'_B	ρ_B
Factor C	S_C	f_C	V_C	S'_C	ρ_C
Factor D	S_D	f_B	V_S	S'_D	ρ_D
Error(e)	S_e	f_e	V_e	S'_e	ρ_e
Total(T)					



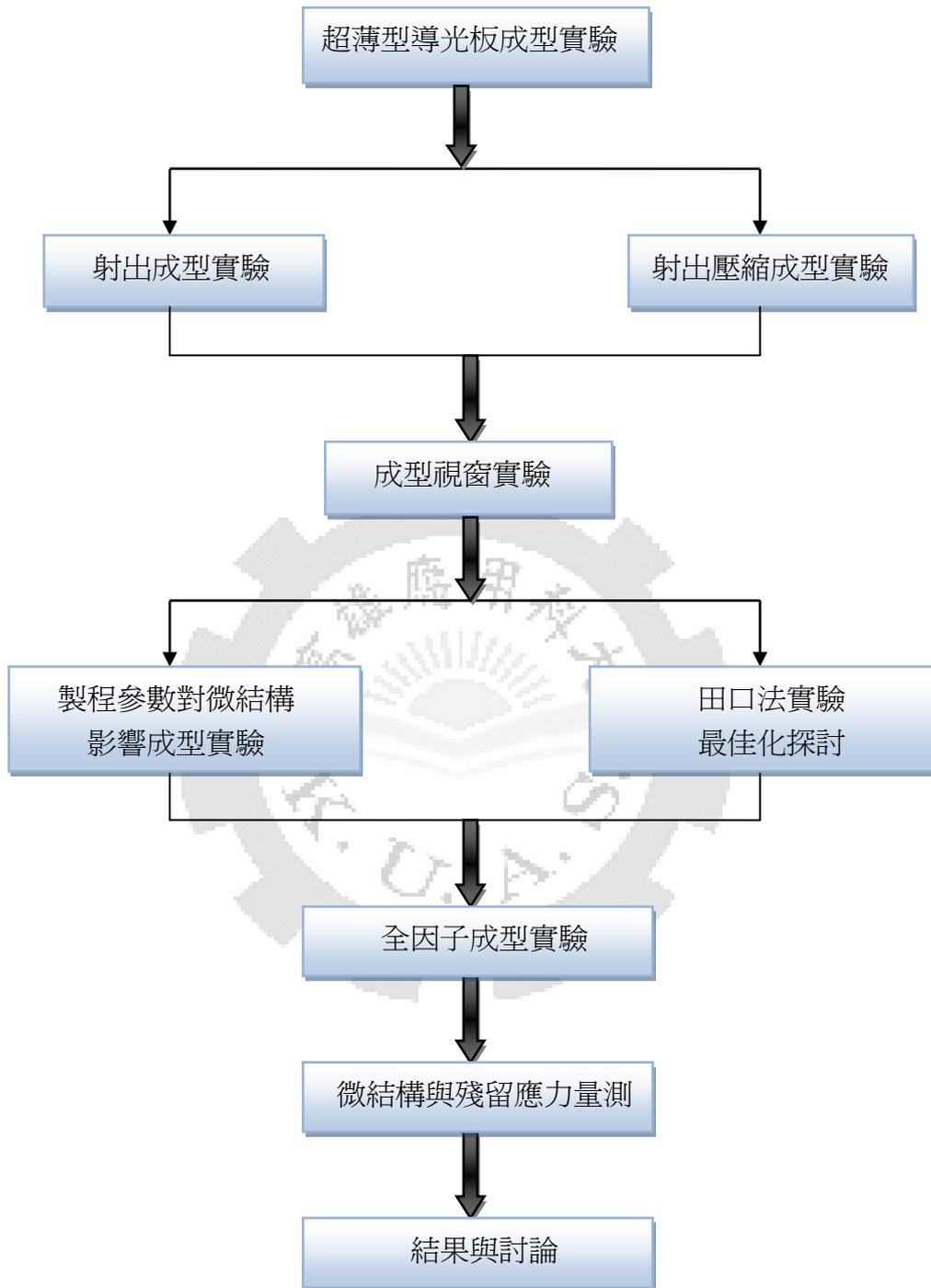


圖 4-1 研究流程圖



圖 4-2 Sodick-TR30EH 油電複合式 V 型機構射出成型機

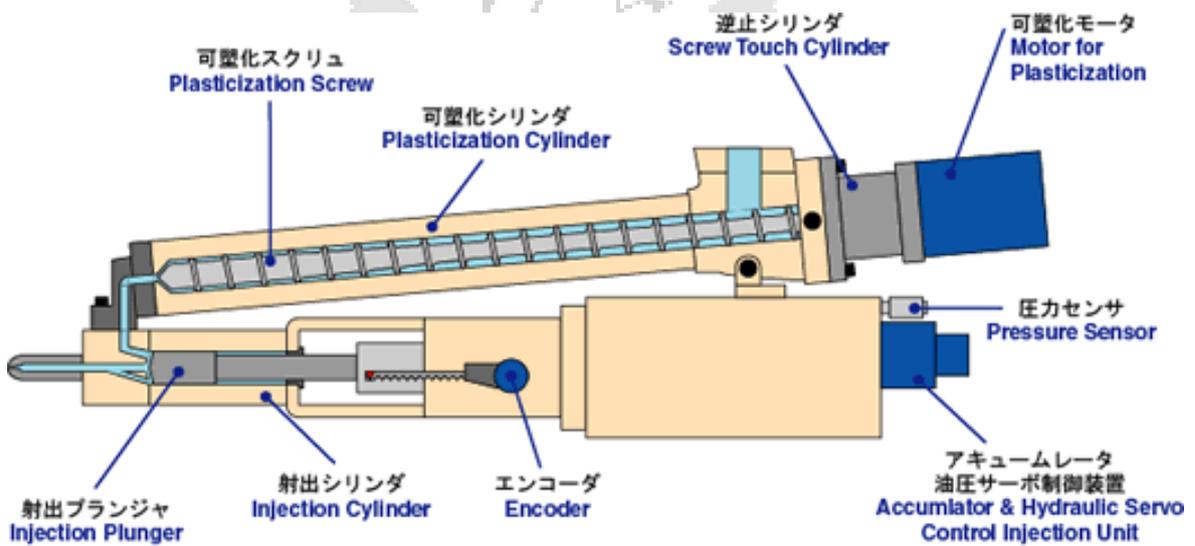


圖 4-3 V 型射出單元結構圖

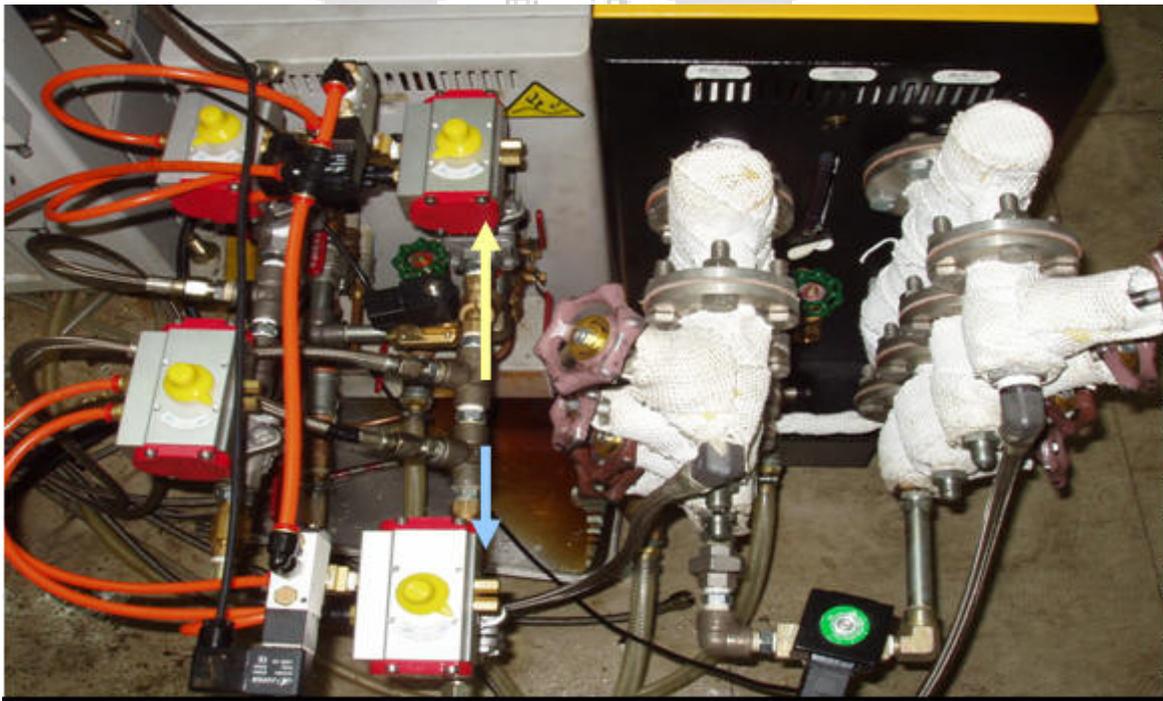


圖 4-4 模溫機與氣動控制閥

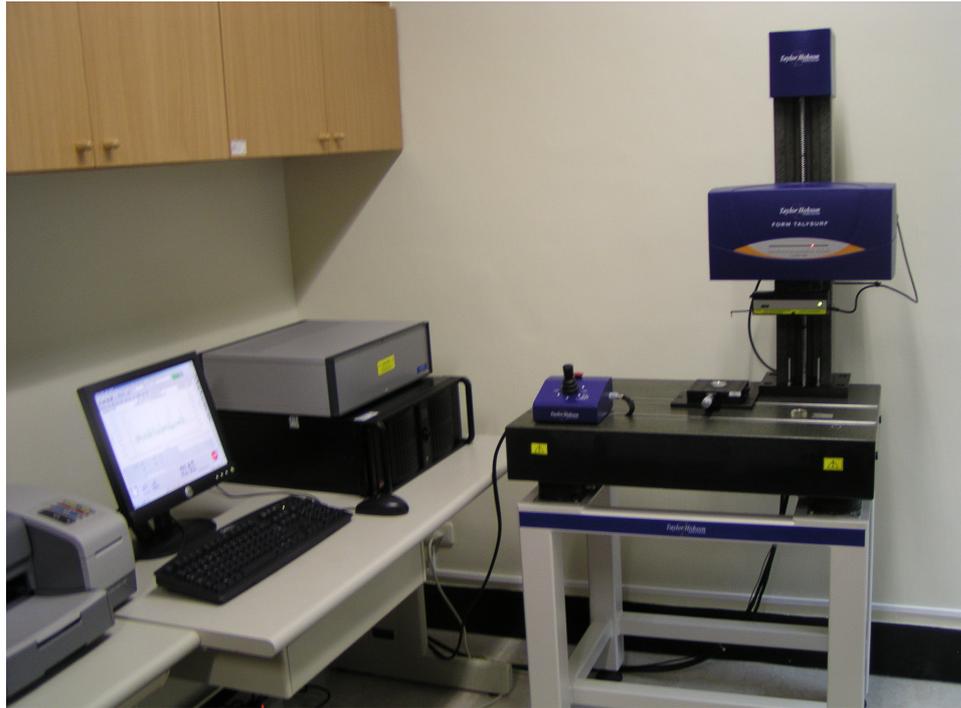


圖 4-5 Talysurf PGI 635 表面輪廓儀

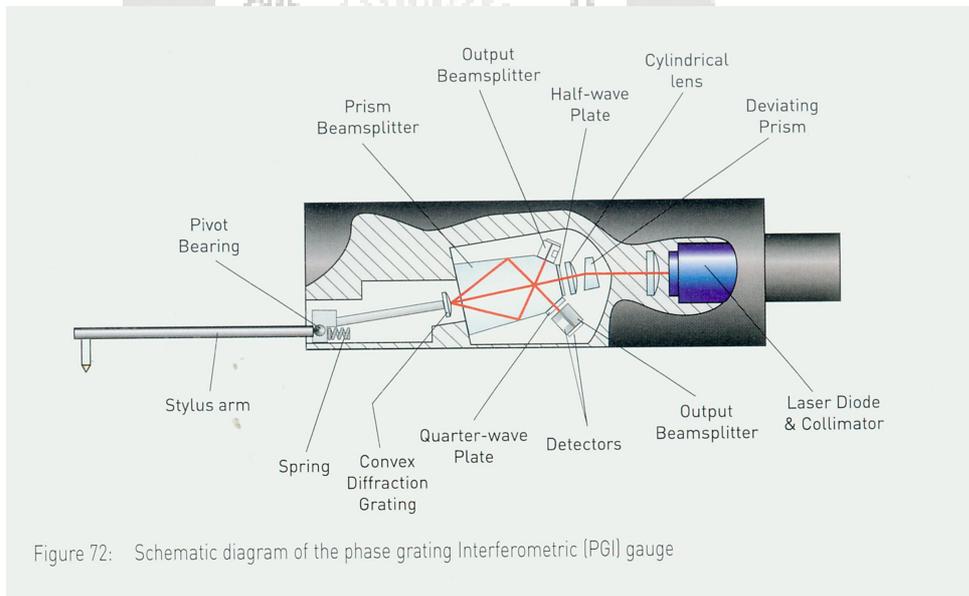


圖 4-6 探針內部結構圖



圖 4-7 光彈量測儀

表面輪廓儀
量測方向

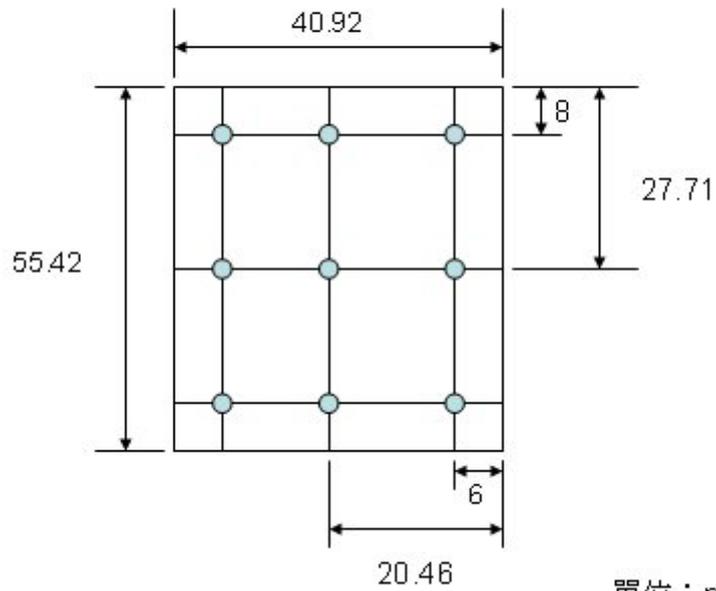


圖 4-8 微結構的量測位置

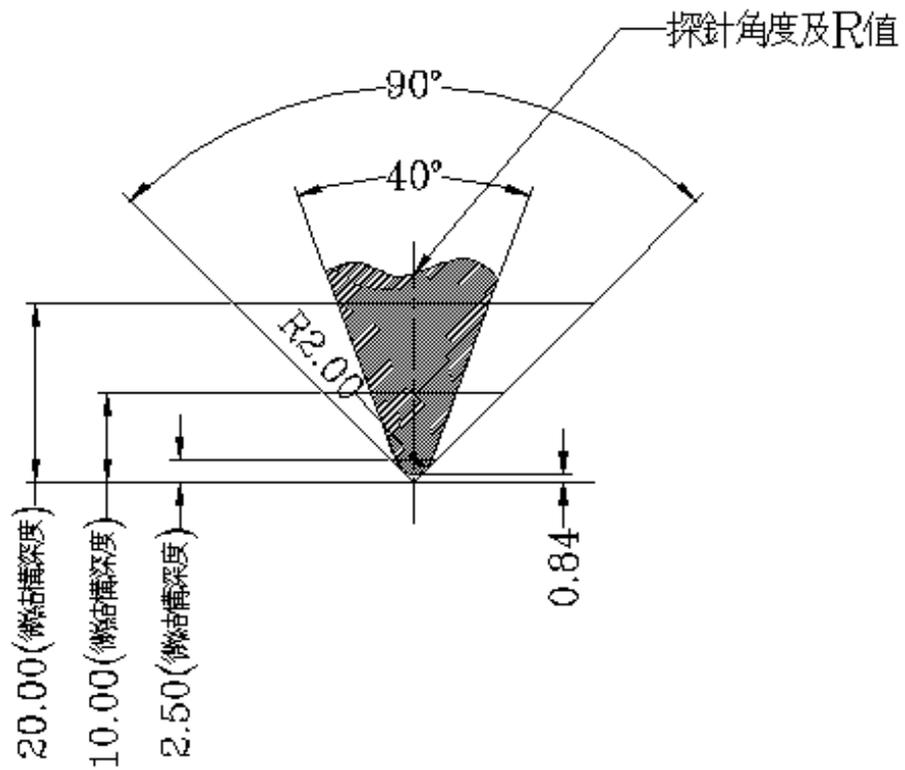


圖 4-9 探針角度與探針頭 R 值

圖

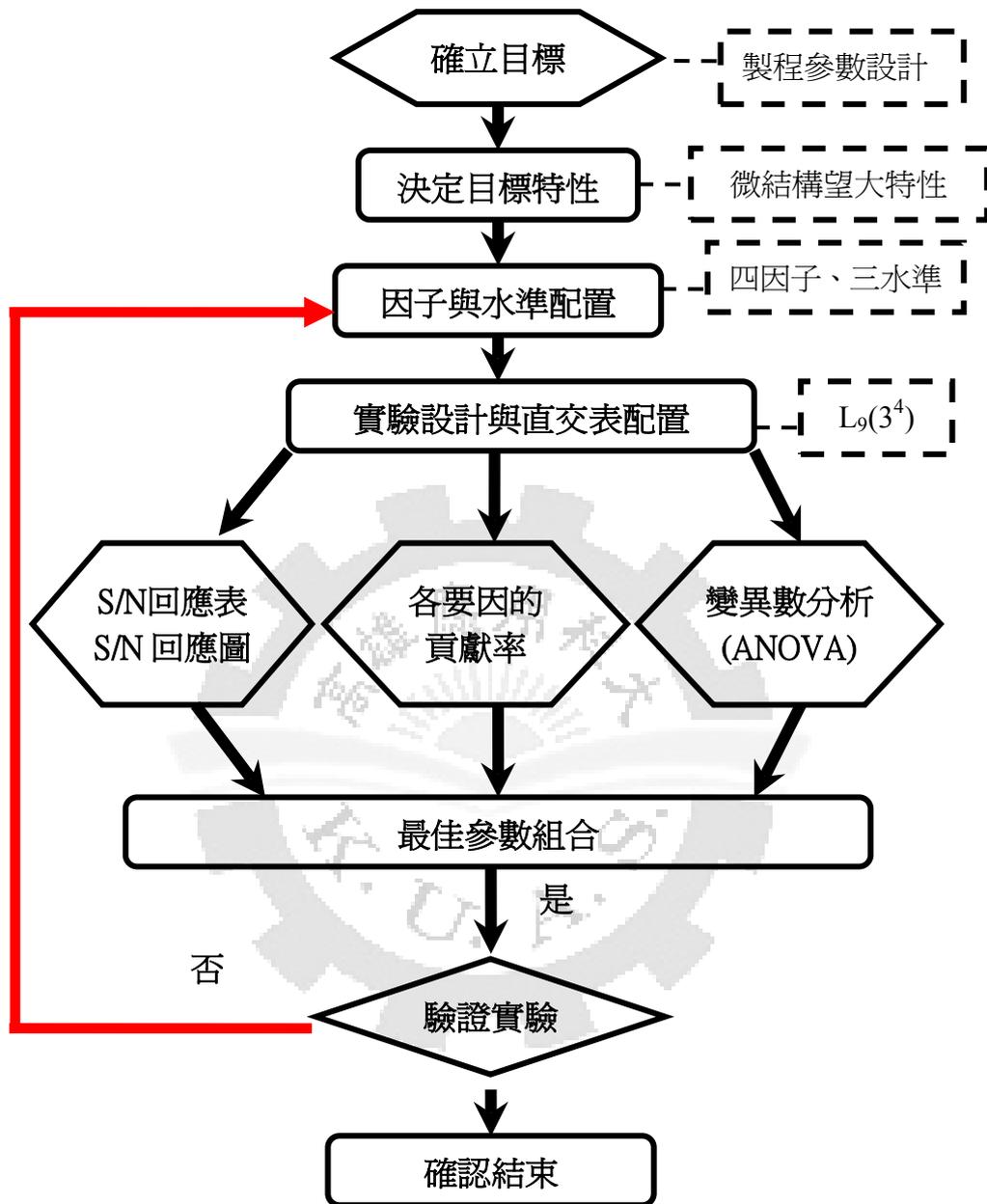


圖 4-10 田口實驗流程圖

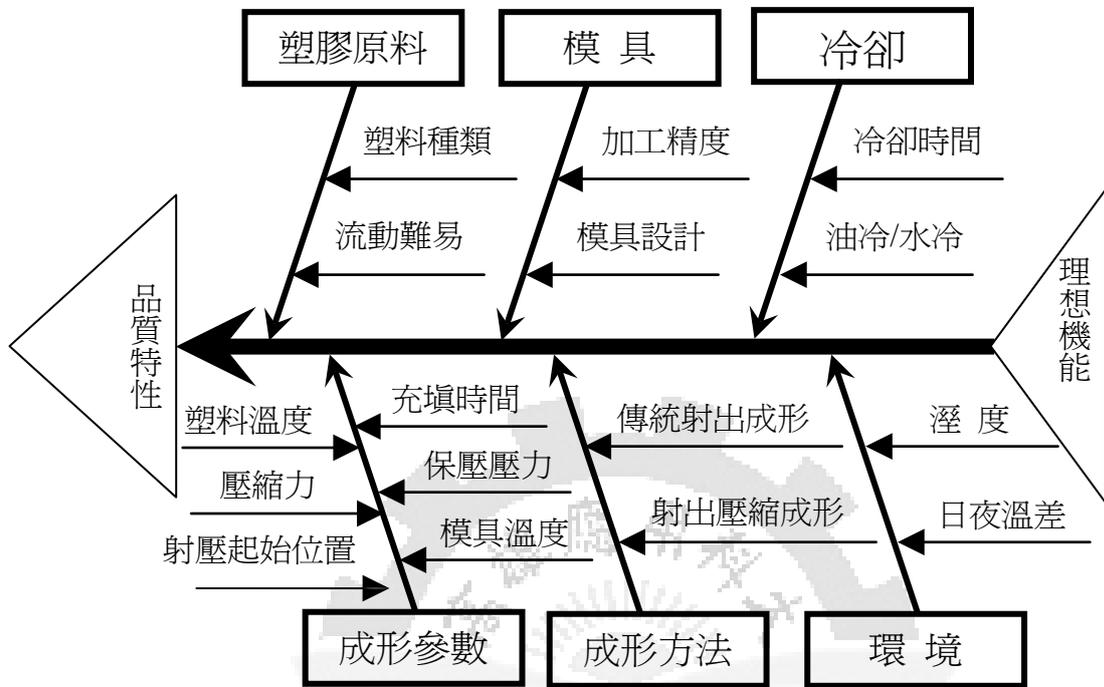


圖 4-11 品質特性因子(魚骨圖)

第5章 超薄型導光板實驗結果與討論

5-1 成型視窗實驗探討

射出成型實驗中，因熔膠在微小成型空間流動，熔膠會快速冷卻凝固容易造成短射的現象，所以首先必須了解超薄型導光板可成型的製程參數範圍，在薄殼的射出成型，塑料溫度、模具溫度與射出速度為主要影響的製程參數，因此選定模具溫度與射出速度，繪出薄型導光板之成型操作窗，且以不同的塑料溫度探討成型視窗的變化趨勢。

由成型式窗顯示，厚度 0.3mm 超薄型導光板，若在塑料溫度太低時無法成型，在射出成型實驗成型視窗，當塑料溫度 260°C 模具溫度太低且射出速度太慢，在充填過程中容易造成短射的現象，所以必須提高射出速度或模具溫度，若射出速度已經達到機台上限時，就必須提高模具溫度來達到可成型的效果，如圖 5-1 所示，然而在厚度 0.3mm 超薄型導光板射出壓縮實驗可以在較低射出速度成型，如圖 5-2 所示，而當塑料溫度逐漸上升時，成型視窗會往左移，當塑料溫度為 280°C 時，射出速度 150~500mm/s 間皆可成型，因此塑料溫度提高所需的射出速度隨之降低且可成型的射出速度參數範圍增大。而射出速度參數範圍也會隨著模具溫度變化做改變，當模具溫度上升時所需的射出速度也會隨之降低。當塑料溫度與模具溫度較高時可提高熔膠的流動性且使熔膠與模面接觸後產生固化層的影響也相對減小，使導光板易於成型且所需的射出速度及射出壓力較低，成型操作窗範圍也較大。厚度 0.5mm 超薄型導光板射出實驗與射出壓縮實驗其成形操作窗相對較厚度 0.3mm 大，隨著厚度變厚，融膠進入模穴後，流動阻力較小，較易流動，因此在較低之模溫與射出速度即能充填成型容易如圖

5-3、5-4 所示。

5-2 製程條件對微結構成型之影響

本實驗為探討不同製程條件對導光板 V-溝轉寫性之影響以及 V-溝微結構高度不同之比較，實驗以單一參數法與配置的射出參數進行導光板的成型，使用表面輪廓儀檢測 V-溝微結構的成型狀況，量測值以 V-溝高度的轉寫率表示，當轉寫率愈高，V-溝成型尺寸愈接近模仁尺寸；轉寫率愈低，代表 V-溝充填不足，V-溝外型高度與模仁尺寸差異愈大。以下為各製程條件對微結構成形之探討。

1. 塑料溫度對微結構成型之影響

塑料溫度在射出成型與射出壓縮成型厚度 0.5mm 時 V-溝微結構高度 20 μ m 時微結構成型的影響如圖 5-5、5-6 所示，各位置的 V-溝轉寫率隨著塑料溫度提高而增加。塑料溫度上升，熔膠的流動性愈好，微結構就愈容易充填，遠端部份且距離澆口最遠，壓力不易傳遞而容易產生收縮的情形，造成 V-溝轉寫率較低，熔膠溫度較低，塑料的黏度較高，流動性較差，充填模穴時阻力變大，不易充填且轉寫高度隨離澆口的距離增加而逐漸變低。

2. 射出速度對微結構成型之影響

射出速度在射出成型與射出壓縮成型厚度 0.5mm 時 V-溝微結構高度 20 μ m 時微結構成型的影響如圖 5-7、5-8 所示，V-溝轉寫率隨射出速度增加，而轉寫比例愈高。當射出速度逐漸提高，熔膠黏度隨剪切率增加而減少且剪切熱會造成熔膠溫度瞬間上升，產生剪切稀薄及黏滯加熱等現象，降低熔膠黏度，使熔膠的流動性愈好，V-溝轉寫率增加。

3. 模具溫度對微結構成型之影響

模具溫度對 V-溝微結構成型的影響如圖 5-9、5-10 所示，隨著模具溫度的提高，V-溝轉寫率愈佳，模具表面的熔膠會較慢冷卻，固化層產生較晚，流進於 V-溝微結構的熔膠會較慢冷卻，有助於 V-溝微結構的成型，尤其是對遠端部份離澆口最遠，提高模溫，熔膠在模穴內更能有較佳流動，充填入微結構有較長時間而整體的 V-溝轉寫尺寸更均一，隨著模具溫度增加微結構轉率增加的幅度較大。

4. 保壓壓力與保壓時間對微結構成型之影響

保壓壓力與各位置 V-溝微結構成型的影響如圖 5-11 所示，保壓壓力的變化對於近澆口 V-溝轉寫率較無影響，而對於遠離澆口轉寫率較低的 V-溝，會隨著保壓壓力的增加，轉寫比例而隨之上升。保壓時間對 V-溝微結構成型的關係如圖 5-12 所示，保壓時間的變化對於微結構影響不大除了保壓 1 秒較低以外，而保壓時間越長對於轉寫性的表現就不是那麼明顯，這是因為保壓時間過長的話，在澆口處已經慢慢冷卻凝固而保壓壓力已經無法充填模穴，所以保壓時間過長對於微結構的轉寫性沒有多大的幫助。

5. 壓縮力、壓縮速度、壓縮切換位置、壓縮時間對微結構成型之影響

射出壓縮參製程參數對微結構成型之影響，壓縮力對 V-溝微結構成型的影響如圖 5-13 所示，由圖中可看出來壓縮力變大時，可以有較大之壓縮力迅速壓縮於模穴內，使的熔膠的緻密性越大，壓縮效果較好，V-溝轉寫率也跟著增加。壓縮速度對 V-溝微結構成型的影響如圖 5-14 所示，因為壓縮速度快可以在熔膠尚未凝固以前，可以迅速壓縮進入充填入模穴的熔膠，且壓力較均勻因此其收縮量也比較小，V-溝轉寫率也相對提

高。壓縮開始位置對V-溝微結構成型的影響如圖5-15所示，射出壓縮成型壓縮開始位置是由螺桿位置切換控制，螺桿位置太早或太晚切換，V-溝轉寫率下降，因為螺桿位置太早切換，熔膠尚未充填滿模穴而開始進行壓縮，後續補充之熔膠因模穴空間變小，充填不易而造成轉寫性降低；而螺桿位置太晚切換，熔膠幾乎充填滿模穴而開始進行壓縮，造成因過於遲緩，熔膠凝固而造成壓縮不易，V-溝轉寫率反而降低。壓縮時間對V-溝微結構成型的影響如圖5-16所示，壓縮時間過短充填微結構不完全，故壓縮時間1s時轉寫率較低，而壓縮時間過長因成品與澆口處已經凝固，所以較久的壓縮時間對於微結構轉寫性並無實質之幫助。

將其它參數對於不同微結構高度 $20\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 與 $2.5\mu\text{m}$ 在射出成型且在兩種不同之厚度 0.3mm 與 0.5mm 時射出成型各參數製程對於微結構轉寫性成型關係，將其結果整理成表5-1至5-3，由導光板微結構轉寫性研究發現，影響V-溝微結構轉寫高度的最重要製程參數為模具溫度，其次是射出速度與塑料溫度，由表中可以發現射出速度與塑料溫度在不同厚度之導光板，影響的程度會有互相顛倒之情形，在導光板厚度 0.5mm 時，射出速度參數變動影響會比塑料溫度參數變動影響大，而在導光板厚度 0.3mm 時，則是塑料溫度參數變動影響會比射出速度參數變動影響大，原因可能是因為在厚度 0.5mm 時模穴較大，熔膠溫度固化層產生較晚，熔膠在低溫時也較容易充填模穴，微結構成型較好，所以熔膠溫度影響程度沒有射出速度大。其次影響V-溝微結構轉寫高度保壓壓力與保壓時間影響較小，保壓壓力在V-溝微結構高度 $20\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 影響程度都大於保壓時間，但隨著V-溝微結構縮小到 $2.5\mu\text{m}$ 不易充填，熔膠進入微結構後

因Pitch縮小，保壓壓力較不容易傳遞壓力進入微結構，反而保壓時間顯得顯重要。

射出壓縮製程參數對微結構成型之影響整理成如表5-4至5-9所示，由導光板微結構轉寫性研究發現可看出影響V-溝微結構轉寫高度的最重要製程參數為模具溫度，與射出成型參數探討相同，證明了升高模溫有助於熔膠流動，使熔膠更容易充滿V-溝微結構，有利於微結構成型。其次影響參數是塑料溫度，因射出壓縮模穴空間增大，能使熔膠容易的充填入模穴，並隨著熔膠溫度升高，模壁壓縮模穴內的熔膠能盡量的流入微結構，且固化層產生較晚產生，熔膠可以能保持高溫度較久的時間，具有較好的壓縮的效果。而射出速度在射出壓縮成型中，影響的程度就比熔膠小，其次影響V-溝微結構轉寫高度為壓縮力、壓縮速度、壓縮位置、壓縮時間，但隨著V-溝微結構縮小到 $2.5\mu\text{m}$ ，各製程參數影響程度明顯下降，並無明顯趨勢的區隔，其製程參數重要程度的依序會有互換之情形。

5-3 田口實驗對微結構最佳化探討

在探討完各製程條件與微結構成型的關係之後，接著進行V-溝微結構成型最佳化的研究，以田口實驗計畫法尋求成型條件對V-溝成型的最佳化，以提高V-溝微結構成型。首先選定品質特性為望大特性，以V-溝微結構轉寫高度最大為目的。而控制因子方面在微結構成型實驗參數探討中，選擇射出成型的參數，是以模具溫度、塑料溫度、射出速度、保壓壓力對於V-溝微結構轉寫性有較大的影響，所以選用這個四個製程參數條件當作控制因子，每個因子取三個水準如表5-10所示，自由度為 $4 \times (3-1)$

= 8，所以選定L9(34)直交表配置進行成型實驗。

以導光板模具模仁微結構高度 20 μm 、導光板厚度 0.5mm 並使用射出成型機，搭配 L9 直交表進行導光板成型實驗，之後在進行導光板表面的微結構量測，量測位置與方式與微結構成型實驗相同，並計算表面微結構轉寫高度之標準差，當標準差越低代表 V-溝微結構成型高度越平均，將實驗量測之數據整理成實驗數據表，量測結果如表 5-11、12 所示。而信號雜音比 S/N 計算如表 5-13 所示，計算出 S/N 比之後，建立回應表、回應圖如表 5-14、圖 5-17 所示，由回應表找出要因的影響程度與等級為：

模具溫度 (A) > 射出速度 (C) > 塑料溫度 (B) > 保壓壓力 (D)

由反應圖中推斷出最有最好V-溝成型之條件為【A3 B3 C3 D2】，在此條件下進行確認實驗，實驗結果如表5-15所示，V-溝的平均轉寫高度為 17.38 μm 、轉寫率為86.90%，標準差為0.499，顯示在最佳條件下確實有效提高V-溝微結構的成型性。

由實驗計畫法所得各組的S/N值進行異數分析探討，並將其結果整理成變異數分析表其結果如表5-16所示，並針對各因子進行重要性測試 (F-test)其如表5-17所示，對於V-溝微結構成型的影響貢獻度依序如下：模具溫度為86.20%、射出速度為8.03%、塑料溫度為5.08%、保壓壓力為0.69%，其中模具溫度的貢獻度為最高，這與微結構成型實驗中模具溫度對微結構有較大的影響力是一致的，是主要的關鍵因子，而保壓壓力的貢獻度相對很小，對微結構成形影響較小。

5-4 全因子實驗

由上述的單一參數製程條件對微結構成型之實驗與田口實驗對微結構最佳化探討，得知影響微結構成型之參數以模溫影響程度最大，而塑料溫度在射出壓縮實驗各種厚度與與射出實驗0.3mm時影響程度比射出速度大，為求更佳的微結構成型性並且得到更多參數組合下微結構之轉寫性，本實驗固定射出成型與射出壓縮之參數水準，然後調整模具溫度與塑料溫度，固定射出速度500mm/s，其選用水準值如表5-18所示，藉由全因子實驗，可得到各模溫與料溫變化下之微結構轉寫性趨勢並且可比較射出成型與射出壓縮成型標準差之差異變化。

5-4-1 射出成型實驗探討

超薄型導光板在進行射出成型實驗，必須先找出主要控制參數，在薄件成型中，熔膠溫度、射出速度與模具溫度，為主要影響的控制參數，因此以這三個參數進行實驗，在成型條件下，以不同的參數產出導光板，並以導光板上的微結構成型轉寫率來探討參數下的成型趨勢，射出成型實驗在三種不同微結構高度與兩種不同之厚度V-溝微結構成形實驗，實驗以固定射出速度、保壓時間、調整模具溫度與塑料溫度。

實驗量測計算得到在導光厚度0.5mm時模溫60°C、塑料溫度260°C下，V-溝微結構高度20 μ m的轉寫率為78.13%，微結構高度10 μ m的轉寫率為67.32%，微結構高度2.5 μ m的轉寫率為50.68%，在模具模溫140°C、塑料溫度280°C下，V-溝微結構高度20 μ m的轉寫率為89.50%，微結構高度10m的轉寫率為89.53%，微結構高度2.5 μ m的轉寫率為73.26%，其它數據整理成圖5-18至5-23，由圖中可以發現，在模溫與料溫上升條件下，使得熔膠在模穴內流動性更佳，熔膠更能充填至微結構內，提昇微結構的轉

寫比例，在射出成型中模溫60、80°C時，轉寫率的大小為微結構20 μm >微結構高度10 μm >微結構高度2.5 μm ，但在模溫上升至100~140°C時可以發現微結構高度20 μm \approx 微結構高度10 μm >微結構高度2.5 μm ，微結構高度20 μm 與10 μm 的轉寫率幾乎是相近，並在模溫140°C導光板厚度0.3mm微結構高度10 μm 轉寫率可以大於微結構高度20 μm ，主要是因為微結構高度20 μm 雖然微結構開口處較大在低溫下也較易充填，轉寫率都在75%以上，隨著模具溫的提高，固化層產生較晚，轉寫率也持續增加，但因微結構高度較深，充填進入微結構需要更長的時間，所以微結構還無法充填完全，熔膠就冷卻了，而當微結構10 μm 因隨著微結構開口處縮小，在低模溫下充填熔膠不易進入微結構，造成轉寫率較低，但在模溫上升的條件下，熔膠充填進入微結構有更長的時間且更為均一，故在模溫140°C時轉寫率就優於微結構高度20 μm 。圖5-24至5-29將射出成型各微結構的量測數據，將數據利用標準差整理分析，由圖中可以看出，在膠溫上升的操作條件下，各微結構成型的標準差會有下降的趨勢，顯示高溫下可得到較好的微結構成型表現與標準差，而在提高模溫下，熔膠在模穴內更能有較佳流動，充填入微結構有較長時間有較為均一轉寫性，標準差下降。

針對以不同導光板厚度作比較，從圖5-18至23可以觀察出各微結構在導光板厚度較薄下有較好之轉寫率，以導光板厚度在0.5mm時模溫60°C、塑料溫度280°C下，V-溝微結構高度20 μm 的轉寫率為79.87%，微結構高度10 μm 的轉寫率為69.80%，微結構高度2.5 μm 的轉寫率為53.57%，然而導光板厚度0.3mm時，V-溝微結構高度20 μm 的轉寫率為83.81%，微結構高

度 $10\mu\text{m}$ 的轉寫率為78.01%，微結構高度 $2.5\mu\text{m}$ 的轉寫率為57.28%，由以上之比較可以明顯看出當成品厚度0.3mm時比厚度在0.5mm時有較佳的轉寫率，如圖5-30、5-31是射出成型在不同厚度下的射出壓力，因在高壓下塑料較密實，密度較高，可以減少體積收縮，所以轉寫率也較佳，但隨著模溫的增加，壓力的效應就不明顯，兩者之間微結構轉寫性差異就變小，但導光板厚度0.3mm微結構轉寫性還是優於厚度0.5mm時的轉寫性。

以射出成型導光板使用光彈儀進行檢測，如圖5-32所示，由圖中可以發現導光板的成品上，澆口附近有很明顯的殘留應力，由於射出成型的過程中，經歷高速射出與保壓階段，造成應力集中在澆口處。且可以發現在模溫逐漸升高，殘留應力會隨之降低，因較高的模溫可以讓熔膠進入模穴後保持在較高的溫度，減少充填時的流動剪應力，且高模溫使得凝固層的成型時間加長，有助於應力的釋放。

5-4-2 射出壓縮成型實驗探討

本論文之射出壓縮成型實驗，是在射出成型的過程中，加入一壓縮動作，首先在射出階段以低鎖模力壓力鎖模，射出時因射出壓力逐漸增大，而使模具的公母模面撐開分離，造成在短時間內有較大的模穴空間，因而降低流動阻力，在融膠進入一定的計量後，開始給予模具足夠的縮模壓力，迫使模具完全閉合，並使模穴內融膠的成型厚度達到設計值，由於是以鎖模機構給予壓力，使公模板向母模閉合，有較平均的施壓，以成型導光板。射出壓縮實驗以固定射出速度、壓縮力、壓縮速度、壓縮開始位置與壓縮時間另外調整模具溫度與塑料溫度。

實驗量測計算得到在導光板厚度0.5mm時模溫 60°C 、塑料溫度 260°C

下，V-溝微結構高度 $20\mu\text{m}$ 的轉寫率為78.83%，微結構高度 $10\mu\text{m}$ 的轉寫率為66.00%，微結構高度 $2.5\mu\text{m}$ 的轉寫率為48.48%，在模具模溫 140°C 、塑料溫度 280°C 下，V-溝微結構高度 $20\mu\text{m}$ 的轉寫率為91.31%，微結構高度 $10\mu\text{m}$ 的轉寫率為91.56%，微結構高度 $2.5\mu\text{m}$ 的轉寫率為74.95%，其它數據整理成圖5-33至5-38，由圖中可以發現，在模溫與料溫上升條件下，轉寫率同射出成型有相同升高的趨勢，與射出成型相同在模溫 60 、 80°C 時轉寫率的微結構高度 $20\mu\text{m} > 10\mu\text{m} > 2.5\mu\text{m}$ ，而模溫上升至 $100 \sim 140^{\circ}\text{C}$ 時微結構高度 $20\mu\text{m} = 10\mu\text{m} > 2.5\mu\text{m}$ ，相較於射出成型，由於在射出壓縮的過程中，兩板模撐開使模穴有較大的空間，讓熔膠充填至澆口末端，因此使微結構轉寫率提高。圖5-24至5-29為射出壓縮成型各微結構的標準差數據，由圖中可以發現，在膠溫與模溫提高的操作條件下，各微結構成型的標準差，和射出成型一樣有下降的趨勢，顯示在高溫下可得到較好的微結構成型表現，將射出成型與射出壓縮結果比較發現，在相同的膠溫與模溫下，各微結構成型的標準差，射出壓縮成型比射出成型的結果低，顯示射出壓縮成型可以比射出成型得到較為均一的微結構成型，其原因是由於射出壓縮製程中，熔膠射入模穴使模板撐開後，鎖模機構施以均勻的壓縮力於模板上，所以在導光板上有均勻的壓力，使微結構的成型有較為一致的品質。

以不同導光板厚度作比較，由圖5-33至38中可以發現，在相同的操作條件下，各微結構成型的轉寫率，和射出成型有一樣的趨勢，顯示在成品較薄下可得到較好的微結構成型表現，以導光板厚度在 0.5mm 時模溫 60°C 、塑料溫度 280°C 下，V-溝微結構高度 $20\mu\text{m}$ 的轉寫率為80.65%，微

結構高度 $10\mu\text{m}$ 的轉寫率為 69.17% ，微結構高度 $2.5\mu\text{m}$ 的轉寫率為 51.19% ，然而導光板厚度 0.3mm 時，V-溝微結構高度 $20\mu\text{m}$ 的轉寫率為 82.63% ，微結構高度 $10\mu\text{m}$ 的轉寫率為 74.14% ，微結構高度 $2.5\mu\text{m}$ 的轉寫率為 54.12% ，由以上之比較可以明顯看出當成品厚度較薄時有較佳的轉寫率，但將射出成型與射出壓縮結果比較，射出壓縮成型在厚度對於微結構轉寫的差異性並沒有射出成型的影響大，並由圖5-30、5-31可以發現射出壓縮可以降低充填模穴時的射出壓力，然而射出成型在厚度變薄時，整體充填壓力明顯較射出壓縮大出許多，而導致射出成型在厚度變化時，轉寫差異就較大，而射出壓縮成型也是隨著模溫的增加，轉寫性的差異就逐漸縮小。

將射出壓縮成型的導光板使用光彈儀進行檢測，如圖 5-39 所示，由圖中可以發現在導光板的成品上，與射出成型的導光板相較之下，射出壓縮成型並沒有很明顯的殘留應力，顯示出以射出壓縮製程的導光板而言，在應力集中的現象上，獲得了很大的改善，主要原因是因為熔膠充填過程中較大的模穴空間，且均勻的鎖模力給予導光板全面性的壓縮，的確使導光板上的壓力分佈較為均勻。

經由上述之結果得知，在射出壓縮可以得到較佳之微結構成型性與標準差，最後選擇射出壓縮實驗最佳與最差條件討論各微結構轉寫性，如圖5-40至5-42為射出壓縮最佳條件模溫 140°C 、塑料溫度 280°C 下其近澆口所量測得到之值為，微結構 $20\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $18.36\mu\text{m}$ 、角度 89.8° ，微結構 $10\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $9.46\mu\text{m}$ 、角度 89.8° ，微結構 $2.5\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $1.963\mu\text{m}$ 、角度 109.8° ，而遠澆口端微結構 $20\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $18.00\mu\text{m}$ 、角度 91.7° ，微結構 $10\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $8.91\mu\text{m}$ 、角度 91.6° ，微結構 $2.5\mu\text{m}$ 轉寫

高度為 $1.86\mu\text{m}$ 、角度 114.8° ，如圖5-43至5-45所示，並量測射出壓縮最差條件模溫 60°C 、塑料溫度 260°C 下其近澆口所量測值如圖5-46至5-48所示，微結構 $20\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $17.07\mu\text{m}$ 、角度 89.8° ，微結構 $10\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $8.07\mu\text{m}$ 、角度 92.2° ，微結構 $2.5\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $1.492\mu\text{m}$ 、角度 143.9° ，而遠澆口端微結構 $20\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $14.62\mu\text{m}$ 、角度 91.5° ，微結構 $10\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $6.17\mu\text{m}$ 、角度 98.8° ，微結構 $2.5\mu\text{m}$ 轉寫高度為 $1.116\mu\text{m}$ 、角度 161.9° ，如圖5-49至51所示。將上述所量測之數據整理在表5-19，由表可知最佳條件在近澆口與遠澆口的各微結構轉寫率相差約 $1.75\sim 5.5\%$ ，而最差條件下近澆口與遠澆口的各微結構轉寫率相差約 $12.2\sim 19.1\%$ ，然而最佳條件與最差條件比較下，各微結構的轉寫率在進澆口處相差約 $6\sim 18.8\%$ ，在遠澆口處相差約 $16.9\sim 29.9\%$ ，顯示在較高之模溫與料溫下，有助於V-溝微結構的成型，整體的V-溝轉寫尺寸較一致，各點量測區域轉寫性落差變化較小。在微結構成型角度量測方面，微結構高度 $20\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 所量測的角度與原始設計相差在 $0.2\sim 8.8^\circ$ 左右，而微結構高度 $2.5\mu\text{m}$ 角度與原始設計相差約在 $19.8\sim 71.9^\circ$ ，造成此現象是因為隨著微結構開口處縮小，造成熔膠不易充填進入微結構，微結構轉寫率較低，所以量測得到的角度與原始設計差異較大。

表 5-1 射出成型參數對微結構高度 20 μm 之影響

製程參數	射出成型厚度0.5mm微結構高度20 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	74.47	81.75	84.47	86.05	87.57	13.1%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	80.05	82.12	81.75	83.24	84.49	4.44%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	79.77	80.89	81.75	82.30	82.86	3.09%
保壓壓力(mpa)	140	160	180	200	220	
平均轉寫率%	80.80	81.72	81.75	81.68	82.06	1.46%
保壓時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	81.08	81.75	81.57	81.71	81.64	0.67%
製程參數	射出成型厚度0.3mm微結構高度20 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	81.94	84.60	87.08	88.87	89.17	7.23%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	81.87	83.57	84.60	84.84	85.44	3.57%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	84.15	84.64	84.60	86.34	87.07	2.92%
保壓壓力(mpa)	140	160	180	200	220	
平均轉寫率%	83.40	83.87	84.60	84.44	84.42	1.2%
保壓時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	84.14	84.60	84.72	84.74	84.76	0.62%

表 5-2 射出成型參數對微結構高度 10 μm 之影響

製程參數	射出成型厚度0.5mm微結構高度10 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	63.71	72.01	77.89	82.68	85.33	21.62%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	70.97	71.97	72.01	76.44	77.20	6.23%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	66.92	70.13	72.01	72.71	72.90	5.98%
保壓壓力(mpa)	140	160	180	200	220	
平均轉寫率%	71.61	71.88	72.01	71.97	72.60	0.99%
保壓時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	71.19	72.01	71.76	71.28	71.81	0.82%
製程參數	射出成型厚度0.3mm微結構高度10 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	71.18	79.11	86.68	89.43	92.62	21.44%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	76.34	76.54	79.11	81.12	81.53	5.19%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	78.41	79.41	79.11	81.93	83.16	4.75%
保壓壓力(mpa)	140	160	180	200	220	
平均轉寫率%	78.79	79.42	79.11	80.21	80.95	2.16%
保壓時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	78.01	79.11	79.25	78.95	79.15	1.14%

表 5-3 射出成型參數對微結構高度 2.5 μ m

製程參數	射出成型厚度0.5mm微結構高度2.5 μ m					
模具溫度 $^{\circ}$ C	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	48.96	55.43	59.35	62.87	65.18	16.22%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	54.02	54.81	55.43	56.87	58.15	4.13%
塑料溫度 $^{\circ}$ C	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	54.46	55.13	55.43	56.18	56.56	2.10%
保壓時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	54.01	55.43	55.22	55.66	55.18	1.65%
保壓壓力(mpa)	140	160	180	200	220	
平均轉寫率%	54.95	55.03	55.43	55.92	55.98	1.03%
製程參數	射出成型厚度0.3mm微結構高度2.5 μ m					
模具溫度 $^{\circ}$ C	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	53.45	60.46	64.06	68.87	72.21	18.76%
塑料溫度 $^{\circ}$ C	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	58.69	59.41	60.46	61.48	62.46	3.77%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	59.83	60.11	60.46	61.12	62.41	2.58%
保壓時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	59.76	60.46	60.48	60.85	60.62	1.09%
保壓壓力(mpa)	140	160	180	200	220	
平均轉寫率%	59.97	60.04	60.48	60.50	60.62	0.65%

表 5-4 射出壓縮成型參數對微結構高度 20 μm 之影響

製程參數	射出壓縮成型厚度0.5mm微結構高度20 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	77.69	81.46	86.64	89.19	90.09	12.40%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	78.46	80.41	81.46	83.16	83.21	4.75%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	80.11	80.75	81.46	82.25	82.83	2.72%
壓縮力%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	79.05	79.22	79.41	80.52	81.46	2.41%
壓縮速度%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	79.58	80.46	80.30	81.41	81.46	1.88%
壓縮位置(mm)	8	9	10	11	12	
平均轉寫率%	80.85	81.62	81.41	82.01	80.31	1.70%
壓縮時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	79.97	81.46	80.58	80.78	81.01	1.49%

表 5-5 射出壓縮成型參數對微結構高度 20 μm 之影響(續)

製程參數	射出壓縮成型厚度0.3mm微結構高度20 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	79.85	83.37	86.25	88.54	89.53	9.68%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	81.72	82.17	83.37	84.98	85.25	3.53%
射出速度 mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	81.35	82.13	83.37	83.41	84.34	2.99%
壓縮力%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	81.84	82.77	82.91	83.08	83.37	1.53%
壓縮速度%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	82.41	82.92	83.09	83.06	83.37	0.96%
壓縮位置 (mm)	8	9	10	11	12	
平均轉寫率%	83.11	83.16	83.39	83.24	82.89	0.50%
壓縮時間 (sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	83.39	83.37	83.36	82.98	83.39	0.41%

表 5-6 射出壓縮成型參數對微結構高度 10 μm 之影響

製程參數	射出壓縮成型厚度0.5mm微結構高度10 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	63.55	73.46	80.02	87.14	87.83	24.28%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	69.18	71.65	73.46	75.03	75.26	6.08%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	70.87	73.34	73.46	75.18	76.77	5.90%
壓縮力%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	71.80	72.63	73.13	73.33	73.46	1.66%
壓縮速度%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	72.24	73.17	73.12	72.96	73.46	1.22%
壓縮位置(mm)	8	9	10	11	12	
平均轉寫率%	72.31	72.69	73.46	72.71	72.29	1.17%
壓縮時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	72.40	73.46	73.33	73.15	73.13	1.06%

表 5-7 射出壓縮成型參數對微結構高度 10 μm 之影響(續)

製程參數	射出壓縮成型厚度0.3mm微結構高度10 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	71.76	79.14	86.43	89.66	92.35	20.59%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	76.86	77.56	79.14	79.91	81.36	4.50%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	78.12	78.85	79.14	80.07	81.56	3.44%
壓縮力%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	77.51	78.06	78.82	78.98	79.14	1.63%
壓縮速度%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	79.15	79.20	79.76	79.09	79.14	0.67%
壓縮時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	78.98	79.14	79.49	79.42	79.42	0.51%
壓縮位置(mm)	8	9	10	11	12	
平均轉寫率%	78.75	78.97	79.14	78.92	78.89	0.39%

表 5-8 射出壓縮成型參數對微結構高度 2.5 μm 之影響

製程參數	射出壓縮成型厚度0.5mm微結構高度2.5 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	50.39	56.28	63.87	66.88	71.40	21.01%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	53.90	54.57	56.28	57.79	58.19	4.29%
射出速度 mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	55.34	55.58	56.28	57.92	58.16	2.82%
壓縮力%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	55.68	55.80	56.21	56.45	56.28	0.77%
壓縮位置 (mm)	8	9	10	11	12	
平均轉寫率%	56.12	56.42	56.28	56.24	55.76	0.66%
壓縮速度%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	55.81	56.23	56.19	56.17	56.28	0.47%
壓縮時間 (sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	56.21	56.28	56.37	56.33	56.12	0.25%

表 5-9 射出壓縮成型參數對微結構高度 2.5 μm 之影響(續)

製程參數	射出壓縮成型厚度0.3mm微結構高度2.5 μm					
模具溫度 $^{\circ}\text{C}$	60	80	100	120	140	百分比差距 %
平均轉寫率%	50.87	56.89	61.70	69.08	71.12	20.25%
塑料溫度 $^{\circ}\text{C}$	260	265	270	275	280	
平均轉寫率%	54.22	56.21	56.89	58.07	59.00	4.78%
射出速度mm/s	300	350	400	450	500	
平均轉寫率%	56.05	56.43	56.89	57.93	58.74	2.69%
壓縮位置(mm)	8	9	10	11	12	
平均轉寫率%	56.37	57.51	56.89	57.37	56.81	1.14%
壓縮力%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	56.17	56.70	56.81	56.87	56.89	0.72%
壓縮時間(sec)	1	2	3	4	5	
平均轉寫率%	56.52	56.89	57.03	56.85	57.01	0.51%
壓縮速度%	80	85	90	95	99	
平均轉寫率%	56.54	56.80	56.98	56.99	56.89	0.45%

表 5-10 田口氏實驗計畫法因子與水準表

因子\水準	水準1	水準2	水準3
A. 模具溫度($^{\circ}\text{C}$)	60	80	100
B. 塑料溫度($^{\circ}\text{C}$)	260	270	280
C. 射出速度(mm/sec)	300	400	500
D. 保壓壓力(Mpa)	160	180	200

表 5-11 田口實驗導光板 V-溝微結構量測結果表

RUN1	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	15.71	15.42	15.80	78.21%	71.31%	1.324
中間	14.57	13.97	14.64	71.95%		
遠澆口	12.68	12.51	12.75	63.25%		
RUN2	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	16.38	15.96	16.45	81.32%	74.32%	1.336
中間	15.22	14.77	15.27	75.43%		
遠澆口	13.09	13.16	13.48	66.22%		
RUN3	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	16.86	16.41	16.95	83.70%	77.57%	1.236
中間	16.04	15.38	16.01	79.05%		
遠澆口	13.80	13.98	14.19	69.95%		
RUN4	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	17.49	17.17	17.08	86.23%	80.51%	1.169
中間	16.28	15.81	16.15	80.41%		
遠澆口	14.86	14.82	15.25	74.90%		
RUN5	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	17.75	17.80	17.54	88.50%	83.98%	0.803
中間	17.27	16.49	16.42	83.65%		
遠澆口	16.25	15.83	15.80	79.80%		

表 5-12 田口實驗導光板 V-溝微結構量測結果表 (續)

RUN6	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	18.17	17.31	17.24	87.87%	82.53%	0.926
中間	16.57	15.88	16.20	81.08%		
遠澆口	15.42	15.42	16.36	78.66%		
RUN7	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	17.85	17.56	17.92	88.88%	86.11%	0.553
中間	17.23	16.95	17.65	86.38%		
遠澆口	16.46	16.53	16.86	83.08%		
RUN8	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	17.77	17.53	17.82	88.53%	84.21%	0.866
中間	17.00	16.72	17.28	85.00%		
遠澆口	15.43	15.76	16.26	79.10%		
RUN9	左	中	右	V-溝平均轉寫率	V-溝整面平均轉寫率	標準差
近澆口	17.86	17.75	17.98	89.31%	85.40%	0.827
中間	17.36	17.06	17.57	86.65%		
遠澆口	15.79	16.07	16.29	80.25%		

表 5-13 信號雜音比

	量測數據			V-溝平均	M.S.D.	S/N
	數據 1	數據 2	數據 3	轉寫率 \bar{y}		
1	14.159	14.205	14.319	14.227	0.0049404	23.06238
2	14.773	14.876	14.951	14.866	0.0045249	23.44395
3	15.438	15.491	15.613	15.514	0.0041551	23.81418
4	16.083	16.272	15.951	16.102	0.0038577	24.13672
5	16.981	16.863	16.539	16.794	0.0035468	24.50163
6	16.536	16.617	16.372	16.508	0.0036698	24.35356
7	17.199	17.233	17.241	17.224	0.0033707	24.72283
8	16.87	16.761	16.894	16.842	0.0035257	24.52754
9	16.934	17.106	17.202	17.081	0.0034280	24.64954

表 5-14S/N 回應表

	模具溫度(A)	塑料溫度(B)	射出速度(C)	保壓壓力 (D)
水準 1	23.4402	23.9740	23.9812	24.0712
水準 2	24.3306	24.1577	24.0767	24.1735
水準 3	24.6333	24.2724	24.3462	24.1595
Effect	1.1931	0.2984	0.3650	0.1023
Rank	1	3	2	4
最佳組合	A3	B3	C3	D2

表 5-15 田口最佳條件的 V-溝量測結果

	左	中	右	V-溝平均 轉寫率	V-溝整面平 均轉寫率	標準差
近澆口	17.94	17.67	18.02	89.38%	86.90%	0.499
中間	17.49	17.14	17.68	87.18%		
遠澆口	16.67	16.74	17.07	84.13%		

表 5-16 變異數分析表

	變動 S	f	變異 V	純變動 S'	貢獻度 ρ%
A	2.308103	2	1.154051	2.3081	86.20%
B	0.135991	2	0.067995	0.1360	5.08%
C	0.215013	2	0.107506	0.2150	8.03%
D	0.018450	2	0.0092252	0.0185	0.69%
誤差	2.7285E-12	0			
Total	2.6776	8		2.6776	100%

表 5-17 誤差統合表

	變動 SS	DOF	變異 V	變異數 F	信心水準	重要性
A	2.30810	2	1.1541	125.098	99.20%	YES
B	0.13599	2	0.0680	7.371	86.43%	YES
C	0.21501	2	0.1075	1.165	91.42%	YES
D	Pooled					NO
誤差	0.01845	2	0.00922	S(實驗誤差)=0.009225(dB)		
Total	2.6776	8	*NOTE : AT LEAST 85% CONFIDENCE			

表 5-18 全因子實驗參數表

射出成型實驗參數	
模具溫度(° C)	60、80、100、120、140
塑料溫度(° C)	260、270、280
固定參數	射出速度500mm/sec、保壓時間2s、保壓壓力使用 充填壓力百分之80%
射出壓縮成型實驗參數	
模具溫度(° C)	60、80、100、120、140
塑料溫度(° C)	260、270、280
固定參數	射出速度500mm/sec、壓縮力99%、壓縮速度99%、 壓縮開始位置10mm、壓縮時間2 (sec)

表 5-19 各微結構轉寫率比較表

量測位置	條件	最佳條件		最差條件	
		近澆口	遠澆口	近澆口	遠澆口
高度 20 μ m 量測結果		18.355	18.004	17.072	14.618
轉寫率(%)		91.77%	90.02%	85.36%	73.09%
角度		89.8°	91.7°	89.8°	91.5°
高度 10 μ m 量測結果		9.461	8.911	8.073	6.167
轉寫率(%)		94.61%	89.11%	80.73%	61.67%
角度		89.8°	91.6°	92.2°	98.8°
高度 2.5 μ m 量測結果		1.963	1.864	1.492	1.116
轉寫率(%)		78.52%	74.56%	59.68%	44.64%
角度		109.8°	114.8°	143.9°	161.9°

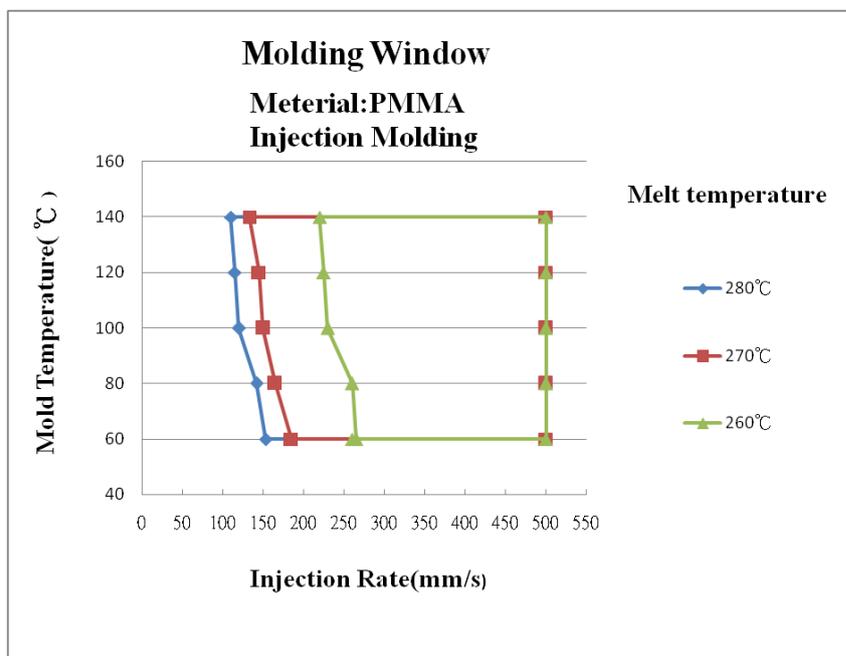


圖 5-1 導光板厚度 0.3mm 射出成型視窗

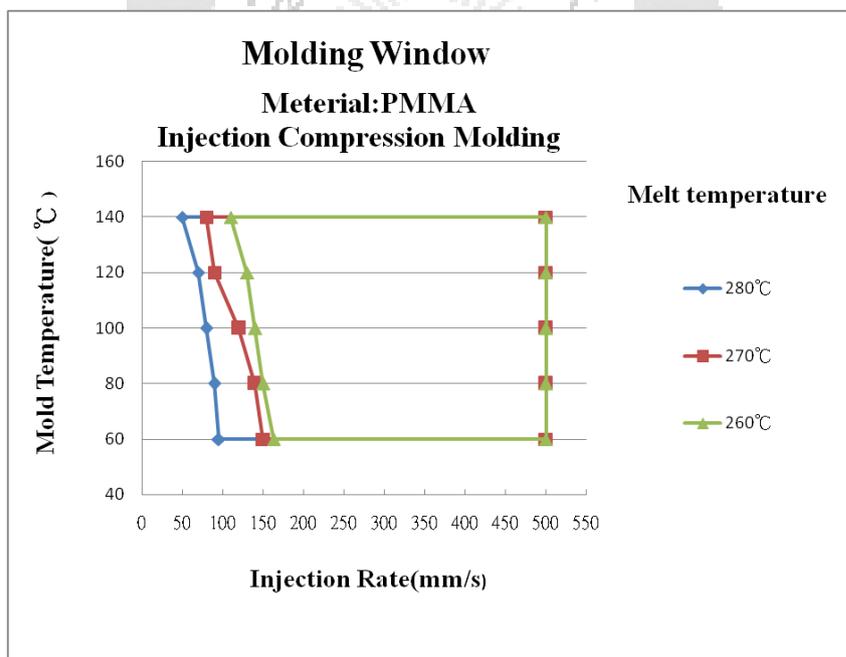


圖 5-2 導光板厚度 0.3mm 射出壓縮成型視窗

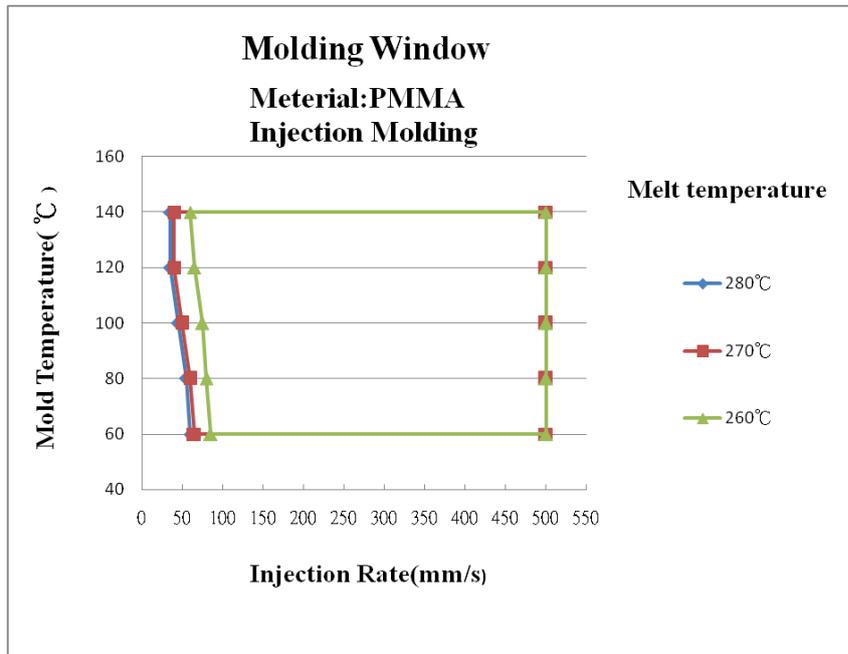


圖 5-3 導光板厚度 0.5mm 射出成型視窗

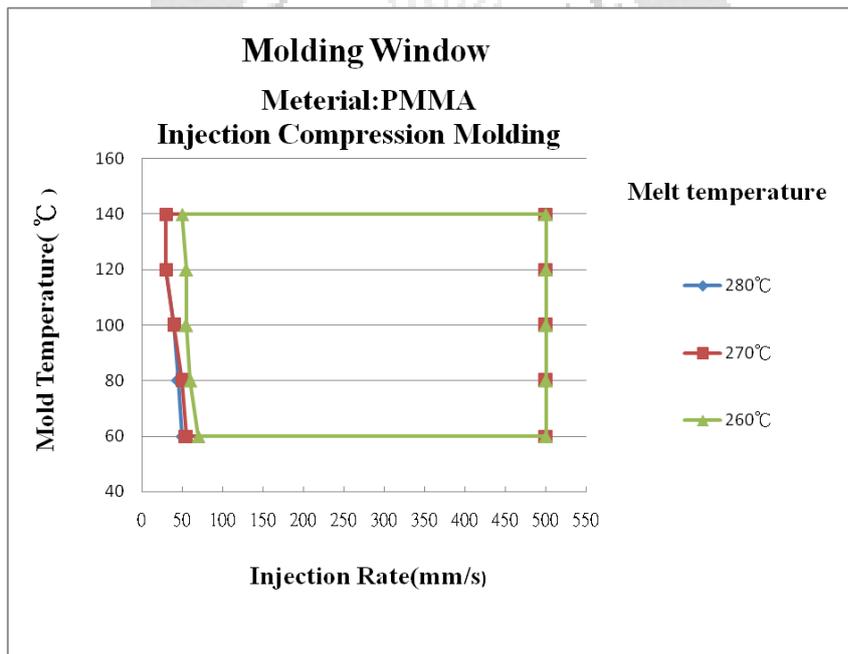


圖 5-4 導光板厚度 0.5mm 射出壓縮成型視窗

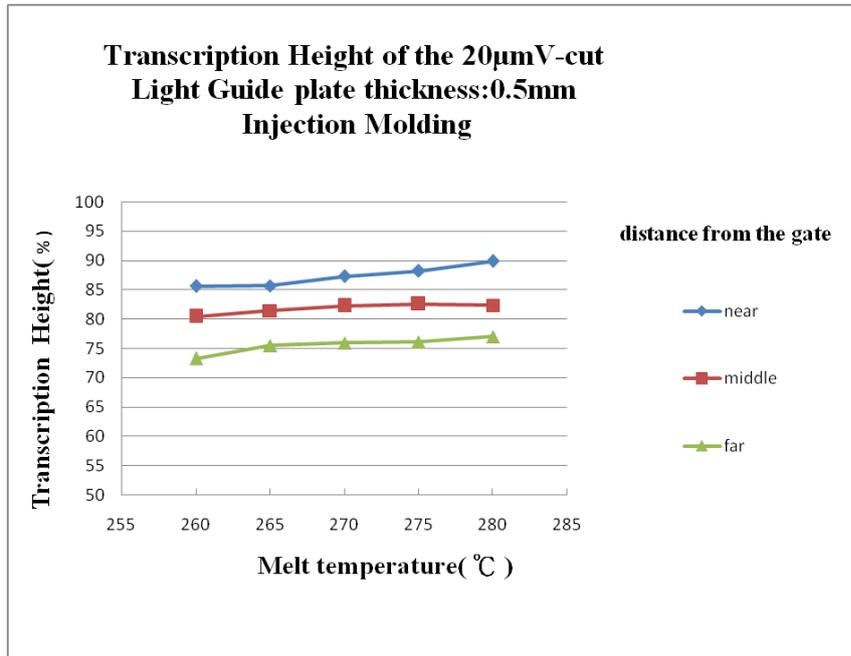


圖 5-5 射出成型塑料溫度對微結構之影響

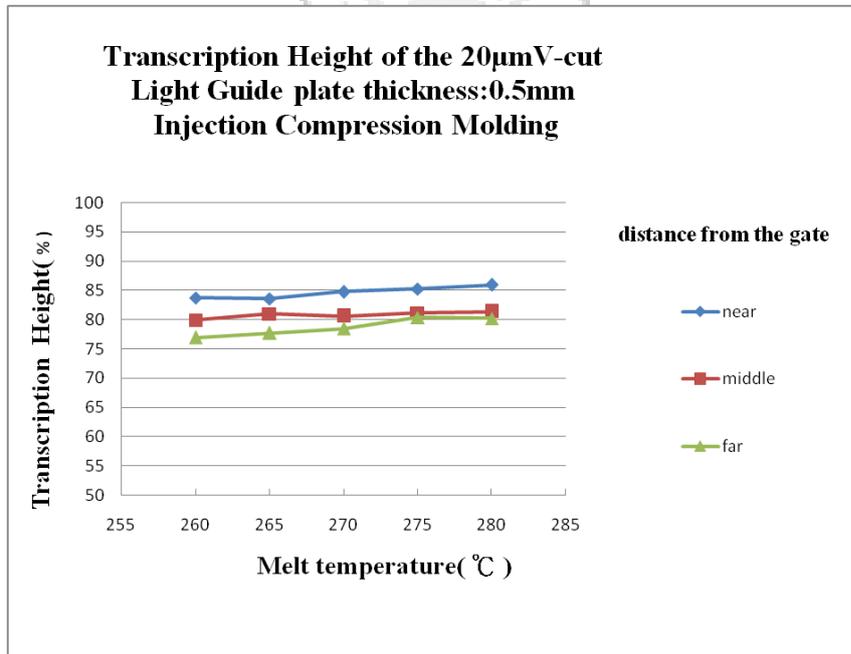


圖 5-6 射出壓縮成型塑料溫度對微結構之影響

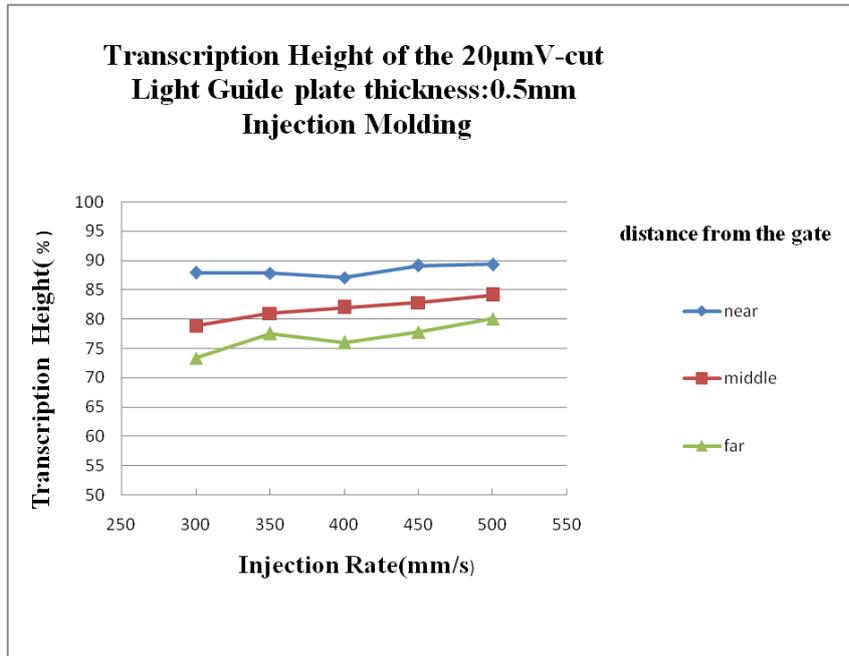


圖 5-7 射出成型射出速度對微結構之影響

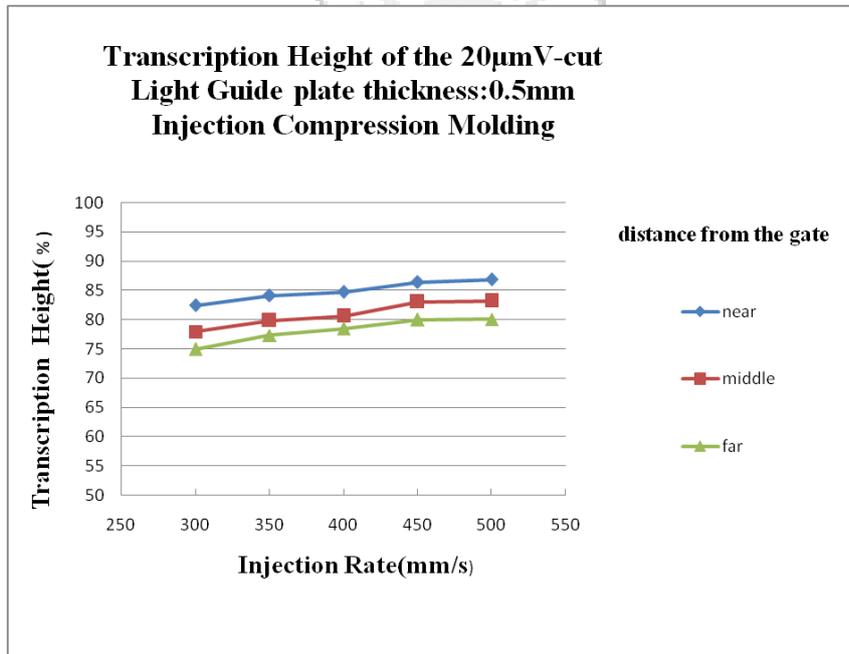


圖 5-8 射出壓縮成型射出速度對微結構之影響

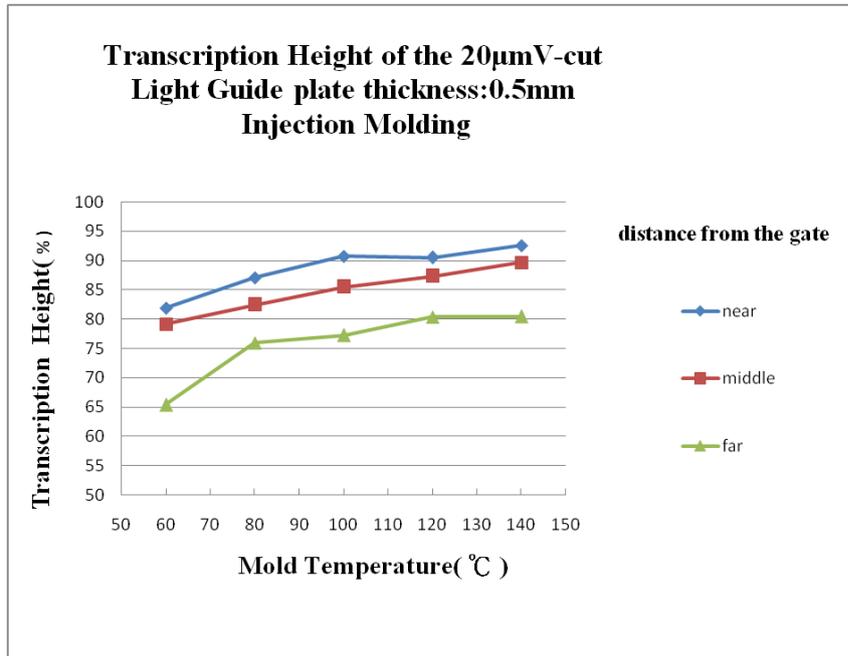


圖 5-9 射出成型模具溫度對微結構之影響

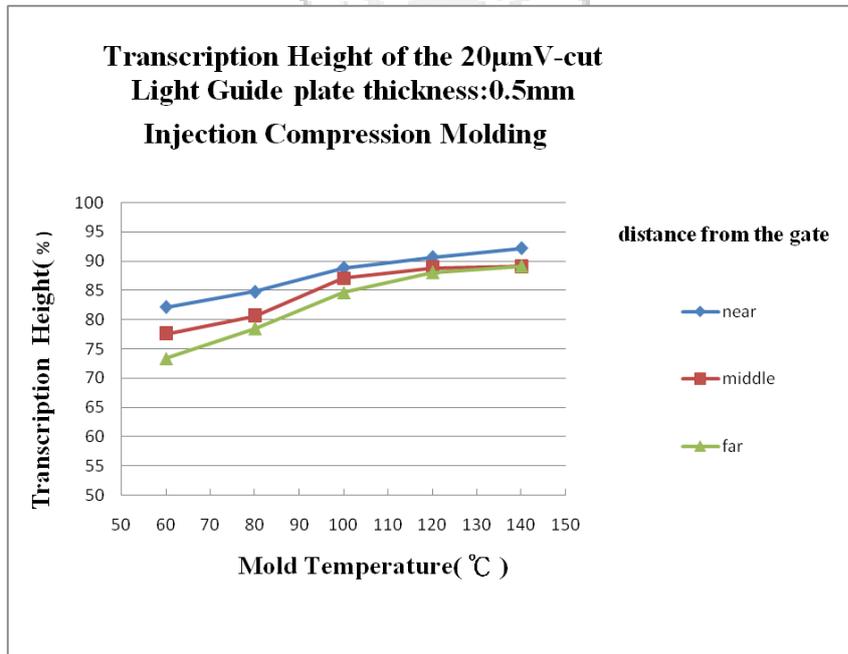


圖 5-10 射出壓縮成型模具溫度對微結構之影響

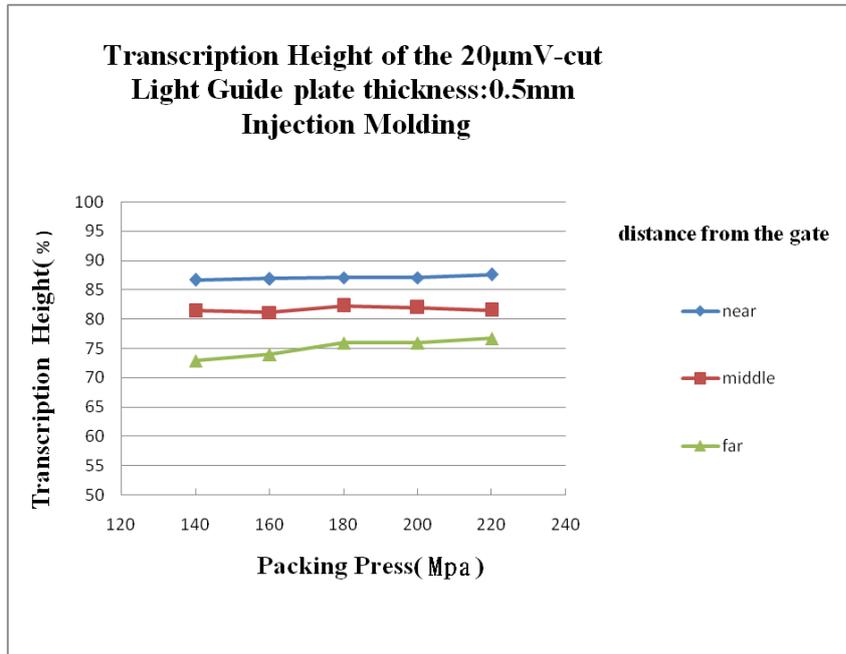


圖 5-11 射出成型保壓壓力對微結構之影響

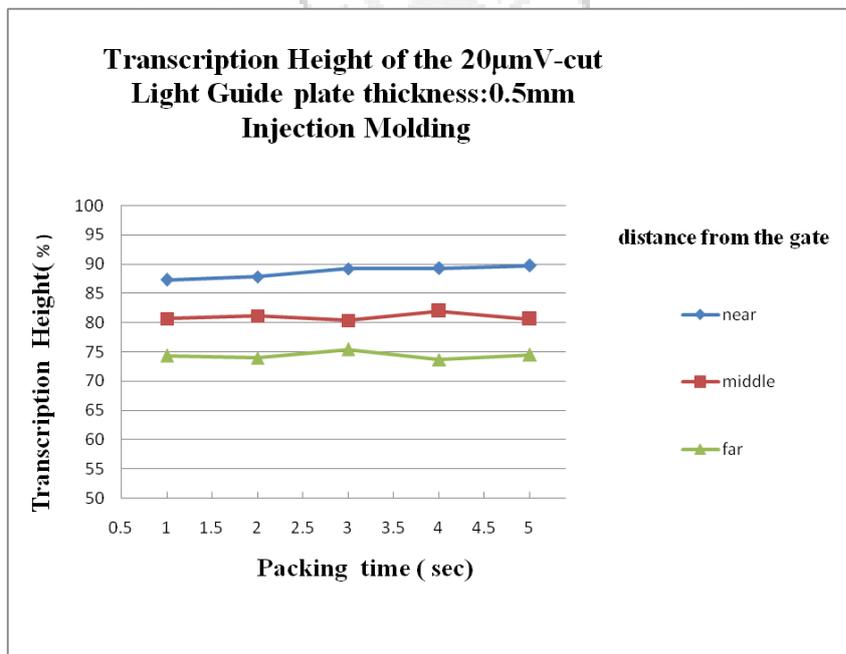


圖 5-12 射出成型保壓時間對微結構之影響

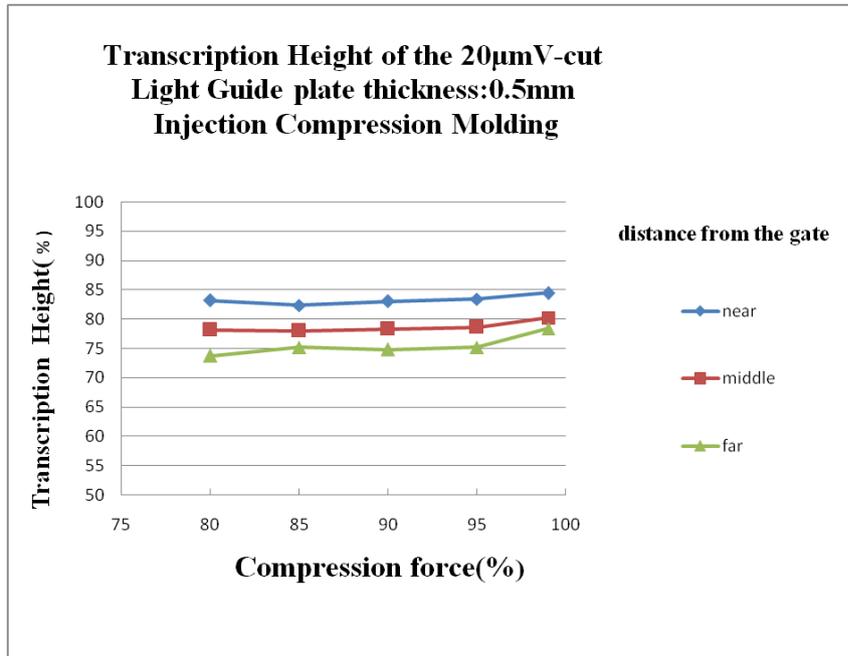


圖 5-13 射出壓縮成型壓縮力對微結構之影響

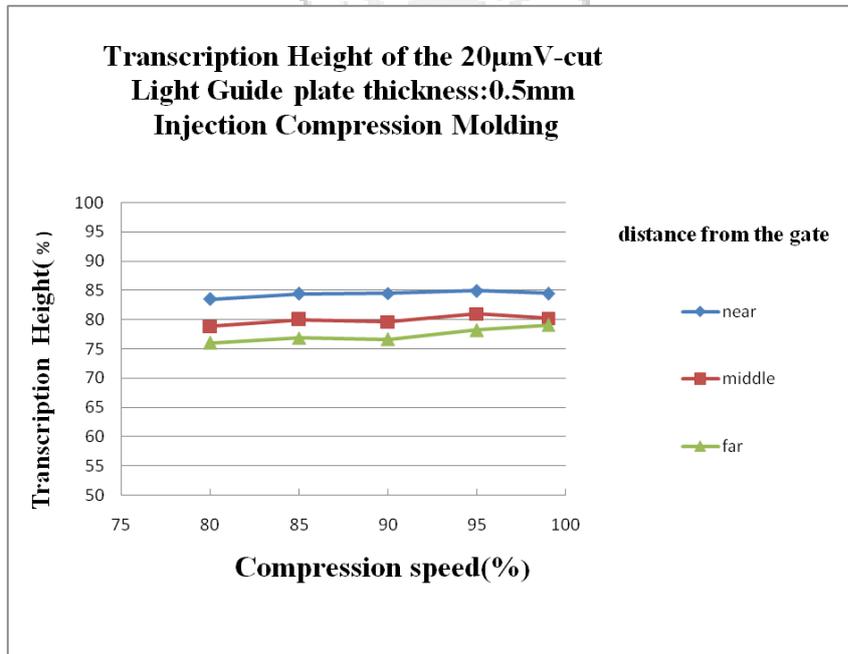


圖 5-14 射出壓縮成型壓縮速度對微結構之影響

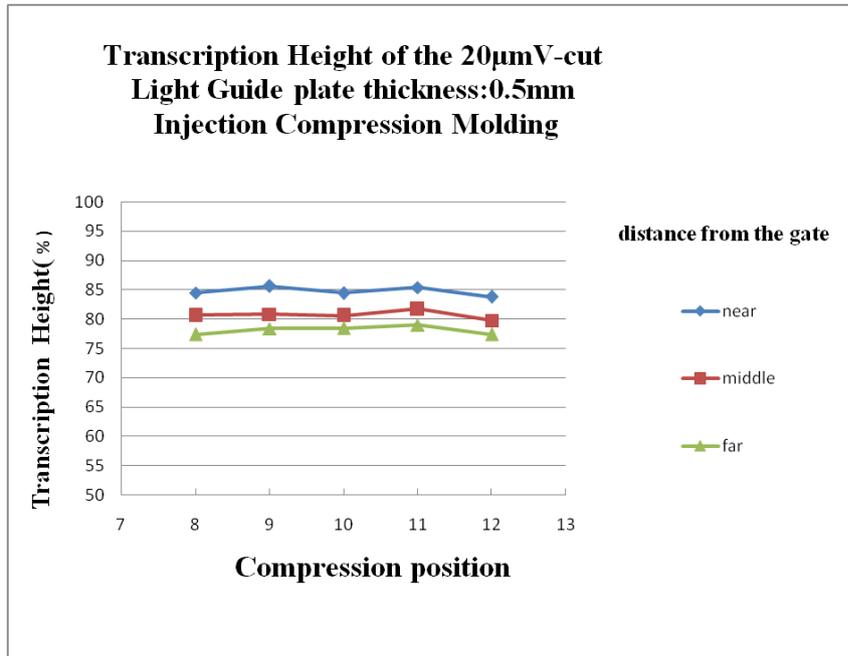


圖 5-15 射出壓縮成型壓縮切換位置對微結構之影響

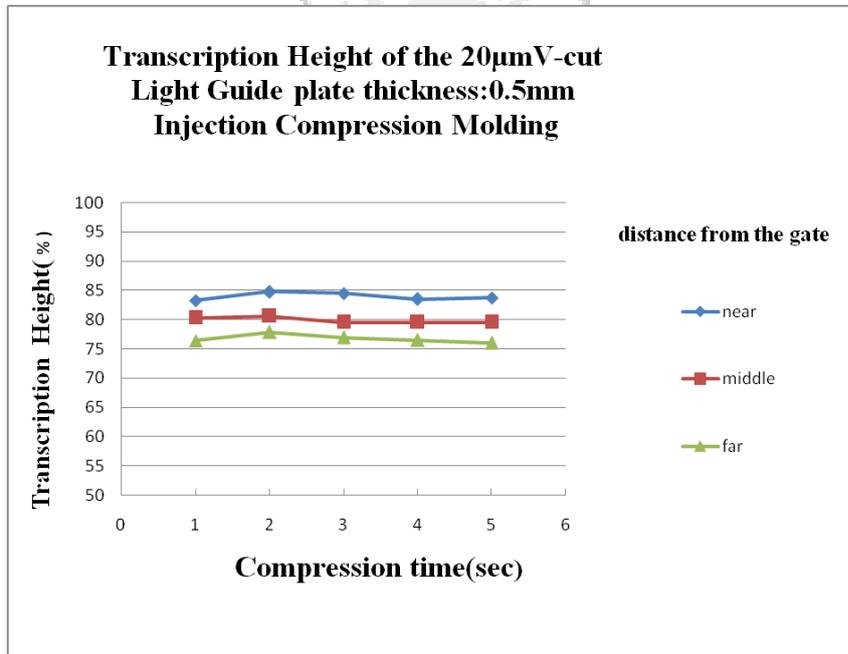


圖 5-16 射出壓縮成型壓縮時間對微結構之影響

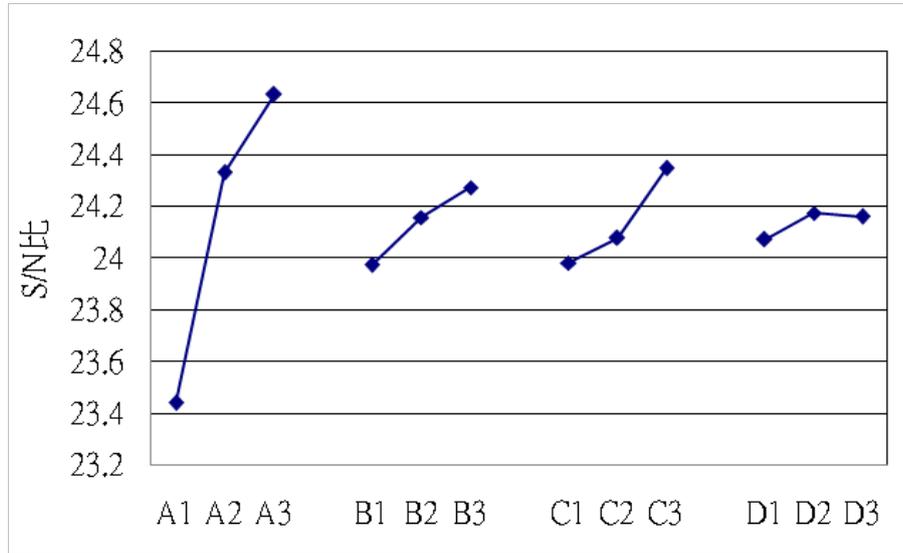


圖 5-17 S/N 比回應圖

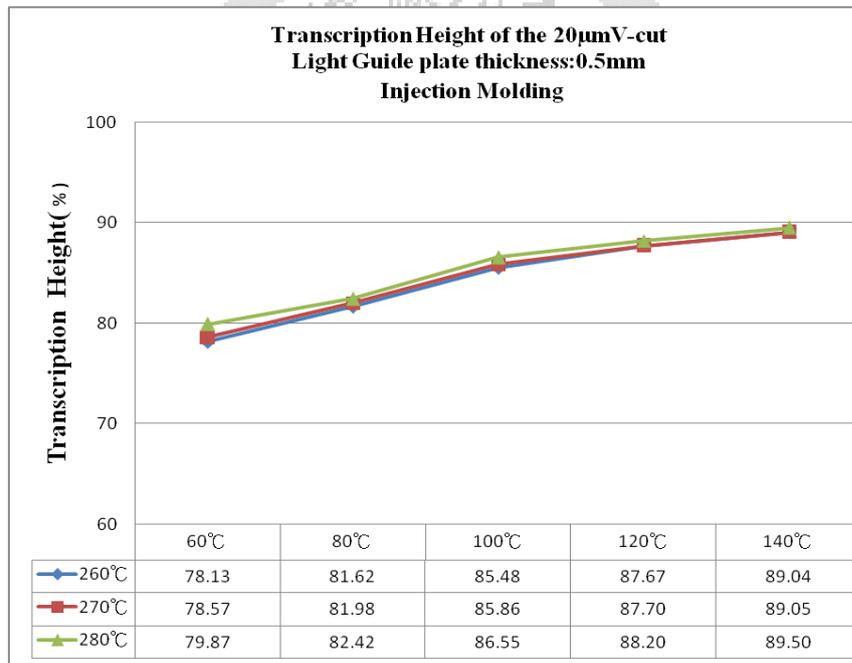


圖 5-18 射出成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況

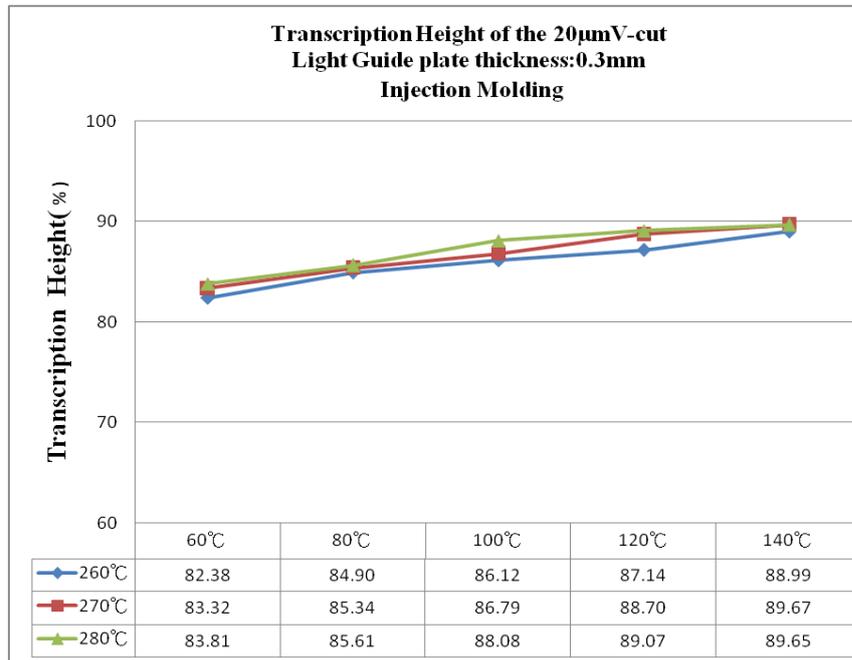


圖 5-19 射出成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況

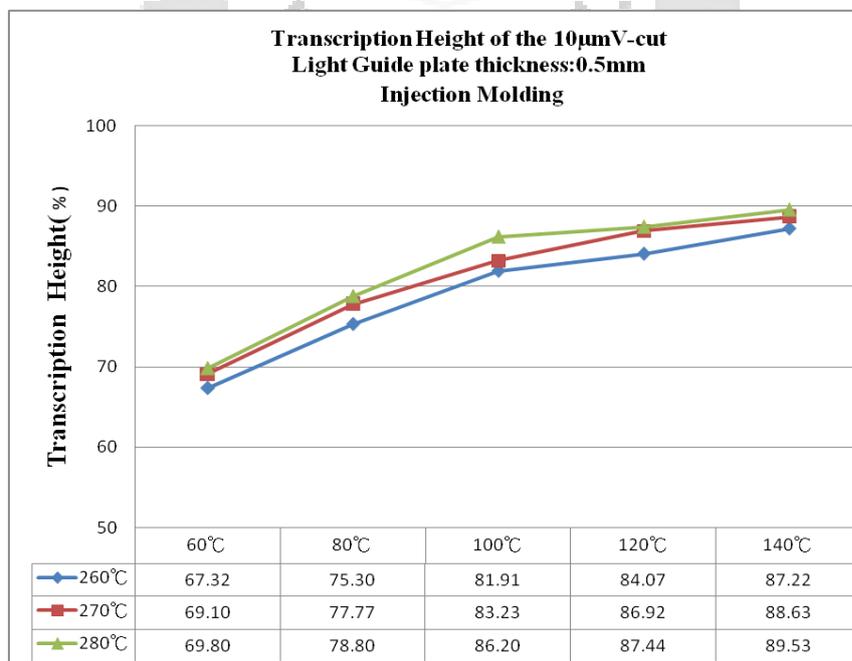


圖 5-20 射出成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況

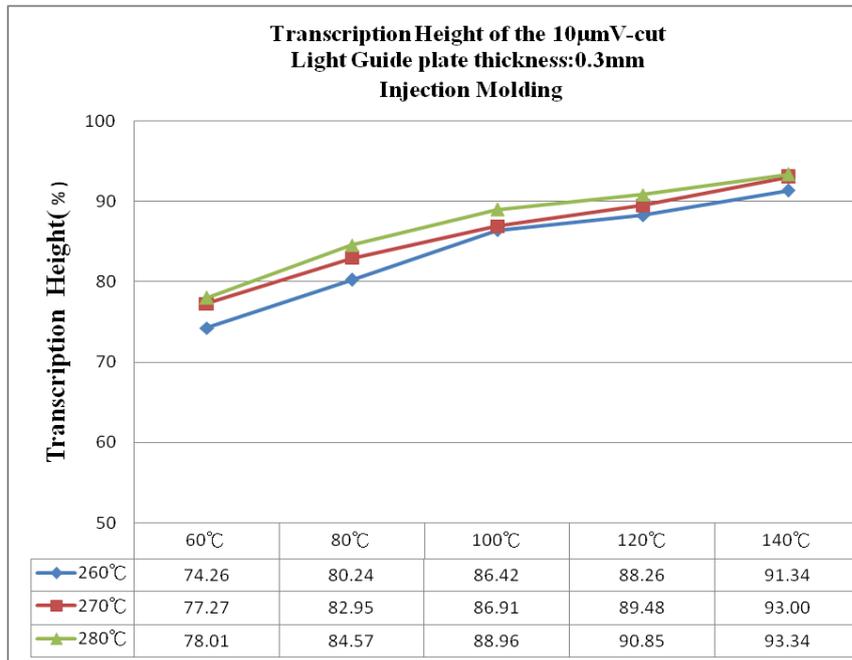


圖 5-21 射出成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況

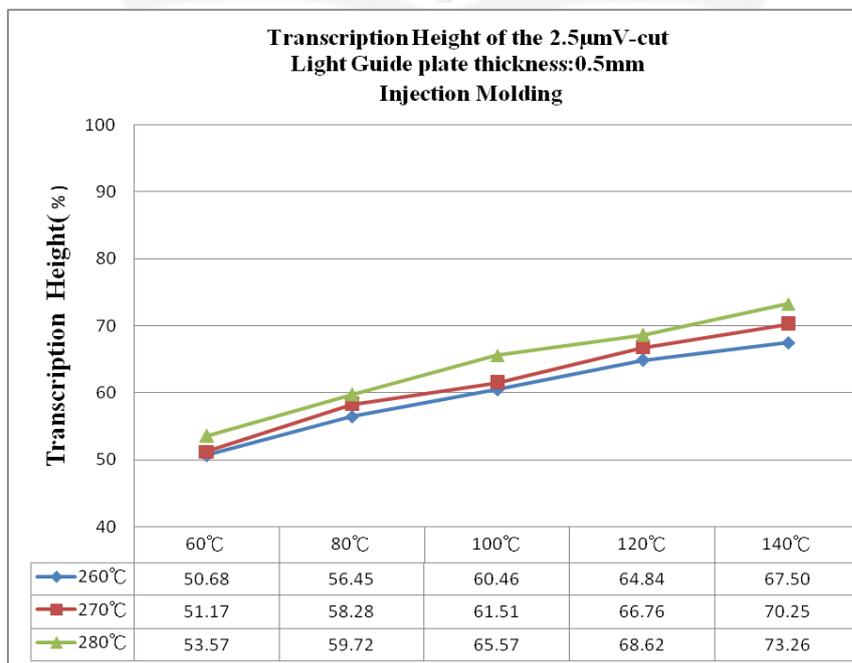


圖 5-22 射出成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況

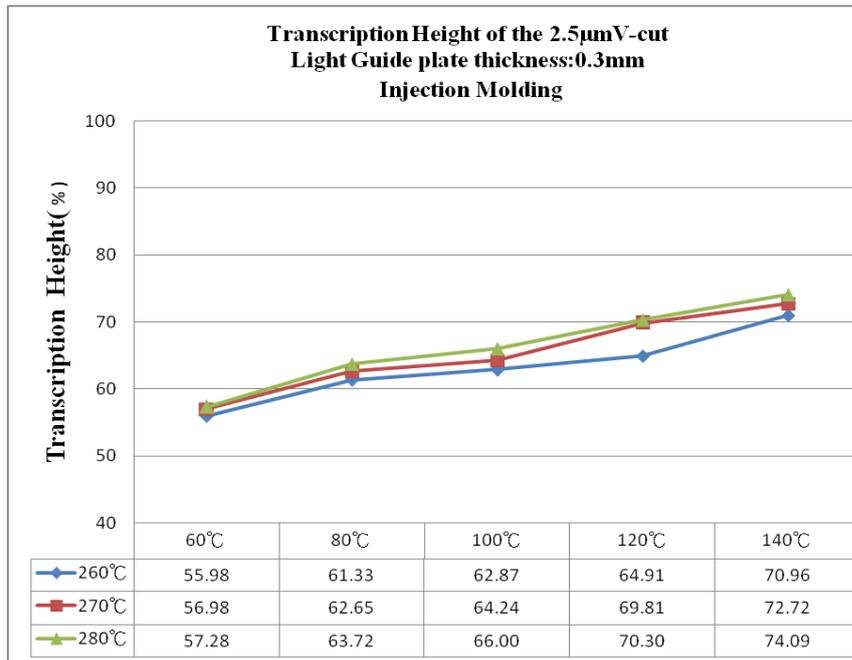


圖 5-23 射出成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況

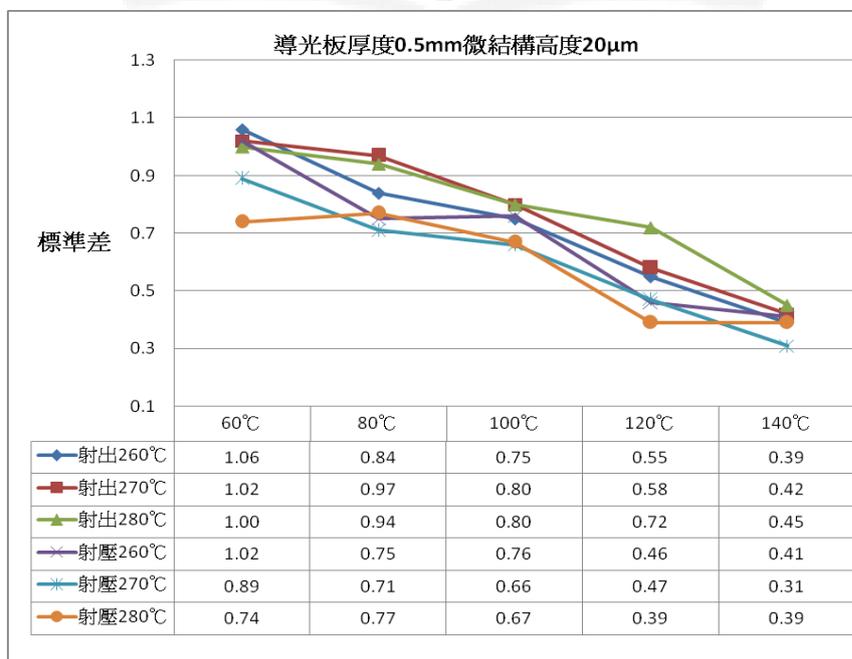


圖 5-24 導光板厚度 0.5mm 微結構高 20 μ m 標準差

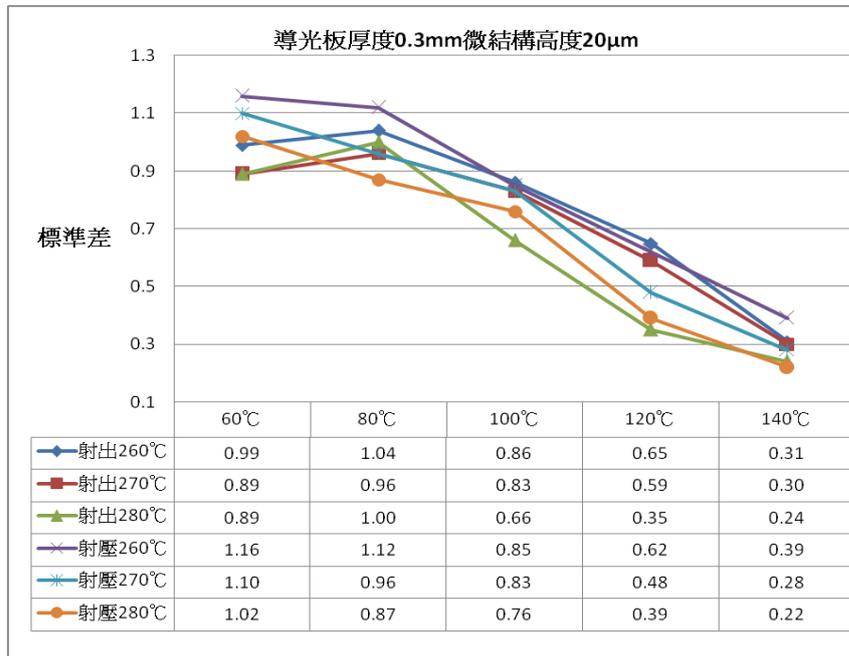


圖 5-25 導光板厚度 0.3mm 微結構高 20 μ m 標準差

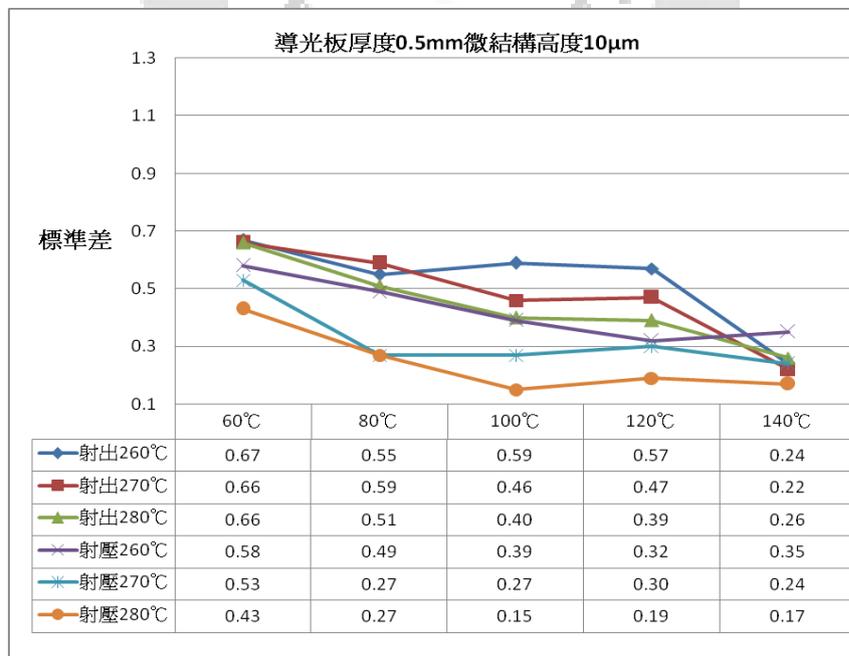


圖 5-26 導光板厚度 0.5mm 微結構高 10 μ m 標準差

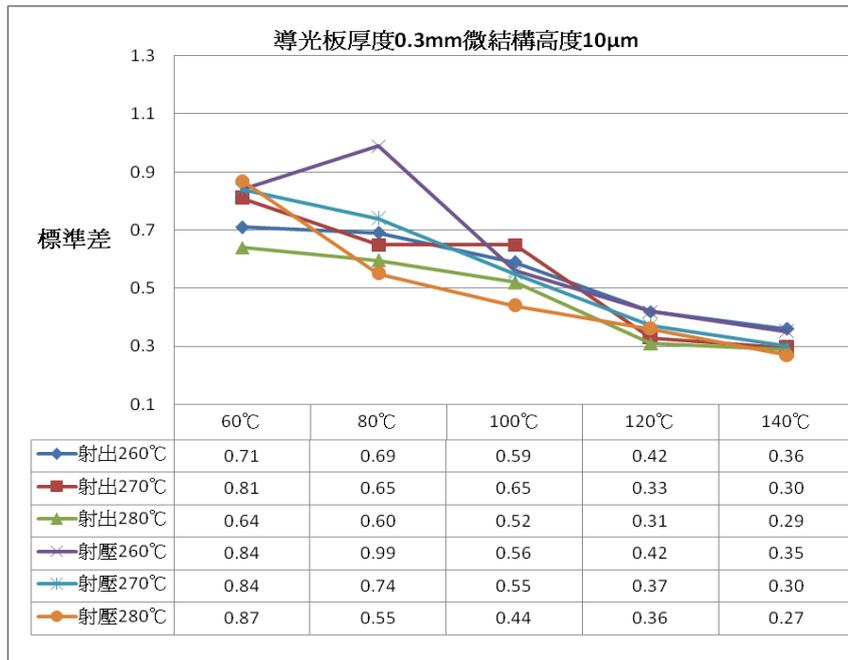


圖 5-27 導光板厚度 0.3mm 微結構高 10 μ m 標準差

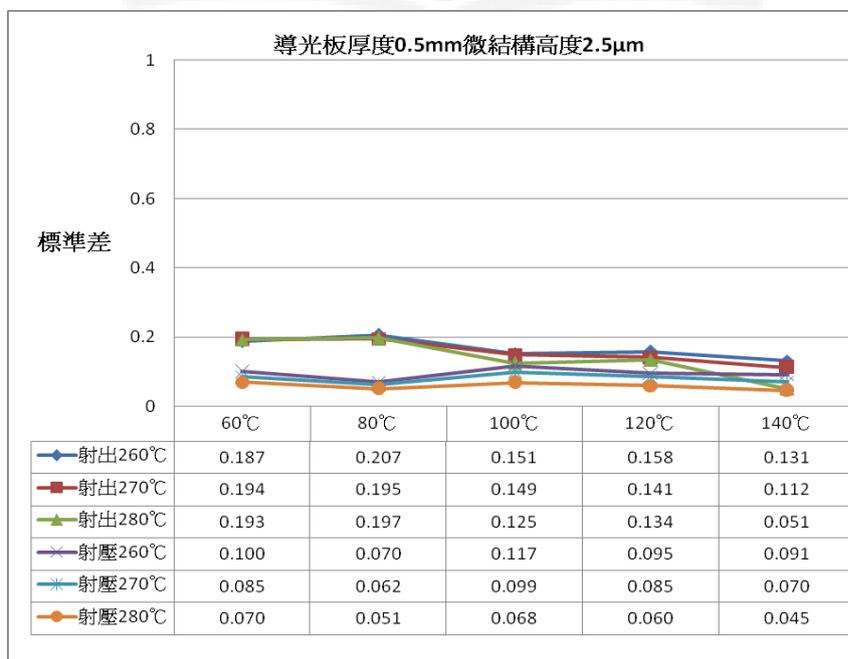


圖 5-28 導光板厚度 0.5mm 微結構高 2.5 μ m 標準差

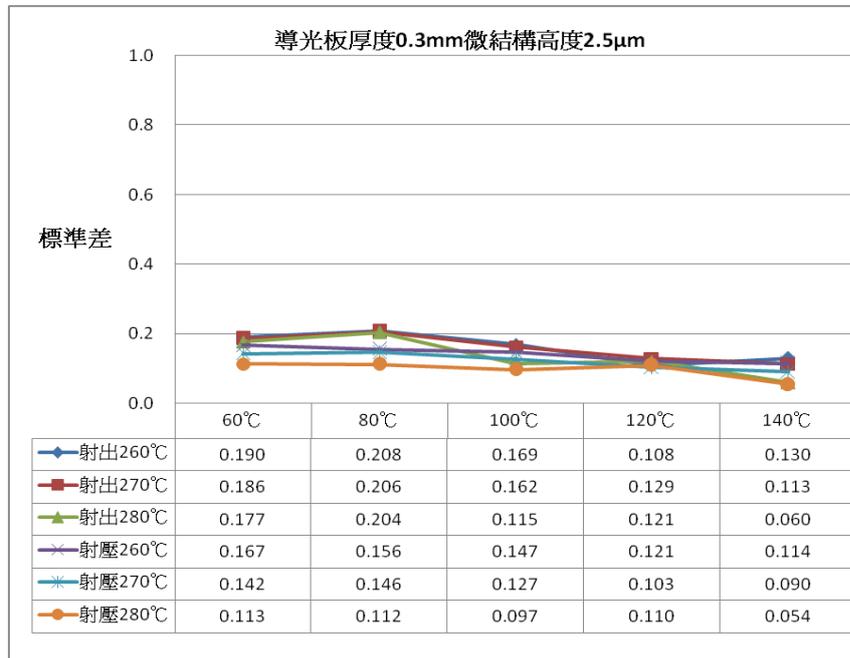


圖 5-29 導光板厚度 0.3mm 微結構高 2.5 μ m 標準差

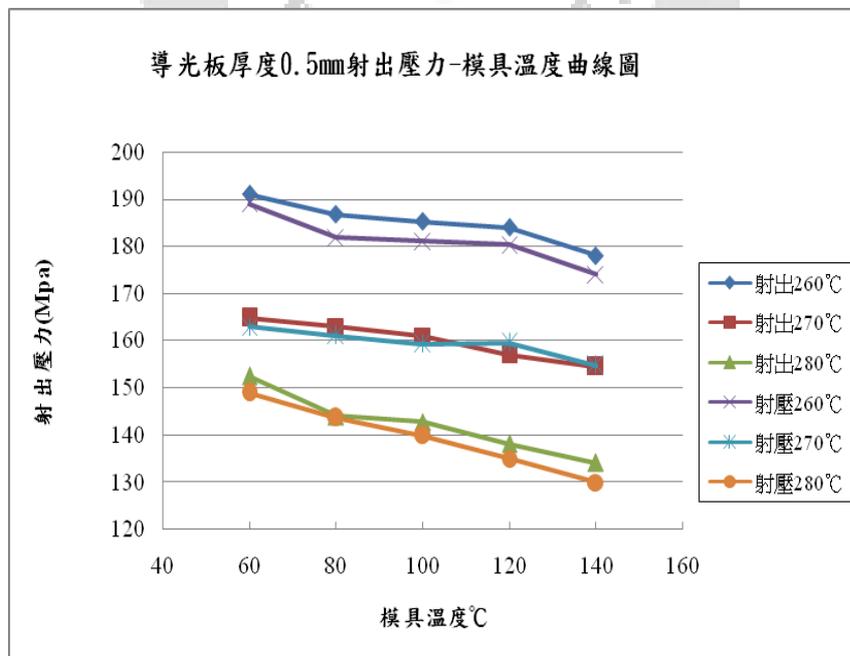


圖 5-30 導光板厚度 0.5mm 射出成型與射出壓縮成型時壓力

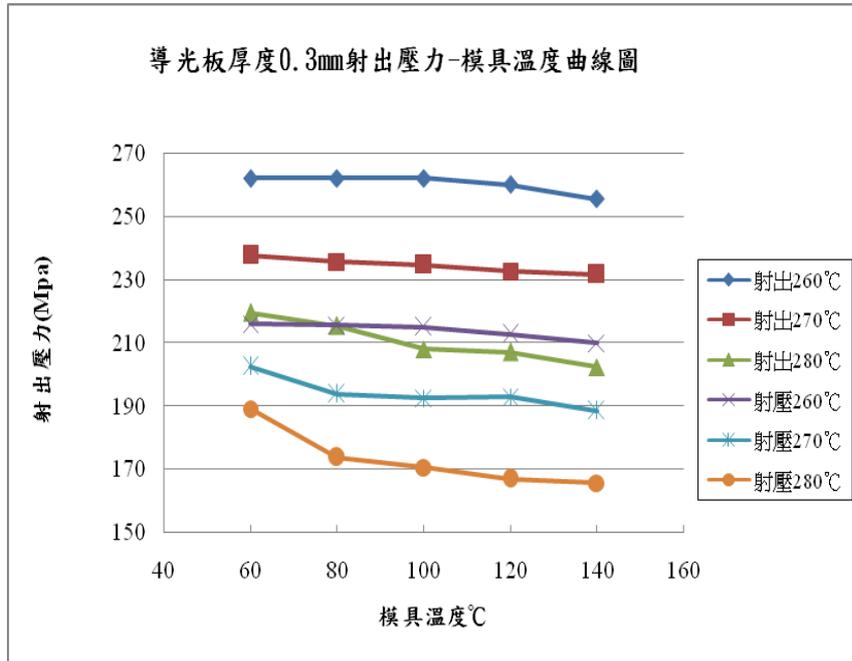


圖 5-31 導光板厚度 0.3mm 射出成型與射出壓縮成型時壓力

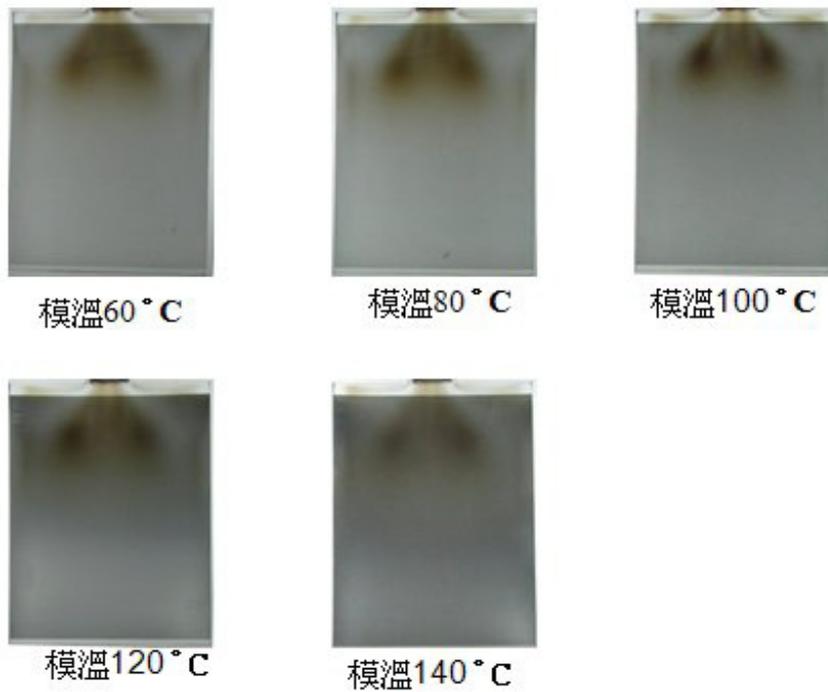


圖 5-32 射出成型應力光彈圖

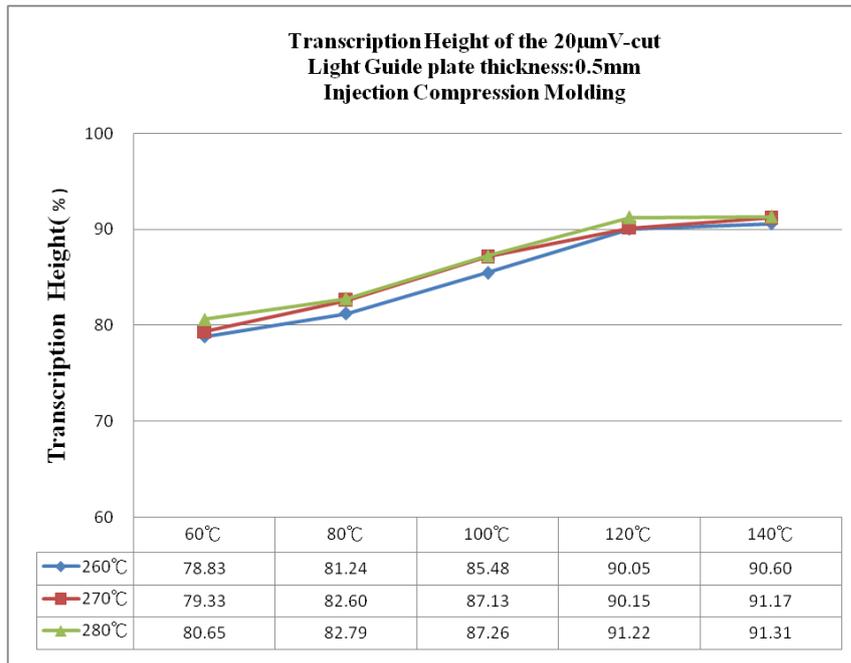


圖 5-33 射出壓縮成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況

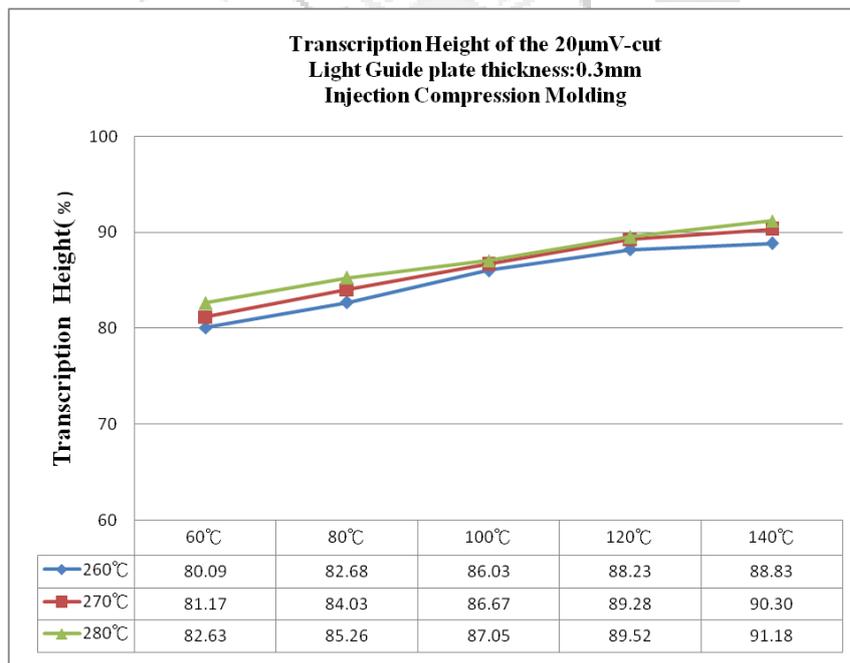


圖 5-34 射出壓縮成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 20 μ m 成型轉寫狀況

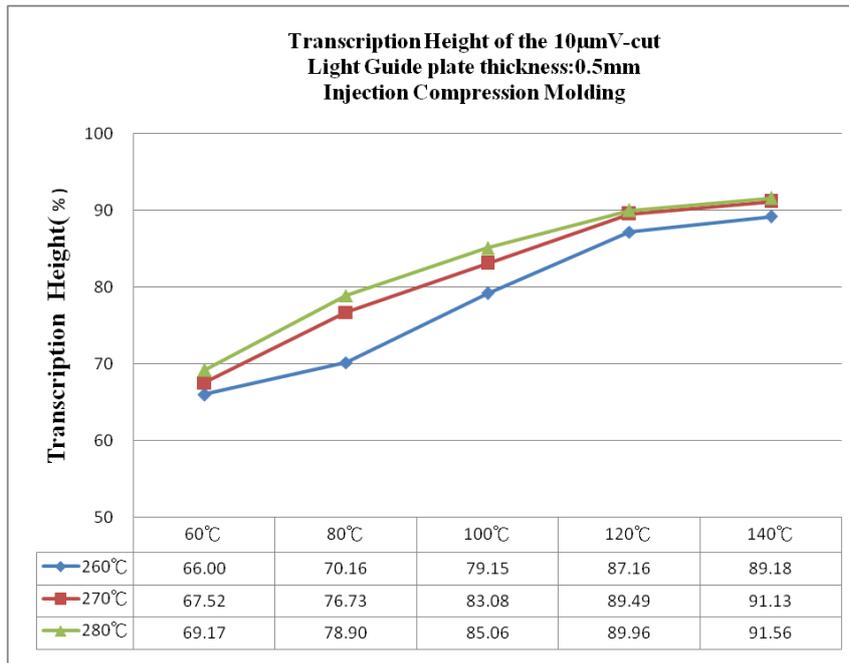


圖 5-35 射出壓縮成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況

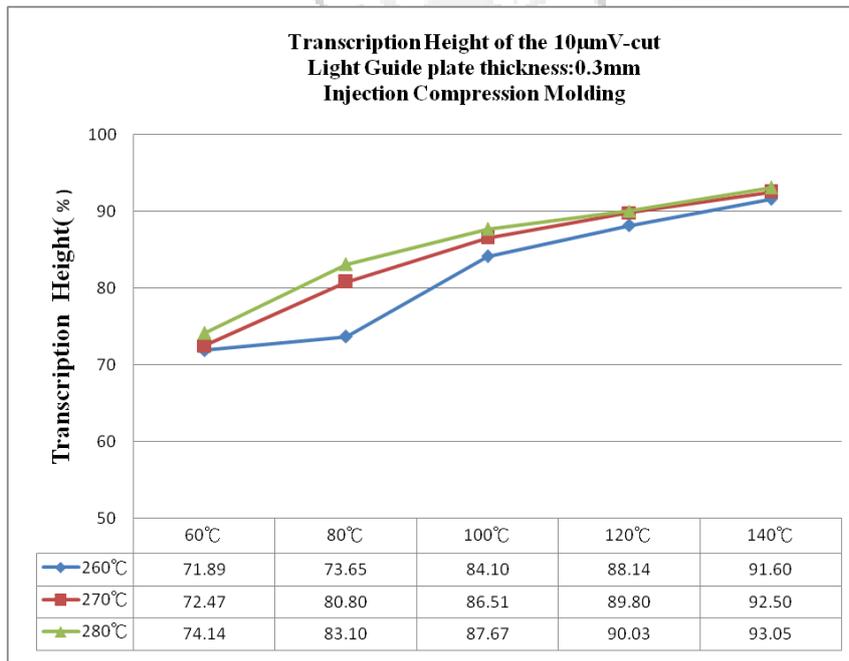


圖 5-36 射出壓縮成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 10 μ m 成型轉寫狀況

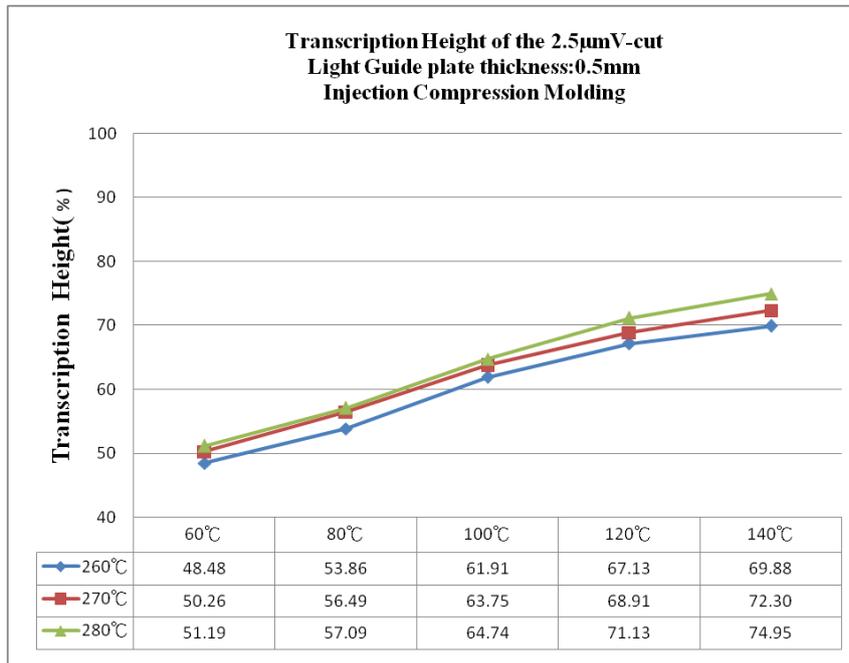


圖 5-37 射出壓縮成型導光板厚度 0.5mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況

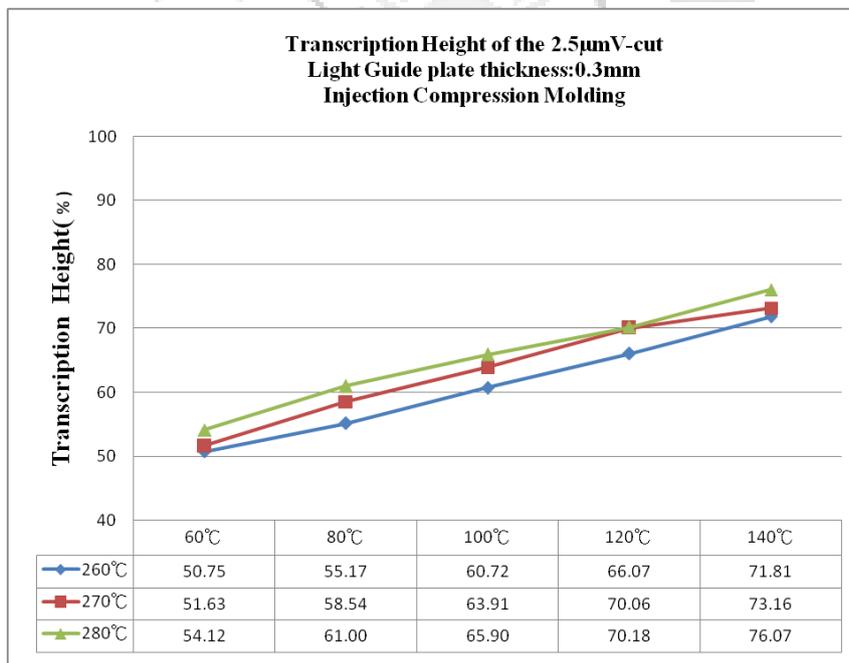


圖 5-38 射出壓縮成型導光板厚度 0.3mm 微結構高 2.5 μ m 成型轉寫狀況



圖 5-39 射出壓縮成型應力光彈

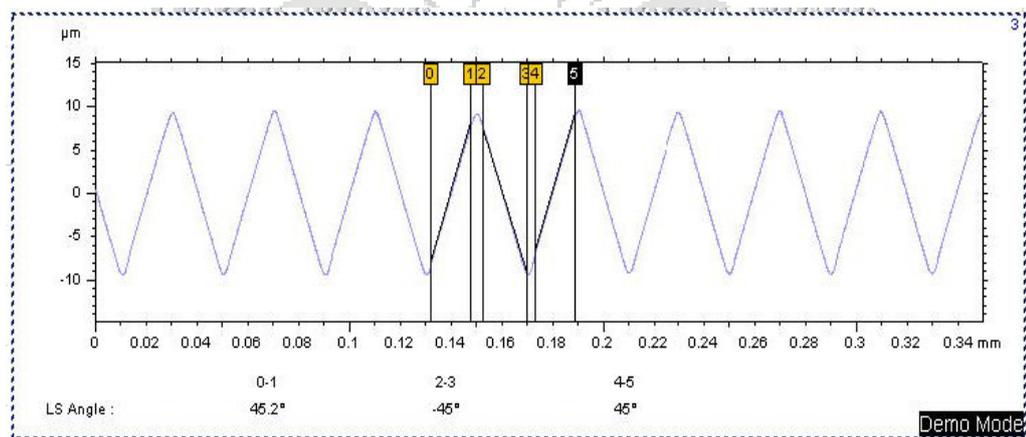
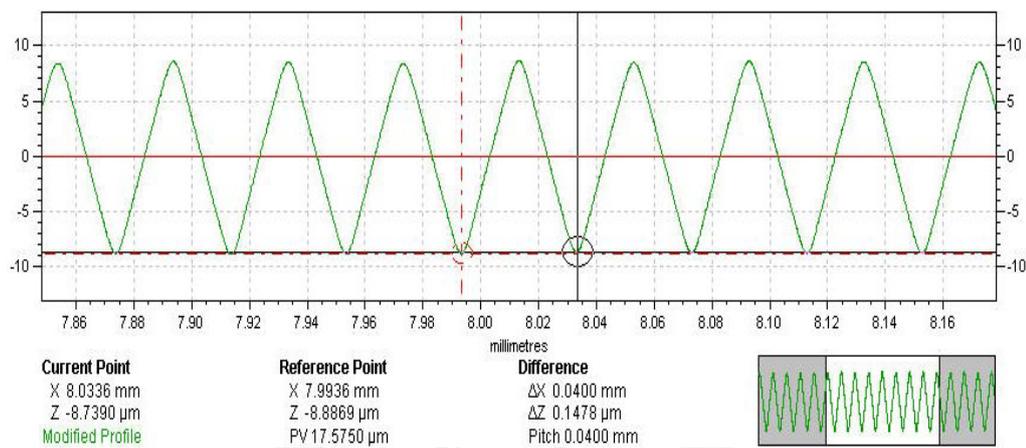
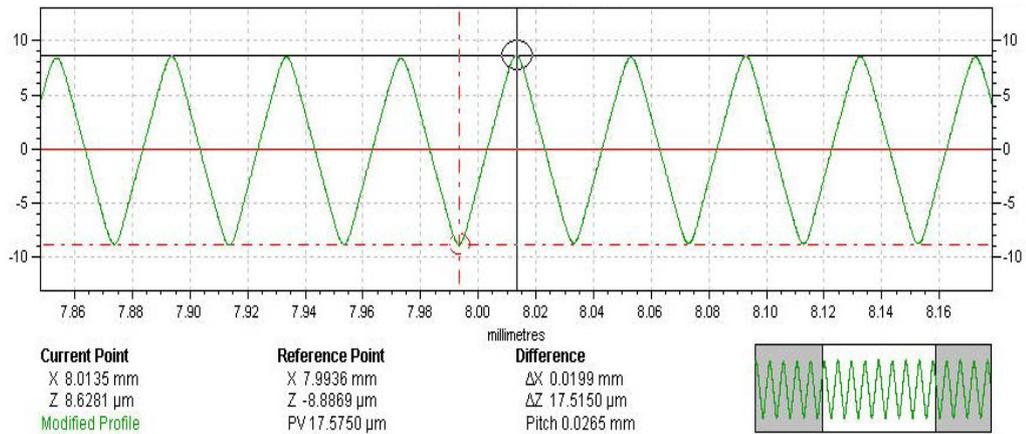


圖 5-40 微結構高度 20μm 最佳條件近澆口量測圖

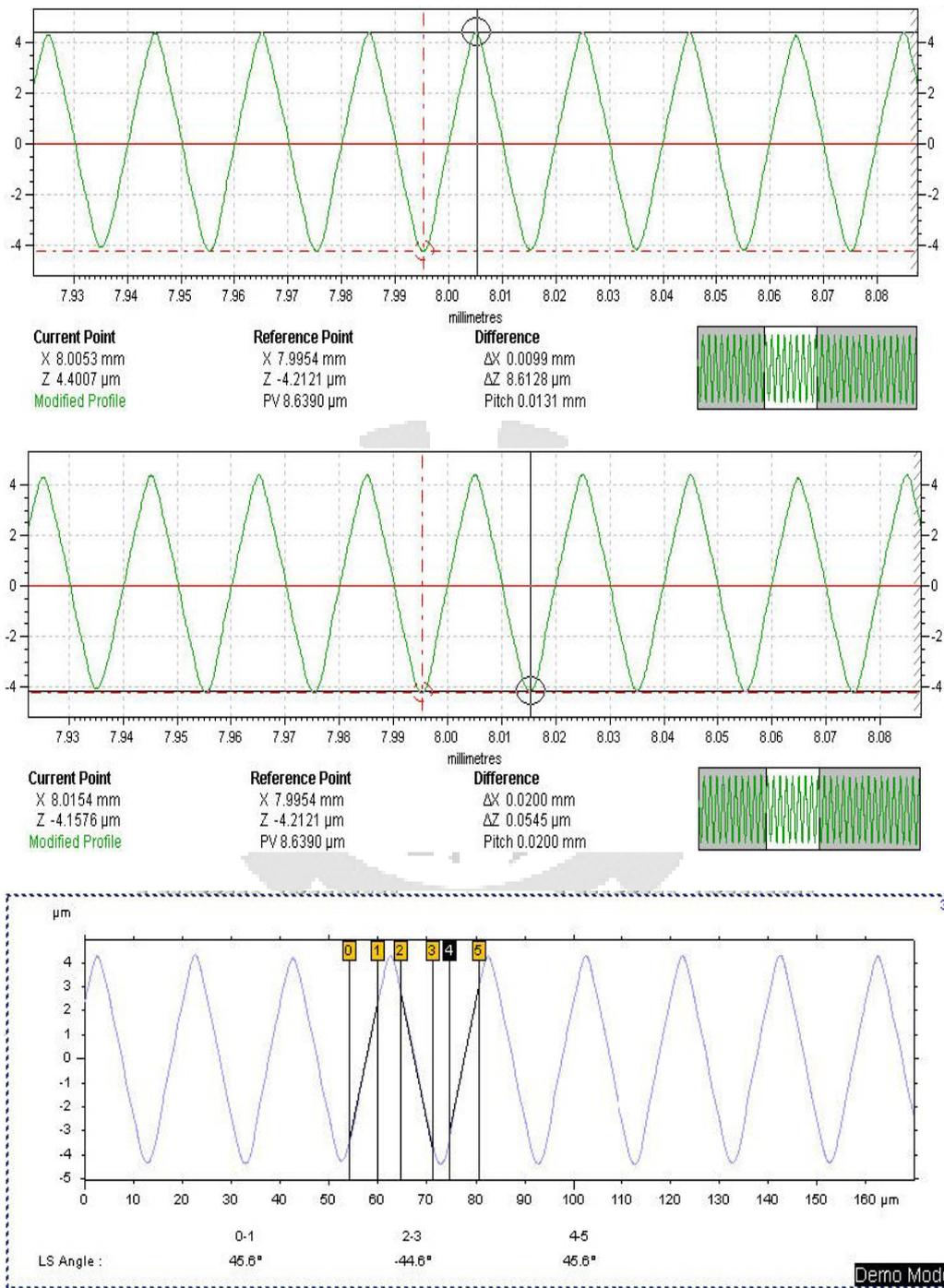


圖 5-41 微結構高度 10 μm 最佳條件近澆口量測圖

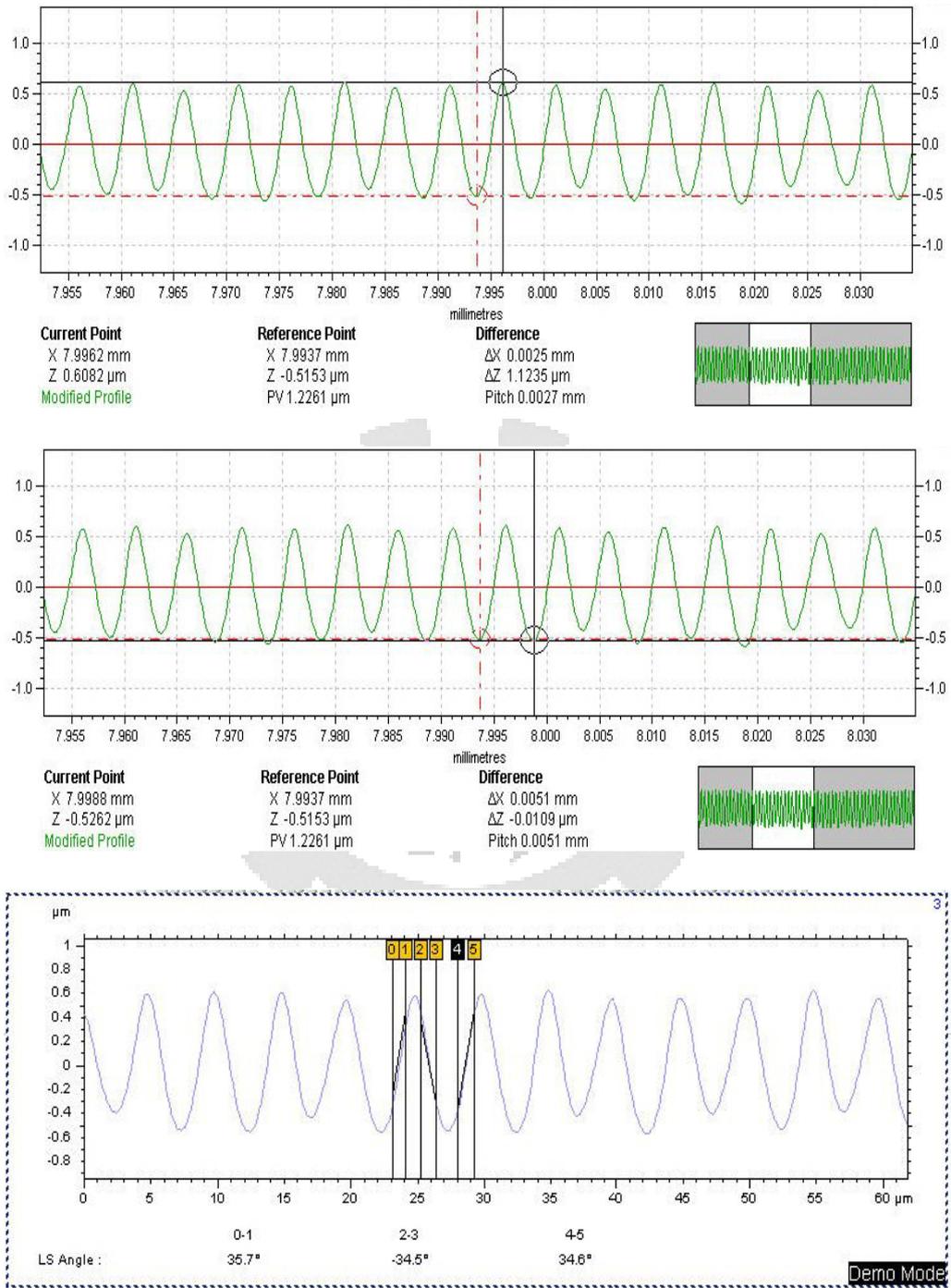


圖 5-42 微結構高度 2.5 μm 最佳條件近澆口量測圖

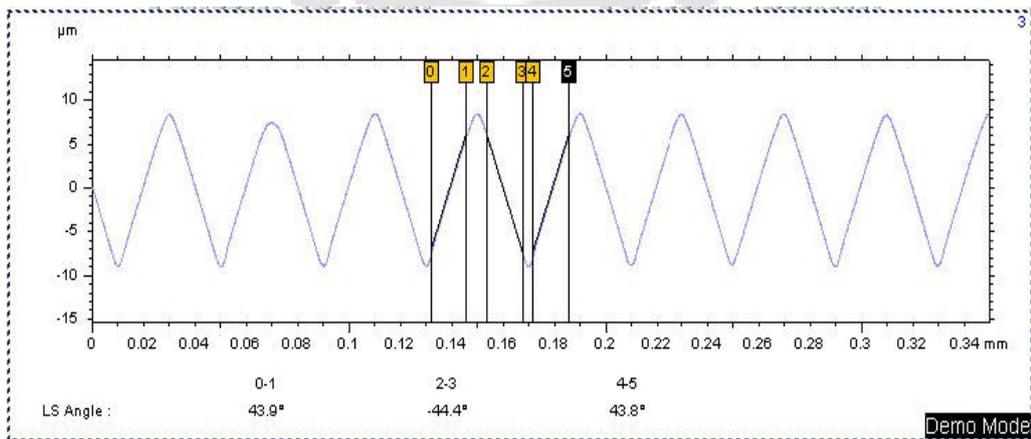
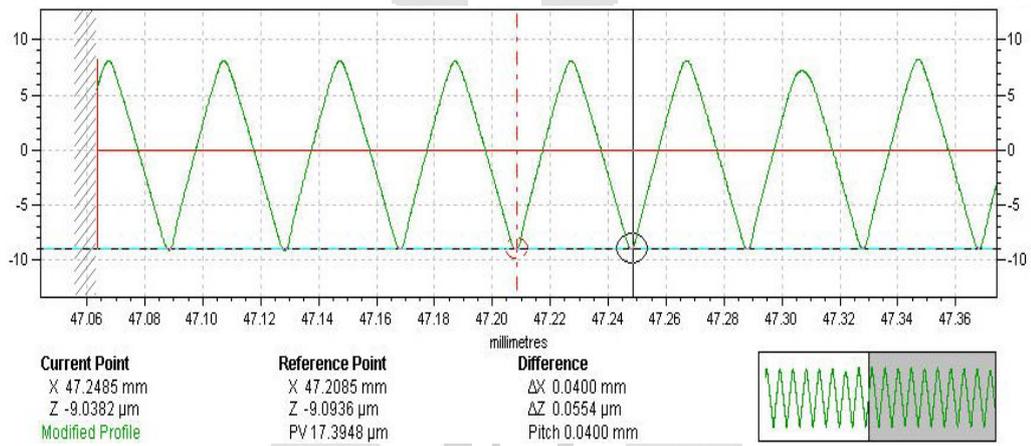
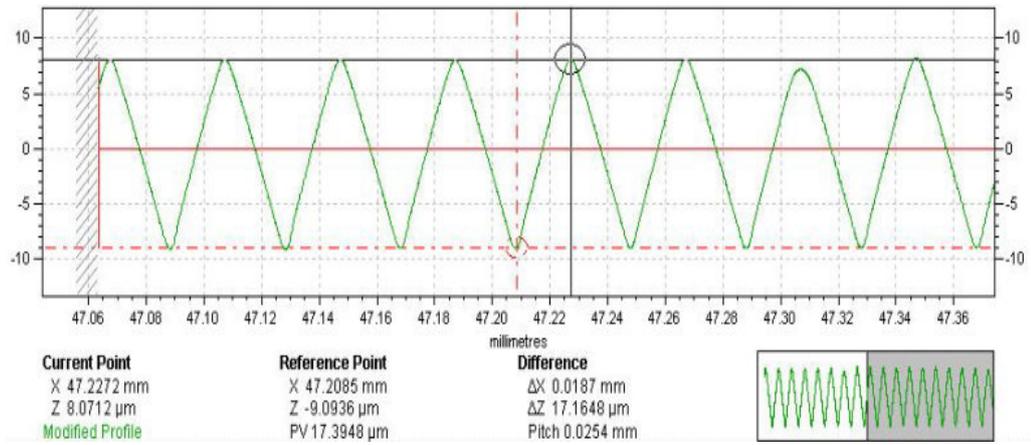
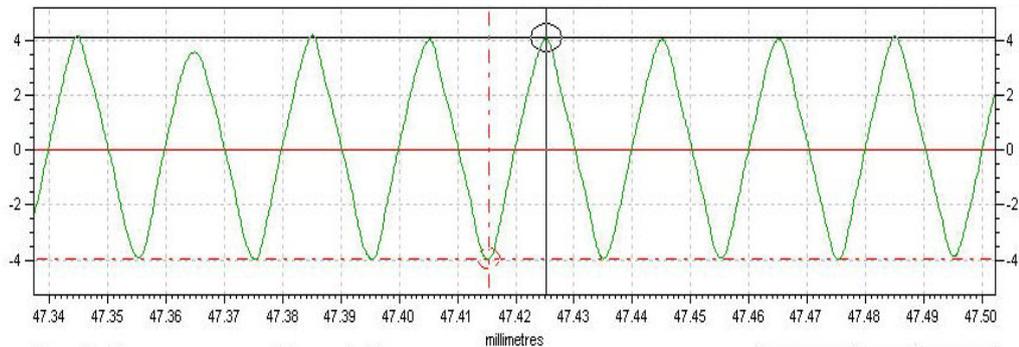
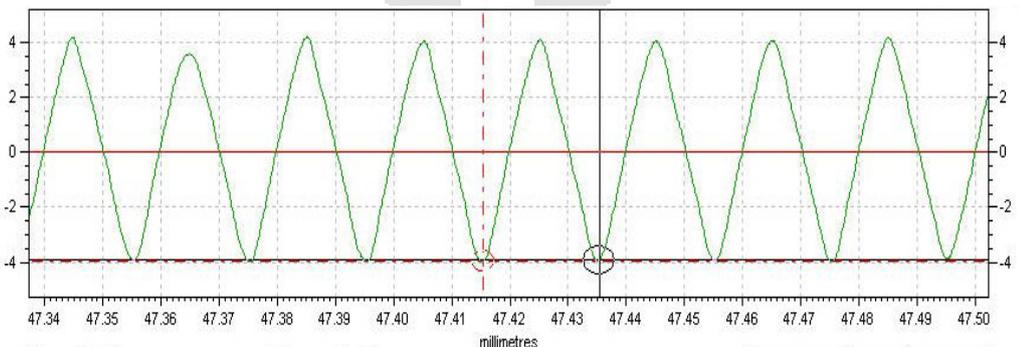
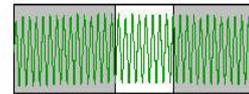


圖 5-43 微結構高度 20 μm 最佳條件遠澆口量測圖



Current Point	Reference Point	Difference
X 47.4252 mm	X 47.4154 mm	ΔX 0.0099 mm
Z 4.1016 μm	Z -3.9695 μm	ΔZ 8.0712 μm
Modified Profile	PV 8.1969 μm	Pitch 0.0128 mm



Current Point	Reference Point	Difference
X 47.4354 mm	X 47.4154 mm	ΔX 0.0200 mm
Z -3.9411 μm	Z -3.9695 μm	ΔZ 0.0284 μm
Modified Profile	PV 8.1969 μm	Pitch 0.0200 mm

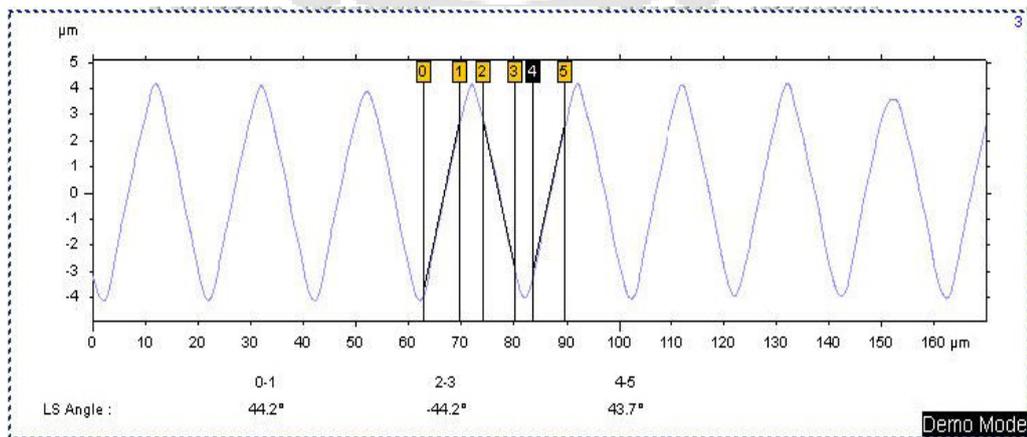
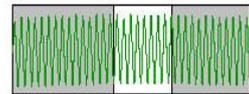
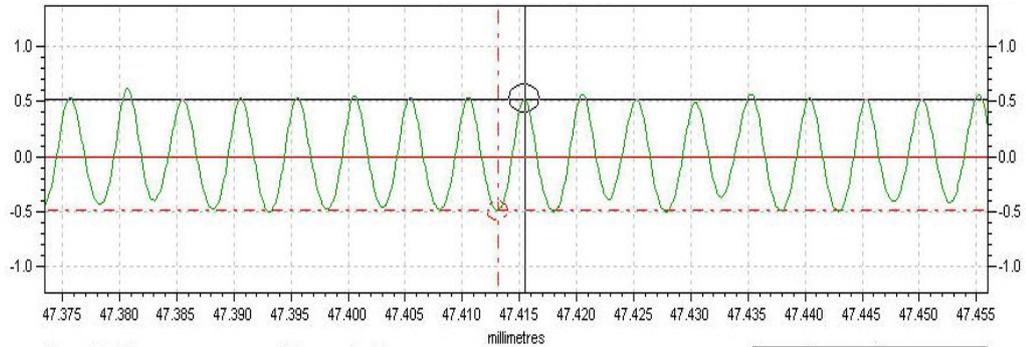
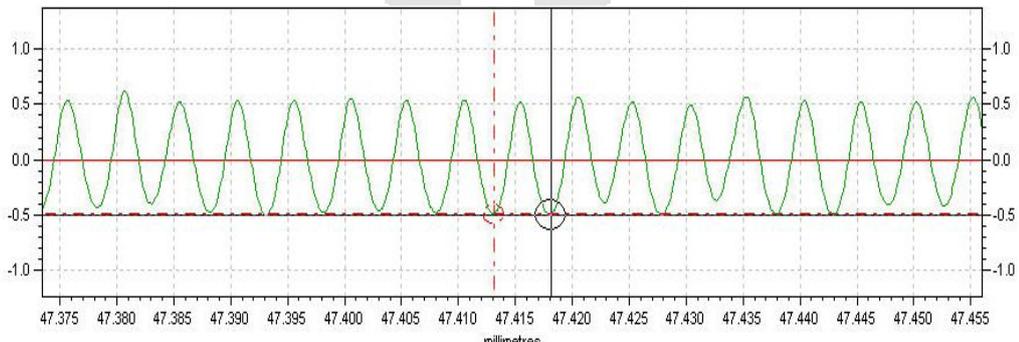
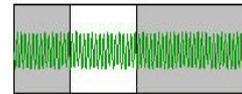


圖 5-44 微結構高度 10 μm 最佳條件遠澆口量測圖



Current Point	Reference Point	Difference
X 47.4155 mm	X 47.4131 mm	ΔX 0.0024 mm
Z 0.5269 μm	Z -0.4978 μm	ΔZ 1.0247 μm
Modified Profile	PV 1.1217 μm	Pitch 0.0026 mm



Current Point	Reference Point	Difference
X 47.4181 mm	X 47.4131 mm	ΔX 0.0050 mm
Z -0.5042 μm	Z -0.4978 μm	ΔZ -0.0064 μm
Modified Profile	PV 1.1217 μm	Pitch 0.0050 mm

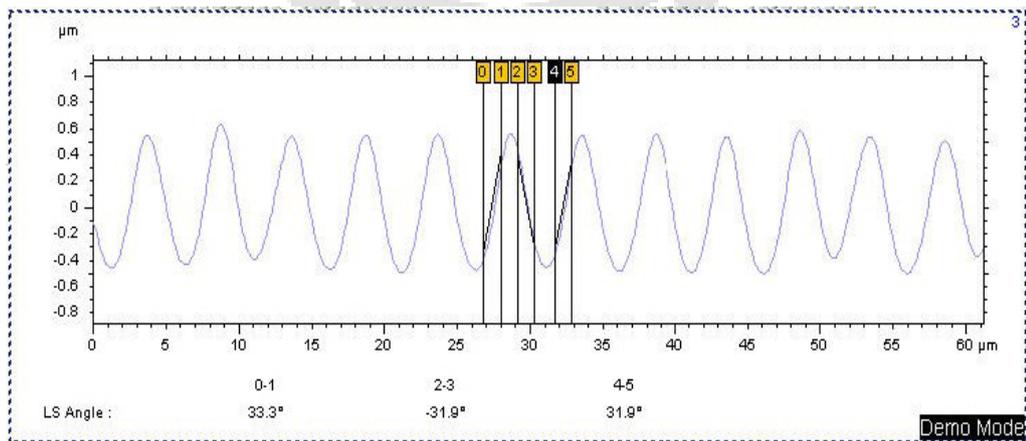
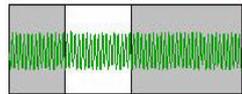


圖 5-45 微結構高度 2.5μm 最佳條件遠澆口量測圖

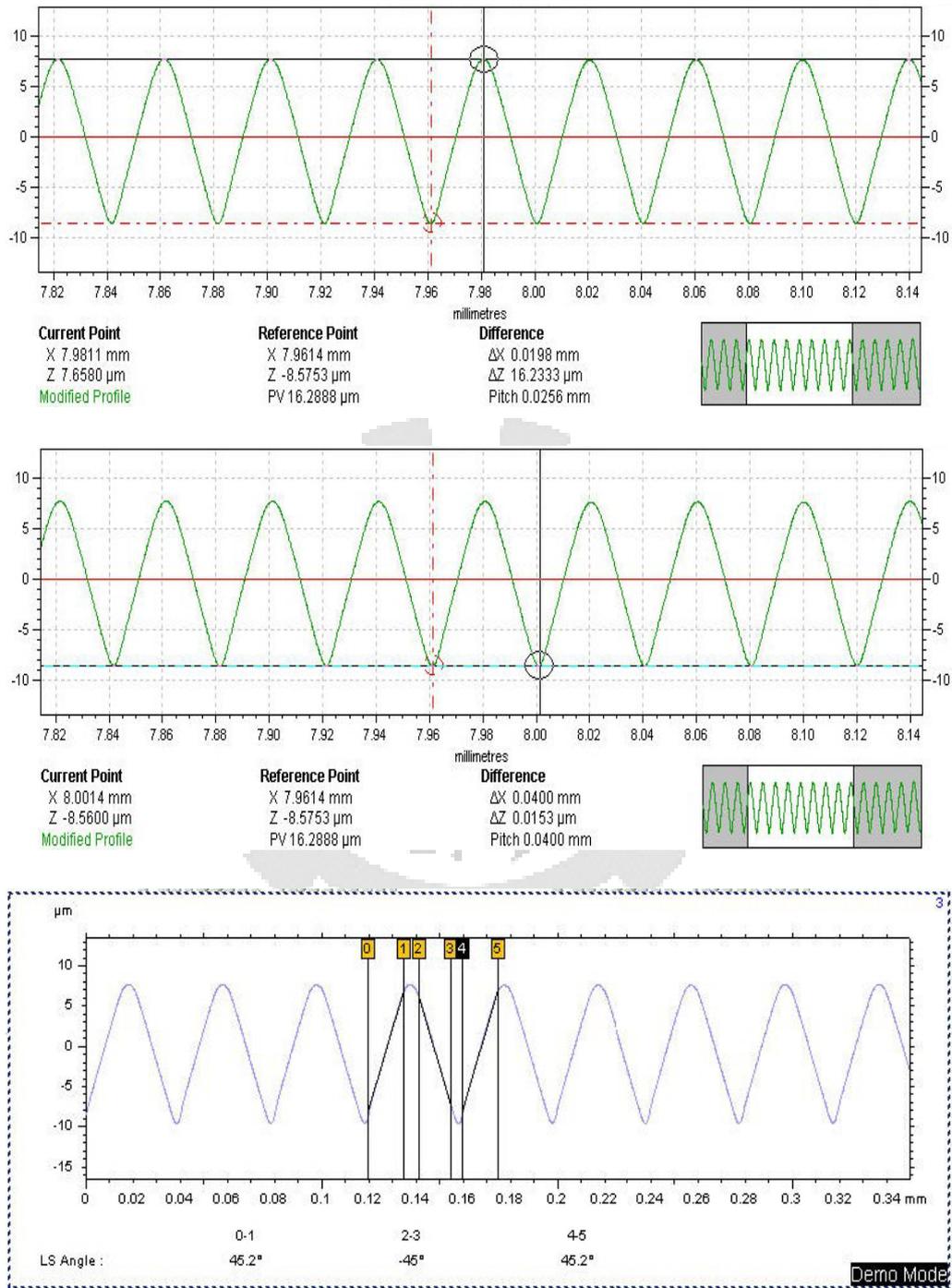


圖 5-46 微結構高度 20 μm 最差條件近澆口量測圖

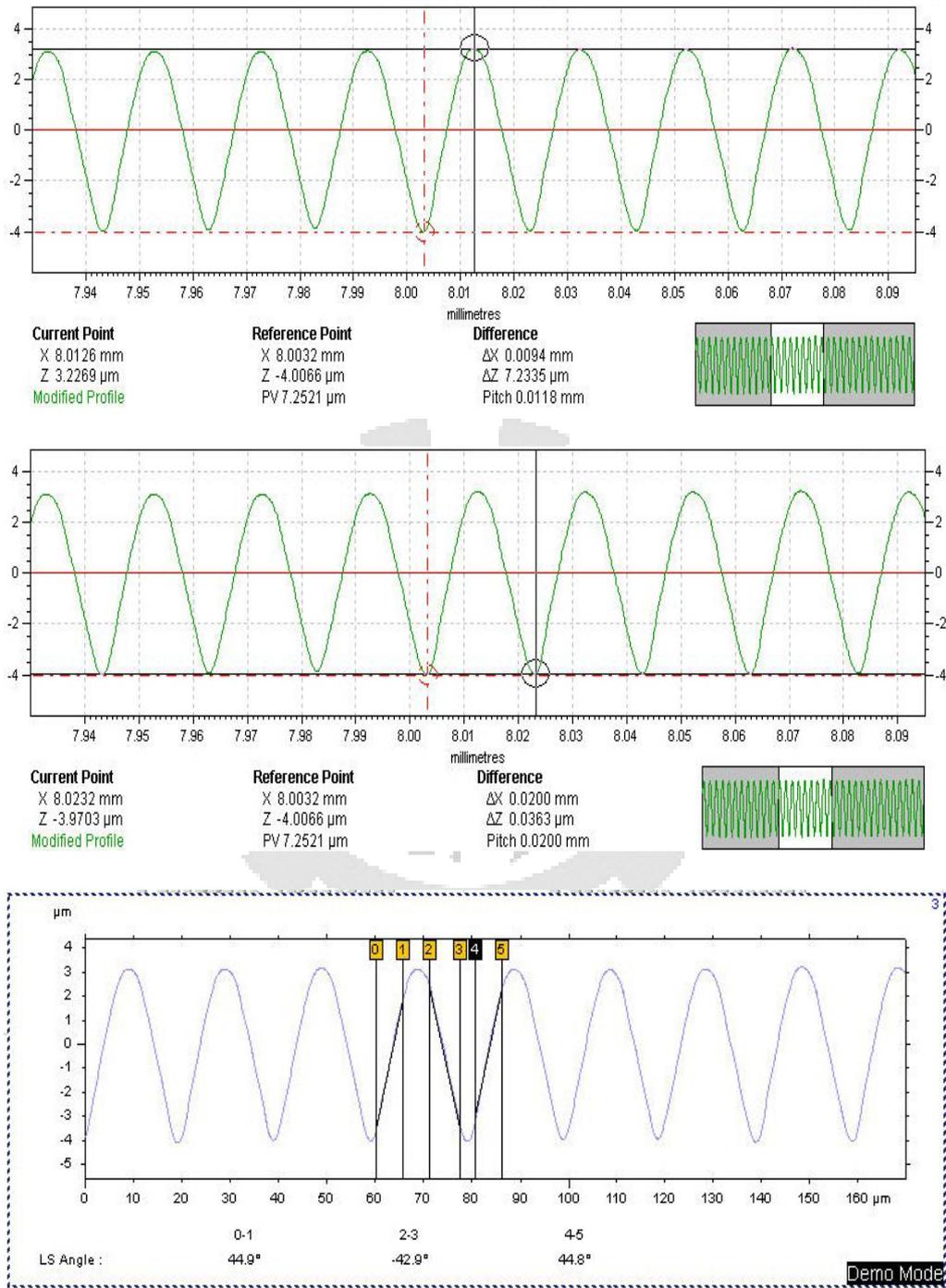


圖 5-47 微結構高度 10 μm 最差條件近澆口量測圖

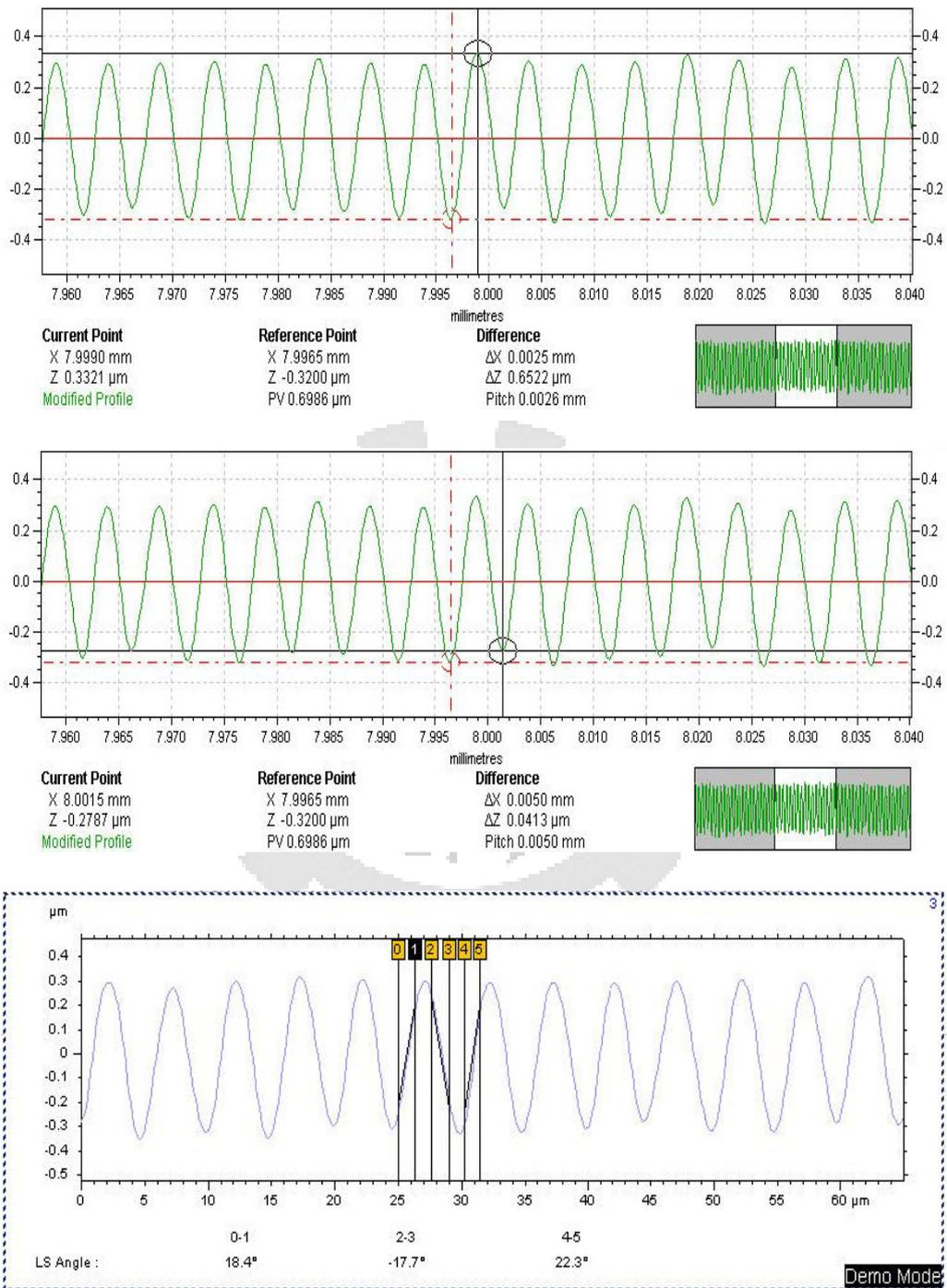


圖 5-48 微結構高度 2.5 μm 最差條件近澆口量測圖

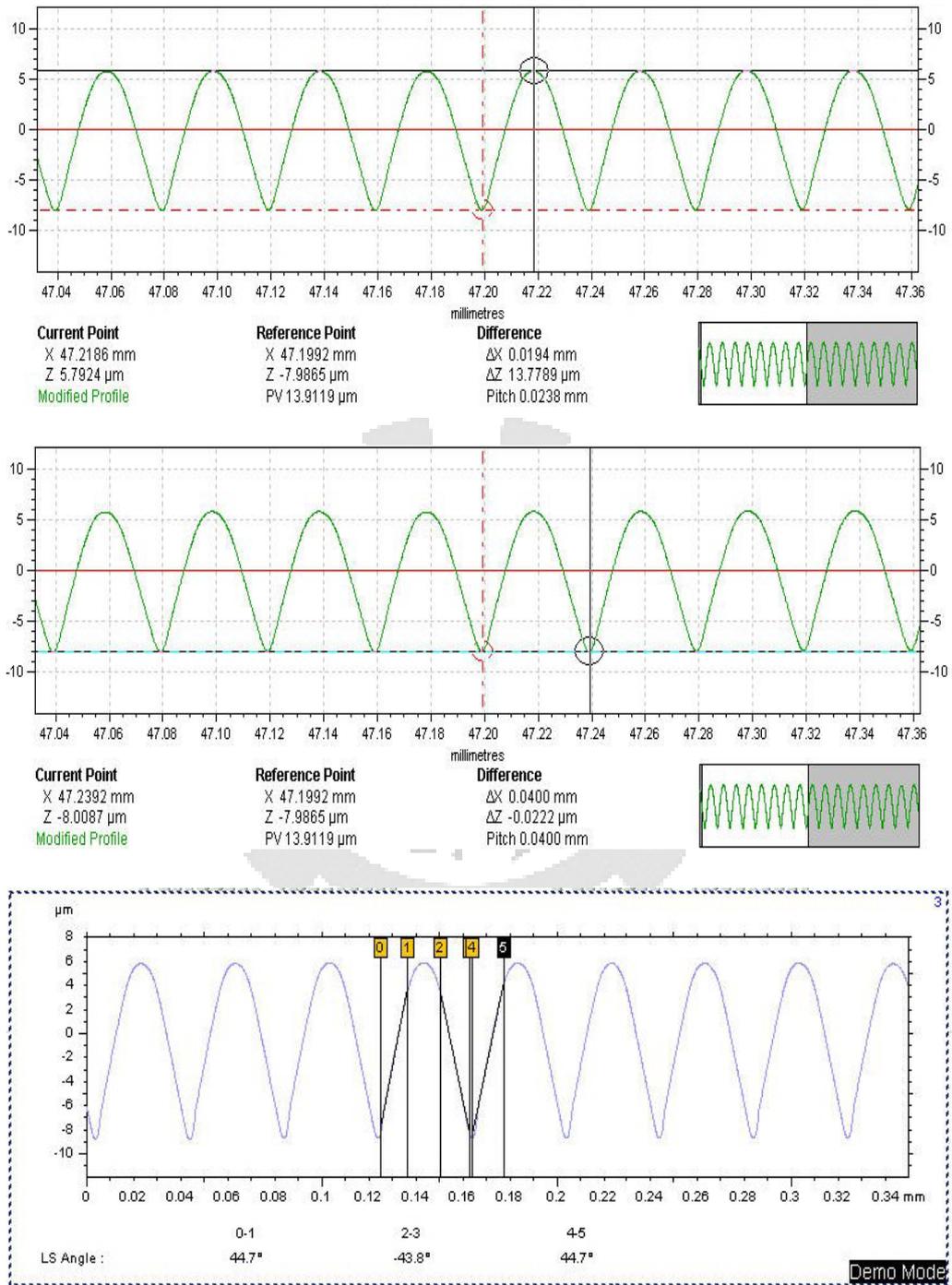


圖 5-49 微結構高度 20 μm 最差條件遠澆口量測圖

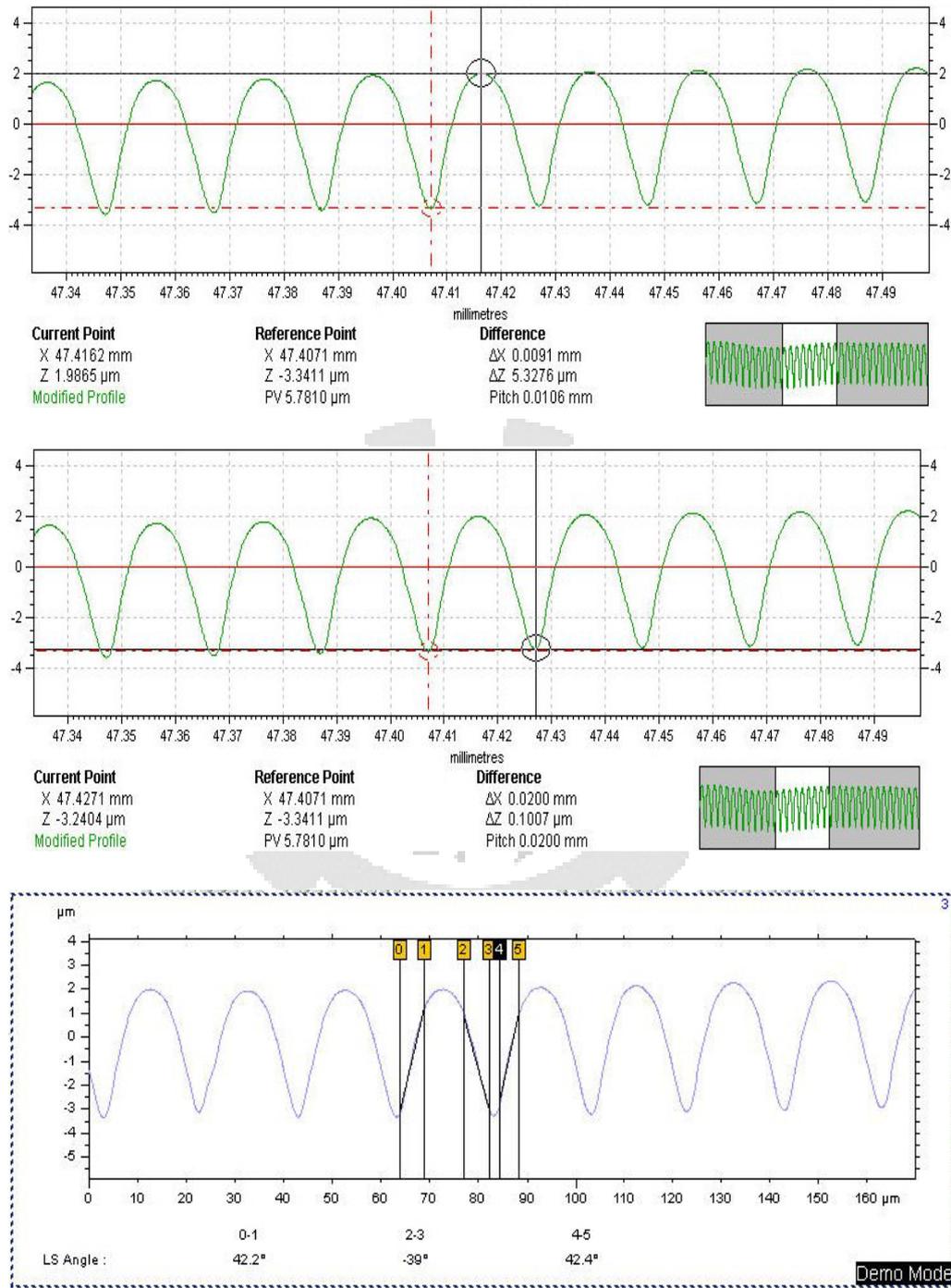


圖 5-50 微結構高度 10 μm 最差條件遠澆口量測圖

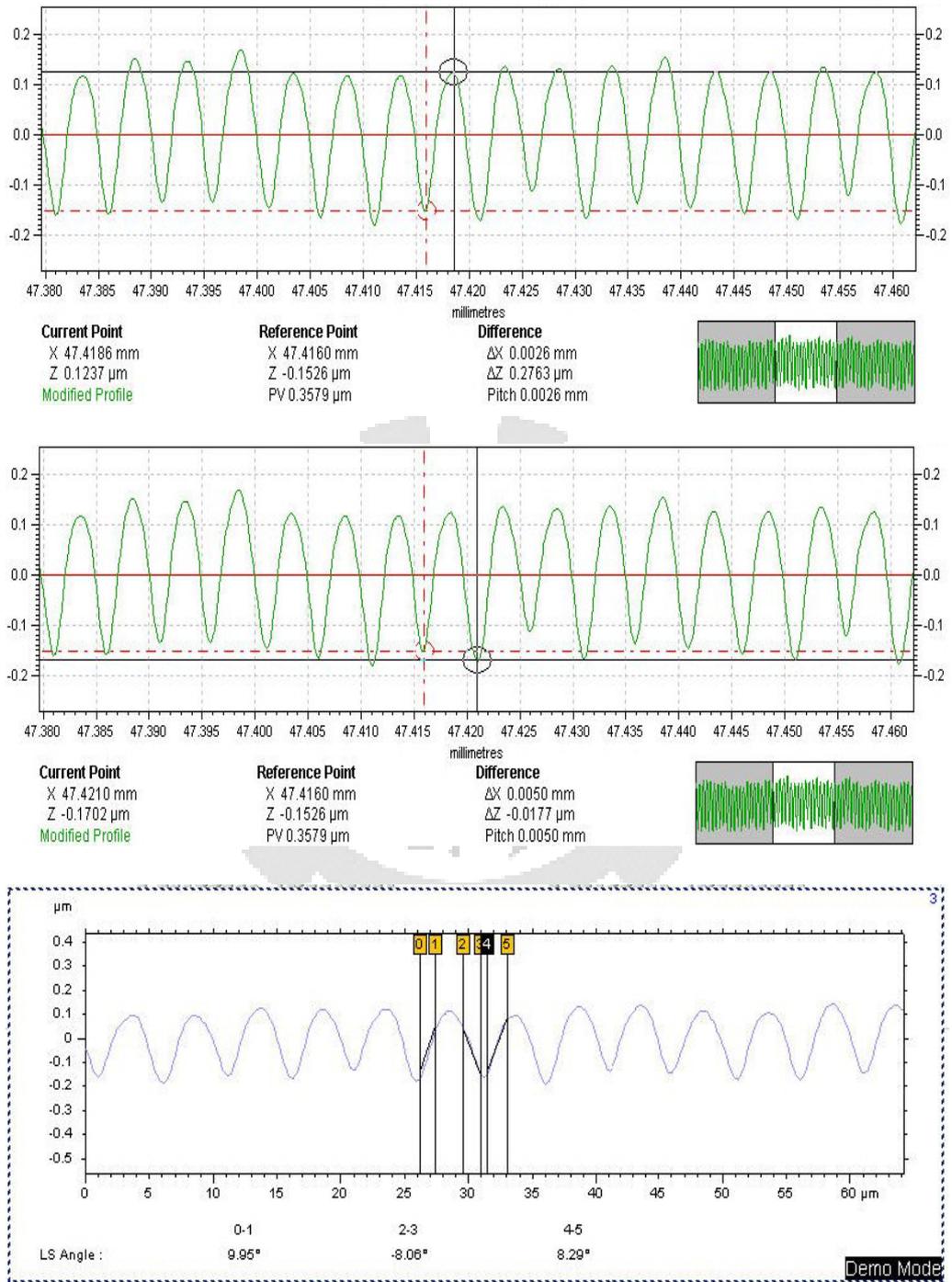


圖 5-51 微結構高度 2.5 μm 最差條件遠澆口量測圖

第6章 結論與未來研究發展

6-1 結論

本研究致力於超薄型導光板的V形微結構轉寫性進行探討，比較一般射出成型及射出壓縮成型並搭配變模溫系統的方式成型導光板，討論不同的成型方式對微結構的影響。首先探討超薄型導光板之精密成型實驗，找出本實驗的成型視窗，探討製程參數對超薄型導光板充填及成型性的影響。依據可成型範圍，探討製程條件與微結構轉寫性之關係，並以田口實驗計畫法進行微結構成型的最佳化實驗，之後以全因子實驗比較射出成型與射出壓縮成型方法微結構成型性以及使用光彈儀量測其殘留應力分佈，經分析整理後，可歸納出以下結論：

成型實驗探討

(1)成型視窗範圍隨著料溫改變，料溫高時成型視窗明顯較大，而當料溫較低，則需要高射速及高模溫才能成型，且成型視窗明顯縮小；在成型方式比較射出壓縮製程其成形操作視窗相對可以比射出成型製程成型視窗明顯增大。

(2)以微結構成型實驗與田口氏實驗計畫法，模具溫度是影響V-溝成型的主要因子。在模溫提高的操作條件下，充填進V-溝結構的熔膠會較慢冷卻，有助V-溝的成型，各部分微結構成型的轉寫比率有上升的趨勢，顯示高模溫下可以得到較好的微結構成型表現。

(3)以單一參數製程條件的射出成型與射出壓縮成型實驗，塑料溫度與射出速度是影響V-溝微結構成型的次要因子。在射出成型實驗，重要程度的依序會有互相顛倒之情形，而在塑料溫度提高的操作條件下，對射出壓

縮成型有較大之影響。

(4)以不同等級的微結構作為比較，當V-溝的尺寸越小越難充填，因為隨著微結構開口處縮小，造成熔膠不易充填進入微小之V溝，造成轉寫性較差。

(5)在微結構的成型上，導光板上微結構轉寫率為：近澆口>中間>遠澆口，當微結構離澆口越遠越難充填。而各微結最佳轉寫率，V-溝微結構高度20 μm 平均轉寫率為91.31%，微結構高度10 μm 平均轉寫率為93.34%，微結構高度2.5 μm 平均轉寫率為76.07%。

(6)使用變換模溫的方式，當模具溫度140 $^{\circ}\text{C}$ 時微結構高度10 μm 的轉寫率會優於微結構20 μm 轉寫率，因微結構高度較深，熔膠充填進入微結構需要更長的時間，所以當微結構還無法充填完全時熔膠就逐漸冷卻，造成兩者轉寫性的差異。

(7)射出壓縮所需的射出壓力較小且壓力平均，對微結構的標準差有明顯的改善，可得到均勻的V-溝轉寫高度，其標準差低於射出成型。

(8)以不同厚度之導光板微結構轉寫性，結果顯示不論射出成型與射出壓縮在導光板厚度0.3mm均有較好的微結構轉寫性，但是厚度0.3mm的標準差表現較差。

(9)射出成型在澆口附近有較大的殘留應力分佈，使用變換模溫的方式，以高模溫充填成品有助於降低其殘留應力，而射出壓縮成型模內壓力分佈較為平均，可以明顯將低殘留應力。

6-2 未來研究發展

在超薄型導光板射出成型，在技術上能存在著不少問題有待克服，因

此未來研究展望整理如下：

由於超薄件的微結構射出成型的問題需要提高模溫來幫助，因此可以嘗試利用不同模具升溫方式，進一步探討成型轉寫率的關係，例如加入表面升溫火焰加熱、高周波遠紅外線感應加熱、電阻式加熱、蒸汽式加熱等快速加熱系統，研究縮短製程週期控制。

在薄殼射出成形中，因熔膠在模穴內部溫度與壓力變化亦會產生極大的變化，為探討模穴壓力情形，因此可利用模內監控設備來觀察模穴內部充填過程中之壓力及溫度的變化，以瞭解實際壓力與溫度變化情形與對產品收縮有何關係。

在導光板薄型化的趨勢下，可以朝著厚度更薄的方向進行研究發展，並可進一步研究不同角度或高深寬比微結構運用在超薄型導光板的射出成型轉寫性探討。

產品薄化設計但往往因射出成型時高射速及高射壓，衍生出應力殘留、翹曲變形，因此在成型實驗設計部份，未來可再加入射出參數對成品翹曲影響的探討。

參考文獻

- [1] Johannaber, F., "Injection Molding Machines a User's Guide", Hanser /Gardner Publications, Inc., Cincinnati, p33-37, 1985.
- [2] Greener, J., "General Consequences of the Packing Phase in injection Molding", Polymer Engineering and Science, v26, n12, p886-892, 2001.
- [3] Friedrichs, "Injection Compression Molding of Thin-Walled Thermoplastic Parts", Kunststoffe German Plastics, v80, n5, p13, 1990.
- [4] Yoon, K., Wang K.K. "The Effect of Holding Pressure on Frozen-in Birefringence in Injection-Molding Disks, ANTEC, p2221, 1992.
- [5] 杜俐芊, "微米薄流路內之聚物流動特性", 交通大學碩士論文, 1998年6月。
- [6] Despa, M.S.; Kelly, K.W.; Collier, J.R., "Injection Molding of polymeric LIGA HARMS", Microsystem Technologies, v6, n2, p60-66, 1999.
- [7] 黃東鴻, "薄殼射出件翹曲變形與殘留應力研究", 成功大學碩士論文, 2001年6月。
- [8] 林昆燁, "射出壓縮成型於楔型版之研究", 長庚大學碩士論文, 2001年6月。
- [9] 蘇義豐, "射出成型應用於導光板之製程研究", 大葉大學碩士論文, 2002年6月。
- [10] 蔡俊欽, "導光板光學設計及製程之最佳化研究", 高雄應用科技大學碩士論文, 2004年6月。
- [11] 陳炤彰, "雙面微溝槽之薄件射出成形研究", 台灣科技大學碩士論文, 2005年6月。

- [12]黃彥文，“超薄型導光板光學設計與精密成型分析”，高雄應用科技大學碩士論文，2005 年6 月。
- [13]張宏榮，“微射出壓縮成型於背光模組導光板微結構之研究”，龍華科技大學碩士論文，2004 年6 月。
- [14]黃勝田，“雙面微結構超薄件微射出成型之實驗探討”，台灣大學碩士論文，2003年6 月。
- [15]張弘超，“射出成型製程參數對微特徵孔洞充填之影響”，成功大學碩士論文，2003 年 6 月。
- [16]吳宗佑，“射出壓縮成型在精密圓筒件與表面微肋件之應用探討”，台灣大學碩士論文，1999年6 月。
- [17]黃竹申，“超薄形導光板光學設計與製成之研究”，高雄應用科技大學碩士論文，2008 年 7 月
- [18]林瑞璋，“塑膠膜電腦輔助設計-MOLDFLOW軟體應用”，全威圖書有限公司，2006。
- [19]李輝煌，“田口方法-品質設計的原理與實務”，高立圖書有限公司，2000。
- [20]張永彥，“塑膠模具設計學-理論、實務、製圖、設計”，全華科技圖書股份有限公司，2005初版。

姓 名	王耀逸	性 別	男	
生 日	73/09/30	手 機	0916717764	
E-mail	Kevin730930@hotmail.com			
地 址	台北市南港區福德街 383 號 4 樓之 1			
求 學 經 歷				
起迄年月	學 校 名 稱	科 系	學 位	
96/9~98/6	國立高雄應用科技大學	研究所模具所	碩 士	
94/9~96/6	國立高雄應用科技大學	二技部模具系	學 士	
89/9~94/6	華夏技術學院	五專部 機械工程系	副學士	
論 文 與 專 題				
1	不同製程方法對超薄型導光板成型特性比較 (研究所論文)			
2	尺寸鏈的原理與應用(二技專題)			
3	創意機器人競賽：木櫃奇兵(五專專題)			
得 獎 記 錄				
1	南區大專院校聯合課程與創業提案競賽第三名			
2	國際塑膠工程師學會中華民國總會 2008 SPE 第二屆塑膠材料應用及加工技術比賽佳作			