

國立高雄應用科技大學
模具工程系碩士班
碩士論文

以模內壓力作為塑品品質線上監測之研究
**Online monitoring the products quality by measuring cavity
pressure during injection molding**



研究生：林君達

指導教授：黃俊欽 教授

中華民國 九十九 年 七 月

以模內壓力作為塑品品質線上監測之研究
Online monitoring the products quality by measuring cavity
pressure during injection molding

研究生：林君達

指導教授：黃俊欽 教授

國立高雄應用科技大學

模具工程系碩士班

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 2010

Kaohsiung, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九年 七月

博碩士論文電子檔案上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之論文為授權人在 國立高雄應用科技大學 模具工程系 不介
組 98 學年度第二 學期取得 碩士 學位之論文。

論文題目：以模內壓力作為塑品品質線上監測之研究
指導教授：黃俊欽

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文(含摘要)，非專屬、無償授權國家圖書館及本人畢業學校圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

- 讀者基非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

授權人：林君達
簽名：林君達

中華民國 99 年 08 月 10 日

以模內壓力作為塑品品質線上監測之研究

研究生：林君達

指導教授：黃俊欽教授

國立高雄應用科技大學模具工程系碩士班

摘要

在射出成形中，熔膠在模穴內的成形過程非常複雜，操作者僅能藉由射出機操作條件的調整來控制，無法很精確掌握模穴內的狀況。而塑品品質的判斷，大都是離線後才進行，因此往往造成很多不良品的產生和塑料的浪費。本研究將建立一套模穴內壓的線上監控系統，每一次成型過程中，藉由壓力訊號的擷取及分析，迅速判斷模穴內的塑品品質是否在可接受的管控範圍內，並送出訊號提供篩選器區隔良品或不良品。模穴內壓的線上監控系統主要重點包括選擇壓力擷取點的最佳位置、建立壓力訊號的擷取系統、決定模穴內的標準壓力曲線並建立其特徵值與管制上下限的範圍，每次射出成型時藉由壓力訊號擷取系統讀取模穴內的壓力值，迅速分析其特徵值，並且與管制上下限的範圍進行比對，以便迅速判斷該次成型的塑品是否為良品。

本研究以 6 吋導光板的射出成型作為測試載具，以壓力曲線下之面積及最大壓力作為特徵值，以質量 $\pm 0.3g$ 作為管制的上下限，以 LabVIEW 圖控軟體開發人機界面及進行壓力曲線的計算與分析。實驗結果顯示；模穴內壓的線上監控系統可以有效監控塑品的品質，在 500 次的射出成型週期測試中，其誤判率越低，表示此系統穩定度與可靠度越佳，經由此系統所篩選出來的塑品，其質量可控制在 $\pm 0.3g$ 以內。

關鍵詞：射出成形、模穴內壓、線上監控系統、品質判斷

Online monitoring the products quality by measuring cavity pressure during injection molding

Student : Chun-Da Lin

Advisor : Chun-Chin Huang

Institute of Mold and Die Engineering,
National Kaohsiung University of Applied Science

Abstract

Injection molding is a flexible production technique for the manufacturing of polymer products. During processing, the injection molding parameters, such as mold temperature, melt temperature, packing pressure and packing time, is affected the final properties of product. The cavity pressure is a significant key factor. Residual stress and injection molding weight is significantly affected of the cavity pressure. This study is created an approach to predict weight of injection-molded by real-time online the cavity pressure monitoring. A Light Guide Plate (LGP) 6 inches with thickness 1mm was employed in this research. A relationship between the cavity pressure and the injection molding weight was obtained. This relationship is indicated weight of plastic part in range or overweight. An integrated LabVIEW program was acquired the cavity pressure signal through NI-DAQ card and pressure sensors. After that, the program was gathered and analyzed pressure data by comparing with a desired pressure value in range from the relationship to obtain desired weight of injection molding part. The results showed that, the integrated program is predicted the injection molding weight in range $\pm 0.3g$ with required input, which the cavity pressure from the relationship, and a standard deviation, that was employed $\pm 0.3g$. The error of the monitoring system is low. This means that the monitoring system is stable and reliable.

Keywords: Injection Molding, Cavity pressure, Online monitoring system

誌 謝

兩年的研究所生活將告一段落，回顧這兩年的研究生涯可說是多采多姿。這段期間很感謝陪著我一起成長、學習、互相鼓勵求進步與指導我的夥伴們。

首先感謝我的指導教授 黃俊欽教授。老師的學術涵養與待人處事態度是值得我們學習的榜樣。在老師的細心指導與經驗分享，讓我除了在學識上增長外也讓我累積了不少現場經驗，並且很感謝老師的在論文上的指教讓論文內容上可以最佳的完備。還要感謝口誦委員王珉玟教授、黃聖杰教授的指教，讓論文更加完善。

其次我要感謝我的家人，在我遇到挫折與瓶頸時給我鼓勵與開導，並且這兩年來的大力支持與包容，讓我充滿信心往前邁進。

最後要感謝成功學長、苾任學長、有鎰學長、阿信學長、老王學長、小郭學長在研究期間的指導與協助。感謝同窗耀峻、昆霖、小美、與象哥的互相鼓勵與打氣，讓這兩年的研究生涯充滿回憶。也感謝學弟妹小胖、宏偉、小林、一帆、乙玄這段期間的分擔實驗室事務，同時也祝你們順利完成碩士學位。另外也感飛統自動化公司製造部建智經理與其他同仁，中研院劉育男工程師、及PMC睿文、智雄，提供研究所需之機台與程式問題解析之幫忙。

碩士這段期間，受到很多人的照顧與教導，真的很感謝你們，讓我受益良多並且讓我茁壯、專業領域更加踏實。

目 錄

摘 要.....	I
Abstract.....	II
表 目 錄.....	VI
圖 目 錄.....	VII
第 1 章 緒 論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 熱澆道與溫度控制簡介.....	2
1.3 研究動機與目的.....	5
1.4 文獻回顧.....	6
1.5 論文架構.....	9
第 2 章 基本原理與模流分析.....	14
2.1 射出成形簡介.....	14
2.2 模內感測原理.....	15
2.3 塑膠流動固化層對充填影響.....	17
2.4 保壓壓力與成形之影響.....	18
2.5 模內壓力曲線.....	19
2.6 導光板模流分析.....	20
2.6.1 製程參數設定.....	20
2.6.2 壓力擷取點的位置.....	21
第 3 章 建立壓力訊號擷取系統.....	30
3.1 建立壓力訊號擷取系統.....	30
3.1.1 LABVIEW 軟體介紹.....	30
3.1.2 系統功能說明.....	31
3.1.3 硬體設備規劃.....	31
3.1.4 訊號處理.....	32
3.1.5 擷取系統取樣速度.....	33
3.1.6 不良品篩選器.....	33
3.1.7 篩選器通訊架構.....	34

3.2	程式原理	35
3.2.1	黎曼積分 Riemann integral.....	35
3.2.2	三階多項式	37
3.3	決定模穴內標準壓力曲線	37
3.4	建立其特徵值與管制上下限的範圍	38
第 4 章	射出成形實驗與成品檢測	47
4.1	實驗流程	47
4.2	實驗材料與設備	47
4.2.1	實驗材料	47
4.2.2	實驗設備	48
4.3	導光板檢測	50
4.4	系統誤判與正確判斷法則	50
4.4.1	兩特徵值同時進行判斷	50
4.4.2	單一特徵值進行判斷	51
第 5 章	結果與討論	65
5.1	壓力擷取點的位置	65
5.2	模內壓力	65
5.3	模內最大壓力／壓力曲線下面積與重量之關係圖	66
5.4	系統篩選成品測試	67
第 6 章	結論	78
6.1	結論	78
參考文獻	79
附件一	LabVIEW 程式.....	82
附件二	PLC 篩選器	85
附件三	PLC 篩選器	86

表 目 錄

表 2-1 壓力感測原理及方法.....	22
表 2-2 溫度感測器類型.....	22
表 2-3 製程參數.....	22
表 3-1 PLC 元件位址表.....	38
表 4-1 Kuraray GH-1000S 光學級壓克力(PMMA)物性表.....	52
表 4-2 ARBURG All Rounder 320C 射出成形機規格表.....	54
表 4-3 PRIAMUS 壓電式壓力感測器規格.....	55
表 4-4 NI USB-6216 資料擷取卡規格.....	56
表 4-5 數字溫度計規格.....	58
表 4-6 兩特徵值之判斷法則.....	59
表 4-7 單一特徵值最大壓力判斷法則.....	59
表 4-8 單一特徵值面積判斷法則.....	60
表 5-1 導光板質量表.....	69

圖目錄

圖 1-1 模穴內部溫度及壓力訊號監控圖	11
圖 1-2 利用模穴內部溫度及壓力訊號進行自動控制圖	11
圖 1-3 模具實體	12
圖 1-4 溫度感測器安裝	12
圖 1-5 實驗規劃流程圖	13
圖 1-6 實驗規劃流程圖	13
圖 2-1 射出成形程序	23
圖 2-2 平板電容示意圖	24
圖 2-3 壓電效應	24
圖 2-4 塑料射出充填之噴泉效應與皮膚效應示意圖	24
圖 2-5 常見的保壓曲線設定	25
圖 2-6 模穴內充填末端點的壓力曲線	25
圖 2-7 典型模穴壓力時序曲線圖[1]	26
圖 2-8 成品尺寸	26
圖 2-9 模流分析塑料物性資料(GH-1000S)圖	27
圖 2-10 ARBURG 射出成形機資料	27
圖 2-11 模流分析的有限元素模型	28
圖 2-12 熔膠流動波前圖	28
圖 2-13 最大模穴壓力分佈(0.38s)	29
圖 2-14 壓力擷取之感測器位置分析	29
圖 3-1 穴壓力擷取系統流程圖	39

圖 3-2 LabVIEW 軟體.....	40
圖 3-3 人機介面首頁頁面圖.....	40
圖 3-4 品質判斷頁面圖.....	41
圖 3-5 壓力曲線數學化.....	41
圖 3-6 系統存取檔案頁面.....	42
圖 3-7 不良品篩選器.....	42
圖 3-8 差壓接地方式.....	43
圖 3-9 通訊模式.....	43
圖 3-10 不良品篩選器流程.....	43
圖 3-11 編碼模式計算圖.....	44
圖 3-12 連結 PLC 圖(人機介面).....	44
圖 3-13 連結 PLC 圖(程式區).....	44
圖 3-14 LabVIEW 程式端基本參數圖.....	45
圖 3-15 程式端 PLC 字元運算圖.....	45
圖 3-16 程式端接收回傳值圖.....	45
圖 3-17 曲線下所為面積圖.....	46
圖 3-18 黎曼積分圖.....	46
圖 3-19 成品重量製程管制圖.....	46
圖 4-1 六吋導光板示意圖.....	61
圖 4-2 實體模具.....	61
圖 4-3 線上篩選系統.....	62
圖 4-4 ARBURG All Rounder 320C 射出成形機.....	62

圖 4-5 PRIAMUS 壓力感測器圖	62
圖 4-6 PRIAMUS 壓力感測器尺寸圖	63
圖 4-7 NI USB-6216 資料擷取卡.....	63
圖 4-8 三菱 AX1s-14MR 可程式控制器圖	63
圖 4-9 數字溫度計	64
圖 4-10 精密電子天秤	64
圖 5-1 模擬壓力感測點位置圖	69
圖 5-2 感測點位置壓力分佈圖	70
圖 5-3 近澆口端與遠澆口端壓力變化.....	71
圖 5-4 系統監視畫面圖	72
圖 5-5 模內最大壓力分佈圖	72
圖 5-6 模內壓力曲線下面積分段示意圖	73
圖 5-7 模內壓力曲線下面積分布圖	73
圖 5-8 成品重量分布圖	74
圖 5-9 保壓 30%至 80%平均重量分布圖	74
圖 5-10 保壓 30%至 80%平均重量分布圖	75
圖 5-11 模內最大壓力製程管制圖	75
圖 5-12 壓力曲線 5 秒面積製程管制圖	76
圖 5-13 保壓 50%製程管制圖.....	77

第1章 緒論

1.1 前言

射出成形的模內訊號監控在產業上的應用是非常廣，也非常重要的。在射出成形中，熔膠在模具內部的成形過程卻宛如一個黑箱(block box)，操作者僅能藉由射出機操作條件的調整來控制成形過程，例如藉由調節射出機的螺桿前進速度來控制熔膠注入模穴的體積流率(cm^3/sec)，但是熔膠在模穴內的流動卻常常受到模穴內部肉厚的不均勻、模溫的不均勻、澆口位置等因素的影響，例如在肉厚薄或模溫低的部位常出現滯流現象，遠離澆口的地方常因熔膠無法充份補充到該處而出現收縮凹陷的現象。因此，熔膠在模穴內的實際行為非常複雜，很難由射出機的操作條件直接控制。雖然近幾年模流分析軟體的開發已有很大的進展，配合電腦硬體的提升，三維模式的分析已能充份模擬熔膠在模穴內的流動行為及成形過程，溫度、壓力、剪切、流動波前、殘留應力、凹痕、收縮翹曲等許多物理量及現象都能預估，並且透過後處理功能將結果色彩化，能夠讓工程師迅速瞭解熔膠的成形過程。但是由於對熔膠真正的流變性質及模穴環境很難掌握，因此模擬結果與實際狀況仍有一段差距。為了真正掌握模穴內的實際狀況，透過量測技術直接以壓力及溫度感測器擷取模穴內的壓力及溫度訊號，進一步分析運算之後，自動控制射出機的操作條件以便得到品質更好的產品，將是未來很重要的技術開發。模穴內部壓力及溫度的監控大致可分為兩個層次，單純的訊號擷取比對與進階的迴饋控制射出機或週邊系統。例如：控制閥澆口的開關、控制熱噴嘴的溫度等。模內訊號監控的應用可分類如下：

在單純的訊號擷取比對中，只量測模穴內部壓力及溫度訊號，瞭解模穴內部

的狀態，作為判斷成形過程穩定與否的依據，若訊號異常則可視為成品不良。例如安裝在模穴內的壓力感測器如果量測到的模穴壓力偏低，表示保壓過程中壓力傳遞出現問題，將極有可能造成該模穴產品收縮或重量不足。操作人員應檢查保壓壓力是否足夠，並於予適當的調整。如圖 1-1 所示。

在迴饋控制射出機方面，是將量測到的訊號傳入控制器，比對目標值，並且透過控制策略計算之後送出適當的訊號控制射出機的成形條件，如圖 1-2 所示。

例如以下幾個例子可以說明其功能：

(1) 安裝在充填末端的壓力感測器如果量測到的模穴壓力值與目標值比較，發現偏低現象，有可能是保壓壓力不足，也有可能是溫度偏低造成凝固層的生成阻礙壓力的傳遞，也有可能是進料量不足，因此可透過控制器的運算及訊號輸出，自動調整射出機的保壓壓力或進料行程。

(2) 安裝在澆口附近的壓力感測器如果量測到的模穴壓力值過高，或在澆口冷卻之後，模內壓力仍持續居高不下，則表示壓力過剩，此訊號傳至控制器經過處理之後，控制器輸出訊號將射出機的保壓壓力作適當的調降。

(3) 在模穴內適當的地方安裝壓力感測器，當此處壓力值到達設定值之後，將射出機由充填階段的速度控制切換成保壓階段的壓力控制模式，亦即以量測到的模穴內部壓力訊號作為充填/保壓的切換依據。

1.2 熱澆道與溫度控制簡介

熱澆道(hot runner)系統能夠允許塑料在澆道內維持高溫熔膠狀態，配合閥澆口的控制可以讓不同熱澆道的熔膠注入模穴內的時間有所差異。此功能可應用於許多改善流動平衡的一模多穴系統。然而熱澆道模具，不論是全熱或半熱澆道，

自然平衡的最佳化一般是由製造者完成，即使事先的充填模擬顯示會同時充填各穴模，然而實際射出時卻往往產生不同程度的充填差異，而這些差異也不斷再改變，產生這種差異主要歸咎於熱澆道的操作原理是開放式的控制設計，亦即只有將溫度設定於熱澆道溫度控制器內，去控制噴嘴及分流板溫度，但卻沒有任何的資料告訴我們，目前實際的溫度差異有多少，對製程的影響有多大。況且最佳的品質不僅是比較熱澆道設定值的大小，而是要控制熔膠的黏度，才能掌握其的流動行爲。因此，配合模穴內部的溫度及壓力訊號量測，將可充份改善這方面的不確定性因素。以下則以熱澆道閥澆口的開關及溫度控制爲例來說明幾個實際的應用案例。

(一).應用於汽車大型件之流動平衡控制

此例子是利用 Priamus 的溫度感測器及設備，應用於汽車領域大型成品的射出製程，這些大型射出成品常常需要利用順序閥針，但是閥針的控制往往是使用開放式的控制，無法完全控制融膠的流動情況，此案利用溫度感測器偵測模內融膠流動的速度及時間，以作爲控制順序閥針開關的依據，使得雙穴模具融膠充填能夠一致性，此種流動平衡的控制能讓每一個模穴有相同的壓力分佈，因此由各別模穴所得的成品有相同的尺寸、收縮率及變形度。此外，順序閥針的控制亦可有效控制成品的品質，例如用於大型件的多澆口成形，可避免多澆口所造成的結合痕跡。

以圖 1-3 所示的模具爲例，設計一模二穴且上下對稱排列，每一模穴由四個閥澆口進膠，以往當兩邊模穴流動無法達平衡時，操作人員是微調熱澆道的溫度，利用溫度改變熔膠流動性使兩模穴能同時填滿，達到流動平衡。但這種利用人工調整熱噴嘴的溫度來補償熱澆道充填不平衡現象的作法是非常費時的。如圖 1-4 所示，在熱澆道閥針的前端安裝溫度感測器，利用溫度感測器所擷取到的訊號，

控制閥澆口的開關，使熔膠在兩模穴內的流動能夠一致，並且達到流動平衡。圖 1-5 顯示，經過精確的控制閥澆口開關，兩模穴中由溫度感測器量測到的溫度訊號幾乎同時出現，這表示熔膠在兩模穴內的流動波前位置是一致的，也能同時填滿兩個模穴。此種閉迴路的控制技術使熔膠於各穴模內充填的速度可以得到控制，進而以較相同壓力的熔膠去成形每一穴，此法可以有效的降低成品翹曲量的變異程度及外觀的變異而穩定生產，確保各穴的成品尺寸及物性更均一。

(二)、應用於小型件一模多穴之流動平衡控制

為提高生產效率，多穴模具大量被應用於射出製程，愈多穴的模具，它的製程就愈不易掌控，尤其在品質的一致性方面。若產品有特殊需求，例如精確尺寸且公差要求很小，則要將每一模穴成品製程最佳化，就會明顯增加熱澆道和模具技術的困難度。最主要的問題是充填的平衡度，也就是各模穴不平均的充填現象所導致。例如在射出的階段，融膠於各模穴的壓力不同、黏度不同而造成充填不一的現象。在保壓切換點時，有些已經充填完成，有些則尚未達到適當的切換位置，對於已經充填滿的模穴，形同過慢保壓切換，這時就很容易產生過度充填及毛邊的現象產生；而對於尚未達到適當的切換位置的模穴，則形同過早切換保壓，也就是利用保壓作末段的充填，若保壓壓力不足很容易產生收縮現象產生。傳統的製程最佳化是量測模穴壓力，這個技術主要適合於單穴模具，很少應用於多穴模具。尤其當各模穴是處於充填不平衡狀態時，利用單穴的壓力感測器是無法提供其他穴的模內壓力曲線，換句話說，當模具是 64 穴或更多穴時，若考慮經濟價值，量測各穴的壓力已經是不可行的方法，然而量測各穴的溫度是較經濟的做法，可以提供全自動的控制，平衡熱澆道系統，和提供有價值的資訊作製程最佳化。

使用溫度感測器還有一項很有用的技術，例如利用熱澆道閉迴路控制完成多

穴模具的最佳化控制，使各模穴溫度曲線中瞬間升起的时间一致，亦即已達充填平衡。但由溫度曲線仍可以觀察到各穴間溫度明顯的差異（圖 7），特別是大面積的成品就會產生明顯的影響，因為不同成形溫度會產生成品不同的收縮行為。此外，小型的壓力感測器會有量測上的風險，感測器會因為安裝於模穴內而失去部分的敏感度，當應用於多穴模具時，不同模穴的壓力感測器會因為不同的敏感度而無法提供所需要的正確訊號。但溫度感測器則可以被穩定的安裝固定於模穴內，因為溫度感測器不會因為安裝於不同穴的模具而產生不同的性質。

1.3 研究動機與目的

隨 3C 產品科技不斷提升與品質不斷精進，其產品特性皆以輕、薄、短、小、省電、高亮度、高解析度、高品質及降低成本的趨勢發展，因此液製造技術的提昇發展非常重要，而在 3C 塑膠產品射出成型過程量產時，大都是離線後才進行抽樣判斷塑品品質好壞，而線上監測為为了提高生產效率，及時改善製程上發生之問題。

由文獻回顧之多數研究大都以質量為監控指標，亦未考慮保壓壓力如何搭配，因此，本研究擬開發一套壓力線上監控系統，以 LabVIEW 圖控軟體開發操作界面，利用最大模穴壓力值與模穴壓力曲線積分值作為判斷品質之特徵，透過壓力感測器擷取模穴內壓力訊號，藉由訊號的擷取及分析，迅速判斷模穴內的塑品品質是否在可接受的管控範圍內，使塑品維持穩定的質量並確保得到品質更好的產品。

1.4 文獻回顧

Huang【1】證明利用安裝感測器，探討所監控射出速度、射出壓力、保壓壓力、保壓時間等之變化，對熔膠在充填及保壓階段成形品質之影響。實驗結果顯示油壓壓力、射嘴壓力、近澆口處模穴壓力及遠澆口處模穴壓力四者的壓力曲線與成形品質之關聯性，並使用模穴壓力訊號以灰預測方法進行切換點控制在定量的分析上可改善成品重量集中度，研究也發現模穴壓力時序曲線的最大值和積分值皆與成品重量呈現正向線性關係，說明模穴壓力時序曲線之最大值與積分值相當適合做為品質監控的參考。

Kamal 等人【2】說明精密重量控制對小型零件產品，仍具有相當大的商業價值，製程上些微的變異量會造成相當大的尺寸精度影響，所以重量變異量大小會反應出製程能力的好壞，因此發展可行的控制方法控制成品重量相當重要，研究中以間接方法找出重量與成形參數的關聯性，再進行參數控制，結果除了對模穴壓力及融膠溫度的控制以確保成形品的重量能達一致外，再加上冷卻溫度的控制，用這三個參數進行成形條件控制之方法可降低重量變異量。經實驗結果顯示：模穴壓力的變動量與成品重量關係成正比，且當該實驗將熔膠溫度與模穴表面溫度控制至穩定狀態時，可明顯發現模穴壓力與成品重量之分佈關係圖，所顯示之關聯程度相當強烈，經實際重量量測後驗證成品重量品質的誤差，確實可有效達到控制。

Suzanne 等人在【3】【4】為改善射出成型品質，提出使用類神經網路 (Artificial Neural Network, ANN) 系統去監控模穴壓力狀態。該實驗方法將各種不同保壓壓力 (Holding pressure) 及料管溫度 (Barrel temperature) 參數所形成之模穴壓力曲線，將該組資料放入類神經網路中之倒傳遞 (Back Propagation Network Model, BPN) 進行資料學習與訓練，待達到收斂完成後，即將該控制模組 (Pattern controller)

運用於判斷每一模測得之保壓壓力、料管溫度及其所形成之模穴壓力資料進行成型品質的預測。實驗結果發現：利用模穴壓力配合著類神經網路系統進行成型品質判斷，即使對參數做任何變動，系統能可靠的依據模穴壓力曲線變化做適當的品質判斷。

Suzanne 等人【5】比較使用線性迴歸模式 (Linear Regression Model)、反相傳遞神經網路模式 (Back Propagation Network Model, BPN Model) 及統計型製程控制模式 (Statistical Process Control Model, SPC Model) 對成型品質預測的效果，在其研究方法：第一部份為分別設定各模組之離散型資料 (Discrete Data) 如：模穴壓力峰值與射嘴壓力等，作為該模組預測重量品質之依據。經第一部份實驗結果顯示，BPN 與 SPC 模式預測準確度較線性迴歸模組佳，但由於 BPN 與 SPC 之預測重量品質結果相當趨近，因此作者認為若能精確利用成型品長度之公差

(Tolerance)，作為品質量測之指標應為可行之方法，因此在第二部分實驗上，作者便直接對 BPN 與 SPC 兩模組均以模穴壓力峰值作為預測成品長度之依據，經該次實驗結果顯示：BPN 模組在該次品質預測結果正確率較 SPC 模組高 10% 以上，故在對射出成型品品質預測方法上，BPN 預測模組作者認為是值得採用的，但該文獻研究所提出之實驗模組無法對成型品之缺陷特徵進行預測，如：毛邊或短射。

Kistler 公司技術報告【6】說明非結晶性塑料的模穴壓力特性在保壓階段會較陡下降，而部份結晶性塑料的模穴壓力特性在保壓階段會較平緩，待澆口固化後內部壓力才大幅度下降。且在射出初期由於模溫尚未達到穩定平衡時，塑料黏度也隨溫度不同而變化，會導致成品品質漂移。報告中以聚縮醛(Polyacetal)為例，說明前 30 模次的射出成形現象，模具溫度會逐漸上昇，而油壓壓力最大值幾乎沒有變化，但是模穴壓力積分值卻會逐漸上昇，造成成品重量逐漸加大；而射嘴溫

度在這 30 模次也有些微的變化，使得模穴壓力積分值在前 10 模上昇，後 20 模會逐漸下降，這種現象也會造成成品重量呈現同樣的趨勢，因此若能由模穴壓力曲線積分值相對監控成品重量亦是一項良好控制的方法。

Rawabdeh 與 Petersen【8】整理有關於射出成形與押出成形的監控方式，其中線上量測方式屬於直接接觸融膠，有壓力、溫度等，而屬於間接接觸，有紅外線、光纖內視鏡、超音波等；雖然製程參數監控方法隨不同需求而異，但作者認為用點壓力與點溫度要來解決融膠成形問題並不是很有效，因為塑料的不均勻性會造成壓力與溫度的改變，而且模穴壓力有一不利因素就是需要高組裝精度與表面粗糙度，然利用超音波的應用是較推薦方式，但也說明利用模穴壓力與溫度來預測成品品質仍是目前最有效且簡單的方法。

李孟儒【11】以模穴壓力訊號監控成型品質之管制方法，其方法乃使用模穴壓力感測器擷取每一成型週期之模穴壓力狀態曲線，再進一步計算出該壓力曲線之最大模穴壓力 (P_{max}) 及模穴壓力曲線積分值 (P_{index}) 以作為監控成型品質之主要判的依據。並提出以田口法(Taguchi Method)，L18直交表進行以降低毛邊為改善目標之方法，藉由識別貢獻度較大之成型參數，從貢獻度較高之參數中尋得最佳之參數組合，如此亦可有效提昇成型品質之辨識率。系統經模穴壓力曲線所求得之最大模穴壓力值及模穴壓力曲線積分值，因其與成型品質甚具關聯性，故亦可當調整成型參數時之可靠的參考依據。

汪忠諺【10】利用建構於 PC-based 控制器之精密射出成型機上，設計一智慧型控制系統能針對環境條件自調線上參數生產符合品質要求之光學塑件。並採用類神經網路之架構，期望能提供射出成型機良好智慧型控制系統，進而提高光學塑件良品率。內文提到針對體積收縮率而言，保壓壓力與模溫為主要影響因子，

低保壓壓力與高模溫對體積收縮率有良好改善，保壓壓力過大，會因過度保壓而有膨脹現象。

張棟瑜【13】研究結果顯示，利用製程管制圖來設計模穴壓力曲線的上下限，經由資料擷取系統所得到的樣本數據，監控產品是否在所規定的品質上下限範圍內。而規定上下限的方法可使用最大模穴壓力值與模穴壓力曲線積分值管制方法來對製程狀態進行監控，其最終的目的在使產品的品質變異在管制狀態下。該研究亦透過對射出成形過程模穴壓力之量測作為調整CAE模擬參數的參考。調整CAE射出機參數，主要為保壓壓力，使CAE模擬所得之模穴壓力曲線與實際量得相近似。結果顯示調整後之變形誤差較直接使用實際射出機參數作模擬更接近於實驗結果至少有24%以上之改進。

1.5 論文架構

本文主要架構如下：

第 1 章 緒論

簡介如何以量測技術擷取模穴內的壓力及溫度訊號，控制射出機的操作條件以便得到品質更好的產品，及本論文的實驗規劃流程，並說明本文的研究動機以及相關文獻回顧。

第 2 章 成形原理與模流分析

根據設計的導光板，配合模流分析軟體，決定射出的參數，並分析模穴壓力感測器之擷取位置。

第 3 章 建立壓力訊號擷取系統

建構模穴壓力擷取系統，由 LabVIEW 撰寫程式控制，擷取成形品一完整

之成形週期模穴內壓力訊號變化狀態，交由程式系統進行分析，以間接方式篩選產品品質。

第 4 章 射出成形實驗與成品檢測

介紹本文之實驗設備、方法與流程，並對六種保壓壓力進行模內壓力監控，並記錄成品特徵值，以建立模內壓力標準曲線。

第 5 章 結果與討論

說明實驗結果與討論，探討利用模穴內壓的線上監控系統是否可以有效監控塑品的品質，及說明 CAE 分析壓力感測器之適當擷取位置。

第 6 章 結論

探討模穴內壓對成品品質之影響性，並探討未來研究方向和趨勢。



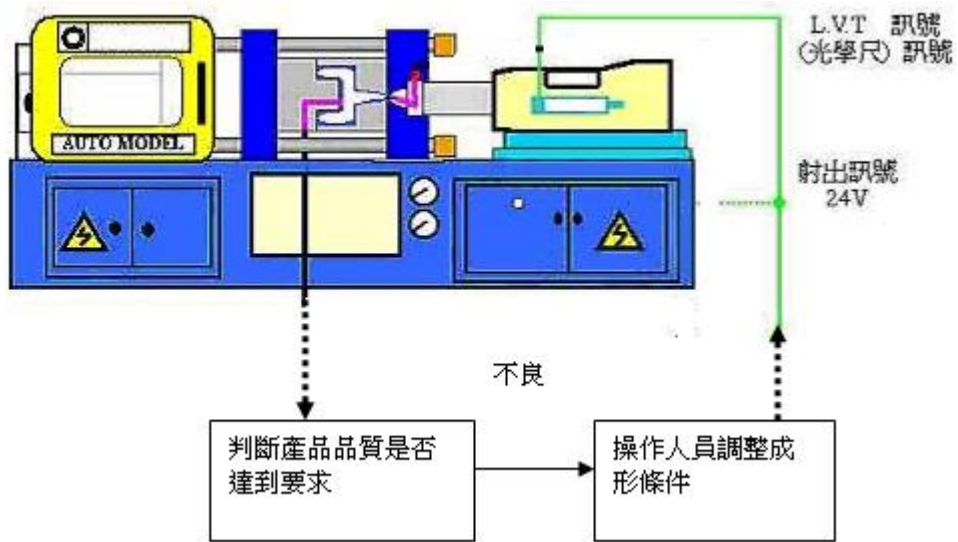


圖 1-1 模穴內部溫度及壓力訊號監控圖

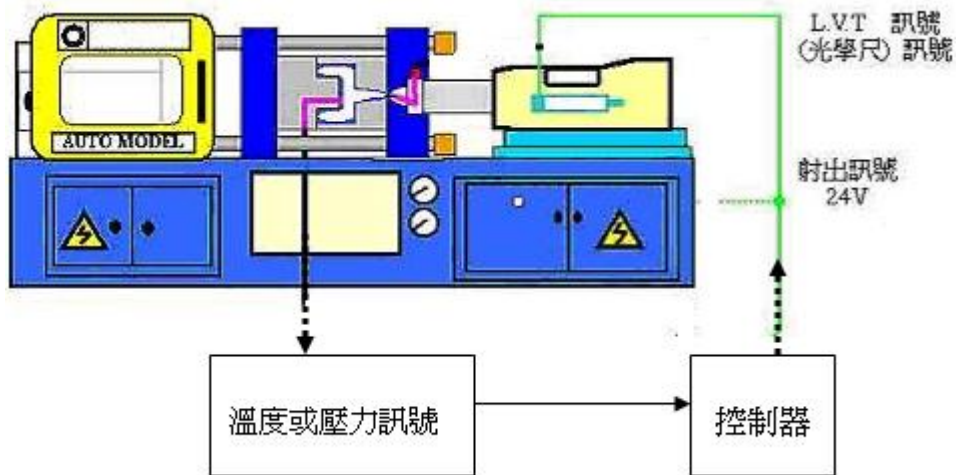


圖 1-2 利用模穴內部溫度及壓力訊號進行自動控制圖



圖 1-3 模具實體

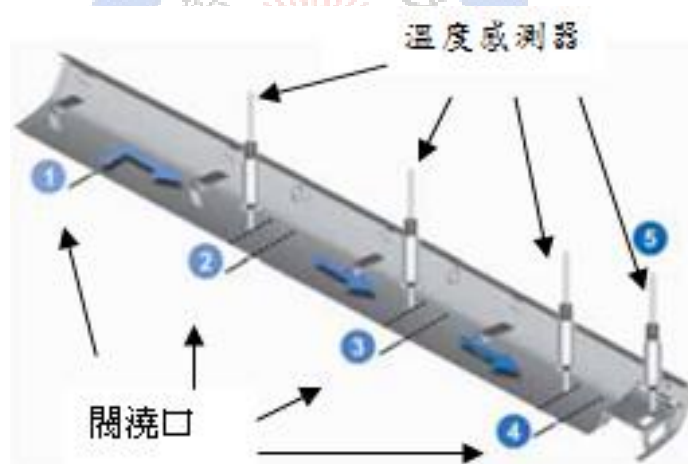


圖 1-4 溫度感測器安裝

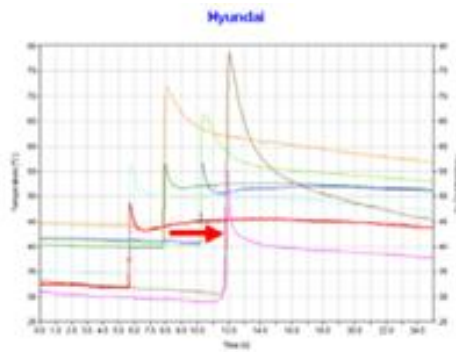


圖 1-5 實驗規劃流程圖



圖 1-6 實驗規劃流程圖

第2章 基本原理與模流分析

2.1 射出成形簡介

射出成形是目前最廣泛應用於塑膠成品的成形法，其原理是利用螺桿將顆粒狀塑料加熱成熔融態，再以高壓推動熔融塑料注入模穴內，待成品冷卻固化後再開模將成品頂出。射出成形常用於熱塑性塑膠，因其可生產複雜性較高的製品，且射出成形較符合大量生產的經濟效應，在產品設計上的自由度亦高，但上述各項優點的先決條件是：產品與模具必須有適當的設計，且要能搭配適當的射出成形機。目前產品與模具的開發皆可採用電腦模流分析軟體來輔助挑選塑料與射出成形機，更可預測不同的成形參數對於射出成形的影響，讓設計者在設計時可了解塑料流動過程，促使塑膠產品的設計更加快速。

射出成形會隨塑料種類與成品形狀的不同而須做調整，但其原理不外乎是熔化、流動、保壓、固化四個基本變化，因此將整個射出成形過程分為五個階段，如圖 2-1：

1. 烘料與塑化階段

在進行射出成形前，須先將塑料預熱烘乾，排出塑料內的水分，以避免產品出現水氣。烘料結束後，將塑料倒入料桶內，並設定料管溫度。模具溫度是由模溫機所控制，可在進行射出成形前先設定，使其逐漸加溫。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。

2. 充填階段

在可塑化狀態下的熔融塑料，因螺桿前進的推擠壓力而往模穴進行射出動作，直到充滿整個模穴的過程。此階段因決定成品外觀、結晶度及分子配

向性，所以塑料的流動係數便顯得更加重要。若塑料流動性差的話，可能導致短射現象，但若塑料流動性佳的話，有可能因為成形壓力過大而產生毛邊，因此在射出成形前，須先了解塑料的物理性質。

3. 保壓階段

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。此階段決定成品的輪廓外形，只是可能因為壓縮過度而發生毛邊或損壞模具，故須注意保壓壓力的調整。

4. 冷卻階段

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，因此以模具內的冷卻水路帶走熱量，惟因冷卻須維持一段時間，直到成品硬化到足以承受頂出而不變形。此階段會影響產品的翹曲變形與平均厚度，故須設計適當的冷卻水路，以使產品達到均勻冷卻。

5. 開模與頂出階段

成品完成冷卻後，射出機便開始進行開模動作，但因成品冷卻收縮的關係，須以頂出機構來使成品與模穴分離。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。[9]

2.2 模內感測原理

由於射出成形廣泛地應用於熱塑性塑膠的成形，且其產品充斥於我們的日常生活中。但因各種因素，例如：成形條件設定不當、模具設計或製作不完備、材質問題等，導致各種射出成品成形不良。因此，有效地獲得模具內部資料(溫度、壓力、流速等)，為提高射出成品良率的重要控制因素。由於模具內部高壓、高溫

的影響，且同時要求薄件與體積大，成品品質便成爲首要的要求重點。所以，在現有市場上，直接接觸模穴的壓力感測器皆以壓電材料爲主，其主要原因爲，以壓電材料爲主體的壓力感測器可以耐酸鹼、溫度係數大、可製成任何形狀，且反應快，適合操作於高頻環境，有利於在射出成形短暫的過程中收集模具內部的資料，進而有效地控制射出成形機構。

壓力量測原理及方法十分眾多，如表2-1 所示，其應用於各種領域或特別需求，而有不同的設計方法及考量，使用者可衡量優缺點來找出最適合的感測方式。以下各別對電容式、壓阻式與壓電式的原理做概略性介紹：

(1).電容式

對電容式而言，其具有高靈敏度的優點，可精密地記錄各個時間的感測變化，不易受外界環境影響，但其缺點爲非線性度高，導致後續處理不易。一般電容式的壓力計依照其基本結構形式可分爲單靜子與雙靜子兩種。在單靜子的結構裡，壓力是加入一可動膜片之上，使此一膜片相對於靜子來運動，而在雙靜子結構裡，承受壓力的膜片是在兩個固定電極之間。但不論是哪一種形式的結構，其感測原理其實就是一平板電容，其中一個極板有質量且可以移動，另一個極板則是固定，如圖2-2 所示。

(2).壓阻式

對壓阻式而言，其具有高輸出電壓與高靈敏度等優點，但其缺點爲對於外在溫度變化十分敏感，導致其應用範圍有所限制。壓阻式壓力計主要是利用薄膜受力後產生的應變，再藉由壓阻材料爲主體的應變計來量測出與壓力差成正比的電阻變化量。

(3).壓電式

對壓電式而言，其具有高靈敏度、低電磁干擾、低功率散逸…等優點，但其缺點為對靜態響應並不十分敏感。壓電式壓力計是以壓電材料(例：石英結晶)進行特殊加工製作。壓電材料基本上具有機械能與電能之間的能量轉移特性，即壓電效應(piezoelectric effect)。壓電效應可分為兩種效應：正壓電效應(Direct piezoelectric effect)與逆壓電效應(Converse piezoelectric effect)。正壓電效應為當施一機械應力於壓電材料時，材料的兩端便會釋放與所受負載成比例的電荷量，而逆壓電效應則是外加一電場於壓電材料兩端時，壓電材料的形狀會隨著電場大小而發生形變，如圖2-3 所示。本實驗所採用的PRIAMUS 壓力感測器是瑞典製的壓電式感測，利用上述的壓電效應來感測塑料在成形過程中對感測器所造成的負載應力，再將負載應力轉換成電荷來觀察模內壓力變化。[9]

2.3 塑膠流動固化層對充填影響

在充填階段中，高分子塑料因受到剪切流動的影響，而沿著流動方向排列。高溫熔膠通常是射入溫度較低的模具中，在熔膠波前，因剪切流動和延伸流動的組合效應不斷地強迫流體元素從肉厚中心流向模壁，有如噴泉般的前進方式，此稱為噴泉效應(Fountain Effect)；而當高溫熔膠接觸較冷的模壁時，則成品表面附近的塑料溫度將會快速下降，導致產生固化層，此稱為皮膚效應(Skin Effect)，如圖2-4 所示。

當熔融塑料進行充填時，其中間部份產生加速流動，以幾乎一維的流動方式，沿著波前前進方向逐漸加速。由圖2-4中的流體元素1到3 之變化可看出，塑料中心部份的流體元素一開始處於無定向排列，隨著熔融塑料流動，因受噴泉效應與剪切應力的作用，流體元素的流動速度較快，分子鏈會沿著流動方向排列，造成流

體元素逐漸具有排向性，因此流體元素由一開始的纏集結構逐漸被賦予排向性。

塑料流至波前位置後，而後逐漸被往兩側模壁推擠，因此元素受到拉伸應力而產生變形，然後元素將沿波前往兩側流動，此時的流動為二維流動，直到碰觸模壁後冷卻而形成固化層。因此塑料前緣是以中間塑料向兩側湧出固化而不斷前進的充填方式，此現象如同噴泉噴水或火山爆發一樣，是向四周湧出的，此種局部流動現象被稱為噴泉流動或火山口流動。由圖2-4 中的流體元素3到5 之變化可看出，加速流動元素受波前拉伸而變形為長條型，此時變形的流體元素排向與波前一致，當塑料從中心部份往兩側碰觸到模壁時，塑料溫度會快速下降，造成模壁與流體元素間摩擦，靠近模壁部份之塑料的流動速度較慢，將使得分子鏈產生結晶結構，因而導致固化層的產生。[9]

2.4 保壓壓力與成形之影響

在射出成形的製程中，保壓階段主要是用來控制成形品的質量及尺寸精度，保壓不足容易造成成形品質量偏低，以及收縮、凹痕、真空孔的缺陷，保壓壓力過高或持續時間過長，則容易造成過保壓，成形品澆口附近會有殘留應力等缺點。因此當熔膠充填滿模穴之後，藉由保壓階段建立適當地壓力曲線，利用壓力與時間的控制來滿足塑品的質量要求與尺寸精度，並且避免應力殘留及翹曲，是射出成形中非常重要的關鍵技術。一般常見的保壓曲線設定，如圖 2-5 所示，保壓階段可分為壓縮(pack)及持壓(hold)兩部份，壓縮部份(如 ca 段)是指當熔膠填滿模穴之後，由於質量尚不足，因此必須藉由高壓將熔膠進一步注入模穴，使模穴內的質量達到規格要求。接下來隨著熔膠逐漸冷卻，必須適度地降低壓力，使模穴內的熔膠維持固定的比容，直至開模頂出，並且避免應力殘留，此部份稱之為持壓(如

ab 段)。cab 段是射出機所設定的保壓曲線，c 是切換點，ca 段的壓力一般約為切換點的充填壓力之 80%~90%，當保壓壓力持續到 a 點開始下降，a 點一般是充填末端的壓力曲線出現最高值的時間與澆口凝固的時間，兩者的平均值。圖 2-6 為例：a 點的時間約在 5sec 處，b 點則是澆口凝固時間。

2.5 模內壓力曲線

典型的模穴壓力曲線，如圖 2-7 所示，可區分為四個階段；充填階段(Filling phase)、壓縮階段(Melt Compression phase)、持壓階段(Holding phase)及冷卻階段(Cooling phase)。A 點為開始進行射出動作，熔融塑膠流經射嘴、流道及澆口，進入模穴內，在 B 點是熔膠充填接觸到感測器，因此對模穴壓力而言從 A 到 B 的射出過程是空白的。此後持續充填，在 C 處充填階段結束，此時熔膠充飽整個模穴但並未壓實，該點又稱為模穴體積充滿點(pfill)；之後開始進入壓縮階段，此階段模內融膠受持續充填壓縮造成壓力陡昇；D 處為最大壓力點(pmax)；此後融膠開始進行靜態持壓階段；在 E 處為保壓階段的結束，位於澆口熔融塑膠已凝固，模穴內外的塑膠被隔絕；之後進入冷卻階段，在 F 處是完全固化後的壓力值，如果該值不為零，代表該模穴壓力感測器仍然受壓力，該狀態會持續到開模為止。整體而言，從 A-B-C 所需時間稱為充填時間(tfill)，從 C 至 D 為壓縮時間(tcomp)，從 D 至 E 為持壓時間(thold)，從 E 以後一直到開模為冷卻時間(tcooling)，這四個階段的時間總和加上開模、頂出及關模時間就是射出成形的全週期。

2.6 導光板模流分析

近年來由於電腦數值運算快速，許多 CAE 工程軟體相繼問市，它可幫助我們預測待研發產品的品質結果，並找出須改進之處，因此可幫我們省下許多研發時間與成本，然而每套 CAE 軟體都有它的使用限制或未考慮之處。以模流分析軟體而言，目前市面上較常見的模流分析軟體，其模擬熔膠於模穴成形皆是以成品為考慮對象，亦即這些軟體只考慮不同的製程參數下，對成品的品質特性影響。

本研究的射出成形分析主要是以模流分析軟體 **MoldFlow** 進行模擬分析。首先利用Pro/E建立成品模型，包含流道、澆口及成品外形，成品尺寸如圖2-8，並以實際成形機台的參數和材料的特性設定進行模擬。導光板為一光學產品，其須具有透明性與高透光率，因此選用Kuraray公司所生產的 PMMA 塑料，型號為GH-1000S，其加工參數、黏度、PVT如圖2-9。雖然本實驗選用的ARBURG 320C 射出機並未建檔於MoldFlow的射出機資料庫中，但亦可由使用者自行建立射出機，如圖2-10。模流分析的模型如圖2-11。

2.6.1 製程參數設定

在本實驗的製程參數中，以保壓壓力為影響產品質量與厚度的最大因子，因此製程參數中以保壓壓力為變因進行模擬分析，其設定的參數如表2-3。在設定成形模組中，射出成形為熱塑性射出成形分析，故分析模式選用充填(F)、保壓(P)。

充填階段是由射出速度與螺桿位置控制，由充填時熔膠的流動波前如圖2-12，顯示在充填過程中其流動方向穩定、均勻地充滿模穴，並且可知整個充填時間為 0.34s。在保壓參數設定方面，保壓時間是以澆口凝固時間(5.0sec)減去充填時間(0.34 sec)，故設定保壓時間為 5 sec。而保壓壓力則是分別設定為最大射出

壓力的 30%、40%、50%、60%、70%、80%，冷卻時間設定為 25s。

2.6.2 壓力擷取點的位置

射出成形過程中，熔膠進入導光板的模穴後(製程參數 III 為例)，模穴壓力在 0.38s 時最大，且幾乎均勻分佈於整個模穴，如圖 2-13。

在安裝模穴壓力感測器之前，先利用 CAE 技術模擬熔膠的充填/保壓/冷卻過程，並且比較模穴內各點的壓力訊號曲線變化情形，壓力訊號變化太強烈或訊號值太小的位置，均不適合作為模穴壓力的擷取點，因為前者會有再現性不佳或不穩定的問題，後者則是訊號太弱會使得成品重量的判斷不夠靈敏。適當的模穴壓力擷取點應具有壓力曲線變化平順、壓力曲線下方面積夠大、適合曲線擬合等特徵，以便能充份反應出成品質量及應力殘留，如圖 2-14。其詳細結果將於第 5 章說明。

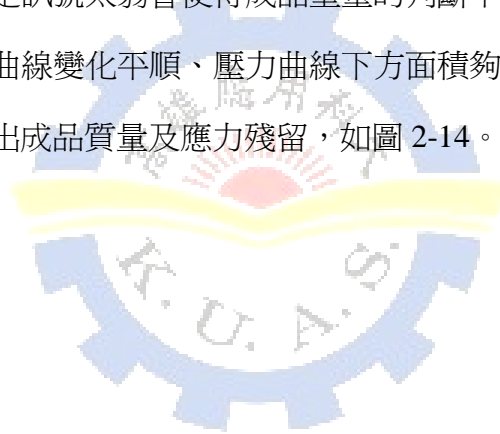


表 2-1 壓力感測原理及方法

原理	方法
1. 薄膜 2. 夾囊 3. 風箱 4. 連通管 5. 波登管	1. 電容式，感應式 2. 電位計式，電阻式 3. 磁阻式，應變規 4. 壓電式 5. 振動元件 6. 光電式

表 2-2 溫度感測器類型

	電熱偶 Thermocouple	電阻式 RTD	熱敏電阻
準確度	良好(約 1-102°F)	極佳(0.01-1°F)	佳(0.1-1°F)
穩定性	尚可	佳	良好
範圍	很廣(-185-1700°C)	很小(-15-70°C)	尚可(-100-280°C)
靈敏度	50 μ V/°F	0.1 Ω /°F	1-3V
輸出	0.60mV	1-6V	1-3V
優點	經濟實用溫度範圍大	在可量測範圍 準確度很高	非常靈敏

表 2-3 製程參數

	I	II	III	IV	V	VI
模穴表面溫度(°C)	60					
熔膠溫度(°C)	260					
射出速度(mm/s)	100					
保壓時間(s)	5					
保壓壓力(%)	30	40	50	60	70	80

註：(1)保壓壓力(%)=最大射出壓力的百分比

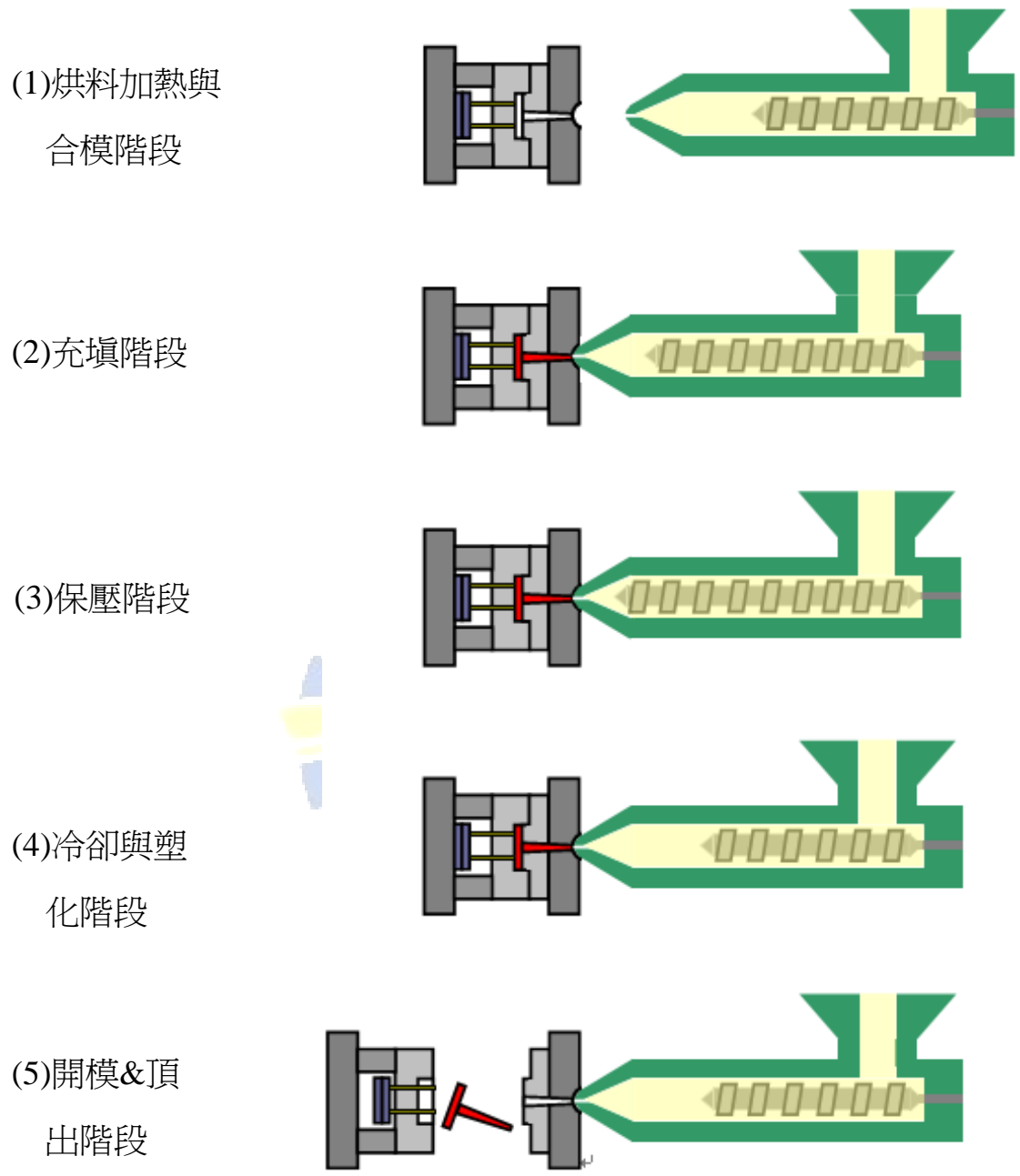


圖 2-1 射出成形程序

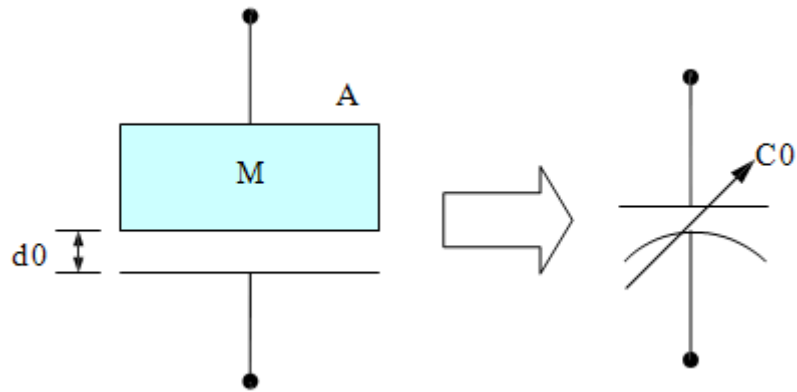


圖 2-2 平板電容示意圖

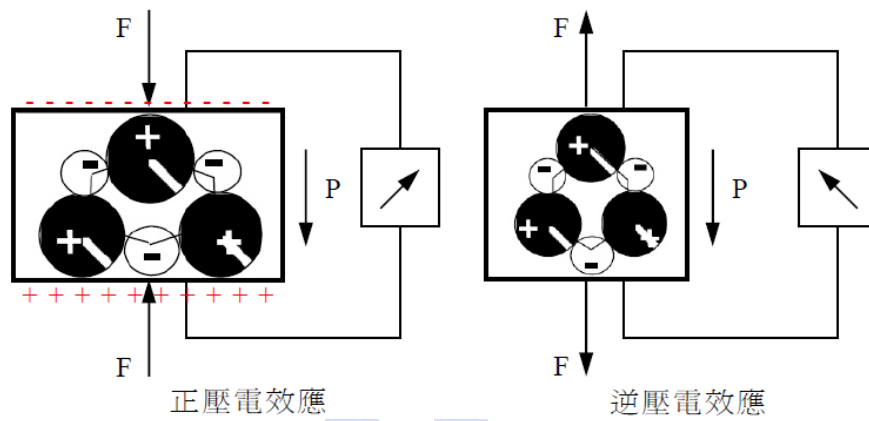


圖 2-3 壓電效應

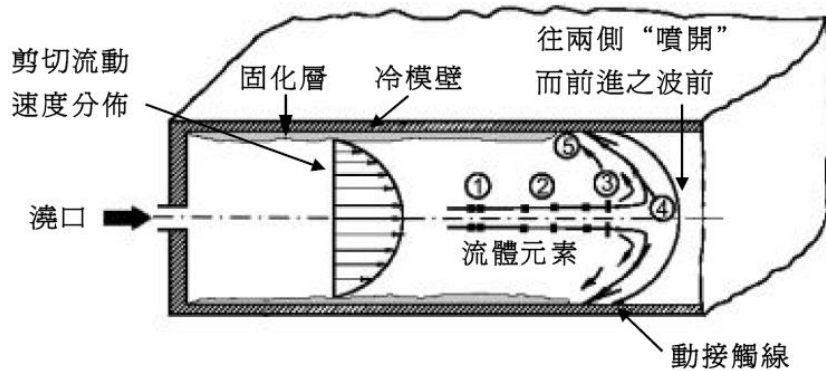


圖 2-4 塑料射出充填之噴泉效應與皮膚效應示意圖

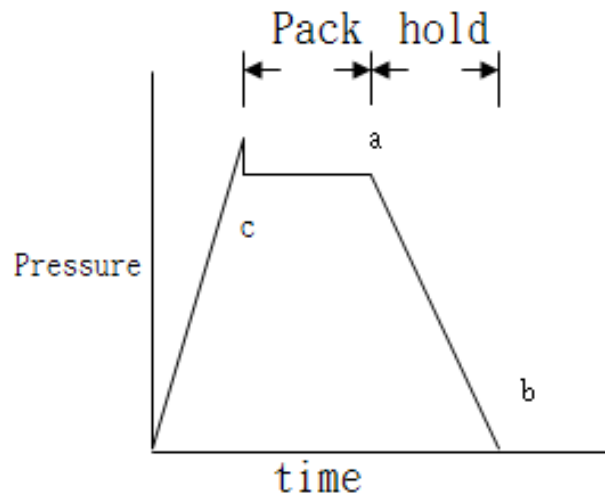


圖 2-5 常見的保壓曲線設定

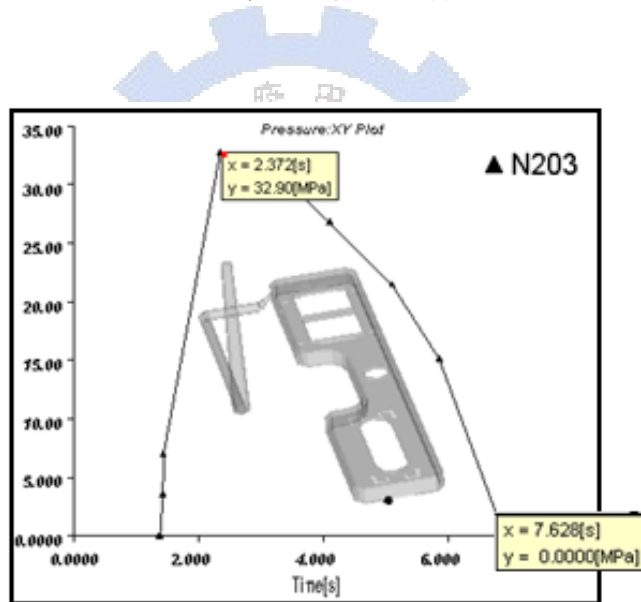


圖 2-6 模穴內充填末端點的壓力曲線

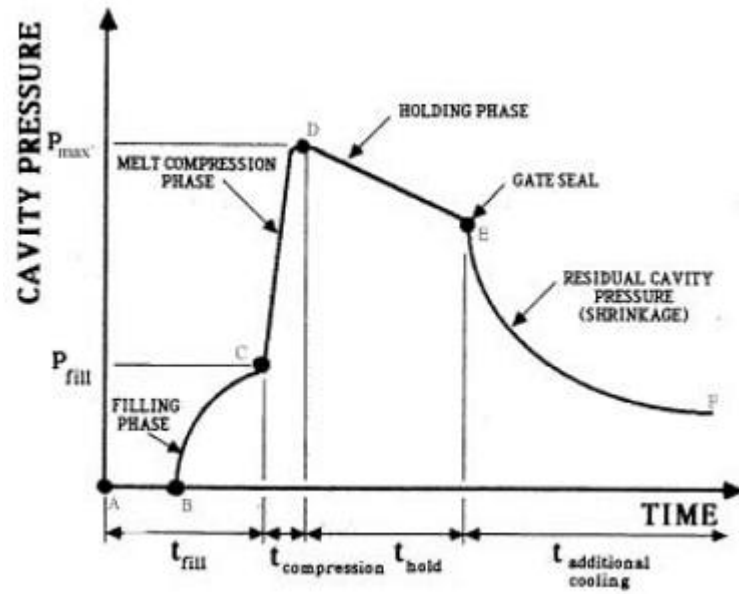


圖 2-7 典型模穴壓力時序曲線圖[1]

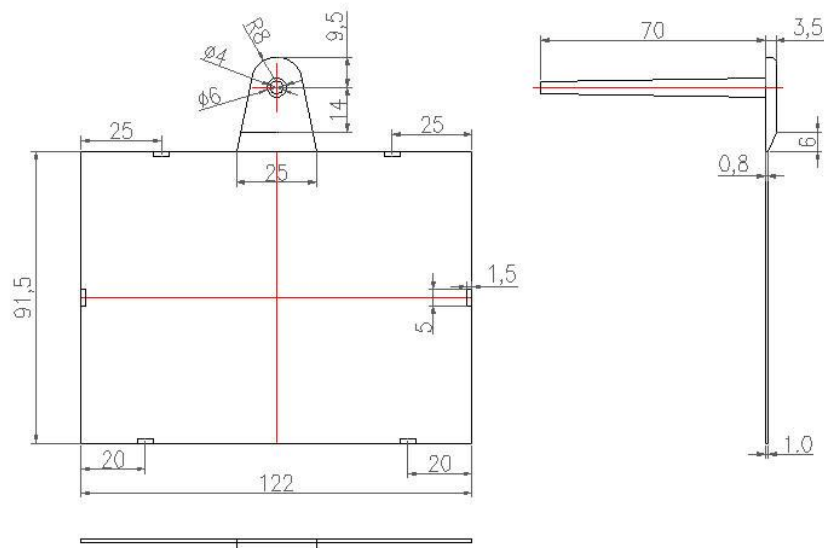


圖 2-8 成品尺寸

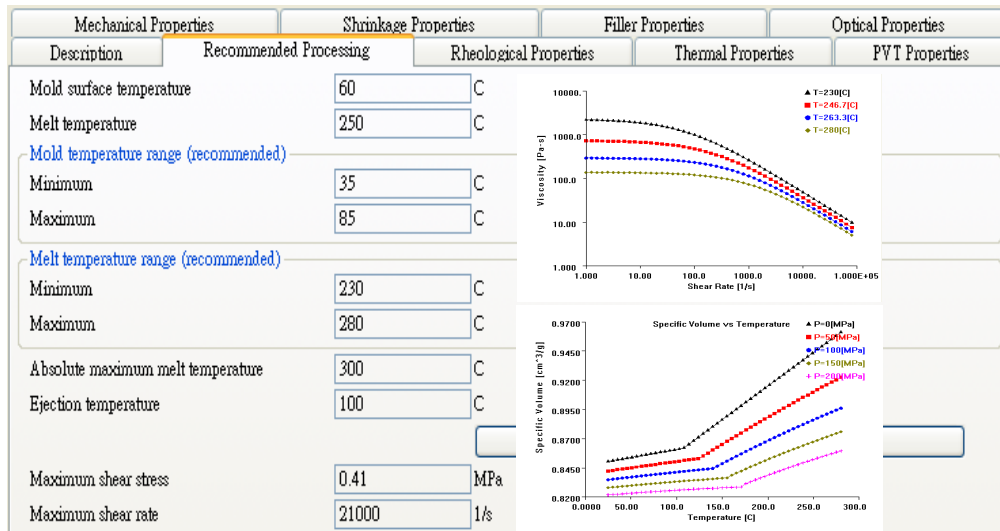


圖 2-9 模流分析塑料物性資料(GH-1000S)圖

Injection molding machine

Description **Injection Unit** Hydraulic Unit Clamping Unit

Maximum machine clamp force 60 tonne (0:70002.2)
 Do not exceed maximum clamp force

Maximum machine injection stroke 150 mm (0:5000)
 Maximum machine injection rate 154 cm³/s (0:1e+004)
 Machine screw diameter 35 mm (0:1000)

Machine pressure limit
 Maximum machine injection pressure at 182 MPa [0:500]

Name Arburg 270, 320C

圖 2-10 ARBURG 射出成形機資料

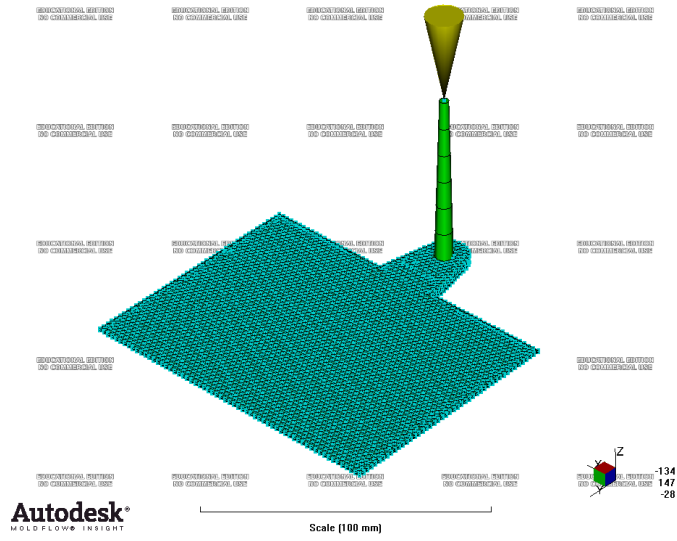


圖 2-11 模流分析的有限元素模型

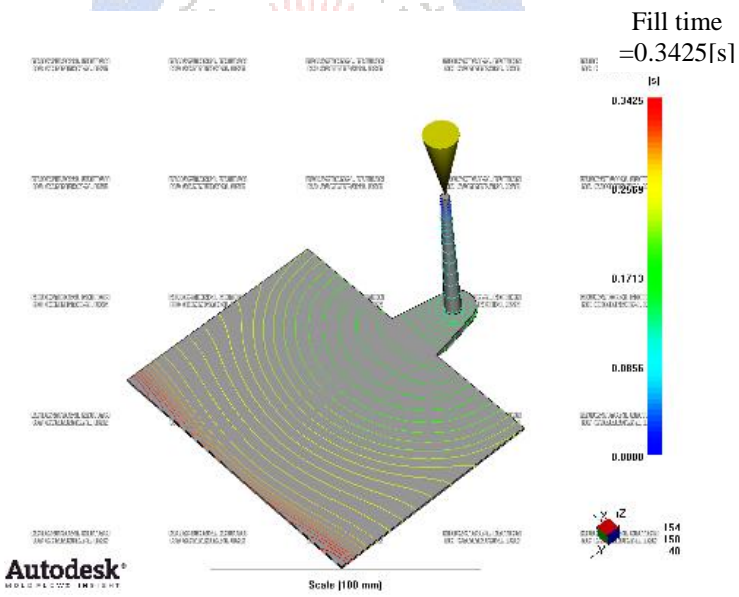


圖 2-12 熔膠流動波前圖

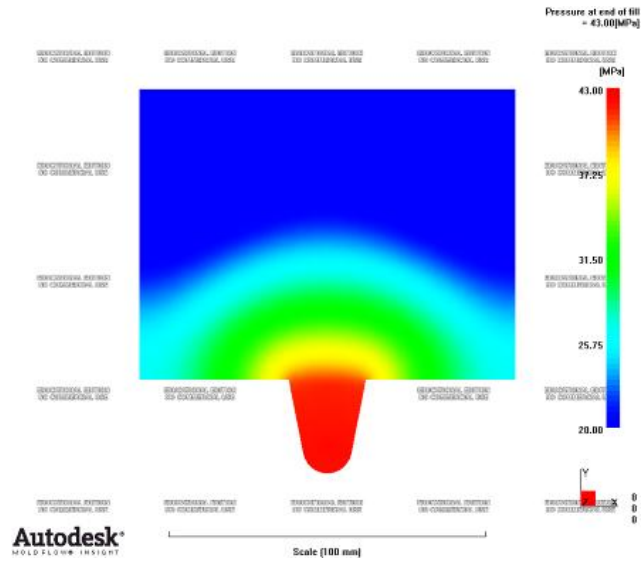


圖 2-13 最大模穴壓力分佈(0.38s)

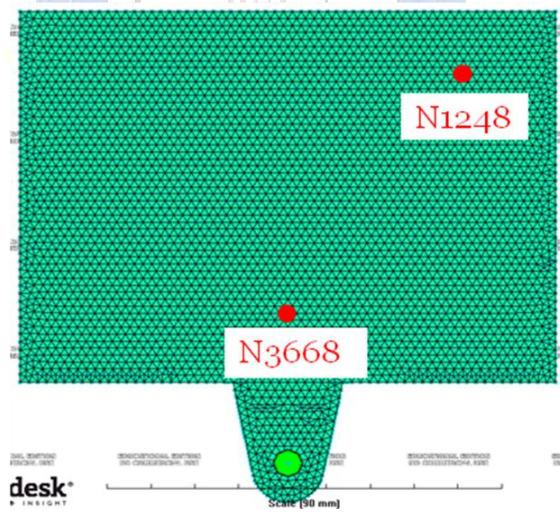


圖 2-14 壓力擷取之感測器位置分析

第3章 建立壓力訊號擷取系統

本章節係針對壓力訊號的擷取系統，闡述 LabVIEW 軟體撰寫程式設計擷取系統，建構模穴壓力擷取系統流程圖如圖 3-1 所示，其步驟依序為首先射出機開始將熔融塑膠射入模穴內時，埋設於模仁內之壓力訊號感測器，由 LabVIEW 程式控制開關，開始擷取從充填到成形品開模頂出一個完整之成形週期流程中模穴內壓力訊號變化狀態。當壓力訊號從模穴內擷取完成後，經由訊號放大器，將擷取出之電壓值放大，再經過 NI DAQ 卡傳達到電腦作業系統，作業系統會將該筆模穴壓力訊號交由 LabVIEW 程式系統進行訊號資料處理，程式最後會將壓力訊號轉換成文字檔，並由系統進行資料儲存；系統最後並與 PLC 篩選器連接，以間接方式進行產品篩選。

3.1 建立壓力訊號擷取系統

3.1.1 LABVIEW 軟體介紹

LabVIEW 軟體的是一個具有專利且被稱為 G 的資料流向程式編寫模組，跳脫以文字為主之語言直線型的架構方式。由於在 LabVIEW 中的執行命令是根據各區塊中的資料流動，而不是根據文字行號順序來決定的，因此可以製作一些會同時執行的區塊。如圖 3-2

無論使用的是插入式儀器或者是 VISA、GPIB、VXI 以及各種串列介面的獨立式儀器，都可以使用 LabVIEW 內建的程式庫和標準型的儀器驅動程式來控制儀器系統。使用者可以將任何使用 GPIB 的儀器連接在 NI 的 IEEE488.2 或者 HS488TM 儀器控制上，並且控制其功能，也可以利用 VXI 隨插即用系統聯盟(Plug&Play Systems Alliance)所認可之 VISA(虛擬儀控軟體架構)輕鬆地編寫 VXI 的儀控程式。

可以利用嵌入式 VXI 控制器、PXI 模組化系統，或者是具有 MXI、GPIB-VXI、PCI 或其它標準電腦匯流排介面的電腦，和系統進行連結。

因此，將 LabVIEW 結合標準的資料擷取硬體和儀控設備使用，就可以製作出虛擬的儀器，並且應用在許多的方面。不像傳統儀器一般會受到製造廠商設計的限制；虛擬的儀器可以當作不同的傳統儀器來使用，例如溫度監視器、電壓計、數值變動記錄器、數位計，以及訊號分析儀等。

3.1.2 系統功能說明

1. 程式執行後，可由人機介面首頁頁面”射出成型週期”觀察射出機一成型週期之模內壓力訊號曲線變化情形。如圖 3-3
2. 品質判斷方式頁面有 2 種特徵值方式判斷產品品質，分別為為壓力曲線下面積值與最大壓力值，並可設定品質管制上下限，當系統判定該模品質不良時，以警告燈號示警表示。如圖 3-4
3. 壓力曲線數學化頁面可顯示欲擬合之壓力曲線、最大壓力值，及擬合之曲線方程式，曲線數學化形式為三階多項式擬合。如圖 3-5
4. 可輸入標準曲線進行比對監測，並可記錄儲存一成型週期之模內壓力訊號，儲存於硬碟中，以便日後調閱。如圖 3-6
5. 擷取系統程式與 PLC 產品篩選器連結，於產品開模後掉落或手持至輸送帶上，依系統判別產品好壞，送出訊號給 PLC，以驅動氣壓缸推出排除系統判定之不良品。如圖 3-7

3.1.3 硬體設備規劃

資料擷取卡與 PRIAMUS 放大器接線採用差壓接地方式，如圖 3-8 所示。近澆

口位置之模穴壓力感測器電壓訊號設置於資料擷取卡第 1 頻道，類比頻道在正極/接地與負極/接地間，全部加裝 100k Ω 電阻，其目的在輸入電壓或是輸出電流變動的情形下，仍然維持穩定的輸出電壓。如果有一個電壓的突升，輸出電壓也會隨之改變，但經由差壓接地方式回授電路會把輸出電壓穩定在原來的電壓，因此輸出電壓有一些電壓漣波，同時最終穩定的電壓也有些許的變化。

LabVIEW 與 PLC 所採用通訊介面架構模式為 RS422 連接 RS232，用三菱 AX 系列之 PLC 作為不良品篩選器之控制器，由 LabVIEW 傳輸給 PLC 「命令訊息」，而 PLC 回覆給 LabVIEW 「回應訊息」，才能構成一完整通訊模式如圖 3-9。

3.1.4 訊號處理

經放大器獲得可測量的電壓訊號後，該訊號必須轉換為實際的壓力單位。壓力感測器通常在其操作範圍內都會產生線性反應，因此通常不需要線性化，但是需要一些硬體或軟體將感測器的電壓輸出換算為一種壓力度量。LabVIEW 程式中所使用的換算公式視所使用的感測器類型而定。典型的換算公式是激發電壓、感測器的全幅容量，以及一個校準係數的函數。如下：

$$\text{Pressure} = \left[\frac{C_{ts}}{V_{ex}} \right] = \left[\frac{V_{meas}}{CF} \right], \text{ 其中}$$

C_{ts} = 感測器之全幅容量

V_{ex} = 激發電壓

V_{meas} = 壓力轉換器會產生測得之電壓 CF = 校準係數

舉例來說，一個全幅容量為 10,00 bar、校準係數為 3mV/V、且獲得 10V DC 激發電壓的壓力換能器會產生 15mV 的測得電壓，測得的壓力則是 500 bar。

在適當地將訊號放大之後，必須取得適當的止動位置(rest position)。壓力感測器(無論是絕對壓力還是計示壓力)都有一個一定的強度被視為止動位置，或參考位置。

應變規在這個位置上應該產生 0 伏特。偏移排除(offset nulling)電路會增加或移除應變規某一邊的電阻，以達成這個「平衡」的位置。在確保測量準確度時，偏移排除非常重要，而且若要獲得最佳的結果，應該在硬體中執行，而不要使用軟體。

3.1.5 擷取系統取樣速度

系統最大頻寬：經實驗驗證以訊號產生器 1kHz 方波輸入，資料擷取系統第 1 頻道全開且取樣速度設定為 10k(規格值最大 400 kS/s)，並立即存成文字檔儲存於硬碟檔案中進行測試，由呈現方波訊號發現並無失真現象，驗證了此系統取樣速度至少 1kHz 以上。

充填段解析度：由模流分析得知，整個模穴壓力從開始射出到充填滿的時間只有 0.3 秒，因此若取樣速度設定每秒 50 點(每點 0.02 秒)，則解析量只有 15 次；如果取樣速度設定每秒 100 點(每點 0.01 秒)，則解析量只有 30 次；如果取樣速度設定每秒 200 點(每點 0.005 秒)，則解析量有 60 次，因此取樣速度越快，解析度越高，但是存取資料量越大，在 Windows 作業系統容易產生存取落後狀態(Backlog)。

3.1.6 不良品篩選器

產品品質經由 LabVIEW 系統判斷方式判別後，若該模產品品質為欲設之管制上下限內，LabVIEW 系統品質判斷區會出現良品燈號亮起，此時，不良品篩選器氣壓缸不作動，輸送帶繼續輸送產品前進；若該模產品品質超出或低於預設之管制上下限時，LabVIEW 系統品質判斷區會出現不良品警告燈號亮起示警，系統送出不良品訊號給 PLC，再由 PLC 驅動氣壓缸，使氣壓缸作動，推除不良品，輸送帶繼續輸送產品前進流程圖如圖 3-10 所示。

三菱的 PLC 單點控制命令部份可以用 Case Structure 方式來寫，其通訊命令字元是以 16 進位編碼模式計算(如圖 3-11)，命令字串組成架構為「起始碼+命令控制碼+元件群組位址+寫入組數+寫入資料+結束碼+偵誤碼」，PLC 確認此編碼後，正確接收編碼將回應給 LabVIEW 數字「06」，若錯誤將回應「15」如圖 3-12。

由表 3-1 將已知 PLC 程式元件位址直接輸入人機介面，下方為 PLC 回應字碼區；程式區需注意調整與 PC 連接埠位置，程式執行 Run 後，按 Set 即可觀察 PLC 驅動元件燈號是否亮起，及作動元件是否啟動，回應字串是否為正確值「06」如圖 3-13。

3.1.7 篩選器通訊架構

程式碼最左邊是基本參數，通訊埠請參考硬體狀況修改，底下參數為 9600,7,Even,1,2 不可改，PLC 內出廠值雖然可改，但不建議改，除非很瞭解參數的用途。通訊速度 9600 為較穩定又快的數值，可以繼續調較高的數值，但穩定度差。命令的起始碼和結束碼必須用十六進制數值陣列方式轉成 ASCII 碼，單點控制命令的起始碼為 2H，結束碼為 3H，陣列內數值的格式請設定為 U8，這 2 個 ASCII 碼是不可見字元，這些參數在程式啟動後就不會更動，所以放在迴圈外如圖 3-14。

第 1 格將元件位址(英文全為大寫)的 4 個字元拆成上下兩半，然後上下互換重組成新的字串。要這樣做的原因是因為 PLC 的位址定址方式有其獨特格式；第 2 格將重組後的位址加上控制碼字元，控制為 ON 時輸入 7，控制為 OFF 時輸入 8；再來計算偵誤碼，加上控制碼的字串全部轉為大寫再拆散為 16 進制數值陣列，將陣列尾端加上控制碼結束數值 3，再將陣列內數值全部相加除以 16 進制數值 100 求得餘數，將算出的餘數只取最後 2 位轉換為字串，並按照起始碼,控制碼,元件位址,結束碼,偵誤碼的順序合成完整的命令字串，再將完整的命令字串輸入寫入 PL

C 如圖 3-15。

第 3 格為控制命令，寫入 PLC 後要等待一段時間，等 PLC 處理完畢後才可輸入下一道指令，這裡是設定值為 1000 ms 也就是 1 秒。通訊速度值 9600 的情況下最少只能至 600 ms，若值再少會出現命令字串遺失而錯誤的問題，1000 ms 是比較保險。最後是接收 PLC 回應字串判斷是否控制成功，這裡用 Property Node 元件設定為 Bytes at Port 接收判定 PLC 回應字串長度，然後讀取 PLC 回應字串數值在轉換為 16 進制文字，從回應的字串可以判定是否控制成功，若命令有控制成功，則 PLC 回應的字串內容為"6"，若控制失敗，則 PLC 回應的字串內容為"15"如圖 3-16。

3.2 程式原理

3.2.1 黎曼積分 Riemann integral

透過黎曼積分法，取得成形全程或部分區間內之壓力曲線面積值，可應用模穴壓力曲線積分值進行品質管制。對於一在區間[a,b]上之給定非負函數 $f(x)$ ，我們想要確定 $f(x)$ 所代表的曲線與 X 坐標軸所夾圖形的面積(如圖 3-17)，我們可以

將此記為 $S = \int_a^b f(x)dx$

一個閉區間 [a,b] 的一個分割是指在此區間中取一個有限的點列 $a = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n = b$ 。每個閉區間 $[x_i, x_{i+1}]$ 叫做一個子區間。定義 λ 為這些子區間長度的最大值： $\lambda = \max(x_{i+1} - x_i)$ ，其中 $0 \leq i \leq n-1$ 。再定義取樣分割。一

個閉區間 $[a,b]$ 的一個取樣分割是指在進行分割 $a = x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n = b$ 後，於每一個子區間中 $[x_i, x_{i+1}]$ 取出一點 $x_i \leq t_i \leq x_{i+1}$ 。 λ 的定義同上。

精細化分割：設 x_0, \dots, x_n 以及 t_0, \dots, t_{n-1} 構成了閉區間 $[a,b]$ 的一個取樣分割， y_0, \dots, y_m 和 s_0, \dots, s_{m-1} 是另一個分割。如果對於任意 $0 \leq i \leq n$ ，都存在 $r(i)$ 使得 $x_i = y_{r(i)}$ ，並存在 $r(i) \leq j \leq r(i+1)$ 使得 $t_i = s_j$ ，那麼就把分割： y_0, \dots, y_m 、 s_0, \dots, s_{m-1} 稱作分割 x_0, \dots, x_n 、 t_0, \dots, t_{n-1} 的一個精細化分割。簡單來說，就是說後一個分割是在前一個分割的基礎上添加一些分點和標記。

對一個在閉區間 $[a,b]$ 有定義的實值函數 f ， f 關於取樣分割 x_0, \dots, x_n 、 t_0, \dots, t_{n-1} 的黎曼和定義為以下和式：

$$\sum_{i=0}^{n-1} f(t_i)(x_{i+1} - x_i)$$

和式中的每一項是子區間長度 $x_{i+1} - x_i$ 與在 t_i 處的函數值 $f(t_i)$ 的乘積。直觀地說，就是以標記點 t_i 到 X 軸的距離為高，以分割的子區間為長的矩形的面積。

把 λ 趨於 0 。如此 $[x_i, x_{i+1}]$ 中的函數值才會與 $f(t_i)$ 接近，矩形面積的和與「曲線下方」的面積的差也會越來越小。嚴格定義如下： S 是函數 f 在閉區間 $[a,b]$ 上的黎曼積分，若且唯若對於任意的 $\epsilon > 0$ ，都存在 $\delta > 0$ ，使得對於任意的取樣分割 x_0, \dots, x_n 、 t_0, \dots, t_{n-1} ，只要它的子區間長度最大值 $\lambda \leq \delta$ ，就有：

$$\left| \sum_{i=0}^{n-1} f(t_i)(x_{i+1} - x_i) - S \right| < \epsilon$$

也就是說，對於一個函數 f ，如果在閉區間 $[a,b]$ 上，無論怎樣進行取樣分割，只要它的子區間長度最大值足夠小，函數 f 的黎曼和都會趨向於一個確定的值，那麼 f 在閉區間 $[a,b]$ 上的黎曼積分存在，並且定義為黎曼和的極限，這時候稱函數 f 為黎曼可積如圖 3-18。

3.2.2 三階多項式

利用三階多項式曲線擬合將模穴內的標準壓力曲線數學化，以便後續的監控及比對。將壓力標準曲線數學化，可由曲線上判斷出所偵測出之壓力隨著每個階段的射出製程有所變化。以一個實數 R 或其他及一個變數 x ，則多項式是以下代數式表示： $f(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_{n-1}x^{n-1} + a_nx^n$ 當中 a_0, \dots, a_n 是 R 的元素。用 Σ 表示法，為 $f(x) = \sum a_i x^i$

多項式的和或積都是多項式，即多項式組成一個 $R[x]$ ，稱為 R 上的（一元）多項式。（註：在最一般的定義， a^2x 、 xa^2 及 axa 可以當作是不同的多項式，是不可置換的例子。）對於多變數多項式，可以定義：一個有 n 個變數的多項式，稱為 n 元多項式。通常以 $R[x,y,z]$ 表示 R 為係數， x, y 及 z 為變數的多項式。

在 $R[x_1, \dots, x_n]$ 中， $ax_1^{k_1}ax_2^{k_2}\dots x_n^{k_n}$ 稱為單項式，其中 $a \in R$ 是係數而 k_1, \dots, k_n 為非負整數，是 x_1, \dots, x_n 的次數。 k_1, \dots, k_n 是這個單項式的次數。

3.3 決定模穴內標準壓力曲線

依 CAE 軟體(Moldflow)分析建立最適當的壓力曲線，並依此進行操作條件的設定及射出成形，由 LabVIEW 系統量測此時的模穴內壓力參數記錄存檔，以此，建立模穴內的壓力標準曲線。以保壓壓力 80%、70%、60%、50%、40%、30%所

建立模穴內的壓力標準曲線，本研究以記錄特徵值最大壓力值、保壓時間 5 秒內壓力曲線下所圍面積值等，作為判斷品質管制上下限之特徵值依據。

3.4 建立其特徵值與管制上下限的範圍

本研究將產品重量取平均值做為管制中心之質量，並以此設計模內最大壓力、壓力曲線下 5 秒內面積監控值的管制上限及管制下限。

利用製程管制圖(SPC)依重量來設計模穴壓力曲線的上下限如圖 3-19，經由已建立模穴內的壓力標準曲線所得到的特徵值樣本數據，監控比對產品是否在所規定的品質上下限範圍內。而制定上下限的方法，可使用特徵值之最大壓力值與壓力曲線積分值進行質量管制，利用標準曲線可找出欲求製程管制中心之重量上下限應對模內壓力值之上下限，或應對壓力值曲線下面積積分值上下限。並對製程狀態進行監控，其最終的目的在使產品的品質變異在管制狀態下。本研究所使用管制線中心值範圍為 ± 0.3 g，但此並非品質標準為一做法，在使用管制圖時，可藉由上下限的縮小，更精確掌握產品變動。其詳細結果將於第 5 章說明。

表 3-1 PLC 元件位址表

元件	範圍		種類元件	元件位址 (Hex)	數量
S	000~127		位元	0000~007F	128
X	000~177		位元	0400~047F	256
Y	000~177		位元	0500~057F	256
T	000~127		位元/位元組	0600~067F	128
M	000~1279		位元	0800~0CFF	1280
C	0~127	16-bit	位元	0E00~0EC7	128
	235~254	32-bit	位元/雙位元組	0EC8~0EFF	13
D	0~1311		位元組	1000~151F	1322

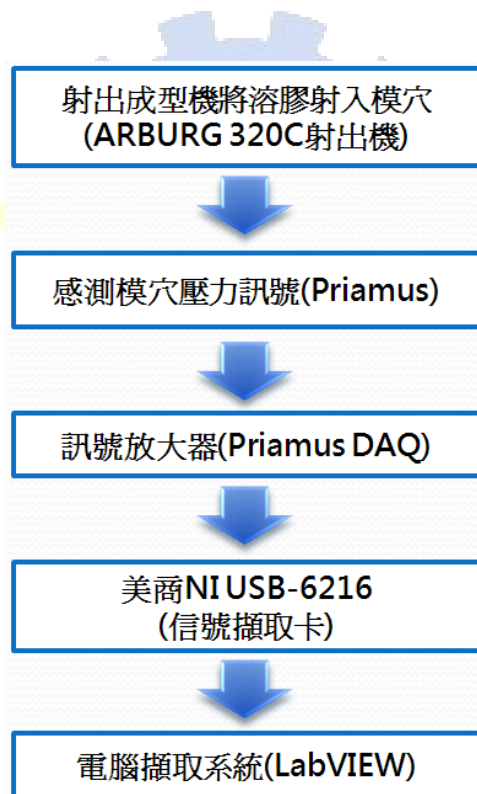


圖 3-1 穴壓力擷取系統流程圖

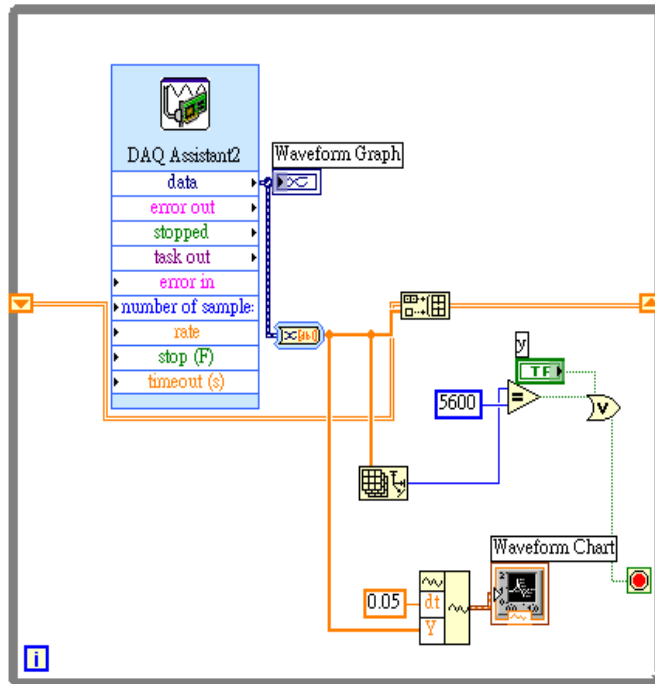


圖 3-2 LabVIEW 軟體

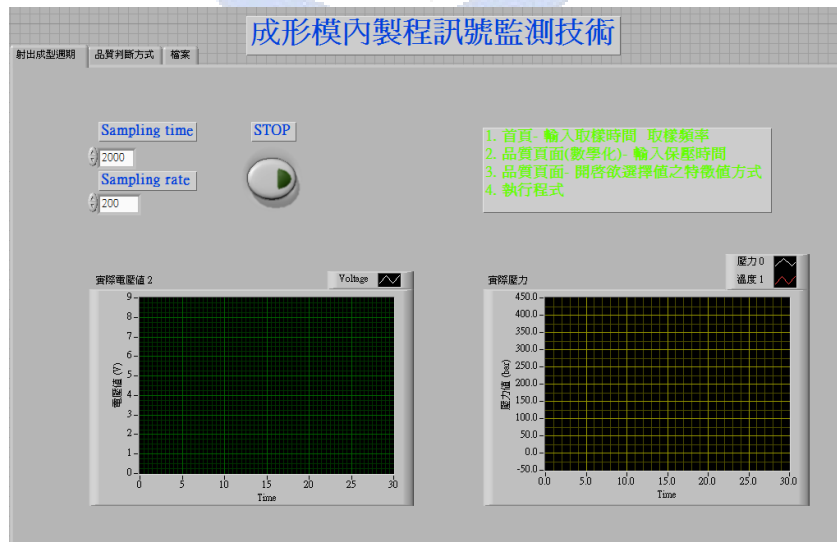


圖 3-3 人機介面首頁頁面圖

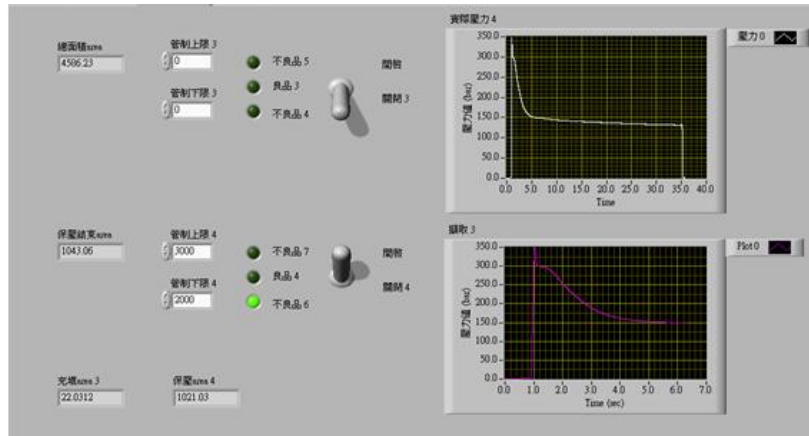


圖 3-4 品質判斷頁面圖

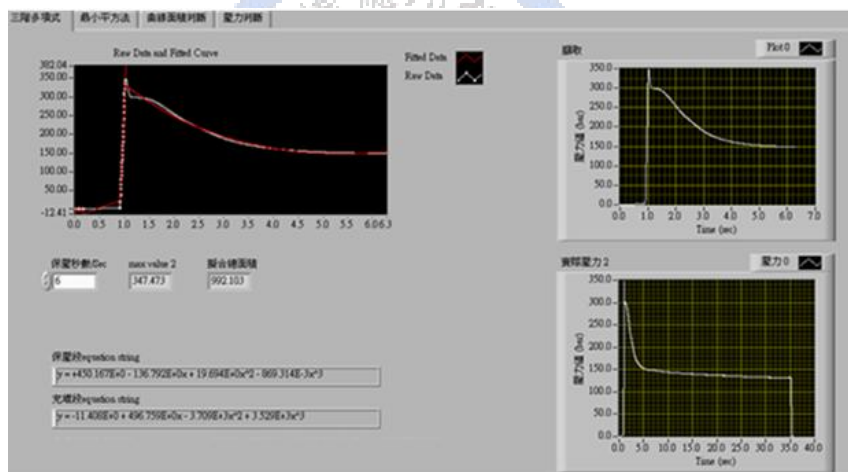


圖 3-5 壓力曲線數學化

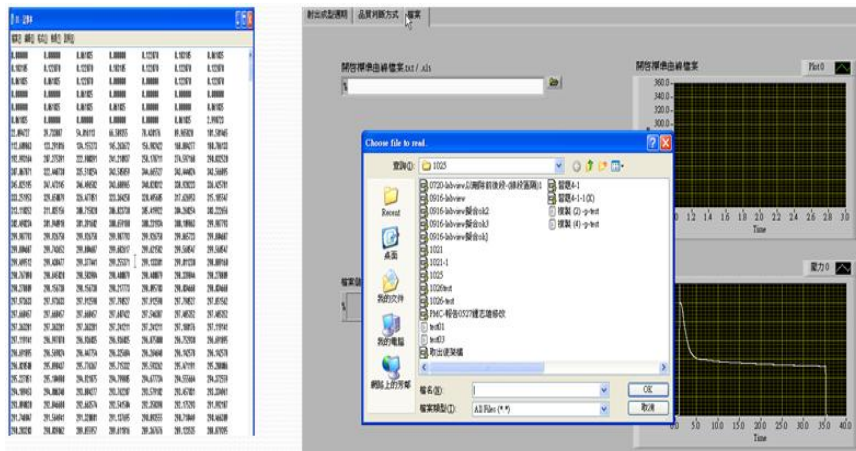


圖 3-6 系統存取檔案頁面



圖 3-7 不良品篩選器

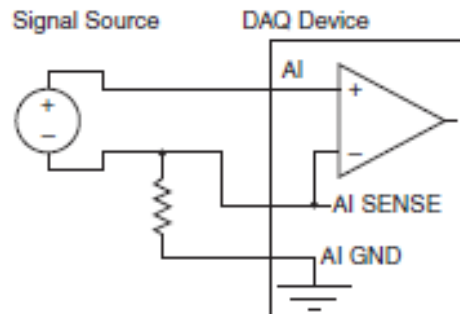


圖 3-8 差壓接地方式

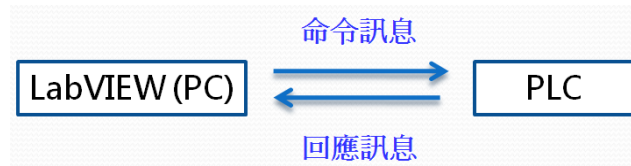


圖 3-9 通訊模式

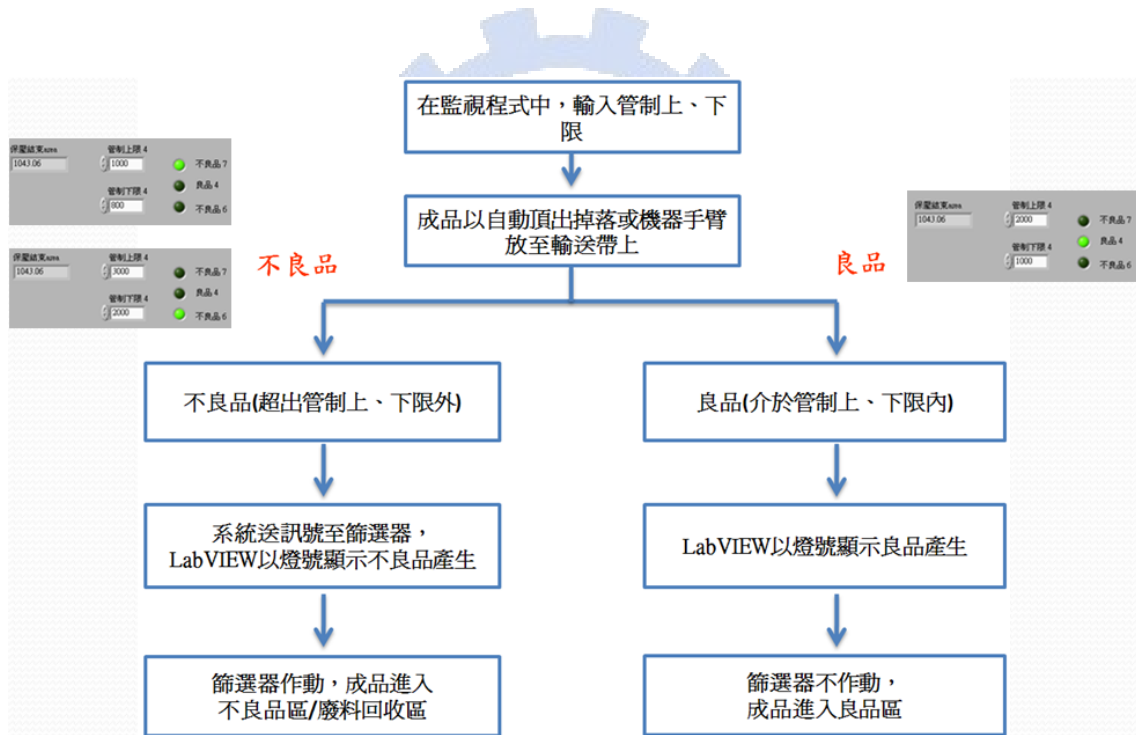


圖 3-10 不良品篩選器流程

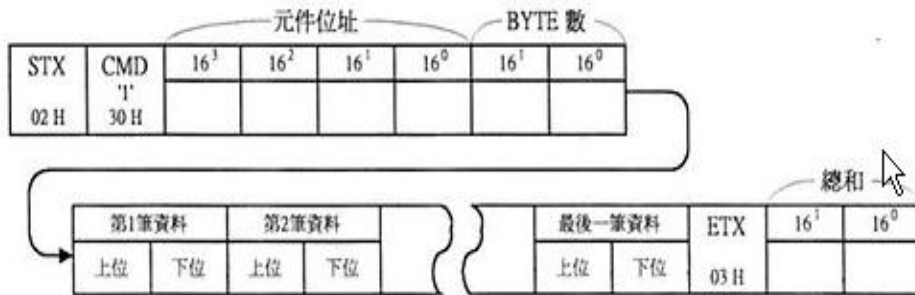


圖 3-11 編碼模式計算圖

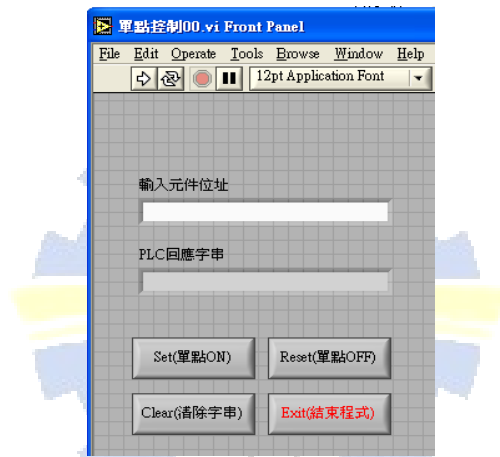


圖 3-12 連結 PLC 圖(人機介面)

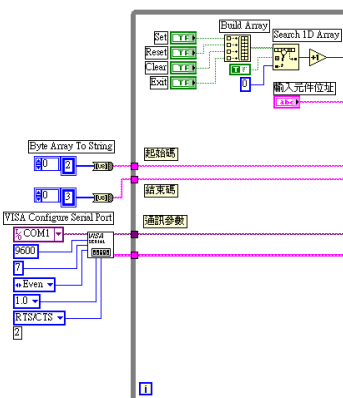


圖 3-13 連結 PLC 圖(程式區)

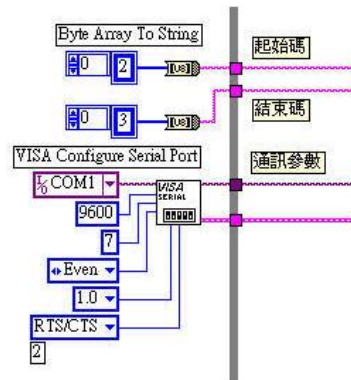


圖 3-14 LabVIEW 程式端基本參數圖

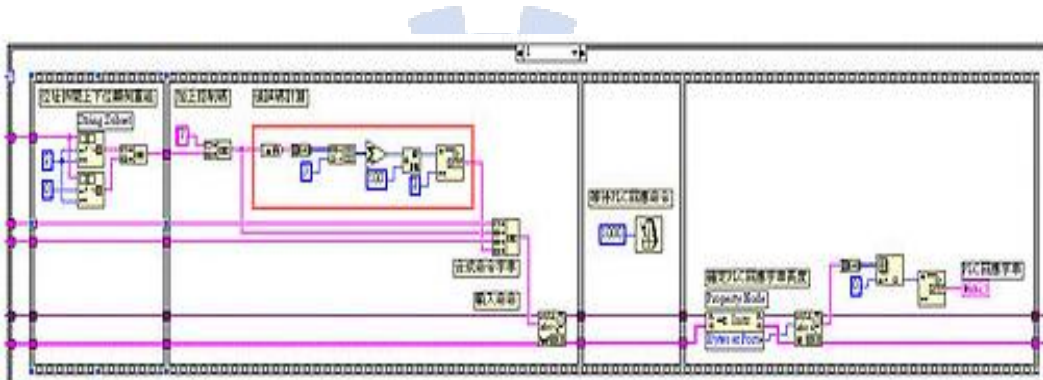


圖 3-15 程式端 PLC 字元運算圖

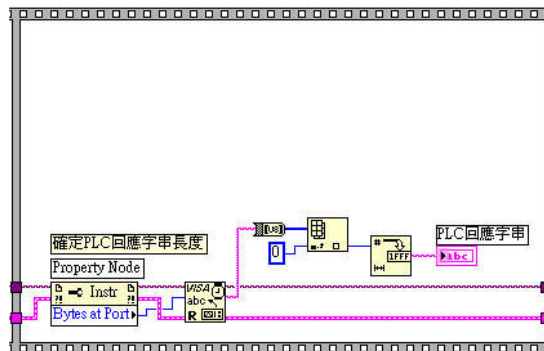


圖 3-16 程式端接收回傳值圖

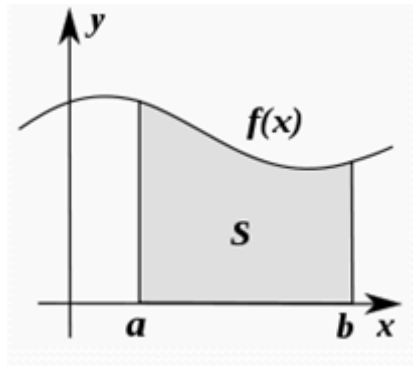


圖 3-17 曲線下所為面積圖

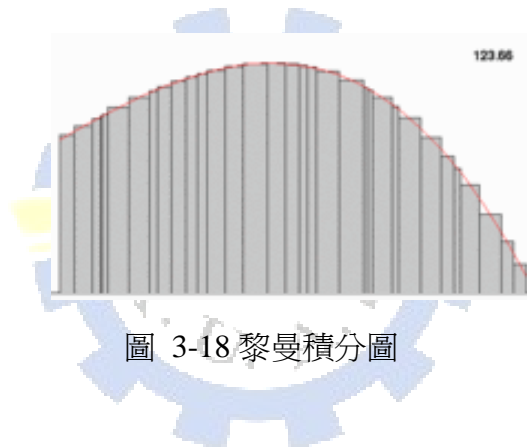


圖 3-18 黎曼積分圖

保壓70%-重量管制圖

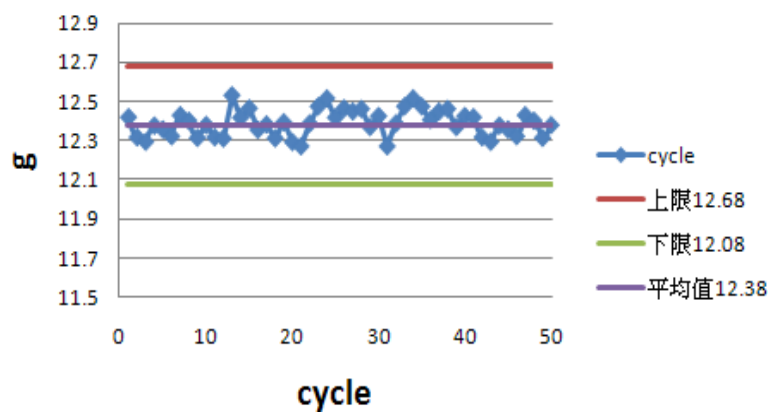


圖 3-19 成品重量製程管制圖

第4章 射出成形實驗與成品檢測

4.1 實驗流程

以一 6 吋導光板為例，其尺寸為 122mm×91.5mm×1mm (長×寬×厚)，如圖 4-1。本實驗沿用楊明峰[9]所設計的模具，實體模具如圖 4-2。模內感測主要是在靠近澆口側安裝壓力感測器，感測成形過程中的壓力變化，由感測器擷取模內壓力訊號交由 LabVIEW 系統轉換成壓力曲線進行產品品質監測進行運算分析如圖 4-3，實驗步驟如下：

1. 先利用模流分析獲得初步的製程參數。
2. 確定製程參數後，再進行完整的射出成形實驗，每一保壓條件採取 50 個樣品，以建立模穴內標準壓力曲線。利用模內壓力擷取系統記錄所需最大模內壓力值與壓力曲線下面積值數據，並量測導光板重量，建立質量與最大壓力及曲線下面積之關係。
3. 利用建立質量與最大壓力及曲線下面積之關係，以目標值 ± 0.3 g 為重量管制範圍，再依此設計最大壓力值、曲線下面積之品質監控管制上限值及管制下限值。
4. 確定最品質管制參數後，再針對擷取系統進行 500 次射出成形實驗，以驗證系統可靠度與誤判率，與後段 PLC 篩選器之功能性。

4.2 實驗材料與設備

4.2.1 實驗材料

本實驗使用的塑膠原料為 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 γ 射線照射等特性，因此適用於中、小尺寸薄型導光板的射出成形，其基本性質如表 4-1。在進行射出成形實驗前，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形後有氣泡產生，其乾燥溫度設定為 80℃，乾燥時間設定為 5 小時，須注意塑料的烘乾效果，以免影響到實驗的進行。此塑料的成形溫度為 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。

4.2.2 實驗設備

1. 射出成形機

本實驗所使用的射出成形機為德國 ARBURG 公司所製造，其型號為 All Rounder 320C，射出機外觀如圖 4-3。此射出成形機為高度自動化設備，具閉迴路之控制系統，使用者可藉由電腦視窗來編輯成形參數與循環程序，意即能夠直接調整射出壓力、射出速度、塑料溫度、螺桿計量位置、鎖模力、保壓壓力、保壓時間、冷卻時間等成形參數，並可編輯動作延遲時間，以達到穩定的塑化效果與精確的計量。其鎖模裝置是採用全液壓鎖模系統，最大鎖模力為 60 噸，其鎖模動作可分成多段來編程調控，使合模動作順暢且不導致模具損壞，且此射出成形機具備射出壓縮功能，可將射出壓縮功能編輯到循環程序中進行射出壓縮成形，其詳細規格如表 4-2。

2. 模具與模內壓力感測裝置

本研究沿用楊明峰[8]設計的模具，所使用的模內壓力感測裝置為瑞典 PRIAMUS 公司所製造的壓電式感測器，型號為 6001B，其外觀與尺寸

如圖 4-4 與 4-5。由於成形過程的壓力極高，感測器須能夠承受高溫高壓，因此本實驗選用壓力量測範圍 0~2000bar、熔膠溫度範圍 0~450°C 及模具溫度範圍 0~200°C 的壓電式壓力感測器，其詳細規格如表 4-3。

3. 資料擷取卡裝置

本實驗使用 NATIONAL INSTRUMENTS (NI) 的 USB-6216 資料擷取器，如圖 4-6。利用 NILabVIEW 軟體與 NI-DAQmx 擷取並顯示由壓力感測裝置擷取電壓經程式轉換之壓力數值。詳細規格分別參見表 4-4。

4. PLC 篩選器裝置

本實驗產品品質經由 LabVIEW 系統判斷方式判別後，LabVIEW 系統品質判斷區會出現不良品警告燈號亮起示警，系統送出不良品訊號給 PLC，再由 PLC 驅動氣壓缸，使氣壓缸作動，推除不良品。本實驗選用三菱 AX1s-14MR 可程式控制器，電壓範圍 100V~240V，可輸入 8 點 (X000~X007)，輸出 6 點 (Y000~Y007) 如圖 4-7。

5. 數字溫度計

由於本實驗需使用數字溫度計控制模穴表面溫度，並且將模流分析模穴表面溫度值輸入模溫機，待模穴溫度溫穩定再取成品，使分析結果更趨近於射出成形實驗。數字溫度計為廣華電子生產，其外觀如圖 4-8 與詳細規格參見表 4-5。

6. 精密電子天秤

本實驗量測導光板重量是使用 METTER TOLEDO AG135，其量測範圍 0~101g，精度達 0.0001g，其外觀如圖 4-9

4.3 導光板檢測

將不同保壓壓力下所射出成形的導光板，分別取 50 模樣品，取樣後放置在常溫下靜置 10 個小時待其性質穩定之後才開始進行量測的動作。利用重量天秤量測導光板重量，比較不同保壓壓力下導光板質量變化，以此作為進行 500 次成形週期測試系統品質壓力標準曲線上下限判斷之依據。

4.4 系統誤判與正確判斷法則

為了以連續 500 模成行週期測試系統利用兩種特徵值之準確性，故分別以 1. 兩種特徵值同時進行判斷成品，只要其一特徵值不在管制範圍內，則系統判定該成行週期為不良品。2. 各只以其中一種特徵值進行判斷成品，特徵值不在管制範圍內，則系統判定該成行週期為不良品。

4.4.1 兩特徵值同時進行判斷

兩特徵值同時進行判斷時，只要其一特徵值超出管制範圍，則系統判定為不良品。如表 4-6 第一種情況：表藍色區域為系統判定區，若系統最大壓力(P-max)與面積(Area)值皆在管制範圍內，均以”O”標記，則系統(System)判定為良品，並以”O”標記。經實際量測重量(W)，若重量介於目標值 $\pm 0.3g$ 間，以”O”標記。由判斷法則表知，當系統判別與(W $\pm 0.3g$)符號相同時，定義為系統判斷正確(OK)，反之，符號不同時，則定義為系統誤判。

表 4-6 第二種情況：表藍色區域為系統判定區，若系統最大壓力(P-max)與面積(Area)值皆不在在管制範圍內，均以”X”標記，則系統判定為不良品，並以”X”標記。經實際量測重量，若重量不介於目標值 $\pm 0.3g$ 間，以”X”標記。由判斷法

則表知，當系統判別與($W \pm 0.3g$)符號相同時，定義為系統判斷正確(OK)。

表 4-6 第七、八種情況：若系統最大壓力(P-max)與面積(Area)值其一不在管制範圍內，以”O” ”X” 標記，則系統(System)判定為不良品，並以”X”標記。經實際量測重量，若重量介於目標值 $\pm 0.3g$ 間，以”O”標記。由判斷法則表知，當系統判別與($W \pm 0.3g$)符號不同時，則定義為系統誤判(NG)。

4.4.2 單一特徵值進行判斷

分別以單一特徵值如模內最大壓力值進行判斷時，只要其特徵值超出管制範圍，則系統判定為不良品。如表 4-7 第一種情況：表藍色區域為系統判定區，若系統最大壓力(P-max)與在管制範圍內，以”O”標記，則系統(System)判定為良品，並以”O”標記。經實際量測重量，若重量介於目標值 $\pm 0.3g$ 間，以”O”標記。由判斷法則表知，當系統判別與($W \pm 0.3g$)符號相同時，定義為系統判斷正確(OK)，反之，符號不同時，則定義為系統誤判(NG)。

如表 4-7 第三種情況：若系統最大壓力(P-max)不在管制範圍內，以”X”標記，則系統(System)判定為不良品，並以”X”標記。經實際量測重量，若重量介於目標值 $\pm 0.3g$ 間，以”O”標記。由判斷法則表知，當系統判別與($W \pm 0.3g$)符號不同時，則定義為系統誤判(NG)。

以壓力曲線下面積值進行判斷時，判斷方式與單一最大壓力判斷法則同理。只要其特徵值超出管制範圍，則系統判定為不良品。如表 4-8 第一種情況：表藍色區域為系統判定區，若系統曲線下面積值(Area)與在管制範圍內，以”O”標記，則系統(System)判定為良品，並以”O”標記。經實際量測重量，若重量介於目標值 $\pm 0.3g$ 間，以”O”標記。由判斷法則表知，當系統判別與($W \pm 0.3g$)符號相同時，定義為系統判斷正確(OK)；反之符號不同時，則定義為系統誤判(NG)。

如表 4-8 第三種情況：若以壓力曲線下面積值(Area)不在管制範圍內，以”X”標記，則系統判定(System)為不良品，並以”X”標記。經實際量測重量(W)，若重量介於目標值±0.3g 間，以”O”標記。由判斷法則表知，當系統判別與(W±0.3g)符號不同時，則定義為系統誤判(NG)。

表 4-1 Kuraray 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)	D648	°C	92
(有負荷)			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

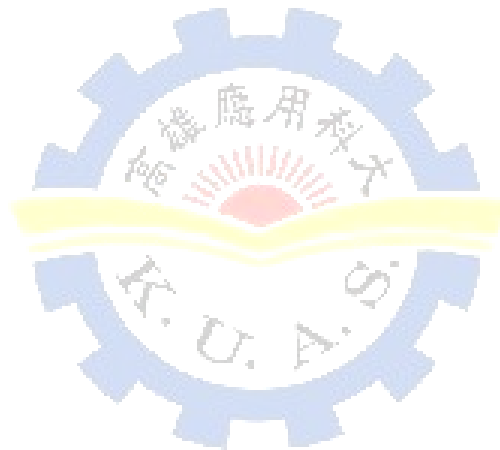


表 4-2 ARBURG All Rounder 320C 射出成形機規格表

裝置項目	單位	ARBURG 320C
合模單元		
合模方式		全液壓鎖模系統
最大合模力	ton	60
開模行程	mm	350
拉桿淨距	mm	320×320
裝模板面(寬×高)	mm	446×446
模板間距	mm	550
最小模具厚度	mm	200
頂針前頂力	kN	30
頂針行程	mm	125
射出機		
螺桿直徑	mm	35
螺桿行程	mm	150
理論注射量	cm ³	144
最大射出壓力	bar	1820
最大射出速度	mm/sec	160
最大射出率	cm ³ /sec	154
溫度控制區數		5
最大射台平移距離	mm	120

表 4-3 PRIAMUS 壓電式壓力感測器規格

項目	單位	PRIAMUS 6001B
Measuring Range	bar	0...2000
Overload	bar	2500
Sensitivity	pC/bar	Ca. - 10
Maximum Melt Temperature (Plastics) in the Cavity	°C	no limitation
Maximum Mold Temperature	°C	200
Deviation of Linearity	%	< ±1
Natural Frequency	kHz	> 80
Insulation Resistance	Ω	> 10 ¹³ (at 20°C)

表 4-4 NI USB-6216 資料擷取卡規格

通用	
外觀尺寸	USB
OS 支援	Windows, Linux, Mac OS
量測類型	相位差編碼, 伏特
DAQ 系列產品	M 系列
類比輸入	
通道數量	16 SE/8 DI
取樣速率	400 kS/s
解析度	16 bits
同步取樣	否
最大電壓範圍	-10..10 V
範圍準確度	2.69 mV
範圍敏感度	91.6 μ V
最小電壓範圍	-200..200 mV
範圍準確度	0.088 mV
範圍敏感度	4.8 μ V
輸入範圍數量	4
內建記憶體	4095 樣本
類比輸出	
通道數量	2
更新速率	400 kS/s
解析度	16 bits
最大電壓範圍	-10..10 V
範圍準確度	3.512 mV
最小電壓範圍	-10..10 V

範圍準確度	3.512 mV
電流驅動(通道數/總數)	2 mA/4 mA
數位 I/O	
通道數量	4 DI/4 DO
時脈	軟體
邏輯準位	TTL
最大輸入範圍	0..3.8 V
最大輸出範圍	0..5.25 V
輸入電流	汲極
可程式化輸入濾波器	否
輸出電流	源極
電流驅動(通道數/總數)	16 mA/50 mA
監視計時器	否
支援可程式化的啟動狀態?	否
支援訊號交換 I/O?	否
支援圖形 I/O?	否
計數器/計時器	
計數器/計時器數量	2
解析度	32 bits
最大源極頻率	80 MHz
邏輯準位	TTL
最大範圍	0..5.25 V
時基穩定度	50 ppm
GPS 同步化	否
脈衝產生	是
緩衝作業	是
彈跳/突波移除	是

時序/觸發/同步化	
觸發	數位
產品規格	
長度	16.9 cm
寬度	9.4 cm
高度	3.1 cm
I/O 接頭	螺絲固定端點

表 4-5 數字溫度計規格

	DE-3003
Measurement range	-50°C~1300°C or -50°C~199.9°C
Resolution	0.1°C or 0.1°F, 1°C or 1°F
Input protection	60V DC or 24Vrms AC max.
Sampling rate	2.5 times/sec.
Low batt. indicator	Yes
Overload indicator	Yes

表 4-6 兩特徵值之判斷法則

	P-max 管制	Area 管制	P-max	Area	System 判別	W ±0.3	OK/NG
1	±	±	○	○	○	○	OK
2	±	±	X	X	X	X	OK
3	±	±	○	X	X	X	OK
4	±	±	X	○	X	X	OK
5	±	±	○	○	○	X	NG
6	±	±	X	X	X	○	NG
7	±	±	○	X	X	○	NG
8	±	±	X	○	X	○	NG

P-max 管制：為制定之壓力上下限(±)

Area 管制：為制定之面積上下限(±)

W ± 0.3g：為制定之重量範圍

OK/NG：為系統值與實際比較，正確 OK，誤判 NG

藍色區域

P-max：系統實際最大壓力

Area：系統實際計算面積值

System：為系統判良品(○)與不良品(X)

表 4-7 單一特徵值最大壓力判斷法則

	P-max 管制	P-max	System 判別	W ±0.3	OK/NG
1	±	○	○	○	OK
2	±	X	X	X	OK
3	±	X	X	○	NG

表 4-8 單一特徵值面積判斷法則

	Area 管制	Area	System 判別	W ± 0.3	OK/NG
1	\pm	○	○	○	OK
2	\pm	X	X	X	OK
3	\pm	X	X	○	NG

P-max 管制：為制定之壓力上下限(\pm)

Area 管制：為制定之面積上下限(\pm)

W $\pm 0.3g$ ：為制定之重量範圍

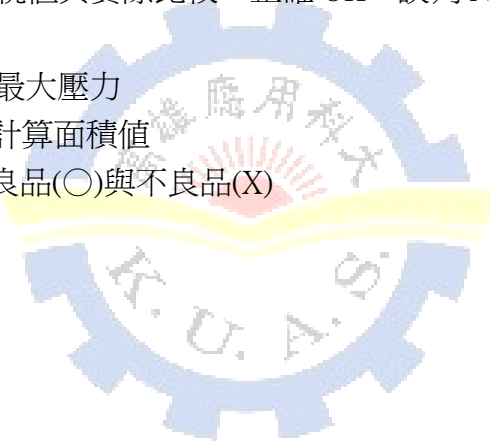
OK/NG：為系統值與實際比較，正確 OK，誤判 NG

藍色區域

P-max：系統實際最大壓力

Area：系統實際計算面積值

System：為系統判良品(○)與不良品(X)



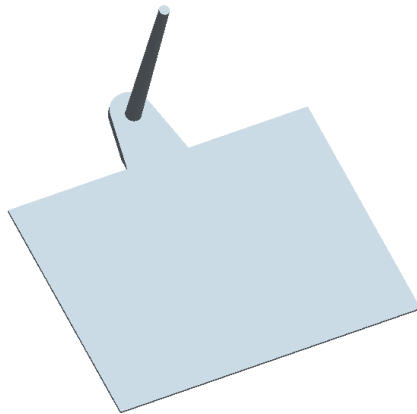
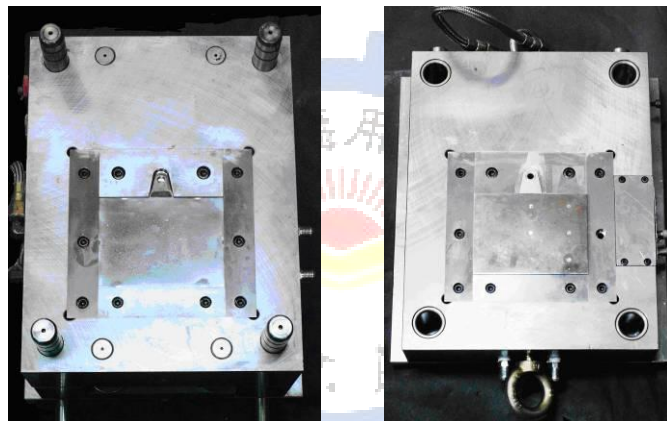
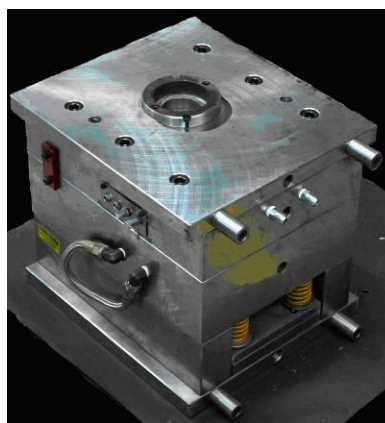


圖 4-1 六吋導光板示意圖



(a)公模

(b)母模



(c) 模具組立圖

圖 4-2 實體模具



圖 4-3 線上篩選系統



圖 4-4 ARBURG All Rounder 320C 射出成形機



圖 4-5 PRIAMUS 壓力感測器圖

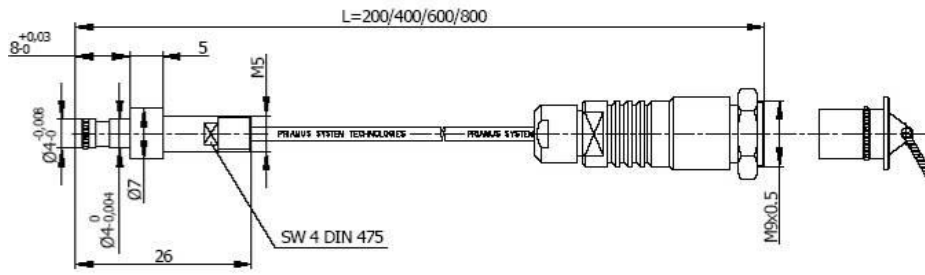


圖 4-6 PRIAMUS 壓力感測器尺寸圖



圖 4-7 NI USB-6216 資料擷取卡



圖 4-8 三菱 AX1s-14MR 可程式控制器圖



圖 4-9 數字溫度計



圖 4-10 精密電子天秤

第5章 結果與討論

5.1 壓力擷取點的位置

利用 CAE 模擬感測點的安裝位置如圖 5-1，分別探討射出過程壓力訊號曲線的變化情況，隨著射出過程所量測的壓力訊號曲線，是否為適當擷取的位置，分別以保壓 70% 壓力持平、壓力依時間階梯式下降、無保壓三種型式，模擬模內壓力訊號曲線之分佈情形如圖 5-2 結果顯示：

模穴壓力感測點靠近澆口位置，因壓力訊號曲線變化平順、壓力曲線下方面積夠大、適合曲線擬合等特徵，較能充份反應出成品質量及應力殘留，且由成形實驗比對標準壓力曲線保壓壓力 70% 發現，近澆口之最大壓力值經曲線對應所落於重量區域較平均且正確。若壓力感測點安裝於離澆口較遠之位置，壓力訊號變化訊號值較小，壓力曲線下方特徵值之面積也較小，訊號太弱會使得成品重量的判斷不夠靈敏，較不適合作為模穴壓力的擷取點，經與成形實驗比對標準壓力曲線保壓壓力 70% 發現，其壓力最大值經曲線對應所落於重量區域較不正確，如圖 5-3。因此感測器安裝在靠近澆口之位置，較能反應出產品內部壓力訊號曲線的變化情況。

5.2 模內壓力

在不同保壓壓力變化下各取 50 模，由 30%、40%、50%、60%、70% 到 80% 六種保壓壓力可知模內壓力與壓力曲線下所圍面積各取其平均值之變化程度如圖 5-4，從保壓 80% 得知，充填時間大約為 0.3 秒，另由圖 5-5 知，當保壓壓力逐漸調高時，模內壓力很明顯逐漸上昇；並發現壓力曲線下所圍總面積積分值有增加

之趨勢，而經系統計算擷取壓力曲線下保壓時間 5 秒內之面積值積分值，也有逐漸增加之趨勢；由此可知模內壓力越大，其壓力曲線面積也越大。

將各保壓條件下成形週期壓力曲線下面積分三階段如圖 5-6，取 50 模之平均值作探討，圖 5-7 充填以模擬分析結果 0.3 Sec 為充填段，接其後 5 Sec 定義為保壓段，後半部壓力曲線冷卻至開模定義為冷卻段，發現充填段與保壓段和之壓力曲線下面積值，因保壓壓力增加，面積有上升趨勢，而冷卻段面積與總面積值則因時間增加，其面積值也越大，面積值則有較明顯上升現象，其曲線變化趨勢較重量曲線斜率大。以三段面積值整體圖來看，比較三條面積值曲線變化趨勢，與最大壓力值之曲線變化，可發現充填段加保壓段面積和之曲線趨勢與重量變化趨勢最為相近如圖 5-8，而保壓階段主要是用來決定成形品的質量，故本研究取充填段與保壓段之和，作為判別品質管制特徵依據之一。

5.3 模內最大壓力／壓力曲線下面積與重量之關係圖

由實驗找出保壓 30%、40%、50%、60%、70%到 80%模內壓力最大值與壓力曲線 5 秒內圍面積對應重量之關係，結果顯示：

由各保壓條件 50 模平均值發現，隨保壓壓力增加，模穴壓力也逐漸上升，成品重量也相對提高，利用此曲線可找出欲求製程管制中心之重量上下限應對模內壓力值之上下限如圖 5-9。而模穴壓力曲線下積積分值逐漸上昇，成品重量增加也逐漸加大，因此，可由欲求製程管制中心之重量上下限應對可得壓力曲線下面積 5 秒內積分值上下限，依此作為管制上下限依據。如圖 5-10

依重量來設計模穴壓力曲線的上下限如圖 3-19，經由已建立模穴內的壓力標準曲線所得到的特徵值樣本數據，監控比對產品是否在所規定的品質上下限範圍

內。使用特徵值之最大壓力值與壓力曲線 5 秒內積分值對應設計進行質量管制，由標準曲線可找出欲求製程管制中心之重量上下限應對模內壓力值之上下限如圖 5-11，或應對壓力值曲線下面積積分值上下限如圖 5-12，並對製程狀態進行監控，將此管制方式應用於 PLC 不良品篩選器如圖 3-10，其最終的目的在使產品的品質變異在管制狀態下。另由表 5-1 可知，保壓 70%重量為最接近 6 吋導光板設計值，故依重量品質管制中心線設計為 12.387g，由重量對應設計壓力中心線為 445.42 bar，面積中心線為 2589 bar*s；兩條管制上、下界限則規定了產品品質特性變動所容許的範圍，將上限管制範圍為中心值加上 0.3g；下限管制範圍為中心值減去 0.3g，即可得到管制圖的管制上下限。

5.4 系統篩選成品測試

依導光板重量建立的管制上限及管制下限，再依此設計建立最大壓力值、曲線下面積之監控值管制上限及管制下限。於 500 次射出成型週期中，以保壓 70%重量 12.38g 為管制中心 $\pm 0.3g$ 為其範圍，壓力值管制中心為 445.42 bar，上限為 451.8 bar，下限為 408 bar；面積值管制中心為 2378 bar*s，上限 2618 bar*s，下限 2378 bar*s，兩特徵值同時進行判斷，若其一特徵值不在管制範圍，系統便判定該成行週期之塑品為不良品。

結果顯示:正確判斷 458 次，誤判 42 次，誤判率 8.4%。

以單一特徵最大壓力值作為管制依據，取 70%質量 12.387g 為管制中心 $\pm 0.3g$ 為其範圍，壓力值管制中心為 445.42 bar，上限為 451.8 bar，下限為 408 bar

結果顯示:正確判斷 478 次，誤判 22 次，誤判率 4.4%。

以單一特徵壓力曲線 5 秒內面積值作為管制依據，取 70%質量 12.387g 為管

制中心 $\pm 0.3g$ 爲其範圍，面面積值管制中心爲 2378 bar*s，上限 2618 bar*s，下限 2378 bar*s

結果顯示:正確判斷 480 次，誤判 20 次，誤判率 4%。

由圖 5-8 得知保壓 70%於標準壓力曲線設計壓力管限制時，因該壓力曲線斜率較大，壓力值樣本點較靠近管制上限如圖 5-10，同理，於面積值管制圖也可發現類似情形，因此可能造成系統常發生錯誤判斷，故另取標準壓力曲線較線性之線段，選擇以保壓壓力 50%及重量建立其製程管制圖如圖 5-12，並分析其系統判斷結果。

以保壓 50%重量 11.41g 爲管制中心 $\pm 0.3g$ 爲其範圍，壓力值管制中心爲 352 bar，上限爲 368 bar，下限爲 318 bar；面積值管制中心爲 1756 bar*s，上限 2040 bar*s，下限 1440 bar*s，兩特徵值同時進行判斷，若其一特徵值不在管制範圍，系統便判定該成行週期之塑品爲不良品。

結果顯示:正確判斷 484 次，誤判 16 次，誤判率 3.2%，誤判率大幅降低。

以單一特徵最大壓力值作爲管制依據，取 50%質量 11.41g 爲管制中心 $\pm 0.3g$ 爲其範圍，壓力值管制中心爲 352bar，上限爲 368 bar，下限爲 318 bar

結果顯示:正確判斷 486 次，誤判 14 次，誤判率 2.8%。

以單一特徵壓力曲線 5 秒內面積值作爲管制依據，取 50%質量 11.41g 爲管制中心 $\pm 0.3g$ 爲其範圍，面面積值管制中心爲 1756 bar*s，上限 2040 bar*s，下限 1440 bar*s

結果顯示:正確判斷 487 次，誤判 13 次，誤判率 2.6%。

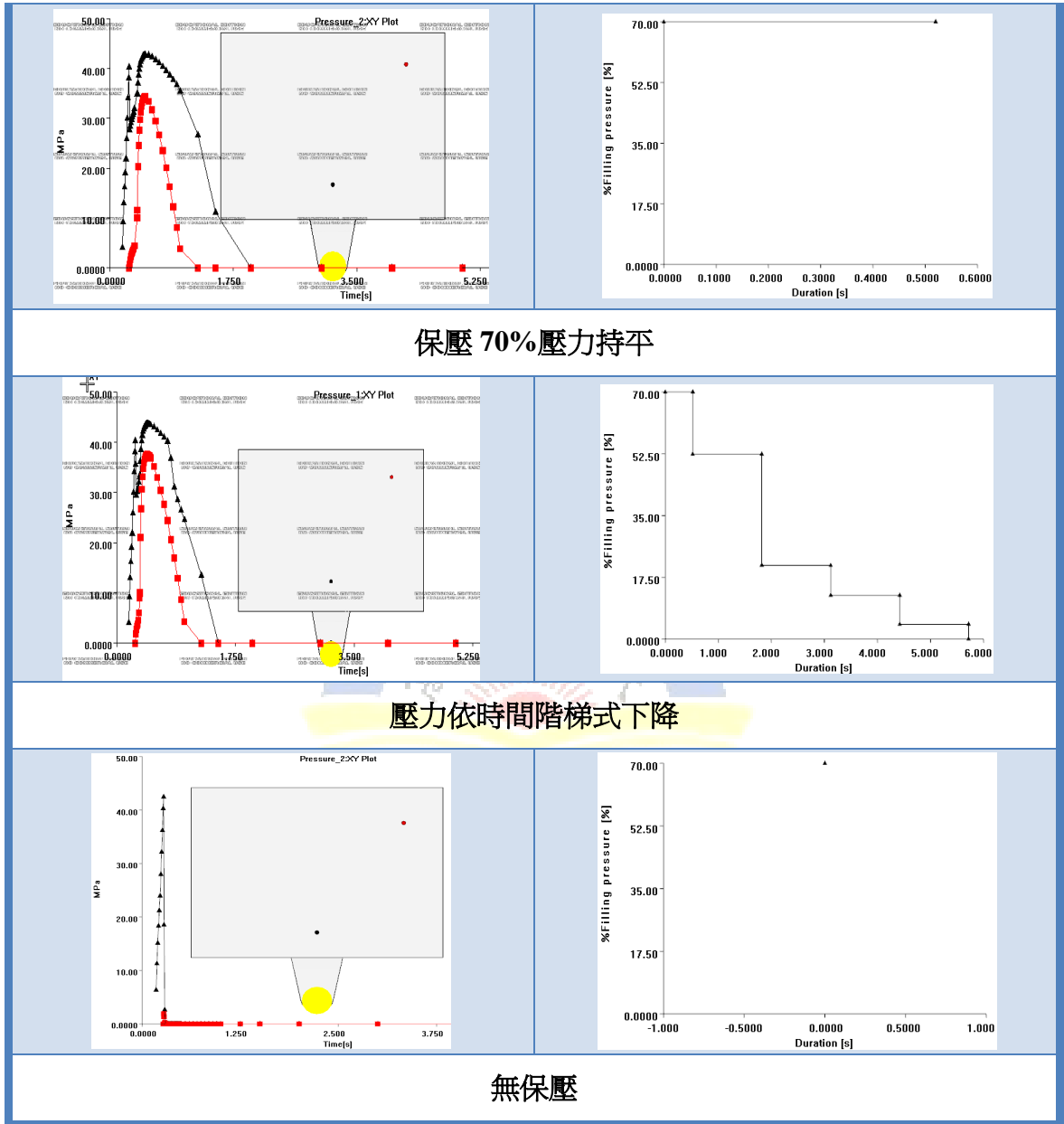


圖 5-2 感測點位置壓力分佈圖

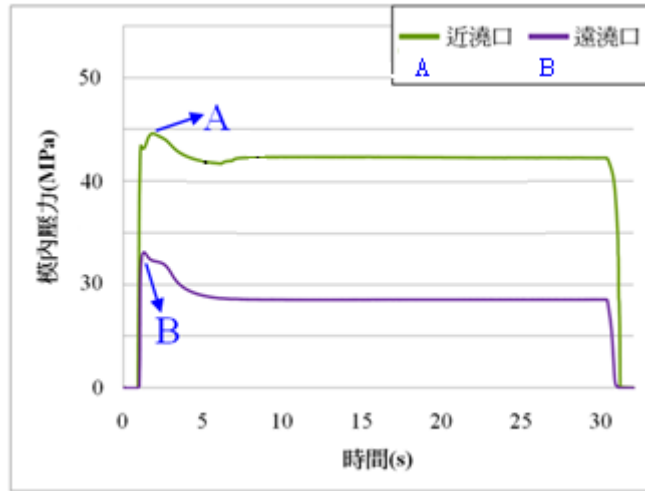
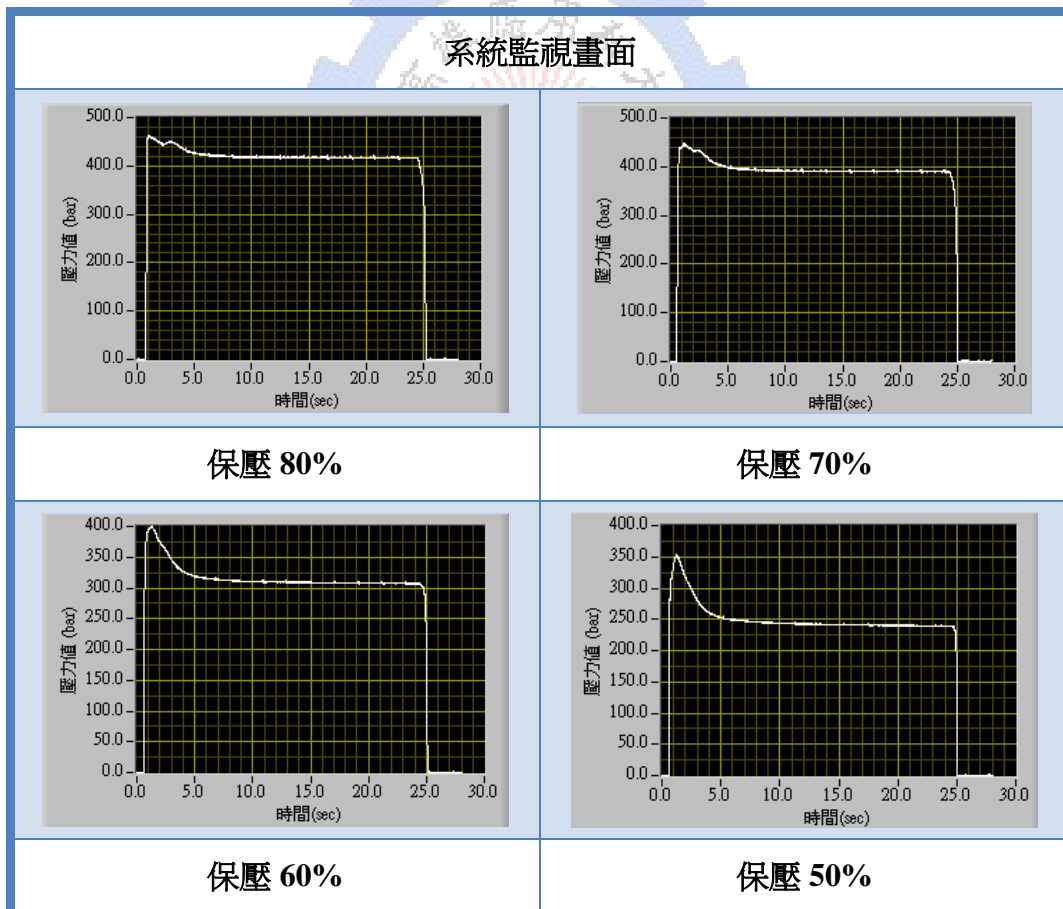


圖 5-3 近澆口端與遠澆口端壓力變化



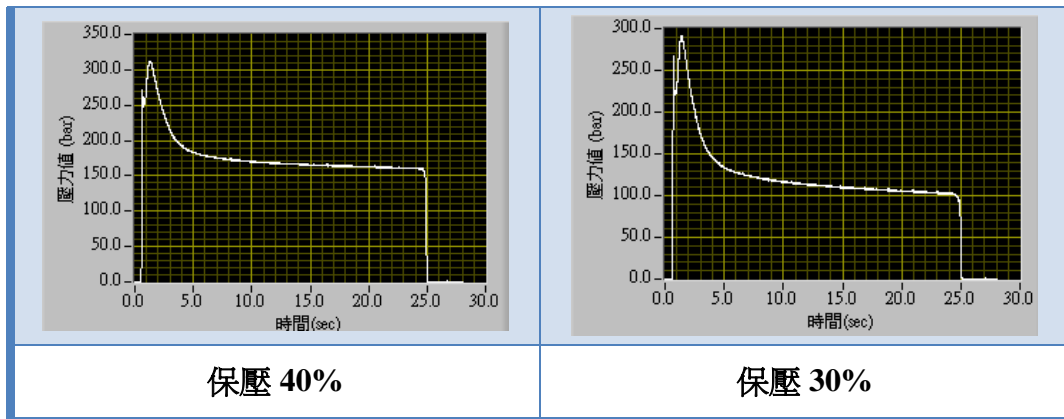


圖 5-4 系統監視畫面圖

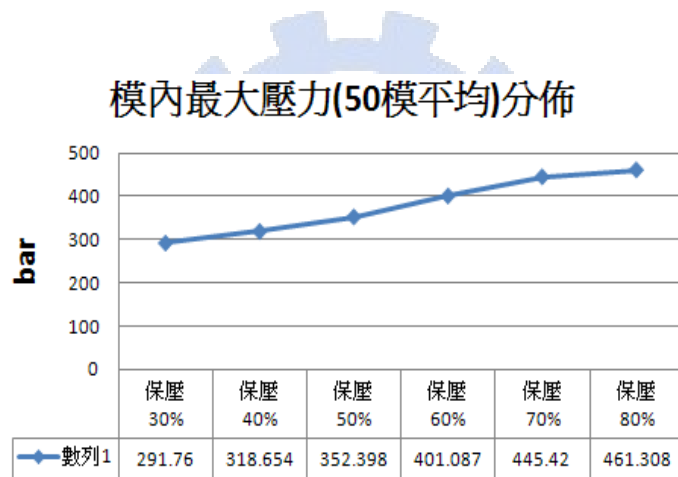


圖 5-5 模內最大壓力分佈圖

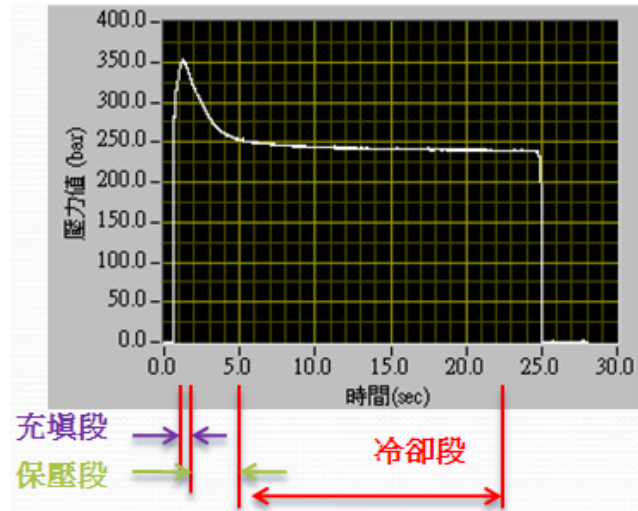


圖 5-6 模內壓力曲線下面積分段示意圖

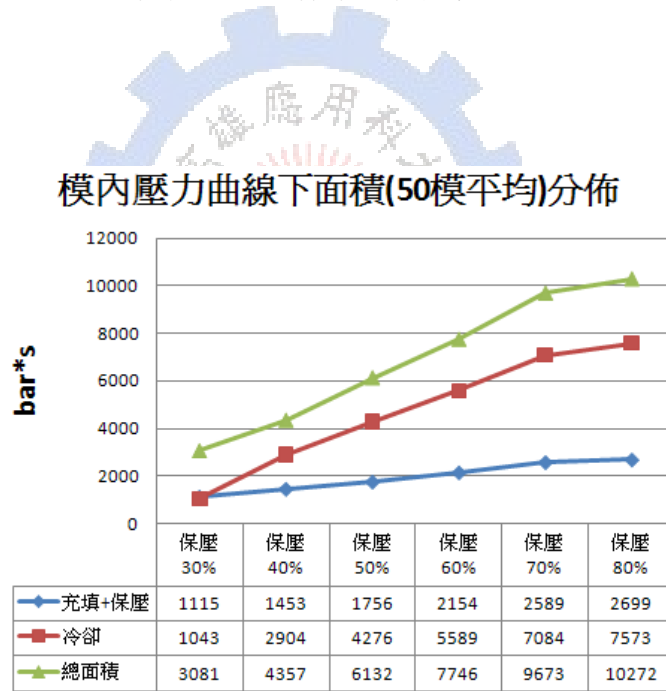


圖 5-7 模內壓力曲線下面積分布圖

成品重量(50模平均)分佈

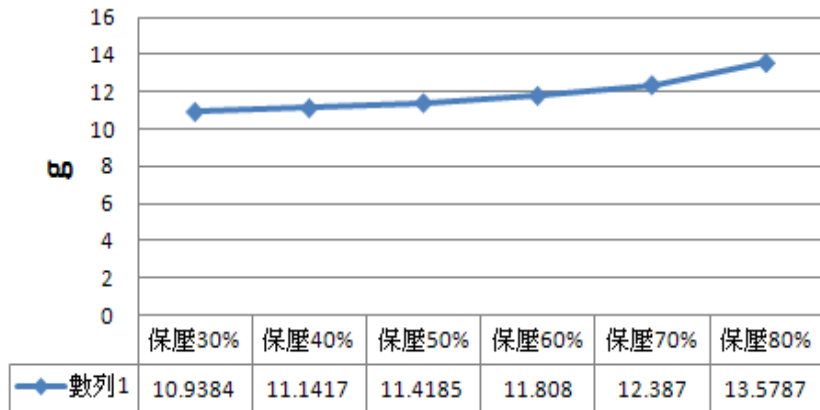


圖 5-8 成品重量分布圖



模內最大壓力-成品重量

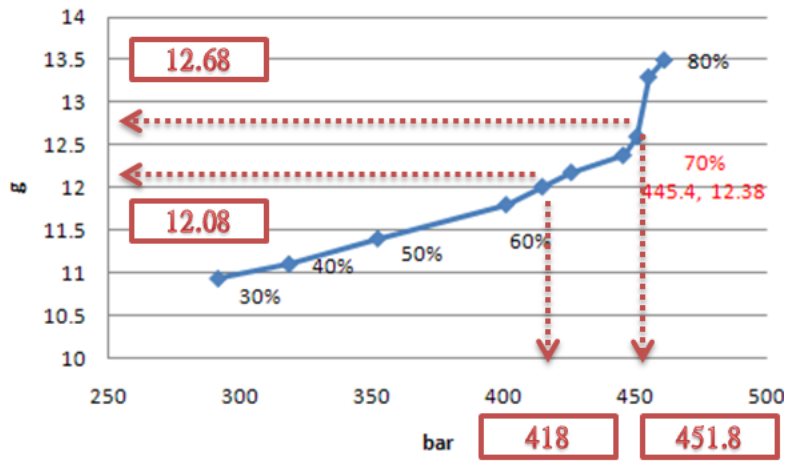


圖 5-9 保壓 30%至 80%平均重量分布圖

模內壓力曲線5秒面積值-成品重量

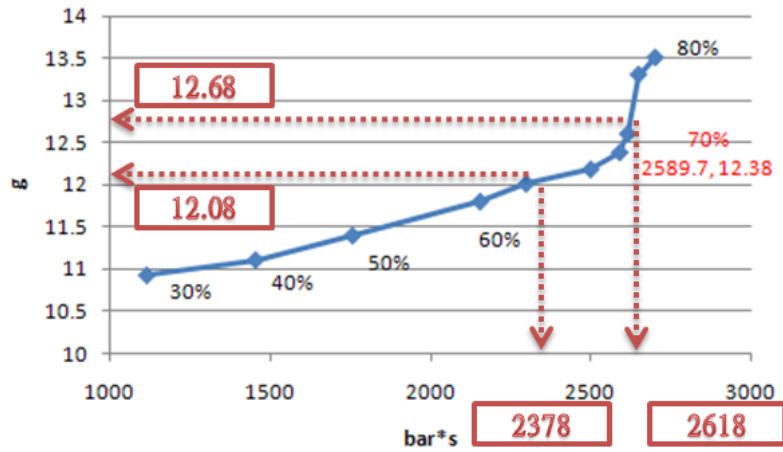


圖 5-10 保壓 30%至 80%平均重量分布圖

保壓70%-壓力管制圖

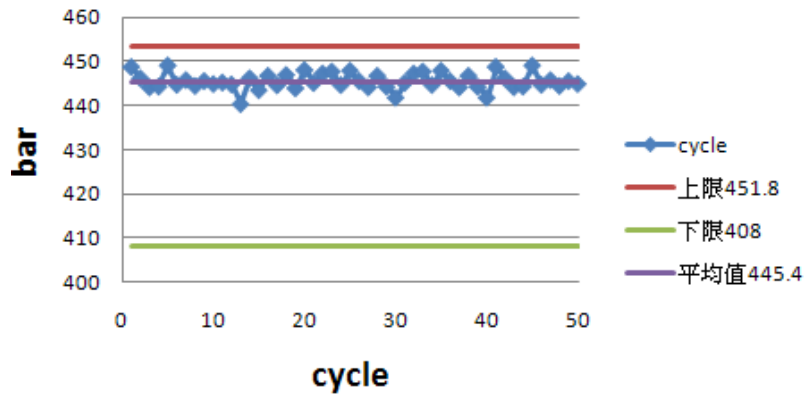


圖 5-11 模內最大壓力製程管制圖

保壓70%-5秒面積值管制圖

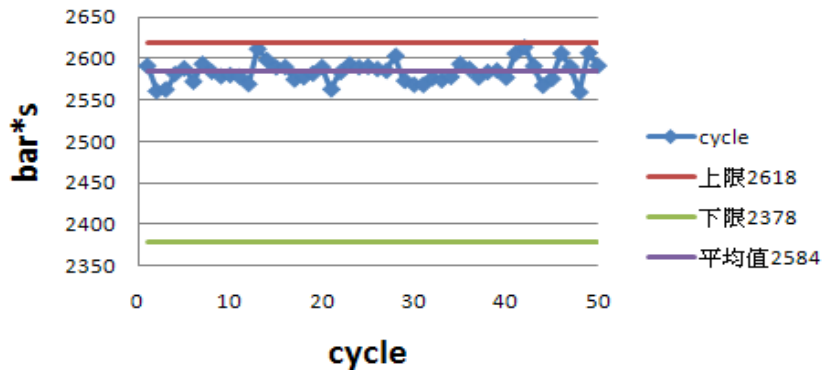
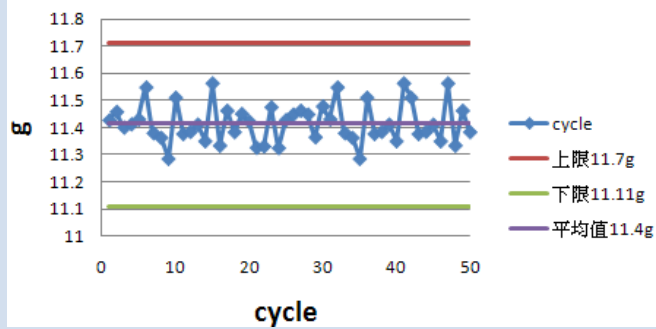


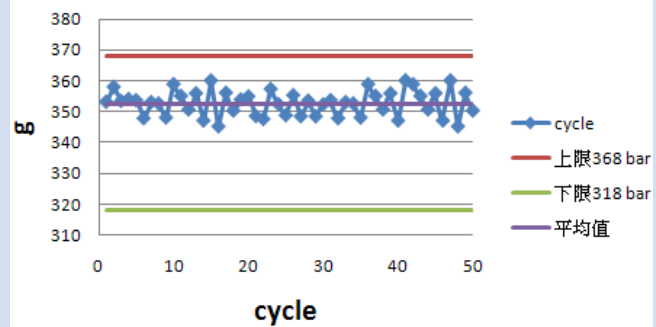
圖 5-12 壓力曲線 5 秒面積製程管制圖



保壓50% 成品重量管制圖



保壓50% 模內最大壓力管制圖



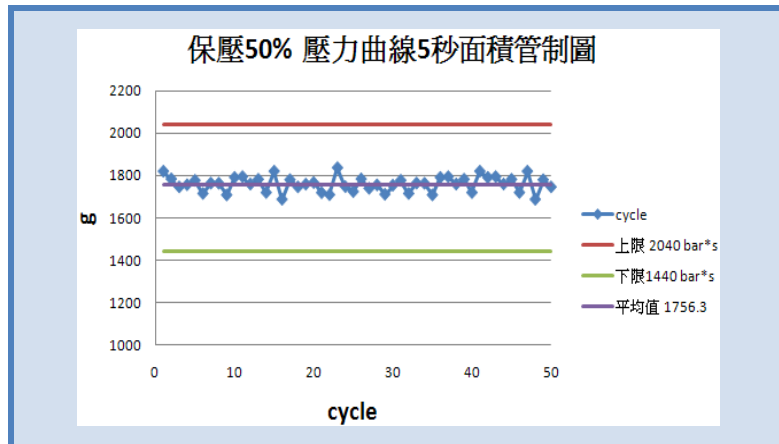
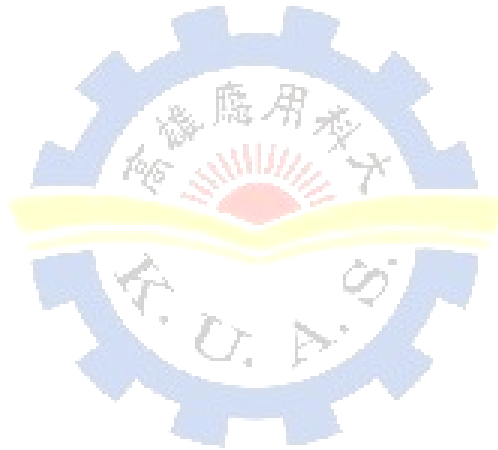


圖 5-13 保壓 50%製程管制圖



第6章 結論

6.1 結論

1. 模穴壓力感測點靠近澆口位置，因壓力訊號曲線變化平順、壓力曲線下方面積夠大、適合曲線擬合等特徵，較能充份反應出成品質量及應力殘留。因此感測器安裝在靠近澆口之位置，較能反應出產品內部壓力訊號曲線的變化情況。
2. 保壓壓力是保壓階段的重要成形參數，保壓太小會造成塑料逆流，保壓太大會造成近澆口處應力殘留現象，所以保壓壓力大小，也會影響產品品質。
3. 本實驗可發現，模穴最大壓力值與重量的關係，隨保壓壓力增加，產品重量也有增加之趨勢，就是模穴壓力最大值越大，成品重量越重。
4. 而模穴壓力保壓時間 5 秒內積分值與重量的關係，也隨壓力曲線面積越大，成品重量越重，因此可以確認利用模穴壓力的最大值或積分值控制在預計之範圍內，則可較精確監控成品品質在特定的範圍內。
5. PLC 不良品篩選器與 LabVIEW 軟體，為 2 種不同程式語言，易增加程式開發難度與 2 種程式溝通偵錯困擾，若採用同時採用相同系列產品，可避免此問題。
6. 提供即時、動態的監控畫面將塑品成型時，模穴內壓力數據轉成圖型視窗方便監控。
7. 動態長時間監控下，可以了解機台性能。

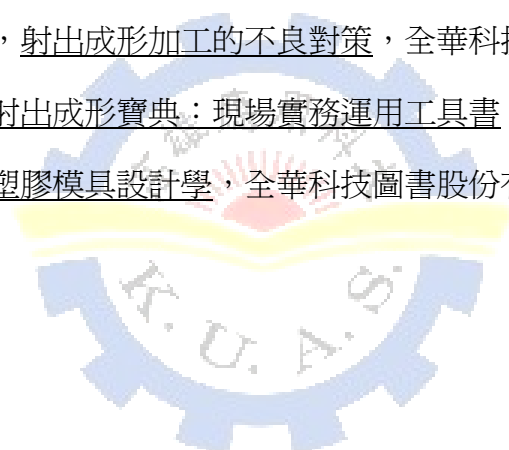
參考文獻

- [1]. Ming-Shyan Huang, “Cavity pressure based grey prediction of the filling-to-packing switchover point for injection molding”, Journal of Materials Processing Technology, Volume 183, Pages 419-424,(2006).
- [2]. Kamal, M.R., Varela, A.E. and Patterson, W.I., “Control of Part Weight in Injection Molding of Amorphous Thermoplastics”, Polymer Eng. Sci., Vol.39, No.5, P.940-952.(1999)
- [3]. Suzanne, L.B., Woll and Douglas J. Cooper, “Pattern-Based Closed-Loop Quality Control for The Injection Molding Process”, Polymer Eng. Sci., Vol.37, No.5, pp. 801-812.(1997)
- [4]. Suzanne, L.B., Woll and Douglas J. Cooper, “Advanced Method for Injection Molding Part Quality Control”, Journal of Engineering and Applied Science, pp.1975-1979. (1996)
- [5]. Suzanne, L.B., Woll and Douglas J. Cooper, “Advanced Method for Injection Molding Part Quality Control”, Journal of Engineering and Applied Science, pp.1975-1979.(1996)
- [6]. Suzanne, S.L., Cooper, D.J., and Blair V., “Online Pattern-Based Part Quality Monitoring of the Injection Molding Process”, Polymer Eng. Sci., Vol.36, No.11, pp.1477-1488.(1996)
- [7]. Kistler Company, “Perfect Quality in Injection Molding Achieved with Kistler Measuring Technology”, technical paper.(1999)
- [8]. Rawabdeh, I.A. and Petersen, P.F., “In-line Monitoring of Injection Molding

Operations: A Literature Review”, Journal of Injection Molding Technology, Vol.3, No.2, P.47-53. (1999).

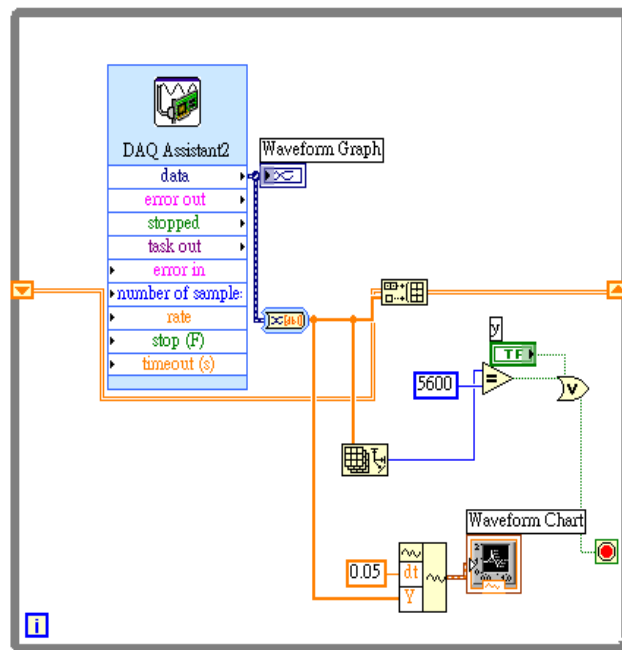
- [9]. 楊明峰，“薄形導光板模內監控與製程最佳化之研究”，國立高雄應用科技大學，模具工程系碩士論文，2007。
- [10]. 陳信宏，“模具變形對薄殼成品在尺寸精度和殘留應力的影響”，國立高雄應用科技大學，模具工程系碩士論文，2009
- [11]. 李孟儒“以模穴壓力為基礎之射出成型品質監控方法”，國立高雄第一科技大學，機械與自動化工程系碩士論文，2003。
- [12]. 汪忠諺，“智慧型光學射出成形控制系統之分析與研究”，國立清華大學，動力機械工程學系碩士論文，2006。
- [13]. 張棟瑜，“薄殼射出成形過程之模穴壓力量測-品質監控與 CAE 模擬參數調整”，國立中山大學，機械工程學系碩士論文，2002，p38-p39。
- [14]. 陳俊豪，“薄殼射出成形之模穴壓力分佈量測”，國立交通大學，機械工程學系，2000。
- [15]. 吳致諒，“薄殼射出成型之製程特性研究”，中原大學，機械工程學系，1999，p34-p36。
- [16]. 洪偉哲，“快速射出成型精密監控系統之研究”，中原大學，機械工程學系，1999。
- [17]. 鄭銘章“射出成型智慧型製程控制系統開發之研究”，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，2001。
- [18]. 傅兆章、黃明賢，“成型參數量測與智慧型監控方法之研究”，行政院國家科學委員會補助專題研究計劃成果報告，1999，p1-p11。

- [19].謝明仁，” 模內壓力曲線的概念與應用” ，KISTLER 台灣分公司。
- [20].林毅欽，2008，LabVIEW 基礎程式設計與應用，全華科技圖書股份有限公司。
- [21].陳世忠，2005，PLC_LabVIEW 圖形監控，高立圖書有限公司。
- [22].孫家偉，2007，自動化量測與控制 LabVIEW，高立圖書有限公司。
- [23].孫家偉，2005，虛擬儀控程式設計 LabVIEW 7X，高立圖書有限公司。
- [24].葛世偉，2008，可程式控制器應用，全華科技圖書股份有限公司。
- [25].傅和彥 黃士滔，2009，品質管理 QUALITY MANANGEMENT，前程企業管理公司。
- [26].歐陽渭城，2008，射出成形加工的不良對策，全華科技圖書股份有限公司。
- [27].胡雲宏，2008，射出成形寶典：現場實務運用工具書，塑膠中心。
- [28].張永彥，2007，塑膠模具設計學，全華科技圖書股份有限公司。

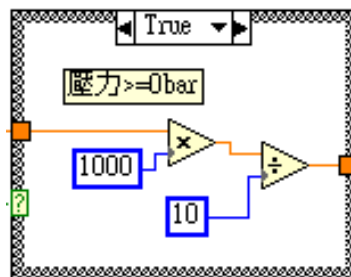


附件一 LabVIEW 程式

1. 主程式：主程式由 LabVIEW 程式區 DAQ 小幫手進行設定擷取，並設定取樣時間與取樣頻率，經由感測器電壓公式轉換為壓力參數，輸出於人機介面圖表。

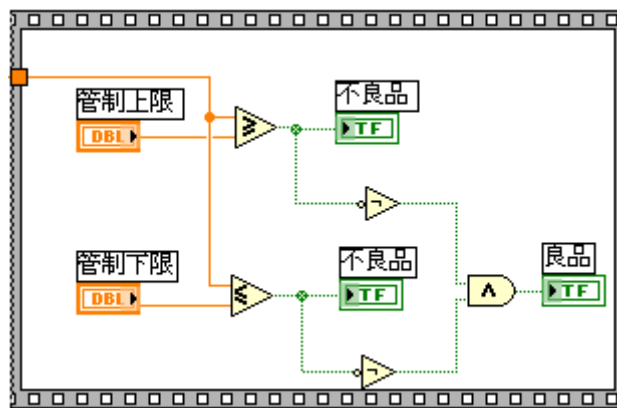


主程式 LabVIEW 程式區

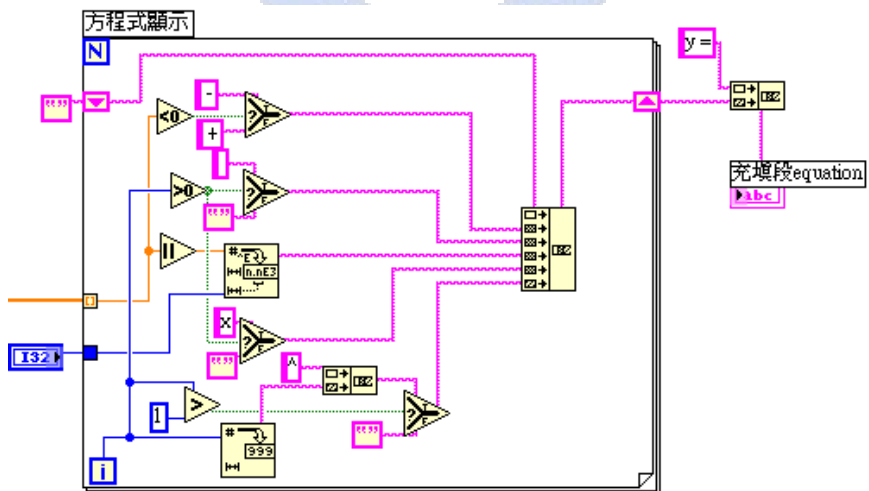


感測器電壓公式

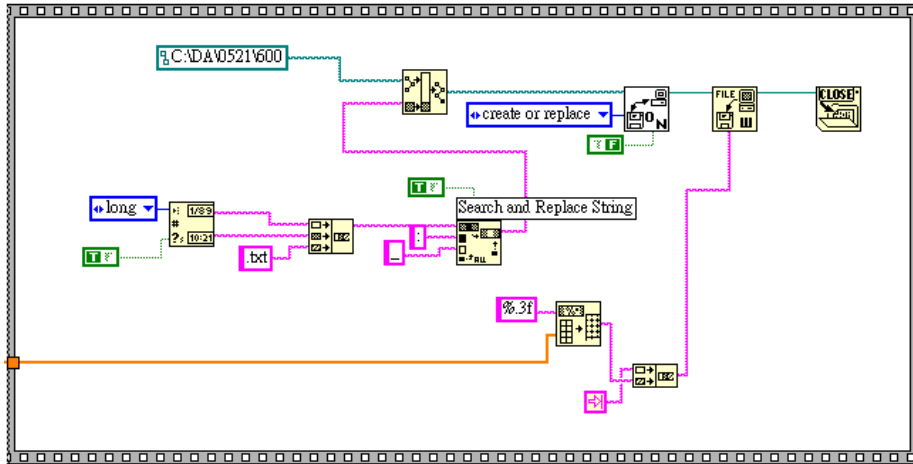
2. 副程式：製程管制特徵值可利用程式中布林值搭配燈號進行比較顯示，比較面積值與最大壓力值；利用曲線擬合模組將擬合後參數轉換為方程式顯示於人機介面；程式壓力參數經自行指定路徑依時間進行儲存；程式後段接管制程式與 PLC 進行搭配，程式以單點控制方式，由 LABVIEW 程式區以呼叫 PLC 單一元件方式呈現。



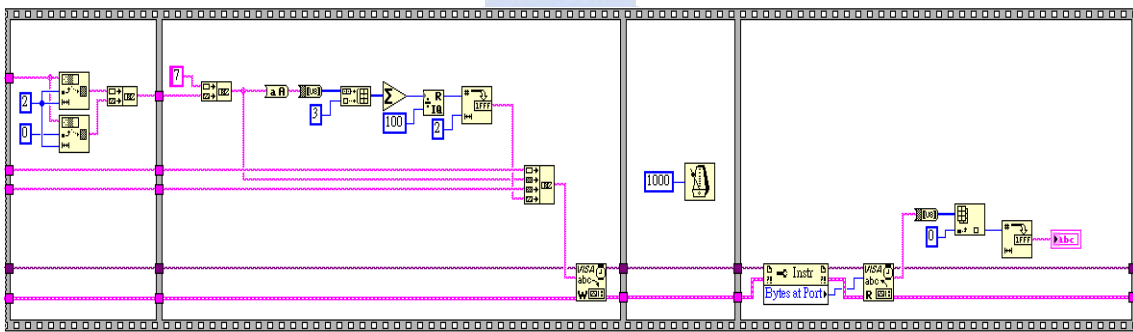
特徵值以布林值搭配燈號



擬合方程式顯示

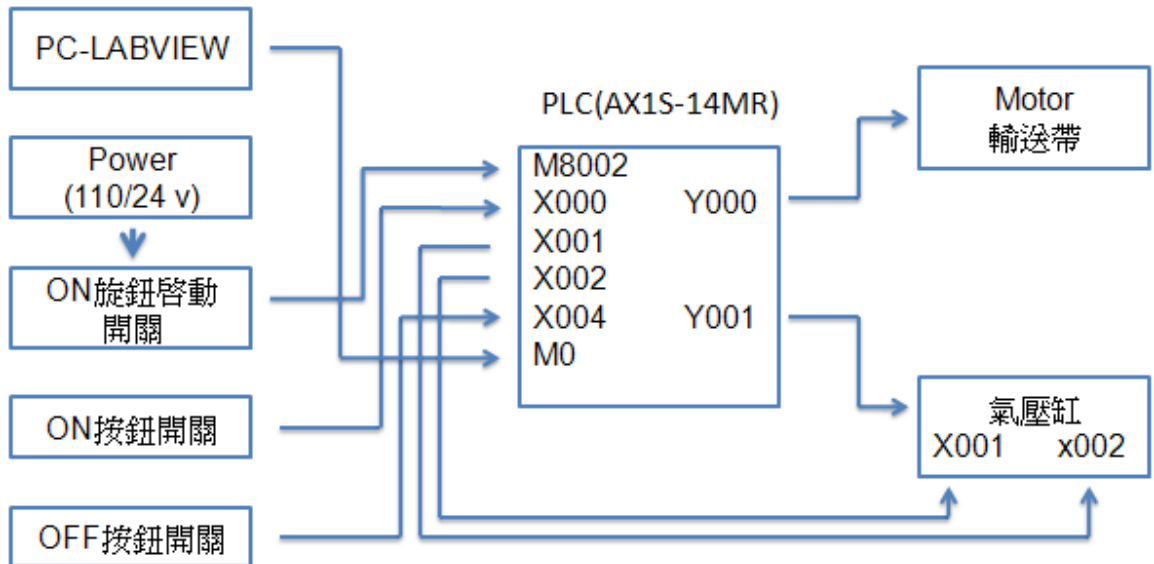


程式壓力參數儲存



LABVIEW 程式區以呼叫 PLC 單一元件

附件二 PLC 篩選器

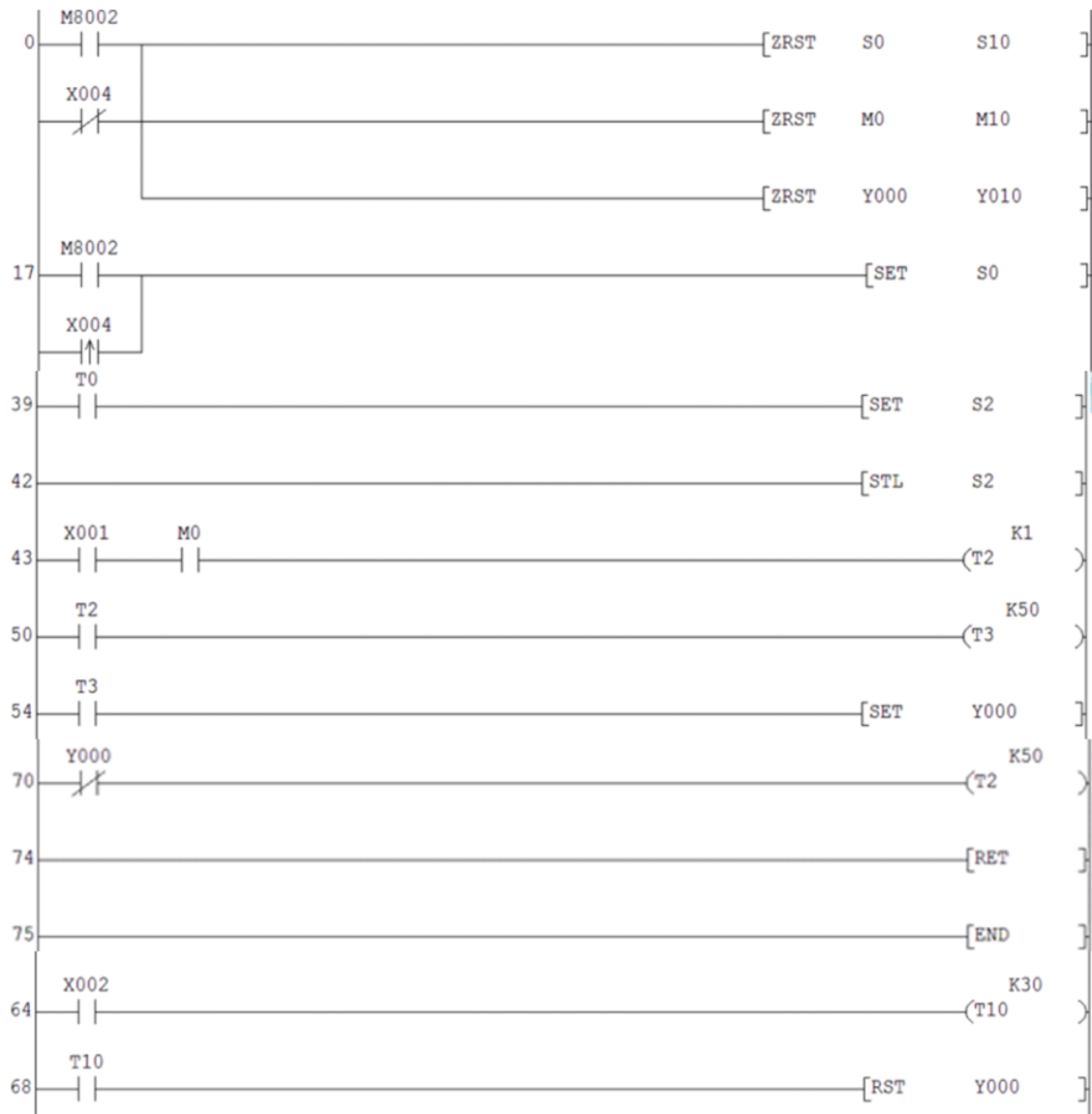


篩選器配線示意圖



PLC 程式流程圖

附件三 PLC 篩選器



PLC 程式

姓名	林君達	性別	男	
生日	70/10/05	手機	0919089836	
E-mail	Ljd10@yahoo.com.tw			
地址	台中市北屯區松安街 246 號			
求 學 經 歷				
起迄年月	學 校 名 稱	科 系	學 位	
97/9~99/6	國立高雄應用科技大學	研究所模具所	碩 士	
92/9~94/2	私立大葉大學	二技部自動化系	學 士	
87/9~92/6	修平技術學院	五專部機械工程系	副學士	
論 文				
1	以模內壓力作為塑品品質線上監測之研究 (研究所論文)			
2	遠端網路家電監控系統 (大學專題)			