

第一章 緒論

1-1 前言

隨著科技的快速發展帶動及3C產業的需求下，產品逐漸趨於輕、薄、短、小化。對於以往大多使用金屬材料的機械製品及民生用品也漸漸被塑膠所取代。在塑膠成形中主要包括早期的壓縮成形及轉移、射出、擠製、粉末與發泡等等。其中又以射出成形為最具代表性也最常被使用的一種成形法。起先主要是以冷澆道的成形模具為主，冷澆道內的塑料在流道系統中非一直保持熔融狀態。一但射出且固化後就成為待回收的廢料或當二次料來使用。但近幾年隨著原油上漲及環保意識不斷的被重視，熱澆道模具的發展越來越被業界所使用，也日益普及。在1998年德國橡塑膠大展就以熱澆道為主要的展示特色之一。熱澆道的最大優點主要在於塑料在流道系統中常保持熔融態除了能夠節省原料，尤其是對於高單價的原料或是產品重量小者，均可以發揮降低成本。除此之外，塑料在熱澆道系統裡一直保持一定的溫度下，也可減少本身所需要的射出壓力。

科技的進步相對產品機械性質要求越來越高，外形也越趨複雜。以往傳統的射出成形對產品所造成的缺陷，如包風存在、收縮與翹曲、縫合線強度等等問題。其中又以縫合線的問題最為棘手且幾乎是無可避免。早期大部分是將縫合線移至肉厚較厚或是產品較不重要的區域來處理，往往還是無法確切的解決因為兩股熔膠波前分子不完全的鍵結造成的應力集中，所帶來機械強度的減弱。本研究則是以一新興技術－熱澆道搭配時序閥澆口來研究縫合線。閥澆口為熱澆道模具的一種，主要是藉著時序閥澆口的

迅速開關閥動作，可以自由控制熔膠的進出。進一步利用開關時間差，來解析熔膠波前溫度差與其他參數條件對縫合線強度所產生的影響。

1- 2 研究動機與目的

以往在學術界針對縫合線的研究，早期是以Williams-Landel-Ferry半經驗公式及Kim與Suh所提的縫合線強度模型為理論，再加上其他的成形條件如模溫、料溫、保壓壓力、保壓時間等等來探討[6~8]。後來陸續加入以嵌入件的幾何形狀來控制縫合線的角度[2~3]及加上玻纖或混料[4]來觀看分子及玻纖配向對縫合線強度的影響。隨著科技的進步，也出新的製程方法來解決縫合線，如瞬間加熱模面溫度或是利用時序閥來消除縫合線。綜合以上的各個研究，幾乎都是以不同的製程或是成形條件的變更來探討，比較無法探討到熔膠波前斷面溫度的變化也會影響到縫合線強度的大小。由於熔膠在模穴中，受到肉厚不均、流動長比太大與嵌入件的影響，使波前流速減慢或不平均，進而產生滯留就使得熔膠冷卻。當波前溫度下降再與其他熔膠結合後所產生的縫合線，其強度就可能比原本沒有溫度差的兩熔膠所形成的縫合線還要來得差，甚至容易發生斷裂。

有鑑於此，本研究藉熱澆道時序閥澆口的優點，自由設定閥澆口開關的時間，進而控制熔膠的進出，來解決使用長試受到流動長的影響，使得熔膠波前溫度下降。

本研究目的分為以下幾項：

1. 藉時序閥開關的時間差來控制兩熔膠波前溫度差，並探討其對拉伸強

度的影響。

2. 改變成形條件如模溫、料溫、保壓壓力、保壓時間並各自搭配間隔時間差，探討對拉伸強度的影響。
3. 藉由模內監控系統量測縫合線附近壓力曲線。
4. 模流軟體分析觀察兩股 熔膠在不同間隔時間差及成形參數下的波前斷面溫度變化。
5. 由拉伸試驗來驗證各條件對拉伸強度的影響。

1-3 研究方法

本研究首先則是藉以熱澆道時序閥澆口模具以長為210mm、寬20mm，厚度為2mm的ASTM D638標準試片來做為射出成形品形狀。在各個參數條件下來成形試片及縫合線。由時序閥開關之間的時間差控制熔膠進出，間接來控制熔膠波前溫度差。而縫合線的壓力則是以模內監控來量測，並將兩股熔膠所產生的縫合線位置，控制在模內壓力感測器附近，以便於量測壓力曲線。但在溫度的部分，對於高溫熔膠一旦接觸模穴表面時，便凝固而產生一表皮層，受到表皮層的影響，溫度感測所量測到的溫度與實際熔膠的溫度差距很大，且也不符合本研究所要探討的熔膠波前斷面溫度的變化。所以在兩股熔膠波前斷面溫度的部分，是以模流軟體分析來觀看熔膠波前斷面溫度分佈情形。再根據計算及定義熱度法來得知溫度變化與時間差的關係曲線。最後則依照ASTM標準試驗方式來進行拉伸試驗，探討各個參數下對縫合線現象與機械強度性質的影響作一詳細的研究與討論。

1-4 文獻回顧

縫合線的問題不止出現在射出成形上，其他製程凡是將熔膠前進方向劃分為二或是同時流動的熔膠速度改變，均有可能有縫合線產生的問題。從前至今縫合線在學界一直不斷的被拿出來探討及研究。以下是本文參考射出成形產生縫合線及熱澆道相關的文獻，藉以吸取其經驗及參考。

1991年 B. Fisa, M. Rahmani [2]利用添加玻纖 0~40%的 PP，以模仁形狀控制流動方向和試片厚度的變化來作為變因，產生縫合線及結合線，以及無縫合線來比較。最後用 SEM 觀察玻纖方向性且使用拉伸試驗來測試機械性質。結果顯示，縫合線強度取決於聚合物分子鏈穿過一堅固界面的時間是否足夠，並隨添加玻纖佔據的面積增加而減少。而在未添加玻纖其強度主要是由成形參數的改變來控制（如：高料溫、射速或壓力）。

2000年 Shih-Jung Liu, Jun-Yu Wu, Jer-Haur Chang, Shiu-Wan Hung[3]採田口法用直交表 L18 來設計實驗以嵌人物形狀、射出壓力、料溫、保壓壓力、模溫、射出速度為變因。來探討射出成形熱塑性塑膠的縫合線強度。結果顯示，以料溫影響最大。主要是材料的『治癒』縫合區的能力是以它的分子糾纏恢復能力(指整體的材料特性)來決定。鏈狀部分在熔膠溫度增加時的流動其能力越高。尤其是當兩熔膠接觸後發生滲透其影響劇烈。特別是要在高溫或足夠的時間下才能夠發生。對嵌人物而言，縫合線的強度隨著嵌人物的尺寸增加而增加。

2001年 Younggon Son, Kyung Hyun Ahn, Kookheon Char [1]則是使用材料

為 PS、PPO 並添加 PA 之混合物。PS 和 PPO 會形成一單獨的分離相，而 PA 則會形成一網狀相。藉著調整 PS、PPO 的比例來區分材料黏度的高低。由射出成形實驗製造縫合線及結合線。最後用 SEM 觀察形成縫合線的結構圖。發現黏度越高，其波前分子越不易受到噴泉效應而改變其排列方向。所以黏度越高的材料，僅有在縫合線區域的表面有輕微變形，而黏度越低的材料，在縫合線區域上則有明顯的 V 溝。縫合線在兩熔膠接觸層中，主要是受到波前的延長流動破壞分離相而產生細小的分子鏈，特別是在高射出率與低料溫更明顯。而在兩波前結合之後，受到後來的流動的推擠，造成接觸層附近的歪曲，則是形成結合線的主因。由此文獻得知，縫合線與結合線形成後的結構是差不多，且與熔膠的接觸層變形或破裂有關。

2005 年 Shia-Chung Chen, Rean Der Chien, Hsien-Hsun Tseng, Jeng-Sheng Huang[5]以氣壓驅動閥澆口控制系統，並運用 Labview 開發出人機介面。裝置一個加速度規來監視閥澆口開啟的系統，以起動螺線管值訊號和加速度規訊號的追蹤為基礎來分析。得知熱澆道時序閥澆口的延遲時間大約 0.3~0.5 秒，進一步減少延遲時間。最後使用此最佳設計的閥澆口系統來降低成形壓力及消除縫合線。結果顯示，閥澆口開啟的延遲時間是隨著氣壓的增加而明顯減少，直到氣壓達到大約 150bar 時，特別是在閥澆口內有熔膠情形下，其延遲的時間可以縮短至 12ms。對於薄件射出成形，使用快速時序閥澆口的，使成品上沒有縫合線且有較佳的拉伸強度，而成形壓力也較低。

2006 年 Shia-Chung Chen, Wen-Ren Jong, Jen-An Chang[4]利用電磁感應

加熱結合冷卻劑冷卻來完成動態模面溫度控制。使用 ANSYS 的熱和電磁組件來模擬，得到在模面溫度控制的效率和可靠的數值。使用一個尺寸為多孔電話蓋的模板並搭配 4 支水路。取兩個實驗分別為 110 到 180°C，110 到 200°C 之間的變模溫。由此變模溫技術，使表面縫合線消失且縫合線強度增加。結果指出，若在**充填期間模溫能夠維持比玻璃轉換溫度高**，則成形壓力會減少很多且較不需要用到高射速，而產品翹曲、殘留應力、縫合線及表面缺點將會減少。此觀念也可應用在降低凝固層的厚度。

早期學界在探討縫合線問題以 Kim & Suh 的理論公式最常被人引用。主要是藉此公式，希望能夠推導出高分子在縫合線的機械強度。其中以黃富勇[6]、曾宇譚[7]和華越盛[8]應用此理論為基礎及 Williams-Landel-Ferry 的半經驗公式發展以**強調壓力對高分子材料在縫合線區的影響**。

2004 年梁琬蓉[9]探討縫合線對拉伸強度的影響。利用模具設計出五種不同尺寸、厚度的試片。材料則是選用 PP 及 HDPE，先以 PP 規劃田口品質試驗再以影響縫合線強度最大製程參數，以單一試驗取模溫、料溫、射速、保壓時間為變因。最後由拉伸試驗得知拉伸強度大小及算出不同製程參數的鍵結度再與 HDPE 做比較。結果顯示**影響拉伸強度最大為料溫**，且厚度越厚其拉伸強度會減少。對於**高結晶材料的拉伸強度則是比低結晶大**。

2006 年方美力[10]使用熱澆道時序閥澆口降低成形壓力與消除縫合線，搭配 CAE 模擬出縫合線位置以料溫、模溫、射速、保壓壓力為變因找出不同射出參數對縫合線強度之影響。最後再以拉伸試驗來佐證模擬之數據。同時在實際射出時，在模內放置壓力與溫度感測器，對射出過程模內

之溫度與壓力作有效監控。結果顯示在不同成形參數下，熱澆道時序閥澆口使兩股熔膠結合時有溫度差距，並影響到縫合線強度且對於四個變因中以料溫影響強度最大。

此外，也有自行製作外掛熱澆道系統。2003 年張智仁[11]以第一計量單元與外掛式熱澆道並加裝柱塞，搭配伺服控制馬達，來完成計量並有位置、溫度、壓力感測器來控制熱澆道的壓力與溫度。2004 年陳又誠[12]利用有限元素法，分析設計三種不同熱澆道的熱傳導性，來探討改變參數對熱澆道元件的溫度分佈均勻性與加熱功率之影響。江孟育[13]使用微熱澆道系統於多微細元射出成形上，以熱傳分析、能量方程式與冷卻分析為理論基礎。實驗以 CAE 搭配田口法找出最佳流道與原始流道來作比較，並進行實驗。探討流道設計對成品品質的影響。

1-5 論文架構

本論文共分為七章，以下將對本論文架構作一簡單說明：

第一章 緒論

說明塑膠製品的發展、背景。至今成形時遇到縫合線所產生的問題和解決方法。本研究利用熱澆道閥澆口探討影響縫合線的變因、動機、方法。回顧從前至今研究縫合線之文獻。

第二章 基本原理

首先介紹縫合線形成原理及造成機械性質降低的原因，影響因素和解決方法。再者以材料角度介紹，以聚丙烯為例子，說明聚丙烯在各溫度的

分子變化、機械性質及應用領域。接著介紹模內監控，並個別說明壓力與溫度感測原理。最後說明測試材料機械性質的方法與本實驗使用拉伸試驗來檢測縫合線強度與拉伸試驗的數據做完整的介紹。

第三章 熱澆道及時序閥控制原理與介紹

本章先介紹澆道系統的分類，再引述熱澆道模具系統的原理與介紹、組成及技術關鍵優缺點和應用範圍。進一步介紹本研究所採用的時序閥澆口控制原理與設備介紹。最後則是簡述熱澆道在未來發展的趨勢。

第四章 實驗方法

說明實驗流程與步驟，並針對實驗參數如何設定與修改。介紹實驗所使用的相關設備與規格。

第五章 模流分析與結果計算

說明模流分析的流程與步驟，及擷取模流上的資料並做進一步的計算，來輔助實驗上兩熔膠波前斷面的平均溫度與間隔時間差的關係，及說明熱度法。

第六章 結果與討論

針對實驗成形試片拉伸所得的結果，以模內監控及模流分析輔助說明壓力、溫度與兩熔膠波前斷面溫度差對縫合線強度的影響，來進行結果與討論。

第七章 結論與未來研究方向

本章節針對縫合線拉伸結果與模內監控及模流分析結果作總結。以及對未來相關研究方向做一說明。

第二章 基本原理

2-1 縫合線簡介

縫合線為縫合線 (Weld line) 與結合線 (Meld line) 的通稱。此兩種的縫合線大至是以熔膠波前互相接觸時產生的夾角來區分，如圖 2-1。當 θ 角小於 135° 時為縫合線，若 θ 角大於 135° 則是結合線。所以當角度越大時縫合線便消失。縫合線主要是在低溫與有包風情形下發生，強度比結合線來的差。受到包風的影響，外觀 V 型凹槽 (V-notch) 較明顯。而結合線通常發生在高溫與無包風下，所以強度比縫合線來的高且外觀無 V 型凹槽。

2-1-1 縫合線發生原因

對於模具設計 (成形品形狀) 上，兩個以上的澆口，每增加一澆口則最少會增加一條縫合線。或是模穴內有障礙物及肉厚不均，亦會使熔膠產生分流使得縫合線數目增加。縫合線發生的原因主要由兩股或兩股以上熔膠流動時，波前以相對的方向互相接觸後所形成的流痕。流動路徑越長，熔膠溫度降的越多。凝固層隨著熔膠溫度的下降越來越厚。在接觸區的熔膠溫度和排氣與其他添加物的存在，皆和縫合線有絕對的關係。從熔膠波前相遇的接觸面鍵結來看，依 Gibb' s 的自由能法 (Gibb' s free energy approach) 的描述，熔膠在彼此尚未接觸時其分子鏈主要是依照熔膠流動的

狀況來排列，一旦接觸後的瞬間，由於受到熔膠波前會產生噴泉效應（Fountain flow）與剪應力變形影響，如圖 2-2 所示。在接觸面的分子鏈重新排列與鍵結，使得熔膠波前接觸面的自由能與未接觸時不一樣。自由能的梯度能使分子經接觸面而自我擴散。縫合線強度則是隨著分子的擴散比例增加而增強。隨著熔膠的流動，彼此波前接觸面積增加，在接觸面的分子鏈排向性趨於無定向，若接觸後的壓力持續增加時，分子鏈排向則呈現高度的等向性，造成擴散不易進而產生縫合線或縫合線區如圖 2-3。所以在兩股熔膠接觸時，一旦未有排氣孔，則在接觸部分會有壓縮後的空氣或是受到添加物影響，進而產生一條 V 型凹槽（V-notch）如圖 2-4。造成縫合線機械強度減弱，又本身在縫合線區也是個應力集中的地方，也是弱點所在，往往是成品斷裂損壞的位置。從微觀來看，在熔膠波前則是各自有不同的形態結構（Morphology）。縫合線不單單是一條線，而是一具有三維接合極複雜的區域。所以縫合線並不只是在成形品表面有凹槽而破壞外觀，是影響整個斷面及機械性質。因此縫合線的大小、外形、結構和性質等均會使機械性質變差。以下則是歸納上述縫合線導致機械性質變差的原因：

1. 兩熔膠波前受到流動長影響，其彼此波前溫度下降。在接觸後分子鏈發生不完全鍵結，使得縫合線強度減弱。
2. 受到壓縮後的空氣與添加物使表面產生 V 型凹槽（V-notch），造成應力集中而機械性質變差，往往使得成形品容易在此處發生斷裂。

3. 熔膠波前會產生噴泉效應（Fountain flow）與剪應力變形影響，使分子鏈配向互相平行，彼此間的擴散與穿插糾纏能力不足降低結構的機械性質。

2-1-2 解決縫合線的方法

在早期探討解決縫合線的方法，從模具的設計（成形品形狀）一直到成形條件的變更及甚至最近幾年使用不同製程來消除縫合線等等。目的不外乎解決、消除縫合線或是增加此區域的機械性質。主要分為四大類，其方法綜合為以下幾點來看：

1. 模具設計方面

- (1). 改變澆口位置與數目如圖 2-5。
- (2). 將縫合線移至塑料滯留井或強度較強如肋的地方，如圖 2-6。
- (3). 在縫合線區設置排氣孔，避免產生明顯或較深的 V 型凹槽。
- (4). 增加成形品的肉厚使得壓力能夠傳遞，讓熔膠保持較高的溫度。

2. 射出機與成形條件

- (1). 增加熔膠的溫度
- (2). 升高模溫
- (3). 提升射出壓力或保壓壓力
- (4). 增加射出速度

3. 成形材料

- (1). 使用流動性較佳的材料。

(2). 添加玻璃纖維來增加縫合線區的機械性質_懷疑。

4. 利用其他製程來消除縫合線的產生

(1). 變模溫（紅外線模面瞬間加熱、電磁感應加熱等等）[4]、[14]。

(2). 氣體輔助射出成形[15]。

2-2 塑膠介紹

塑膠依照對溫度的作用大至上可以歸納於熱固性（thermosetting plastics）與熱塑性（thermo plastics）塑膠兩類。熱固性塑膠又可稱為熱硬化塑膠。顧名思義在加熱時，即軟化而且具有一定的可塑性。但隨著持續的加熱分子不斷地被分化，最後固化為不熔化且不溶於其他溶劑的物質。在各個成形中經化學反應後，變成另一種不同的新物質，所以無法再重複來使用。此類塑膠如酚甲醛塑膠、環氧樹脂等。酚甲醛塑膠是由酚與甲醛聚合而成，為熱固性塑膠中的重要產品。早在 19 世紀初，由貝克來教授發現，故又名” Bakelite” ，工業上稱電木。主要應用於電氣零件與器具把手。環氧樹脂也是商業上的一種新製品。它是著名的金屬對金屬的接著劑。所以熱固性塑膠大部分均含兩項主要成分：膠合劑和填料。熱塑性塑膠又稱為熱可塑性塑膠，在受熱後即軟化，待冷卻後就凝固成形。一但再經過加熱又可軟化，可連續反覆使用（具有可逆性）的此一類塑膠就叫做熱塑性塑膠。此類塑膠又可根據分子在冷卻時的排列細分為結晶(Crystalline Plastic)與非結晶(Amorphous Plastic) 又可稱為無定型態。分子排列規則者為結晶性高分子（大多是線型結構）如聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP），排列不規則為非結晶性高分子（大多是分枝型結構）如壓克力（PMMA）、丙烯酸一

丁二烯－苯乙烯塑膠（ABS）如圖 2-7 所示。結晶性主要是影響高分子的機械性質與光學性質。就結晶性高分子而言，冷卻時有較規則的分子排列所以密度高，相對於收縮量大。在冷卻後排列較緊密，所以可承受外界負荷。但在溫度低時變得較脆且不耐衝擊，容易破裂。在結晶性高分子同時存在著非結晶區域，進而造成折射率較大。所以在光學性質方面比非結晶性高分子來得差。除了在分子排列上，在結晶性高分子的熔點比非結晶高分子來的較明顯如圖 2-8。本實驗材料則是聚丙烯，型號為台化 K1011，表 2-1 為物性表。以下就聚丙烯為例子，以來源、優缺點與幾個溫度點對聚丙烯機械性質的影響與應用的領域來探討。

2-2-1 聚丙烯簡介

聚丙烯（Polypropylene）為丙烯的聚合物。縮寫為 PP。丙烯來源主要是煉製石油隨著乙烯產出而得之副產品。化學分子結構如圖 2-9，聚丙烯優點如下：

1. 比重低，在主要塑膠中比重是最輕。
2. 耐高溫。
3. 優秀的加工特性與容易成形。
4. 良好的機械性質，尤其是衝擊強度與剛性比。
5. 廣泛的複合材料用途。
6. 適當的環保材料。
7. 能提供大部分熱塑性塑膠所無法達到的特性與價位的平衡性。
8. 其他：耐折繞、化學性、電器阻隔效果。

缺點

1. 低溫耐衝擊性差。
2. 使用玻璃纖維補強會造成成形表面不光滑。

2-2-2 聚丙烯各溫度點下的機械性質

塑膠的特性最大的關鍵在於溫度的影響。在低溫時分子不能隨意移動，此溫度點稱為玻璃轉化溫度 (Glass Transition Temperature) 簡稱 T_g 點。聚丙烯 T_g 點為 -10°C 。在此溫度點以下呈現類似玻璃既硬且脆。溫度超過此點以上，分子會隨著溫度的升高移動範圍會加大，此運動稱為微布朗運動。就機械性質而言，分子能夠移動就較柔軟，在受到外力時作用力比較能夠消除，比較不易碎。當溫度逐漸上升時，分子移動範圍變大，受到外力衝擊會因錯位不易恢復原來的形狀，故有熱變形溫度 (HDT, Heat Deflection Temperature) 與維氏軟化溫度 (Vicat Temperature, VST) 兩種測試法。熱變形溫度的主要用途為比較塑料對短暫受熱的熱抗阻性，而維氏軟化溫度指在熱塑性塑膠加熱至某一溫度會開始軟化的溫度點。基本上此溫度點只是用於比較塑料的物性與物性確定。塑膠在 T_g 與熱變形溫度之間為具有彈性的橡膠態 (Rubbery)。當溫度高至分子能夠自己移動時稱此溫度點為熔點 (melting point, T_m)，聚丙烯 T_m 為 170°C 。在熔點區間塑膠便喪失原本的機械性質，可重新塑造形狀與冷卻定型。若溫度持續升高會使熔膠產生劣解，稱為熱劣解溫度 (T_d)。 T_m 與 T_d 之間熔膠為熔融態。聚丙烯 T_d 為 330°C 。一般塑膠使用的範圍介於 T_g 與熱變形溫度之間，而加工範圍則是落在 T_m 至 T_d 之間。以下為聚丙烯的成形特性：

1. 流動性好，但收縮值大，易發生凹痕、縮孔與變形。
2. 結晶性材料，不吸濕但易發生破裂且與金屬接觸容易被分解。
3. 成形品壁厚需均勻防應力集中。
4. 冷卻速度快，需注意成形溫度與料溫。模溫低於 50°C，成形品表面易不光滑，容易產生熔接不良與流痕。模溫 90°C 以上易發生翹曲變形。

2-2-3 應用的領域

在現代社會的生活產品與聚丙烯有密不可分的關係。聚丙烯用途廣泛，可用在製作容器、廚房與浴室設備、管子等家庭用品。及一般包裝用透明膜和包裹生鮮食材的包裝紙（聚丙烯膜）等包裝材料。並且大量用在建築、化工、農業、汽車工業（如汽車內部的地毯、鞋跟、塑膠繩）等方面。因熱穩定性好且必須長在日光下曝曬，有些高品質的汽車喇叭也是用聚丙烯來製作。因機械性質強韌，抗多種酸鹼腐蝕和有機溶劑。所以受到工業界廣泛的應用。特別是聚丙烯比水輕，有浮力，且不吸濕適用來製造水上用品。

2-3 模內監控原理

隨著科技的進步，塑膠製品的需求量增加。相對於成形品品質要求越來越嚴格。而塑膠射出成形又是塑膠製品最常使用的加工方法之一。在成形過程中，往往無法掌控熔膠在模穴內的情況與後續產生的缺點。所以常常藉著改變射出機的成形參數，如模溫、料溫。但熔膠只要一接觸到模穴時便會開始降溫，凝固層便逐漸增加且又受到肉厚變薄或不均等因素，常

在此部分會有滯流現象的產生；改變射速又可能在模穴內有高速流動而產生磨擦生熱；改變模具設計又費時且不符成本。雖然模流分析軟體的開發能夠預測這些情況的發生，但與實際狀況仍然有一段的差距。因此為了能夠實際掌控模穴內的情況，透過量測的技術直接使用感測器（sensor）來獲得模穴內的訊號，為近幾年塑膠射出成形發展的趨勢之一。感測器包含的範圍相當大，主要的定義為「把物理的測量量轉換成可應用的電信號的儀器」。透過感測器的量測將信號傳到轉換器（如放大器、線性修正或隔離轉換等）以達到信號標準化，再由電腦中央系統來得知感測的結果與數據，程序如圖 2-10。常見的感測器有：

1. 電感式感測器

在限定距離內，當金屬物靠近感測表面時，由磁場變化原理而有電信號的輸出。

2. 磁簧式感測器

一般使用在氣壓缸上的開關，藉著磁鐵吸力而作動。

3. 氣壓式感測器

使用壓縮空氣做偵測及回應，優點是無電器火花危險。

4. 光電式感測器

利用紅外光（880nm）做偵測，又分為漫射式、反射式、及對照式等，來偵測任何物質的材料。

5. 溫度感測器

6. 壓力感測器

本實驗試片有裝置溫度與壓力感測。以下則是各別對溫度與壓力感測器的原理作進一步的說明。

2-3-1 溫度感測器介紹

溫度感測器分為接觸與非接觸式。在業界以準確性較高的接觸式使用較為普及。接觸式大至上可分為熱電偶型（TC：thermocouple）與電阻型（RTD：resistive thermal device）兩種。使用範圍如表 2-2。以下則簡述其量測原理：

1. 熱電偶型（TC）

感測原理是接合兩種不同金屬，接合點與另一端在不同的能量位層中，在能量外激下，產生微小電位差。一般在 0°C 兩端電位差為零。位差跟隨溫度上升或下降變化。熱電偶類別及使用範圍如表 2-3 所示。本實驗所採用的 PRIAMUS 溫度感測器以 N Type 為主。便是利用此原理來探討熔膠在模穴內的溫度變化。

2. 電阻型（RTD）

感測原理為電阻形態，電阻值隨溫度而改變。量測電阻值大小則可檢測溫度高低。常見的型式有白金電阻型（PT 100 Ω ）、銅合金電阻型（CU25 或 CU100）、熱敏電阻型（thermistor）。

2-3-2 壓力感測器介紹

壓力感測的原理與方法很多如表 2-3。對於需求如壓力範圍、訊號種類、訊號的線性關係等，來選擇最適當的感測方式。以下以壓阻式

(piezoresistive)、壓電式 (piezoelectric) 及電容式 (capacitive) 的原理來作一簡介，並綜合壓力感測器的優缺點：

1. 壓阻式 (piezoresistive)

主要是藉由薄膜受力產生應變或微小機械變形，再藉由壓阻材料為主體的應變計與壓力差成正比的電阻變化量。其優點為高輸出電壓與高靈敏度，但受到溫度變化十分敏感而限制了應用範圍。

2. 壓電式 (piezoelectric)

壓電效應分為正壓電效應 (direct piezoelectric effect) 與逆壓電效應 (converse piezoelectric effect)。在壓電材料種類如表 2-5，受到機械應力時，材料兩端會產生與應力大小成比例的電荷；同樣在兩端受到外加電場時，材料形狀則是隨電場大小符號而改變如圖 2-11。優點為高靈敏度、低功率散逸與低電磁干擾，但對靜態響應並不敏感。本實驗使用的 PRIAMUS 壓力感測器，為利用此效應來感測熔膠在模穴內的壓力變化。

3. 電容式 (capacitive)

依基本結構形式分為單靜子與雙靜子兩種。在單靜子結構中，是在可動膜片施加一壓力使此膜片相對靜子來運動。而在雙靜子結構裡，則是膜片承受壓力在兩固定電極間。不管是哪一結構，主要原理是一平板電容，其中有質量的極板可以移動，而另一極板則是固定，如圖 2-12。電容式優點為高靈敏度且不受外界環境影響，但非線性度高在後續處理不易。

壓力感測器優點

1. 高靈敏度。

2. 頻率高。
3. 負荷能力高
4. 反應速度快。
5. 良好的線性。
6. 壽命長。
7. 體積小。
8. 優良的彈性。

壓力感測器缺點

1. 易受外界溫度影響。
2. 結果會受到安裝位置不同而不同。
3. 對污染物與化學物質很敏感。

2-4 機械性質試驗原理

材料隨著外力的種類、大小、方向等施加的條件下，會呈現不同的反應。檢測狀態變化的性質即為機械性質的測試。一般是以強度（strength）、硬度（hardness）、延性（ductility）、彈性係數（modulus of elasticity）、韌性（toughness）、應力－應變曲線（Stress-Strain Curves）等數值來表示材料的機械性質，常見的測試標準有：美國材料測試標準組織（American Society for Testing and Materials, ASTM）、國際標準組織（International Organization for Standardization, ISO）、日本工業標準（Japanese Industrial Standard, JIS）、與國家標準（Chinese National Standards, CNS）。其中以 ASTM

最常被使用來作為測試標準。機械性質檢測法有：抗張（拉）、壓縮、剪斷、耐衝擊、彎曲、硬度、疲勞、磨損試驗等等。其中又以抗張試驗為最常被使用。依機械性質塑膠可分為泛用型塑膠與工程型塑膠兩種如表 2-6。本實驗使用泛用型塑膠聚丙烯並利用抗拉試驗來檢測其機械性質。以下則是介紹抗拉試驗測試方法與表示法。

2-4-1 抗拉試驗簡介

抗（張）拉試驗又稱為拉伸試驗（tensile test），測試方法是將材料裁成一定形狀，最常見為啞鈴形試片如圖 2-13。將此試片用上下夾具夾在拉伸試驗機上，並在某一條件下如等速度、距離等施加一外力（拉伸荷重），直到試片斷裂為止。以材料在破斷前能夠承受的最大強度或拉伸應力對應的拉伸長度等等來表示。由拉伸應力與位移的關係得到應力－應變曲線，如圖 2-13。以下對於應力－應變圖一些重要的參數加以說明。

1. 楊氏係數（Young' s modulus）

由起始曲線開始至線性部分，不超過 A 點如圖 2-14。並且符合虎克定律（Hooke' s Law）即應力（ σ ）與應變（ ϵ ）是成比例的關係。此部分的斜率即為楊氏係數、比例常數或稱為彈性係數（Modulus of elasticity）。A 點則為比例極限（Proportional limit）。當楊氏係數越大即斜率越抖，代表此材料剛性越強，相當於要施加更大的應力才能使材料產生變形。材料在此區變形屬於彈性，亦即釋放外力後，變形完全消除且試片會恢復原狀。

2. 降伏強度（Yielding strength）

當外力繼續增加時，應變增加會比應力增加來得快，此臨界點如圖 2-14

，Y 點，即為材料之降伏點。在此點過後應力與應變失去比例的關係，使得材料無法保持彈性變形。並且除去外力後，不能回復原狀即為塑性變形。相對於此點的應力稱為降伏強度。對於一些材料而言，則沒有明顯降伏點，如脆性材料（Brittle material），圖 2-15。其降伏強度之決定是採用偏移法（Offset method），0.2%（ $\epsilon = 0.002$ ）為標準量，繪出一平行於線性區的直線與斜線交應力於 Y 點，此點即為偏移降伏應力（Offset yield stress）。對大部分材料而言，偏移降伏強度與比例極限相當接近。當材料經過降伏的大應變後，會產生應變硬化（Strain hardening）的現象。

3. 極限強度（Ultimate strength）

試片在斷裂時能夠承受的最大應力，稱為極限強度或最大拉（張）伸強度（tensile strength）。對於拉伸試驗而言，一般都以此來表示材料的機械性質。本實驗即為以此來表示在各成形條件下材料的縫合線強度。

4. 斷裂強度（Breaking strength）

在極限強度以後，材料發生測向的收縮，使得斷面積縮小，此現象稱為頸縮（necking）。直到最後產生破裂，此破裂之應力即為材料的斷裂強度。

5. 斷裂伸長量

斷裂伸長量為從試片受力至斷裂所伸長量的總合。

6. 韌性（Modulus of toughness）

在應力－應變曲線下的面積，代表材料在斷裂前每單位體積所能吸收

的應變能。指的是材料受力後所產生的變形能力，也就是材料的延展能力。韌性越大，表示材料在受力後至破裂前，會有一個相當大的變形或稱變位。

2-4-2 各種材料的機械性質

分子結構與高分子材料有密不可分的關係，如圖 2-16 所示。可從應力－應變曲線來判別纖維、塑膠與橡膠彼此之間的差異圖 2-17。塑膠與橡膠的彈性係數與極限強度均不大，但伸長量很大。相對地，纖維與玻璃都具有彈性係數很大，但伸長率卻非常小。由各種材料的機械性質分類，圖 2-18 應力－應變曲線所示如下幾項：

1. 軟且弱型材料（soft and weak materials）

低彈性係數與降伏點，伸長率從中等到小。如面紙，不需施很大的力即易變形與破裂。塑膠如高分子軟膠凝體，乳酪狀材料。

2. 軟而韌型材料（soft and tough materials）

彈性係數與降伏強度小（降伏點低與曲線平坦），但伸長率長。代表此材料易拉伸且具有非常大的斷裂伸長量，但需要很高的能量才能夠破裂。絲襪就具有此特性。塑膠如本實驗使用的聚丙烯、軟質 PVC、高/低密度聚乙烯（HDPE/LDPE）、丙烯晴－丁二烯－苯乙烯塑膠（ABS）。

3. 硬而脆型材料（hard and brittle materials）

彈性係數大但伸長率小，可能在降伏前已破裂。故無降伏強度只有斷裂強度。如家電外殼、玩具、文具等皆屬於此類型。塑膠如壓克力（PMMA）、聚苯乙烯（PS）。

4. 硬而強型材料（hard and strong materials）

彈性係數大，所以需施加很大的外力才能夠使其拉伸。故降伏強度大，且破裂在降伏點附近。中等的伸長率。唱片、地板材料屬於這類型。塑膠如硬質 PVC、玻璃纖維強化聚酯樹脂（FRP）。

5. 硬而韌型材料（hard and tough materials）

彈性係數大與高降伏強度、極限強度與斷裂強度，且伸長率長。具有優秀的機械性質。一般此特性稱為工程塑膠，如耐隆（PA）、塑膠鋼（POM）。常用於精密儀器外殼如相機。歸納以上五類如表 2-7 所示。



表 2-1 台化 PP K1011 物性表

項目 Items	試驗方法 ASTM Methods	單位 Units	K1011 20616
抗張強度 Tensile Strength	D-638	Kg/cm ²	360
彎曲模數 Flexural Modulus	D-790A	Kg/cm ²	15687
黃度 YI	%	—	-2.3
洛氏硬度 Rockwell Hardness	D-785	R Scale	107
熱變形溫度 Heat Deflection Temp.	D-648	°C	90
熔融指數 Melt Flow Index	D-1238 (230°C X2.16Kg)	g/10 Min	11.3
Izod 衝擊強度 Izod Impact	D-256	Kg-cm/cm	3.8

Strength			
比重 Specific Gravity	D-792	—	0.90

表 2-2 溫度感測器種類

	熱電偶 (TC)	電阻式 (RTD)	熱敏電阻
靈敏度	50 μ V/ $^{\circ}$ F	0.1 Ω / $^{\circ}$ F	1~3V
準確度	良好 (約 1-102 $^{\circ}$ F)	極佳 (0.01-1 $^{\circ}$ F)	佳 (0.1-1 $^{\circ}$ F)
穩定性	尚可	佳	良好
範圍	很廣 (-185~1700 $^{\circ}$ C)	很小 (-15~70 $^{\circ}$ C)	尚可 (-100~280 $^{\circ}$ C)
輸出	0.60mV	1~6V	1~3V
優點	經濟實用溫度範圍大	在量測範圍準確度高	非常靈敏

表 2-3 標準熱電偶種類

型 號	材料成分	使用範圍
J	鐵錳合金型 (iron constantan)	-200~750℃
K	鉻鋁合金型 (chromel-alumel)	-200~1250℃
E	鉻錳合金型 (chromel-constantan)	-200~900℃
T	銅錳合金型 (copper-constantan)	-200~400℃
R	白金銻合金型 (platinum-13% rhodium)	0~1700℃
S	白金銻合金型 (platinum-10% rhodium)	0~1700℃
B	白金銻合金型 (platinum-30% rhodium)	0~1800℃
N	鎳鉻矽鎂合金型 (Ni+14.2%chrom+1.4%Si-Ni+ 4.4%Si+0.1%magne)	-200~1250℃

表 2-4 壓力感測器方法與原理

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

表 2-5 壓電材料種類

種 類	典 型 材 料
單 晶 類	石英、電氣石、鋯酸鹽、鉭酸鹽、羅德鹽
聚 合 物	氧化鋅 (ZnO)
薄 膜 類	PVDF
陶 瓷 類	鈦酸鋇 (BaTiO ₃) 鈦酸鉛鋅 (PZT)
複 合 材 料	PVDF~PZT

表 2-6 塑膠依機械性質分類表

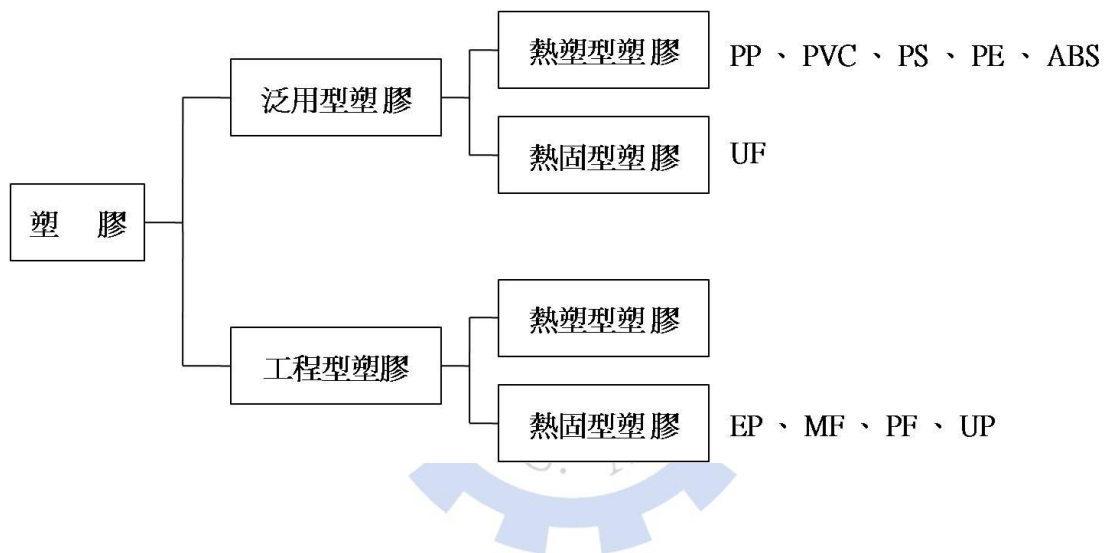


表 2-7 不同塑膠的應力應變曲線特性表

類 型	彈性係數	降伏強度	拉伸強度	斷裂強度	斷裂伸長量
軟且弱型	小	小	小	小	中
軟而韌型	小	小	中	中	大
硬而脆型	大	—	大	中	小
硬而強型	大	大	大	大	中
硬而韌型	大	大	大	大	大

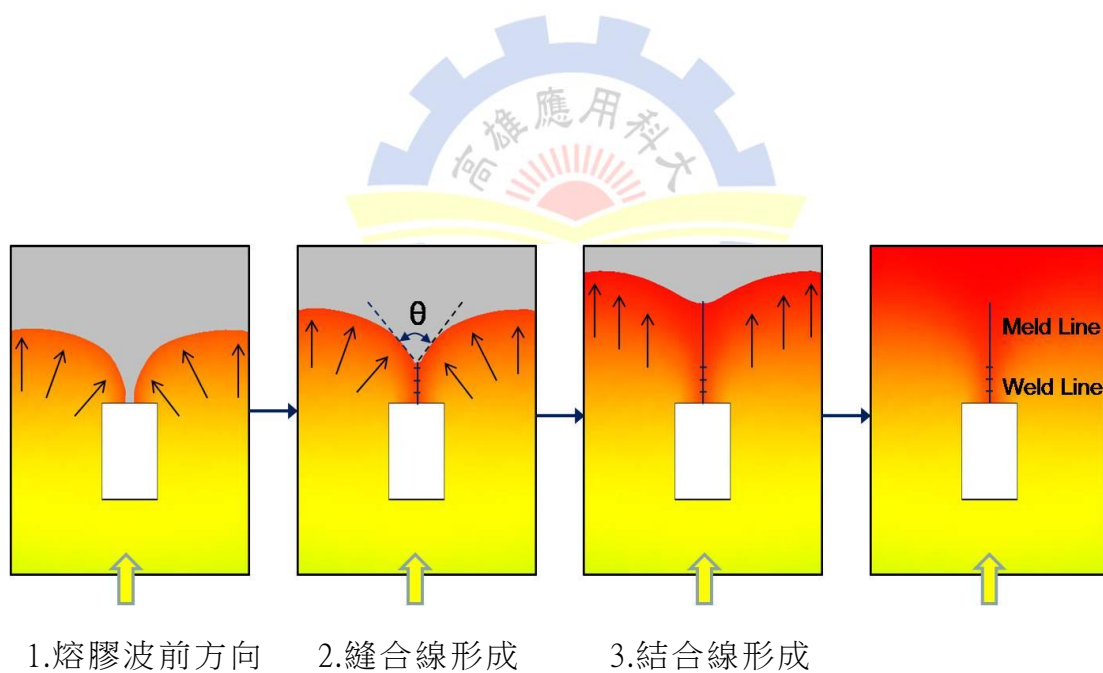


圖 2-1 縫合線與結合線圖

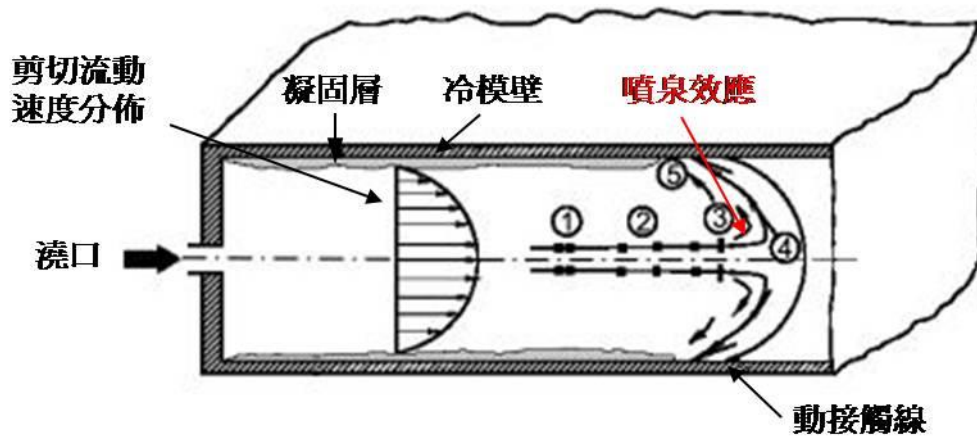


圖 2-2 噴泉效應圖

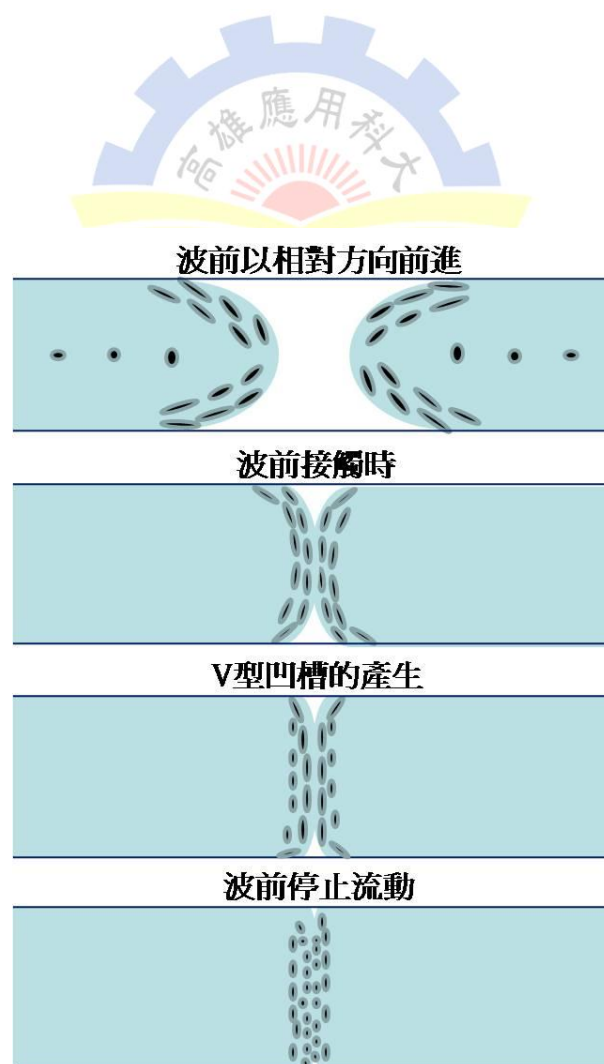


圖 2-3 兩股熔膠形成縫合線的波前分子配向圖

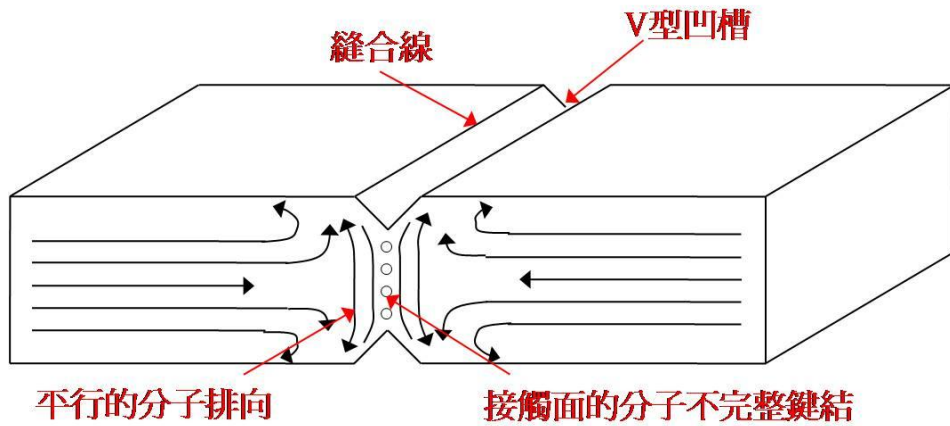


圖 2-4 V 型凹槽圖

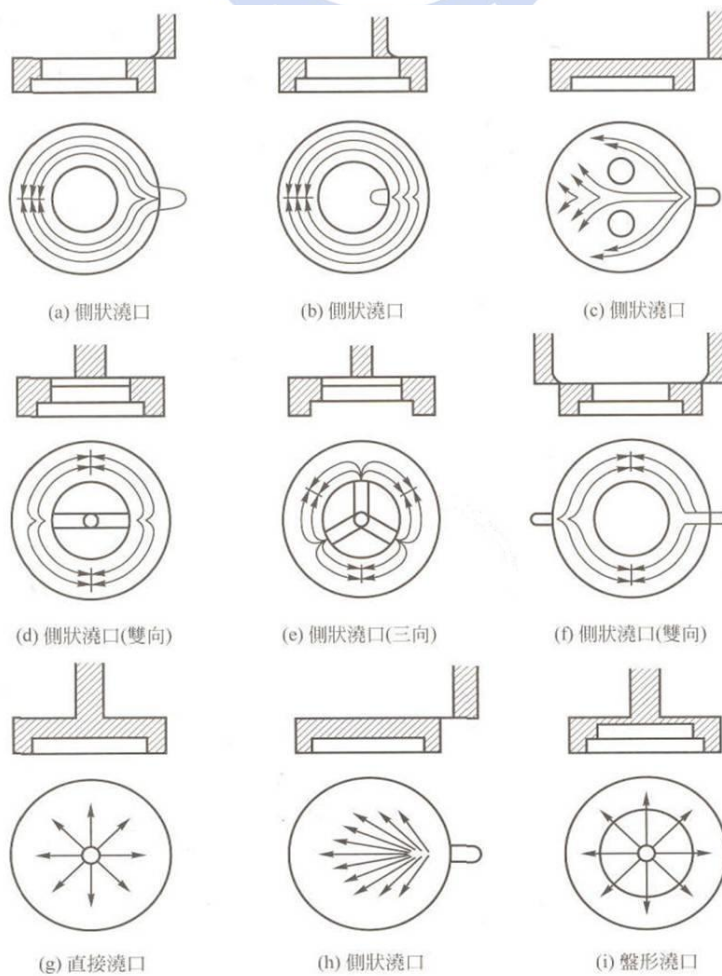


圖 2-5 澆口位置與縫合線關係

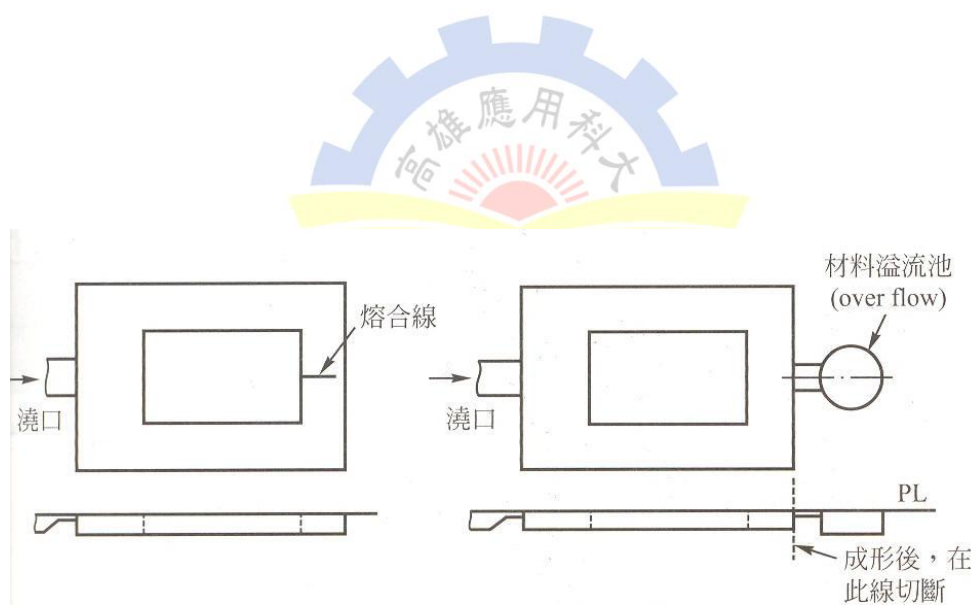


圖 2-6 使用滯流井來防止縫合線發生

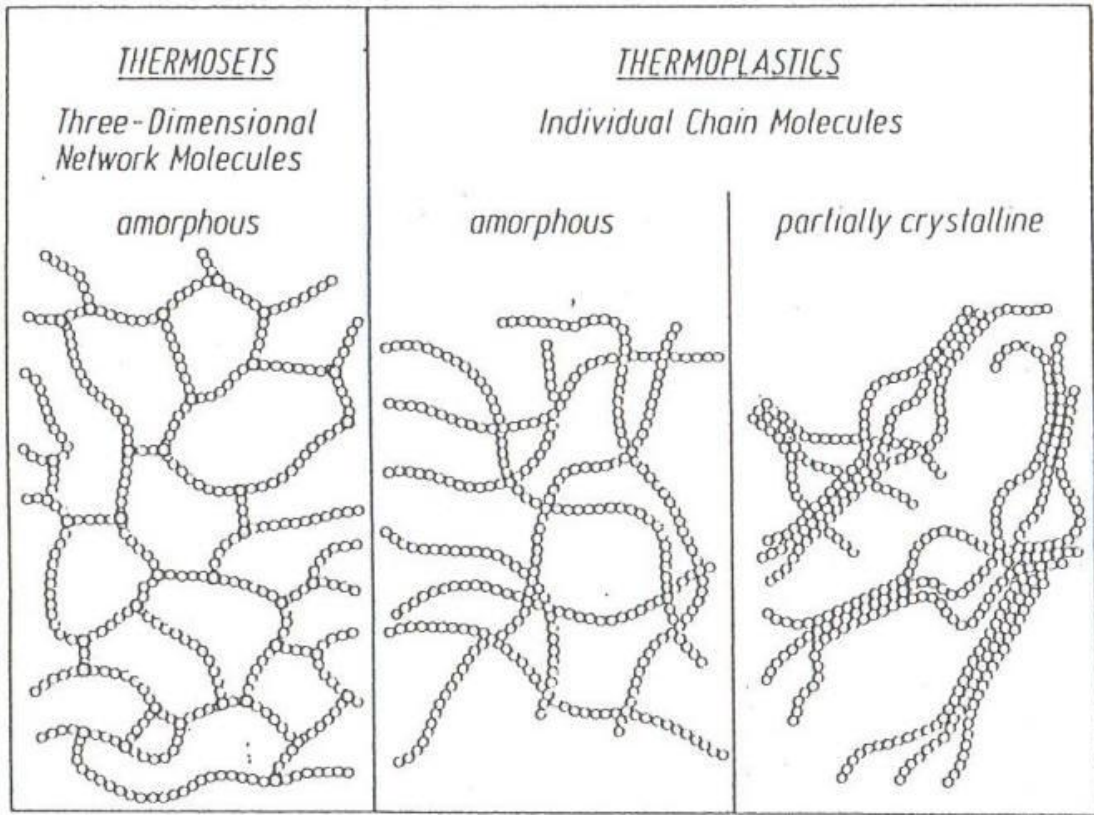
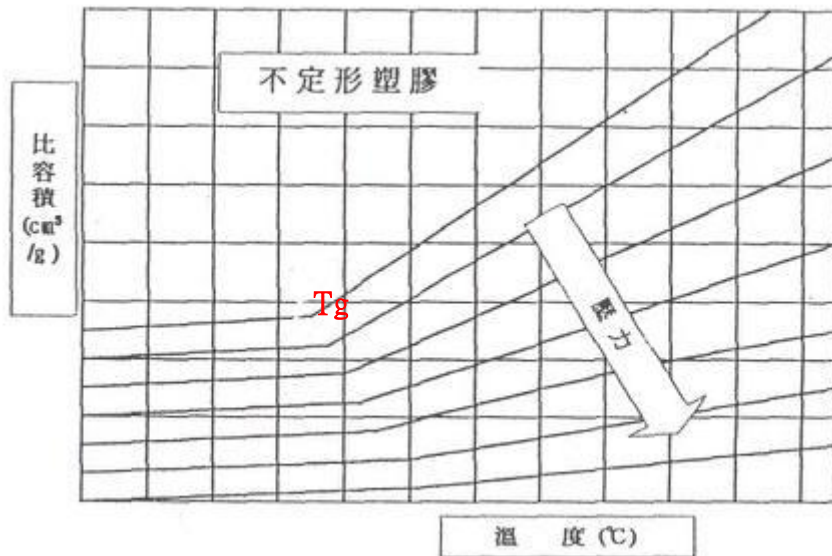


圖 2-7 熱固性與熱塑性塑膠分子結構圖



T_m



圖 2-8 非結晶與結晶性塑膠 P-v-T 關係

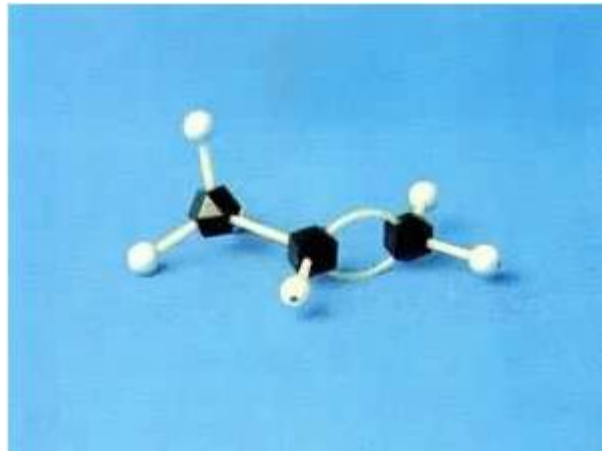


圖 2-9 丙烯分子模型

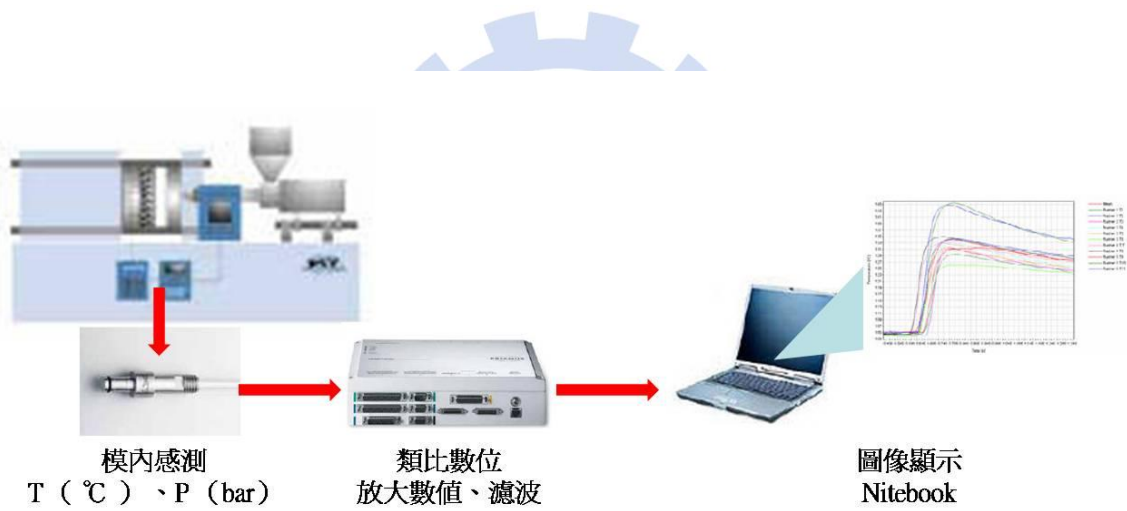


圖 2-10 模內感測程序

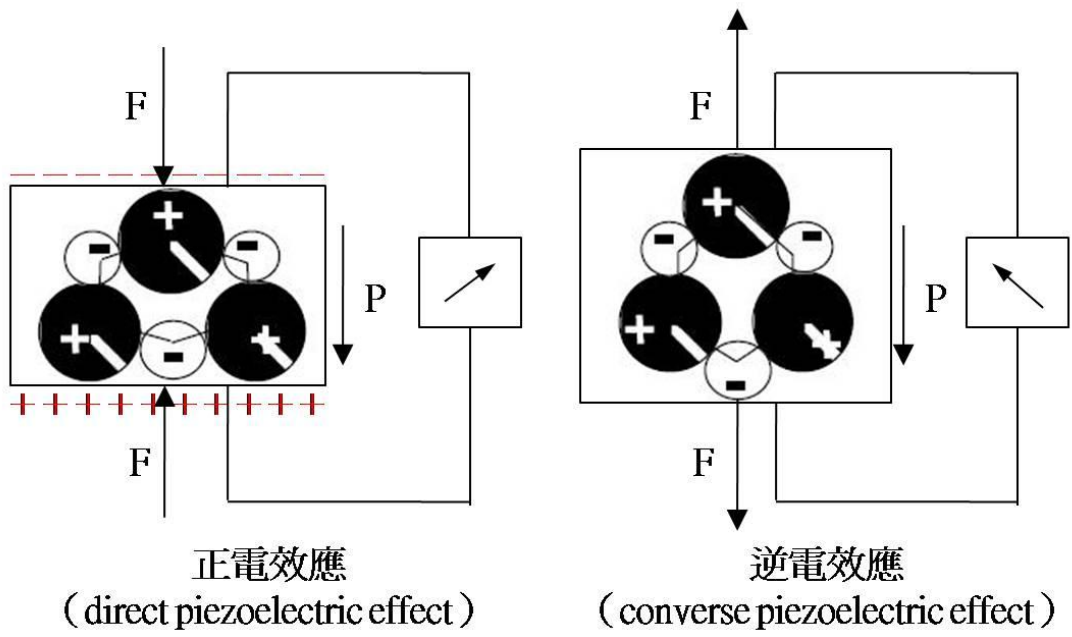


圖 2-11 壓電效應

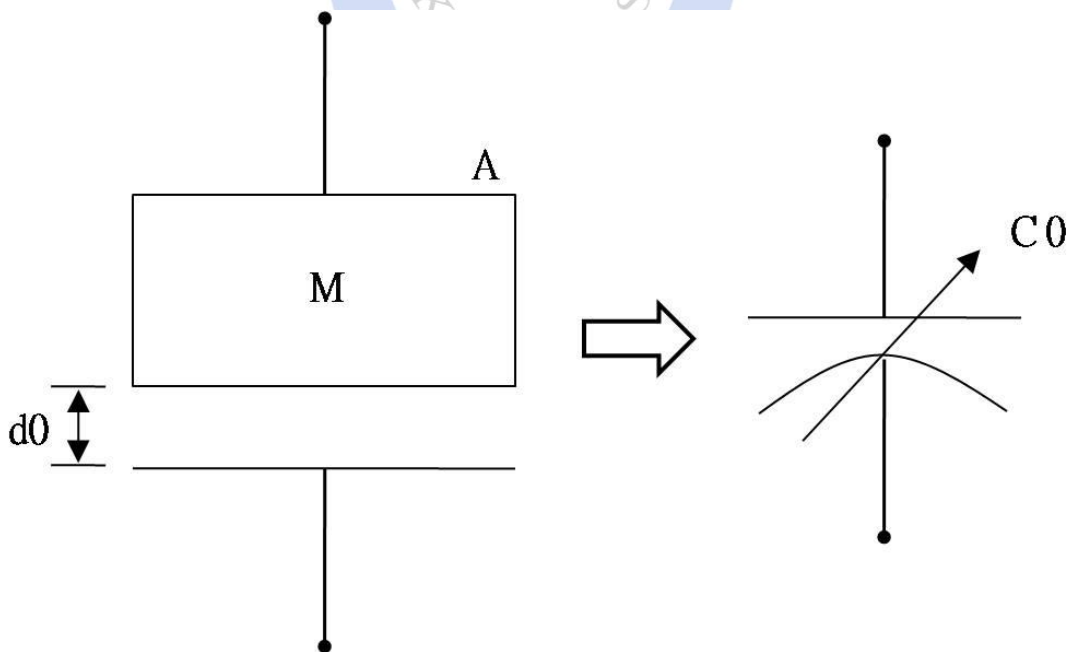


圖 2-12 平板電容示意圖

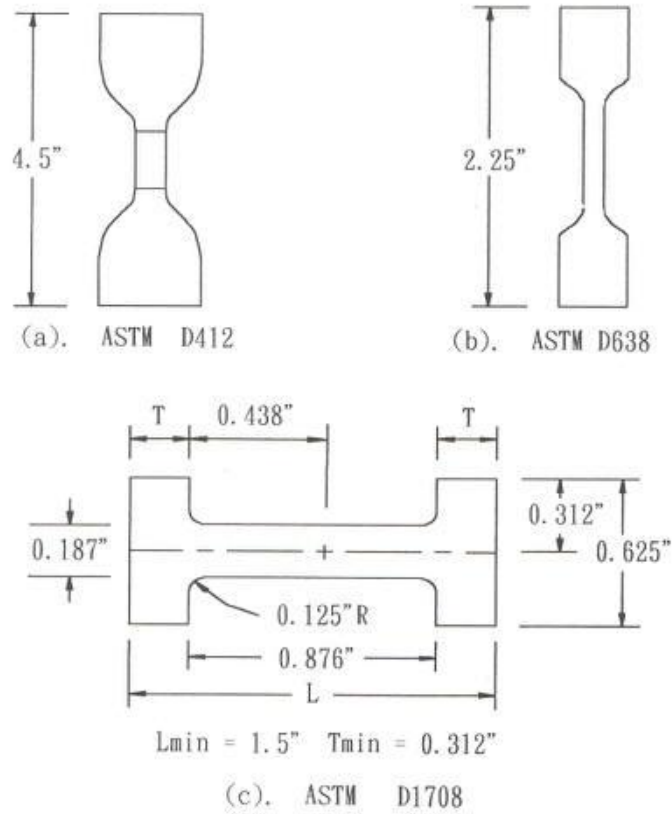


圖 2-13 常用之啞鈴形試片圖

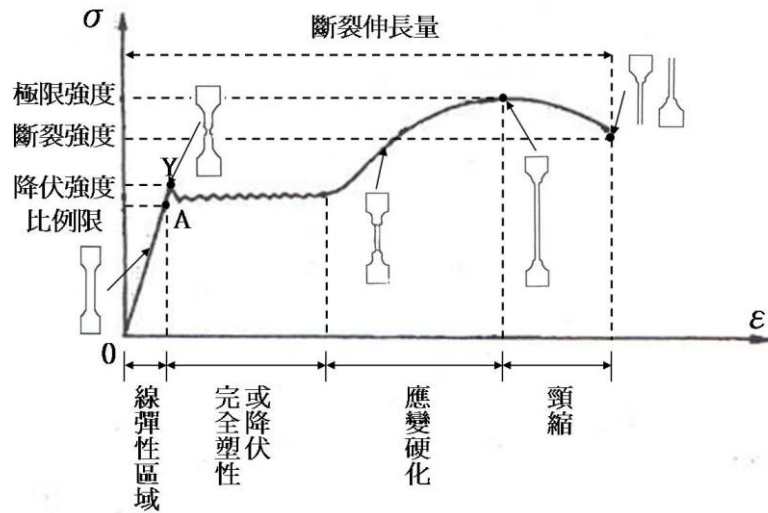


圖 2-14 應力－應變曲線圖

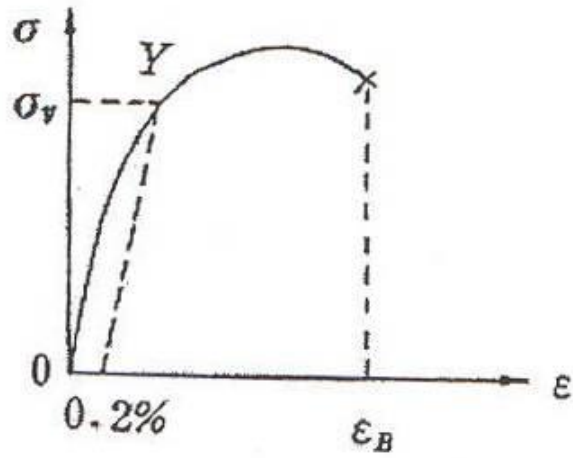


圖 2-15 脆性材料應力－應變曲線圖

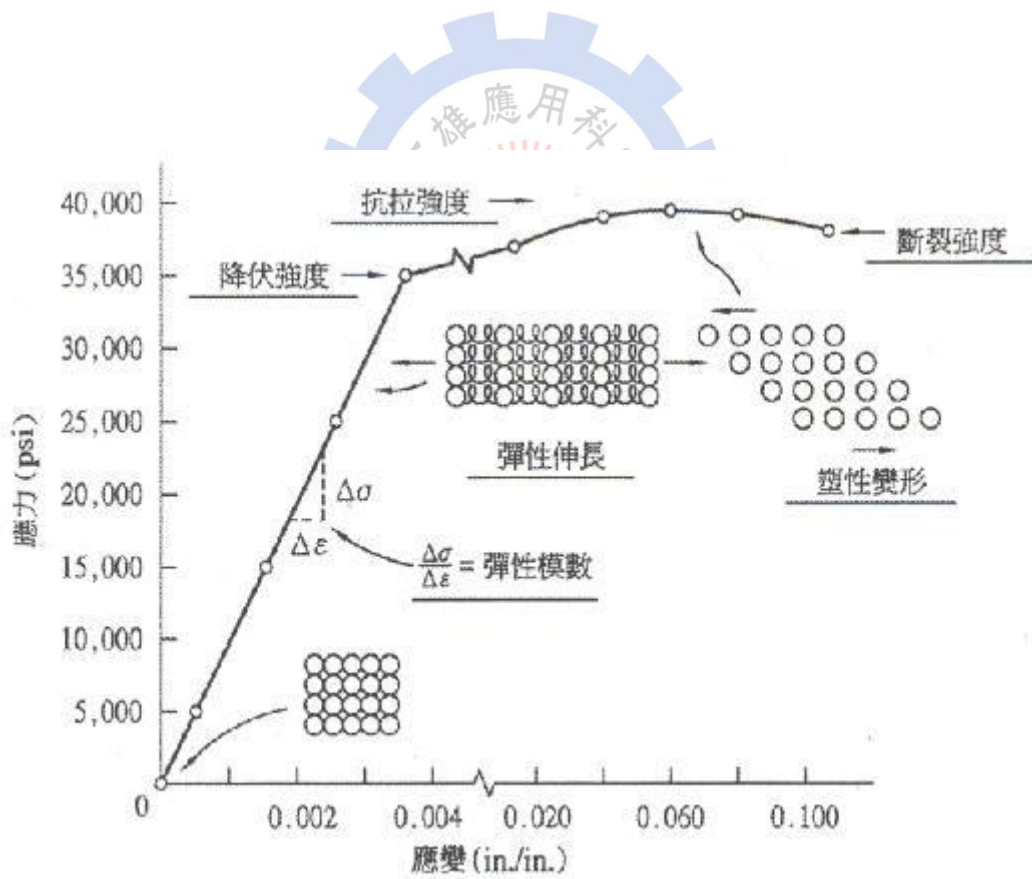


圖 2-16 分子在應力－應變曲線中之變化情形

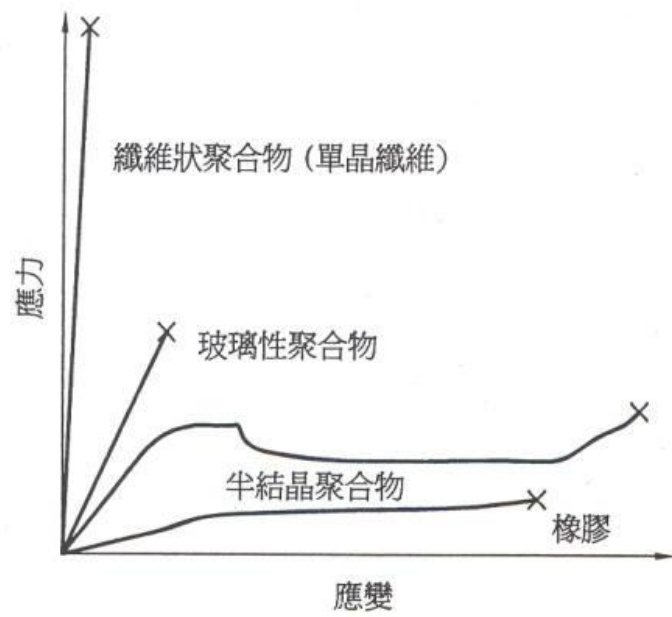


圖 2-17 各種高分子的應力-應變曲線之比較

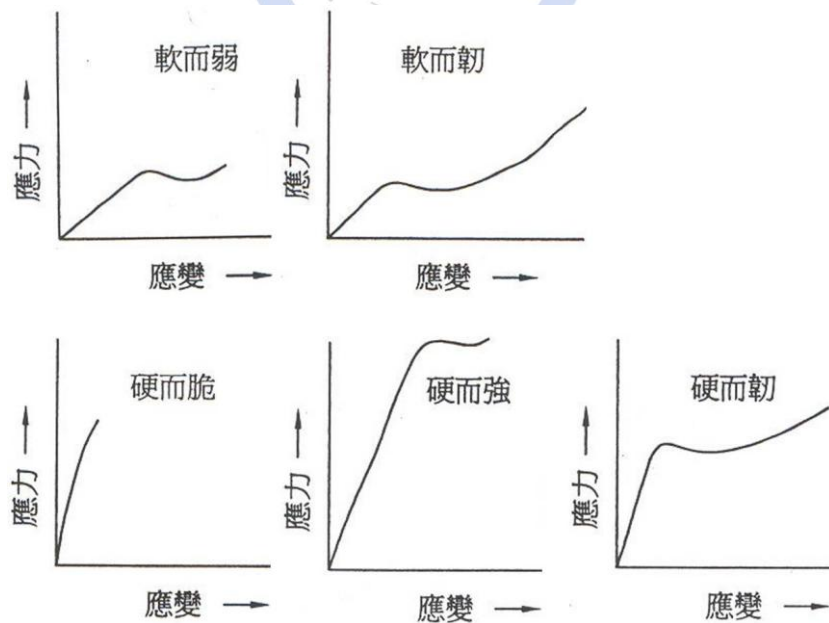


圖 2-18 各種材料的應力-應變圖

第三章 熱澆道及時序閥控制原理與介紹

3-1 澆道系統的分類

流道設計的好壞，往往是最先影響成形品品質的重要因素之一。特別是對於大尺寸或多模穴的模具而言。流道系統的功能在於連接射出機的噴嘴與模穴的澆口，並引導熔膠在進入各模穴時能夠保持相同的條件，例如在充填速度、溫度或壓力均勻下，能夠使各模穴的流動平衡以達到品質一致。流道系統大致上可分為兩類：

1. 標準流道系統

即冷流道系統。直接在模板上加工，且不加任何的加熱裝置。所以對於熔膠的溫度，一但經由射出機的噴嘴進到流道系統後，便開始下降。直到成形週期結束後，流道系統內的熔膠會凝固。最後與成形品連接，一起被頂出機構頂出或三板模的脫料機構而自動分離。最常使用在熱塑性塑膠上。缺點在於流道系統的塑料經由回收後，使用率普遍偏低。因此會造成廢料的增加，對於單價昂貴的材料而言，相對成本會提高許多。

2. 無澆道（Runner less）澆道系統

其目的在於使熔膠一直處於能夠射出的熔融狀態。最後在成形週期結束後，流道內的熔膠仍然保持熔融狀態並不隨著成形品脫模。根據此目的，有以下幾種方法：

- (1). 採用射出機噴嘴直接向模穴射出。如延長射出噴嘴、滯液式噴嘴。
- (2). 利用塑膠本身的絕熱性，使得流道系統中心部的熔膠保持在熔融狀

態。如絕熱流道。

(3). 加熱流道系統，使流道系統內的熔膠一直維持在熔融狀態。

根據流道維持熔融狀態的方法與加熱的機構分為下列四種：延長噴嘴型（Extension nozzle）、滯液式或熱井式噴嘴型（Well type nozzle）、絕熱流道型（Insulated hot runner）、加熱流道型（Hot runner）。考慮使用哪種型式，主要是根據塑膠的特性、單一或多模穴與成形品的外型來決定。

1. 延長噴嘴型（Extension nozzle）

加長射出機的噴嘴，並在噴嘴上裝置加熱器，容易控制熔膠溫度，如圖 3-1。直接將熔膠射入模穴內，為最簡單的無流道系統。但因為噴嘴帶有加熱器且是直接接觸模具，易造成模具溫度上升使噴嘴溫度下降，使熔膠固化而阻塞噴嘴口。所以在噴嘴與模具接觸面積如圖 3-2，或模具冷卻系統的設計上必須考慮此因素。限定一模一穴的成形品。

2. 滯液式噴嘴型（Well type nozzle）

利用塑膠絕熱性的優點，在噴嘴與澆口之間做成井的形狀（滯液部）如圖 3-3，而且噴嘴與模具不分離，使得高溫熔膠與低溫模具接觸時，在此空間因冷卻而產生一層固化層。利用此層來絕熱，使中心部分的熔膠保持熔融狀態。對於成形週期長或是成形溫度範圍狹小的材料，容易固化。所以在滯液部必要加裝特別的襯套，以減少與模具的接觸面積如圖 3-4。成形也是局限於一模一穴。

3. 絕熱流道型（Insulated hot runner）

以傳統三板模的概念，加寬流道外徑。一般此型模具的流道外徑大至

在 $\Phi 16\sim\Phi 24$ mm之間。熔膠由噴嘴射到此流道系統，接觸到流道外壁會產生約 2~4 mm的固化層，利用此層來作為絕熱層，中心的熔膠維持熔融狀態如圖 3-5 所示。但受成形時間越長，絕熱層厚度會增加，易造成流量減少而逐漸無法成形。所以在流道部分通常是採用熱傳效率較差的金屬，來增加成形效率，如圖 3-6。適用於多模穴。

4. 加熱流道型 (Hot runner)

澆口方式是使用點狀澆口，並在流道系統中加入加熱器或加熱歧管。藉此加熱系統來保持流道內熔膠維持一定的溫度。為了防止熱傳效應，造成模具溫度升高的缺點，利用流道板與模具之間的空氣或絕緣體來進行絕熱，如圖 3-7。本實驗模具則是使用此型的無澆道系統。以下則就加熱澆道的元件與優缺點做更進一步的說明。

3-2 熱澆道模具系統的介紹

熱澆道並非是新的技術，在 1940 年便由 E.R.Knowles 取得專利權。在歐美國家的普及使用可以追溯到上個世紀中期甚至更早。而在台灣，這一技術的真正推廣應用不過是近幾年的事。主要在於加熱器的關鍵技術。一般市面上的加熱器主要分為下列幾種：

1. 加熱棒
2. 加熱圈
3. 加熱板
4. 間隔加熱器

5. 嵌入式加熱器

一般而言，熱澆道系統分為單頭熱澆道系統、多頭熱澆道系統以及閥澆口熱澆道系統。但一個典型的熱澆道系統，大至上是由熱流道板（Manifold）圖 3-8、熱噴嘴（Nozzle）圖 3-9、溫度控制系統與其他輔助零件所組成，如圖 3-10、3-11 所示。

1. 熱流道板

為一歧管塊，置於間隔板中。功能是將熔膠分配至各熱嘴上，由加熱器來控制熔膠的溫度，以保持一定的溫度。又根據加熱的方法可分為外部與內部加熱兩種，隨著不同加熱其分流板的設計也不盡相同。主要以熱噴嘴、澆口位置或模穴在模具中的排列來決定其架構。本實驗使用的熱澆道模具其熱流板為外部加熱。裝置在熱流板上的其他配件如下：

- (1). 熱流板加熱器：分為彈筒型與折彎型兩種。前者裝在熱流板中，後者為嵌入熱流板上下面。
- (2). 熱流板感溫線：用來感測熱流板的溫度。
- (3). 熱管：幫助熱流板溫度達到均勻。
- (4). 墊塊：功能為定中心位置、承受壓力與阻隔熱流板的熱傳效應。

2. 熱噴嘴

如同射出機射嘴的延伸。一般熱噴嘴可分為開放式熱噴嘴和閥針式熱噴嘴如圖。功能為維持熔膠呈熔融狀態至模穴中，且取代料頭的設計。澆口尺寸主要以成品的需求為主來設計。由於熱噴嘴是直接影響熱澆道系統的選擇與模具的製造，所以又將熱澆道分為開放式熱澆道系統與閥針式熱

澆道系統兩種。本實驗熱澆道模具是採用閥針式熱澆道系統，於下一小節介紹。置於熱噴嘴上的其他配件如下：

- (1). 熱嘴加熱器：利用不對稱的螺旋形狀來達到熱分佈的均勻。
- (2). 熱嘴感溫線：感測熱噴嘴的溫度。
- (3). 熱嘴後加熱器：一但熔膠成形溫度超過 250℃時，需加裝此加熱器，以利於成形。常使用在單穴熱噴嘴。
- (4). 熱嘴 O 型環：置於熱流板與熱噴嘴之間來防止漏料，常使用在多穴熱噴嘴。

3. 溫度控制系統

主要控制熱流板與熱噴嘴的溫度，並使維持在特定溫度下。包括溫度控制器圖 3-12、溫度感測器、纜線、加熱器與轉換接頭等設備。

4. 其他輔助零件

- (1). 熱嘴襯套：使熔膠能夠維持設定的溫度，並順利流入模穴中。前端部分與成形品接觸，為直接影響其品質與外觀。其次是水路的設計是否會干涉到熱嘴襯套的效率。這些均是在設計熱嘴襯套上不可忽略的因素。
- (2). 熱流板定位銷：功能為固定熱流板的位置，避免因加熱膨脹使熱流板與熱噴嘴移位。

3-2-1 熱澆道優點

熱澆道模具近幾年來逐漸的受到世界各地所廣泛的使用。主要的優點

歸納為：

1. 節省塑膠材料，降低成本

在熱流道中的熔膠，一直維持在熔融狀態。並不隨著成形品來頂出，所以並無生產流道廢料與回收費用的問題。特別是能源危機與環保意識逐漸被提起與重視下，對於單價昂貴的塑膠更是對成本的一大負擔。此系統則是減少廢料與降低成本的有效途徑之一。

2. 縮短成形週期，提高生產率

在成形週期中，不需考慮冷卻時間。即不受澆道冷卻時間的限制。且也省去澆道取出時間。故成形週期時間能夠大大減少。

3. 降低射壓，成形品溫度均勻且品質佳

熔膠一直維持在熔融狀態，無絕緣層，相對壓降較小。在熱澆道中熔膠溫度變化小，所以熱損失也較小。一但熔膠進入模穴溫度較均勻。成形品比較少有凹痕流痕的情形，成形品品質也較佳。

3-2-2 熱澆道缺點

雖然與標準流道相比，有許多明顯的優點。但目前仍然還是無法完全取代標準流道。其主要的缺點如下：

1. 模具價格昂貴，增加成本

需加裝許多輔助裝置（如加熱器、溫度感測與控制器等）。相對提高模具成本。若成形品產量小，又加上其模具成本高，經濟上並不划算。

2. 模具構造複雜，維修不易

在模具設計上需考慮到輔助裝置的放置與熱傳效應等因素，常使模具

結構複雜，相對於操作與維修便不容易。

3. 需要精密的溫度控制系統

熱澆道系統對於分流板與熱噴嘴等，需要能夠精準的控制溫度。否則易使熔膠溫度不均，甚至產生熱劣解使充填速度不穩定。

3-3 閥針式熱澆道系統介紹

基本原理則是由標準流道系統的針點澆口，利用一些機械動作來控制閥針如圖 3-13，使得澆口能夠迅速的開啟或關閉。澆口藉此以獨立打開、關閉或時序等方式來達到所設定的充填模式。在充填結束後可透過閥針來強制關閉澆口，所以開關的時間及澆口大小、位置等都可作更精密的控制。時序澆口充填模式則是，在開始充填時，第一閥澆口打開而其他閥澆口仍然關閉。等到流動波前到達其他澆口後，便開啟閥澆口。時序動作一直維持成品的整個長度，直到充填完成為止。可應用在改變縫合線的位置上。本實驗則是利用此機構來延長第二閥澆口開啟的時間，使得第一閥澆口的熔膠在模穴內，等待第二閥澆口的熔膠進入的時間延長，而溫度降低，再開啟第二閥澆口讓高溫的熔膠與低溫的熔膠接觸，以產生不同溫度下所結合的縫合線。

3-3-1 閥針驅動方式

一般是利用油壓或氣壓來驅動閥針做開關澆口的動作。本實驗則是利用氣壓來驅動閥針。下列為針對此兩種驅動方式做一優缺點比較：

1. 油壓驅動：優點為精準控制閥澆口開啟與關閉的時間。但危險且易漏

油，加上結構複雜造成維修不易。

2. 氣壓驅動：因氣體具有壓縮性，在打氣後會有延長時間的問題，再加上須克服活塞與套筒之間的摩擦力，所以對於閥澆口的開關時間較不能精準的控制。但結構較油壓式簡單且易維修。

3-3-2 閥澆口的優點

1. 消除縫合線。
2. 降低射出壓力。
3. 縮短流長比，應力與應變減小。進而使產品翹曲量變小。
4. 不受流道冷卻時間的限制，成形週期變短。
5. 改良成形品機械性質如耐衝擊性。

3-4 熱澆道發展的趨勢

歸納國內外熱澆道主要發展的趨勢，主要可分為下列幾方面。

1. 熱澆道元件逐漸小型化

用來成形小型件的一模多穴或大尺寸的多澆口充填。利用更小尺寸的熱嘴來縮小空間，在模具上配置更多的模穴以提高產量與射出機的使用率。MoldMasters 公司開發小型的噴嘴，包括加熱器、閥針與流道直徑小於 9 mm、澆口之間的距離僅為 10 mm 的熱澆道系統。而且可成型重量為 1~30g 的成形品。

2. 熱澆道元件標準化

在用戶需求與時間的壓力下，將熱澆道各元件標準化、系統化。不僅

可減少熱澆道模具的設計時間也可降低模具的造價。並且在元件維修與更換上面更為便利。Husky、Presto 和 MoldMasters 等公司在熱噴嘴、閥針與熱流板均以採用標準化，以方便更換。甚至在國外只需 4 個月即可交付模具。

3. 開發更精準的溫度控制系統

在溫度控制方面，熔膠的過熱劣解或冷卻凝固，一直是使用熱澆道系統成形後，影響成形品品質的重要因素。盡可能選擇具備多區域控溫的熱流道系統，或是更精密的溫控裝置。來增加成形品的機械性質與品質。



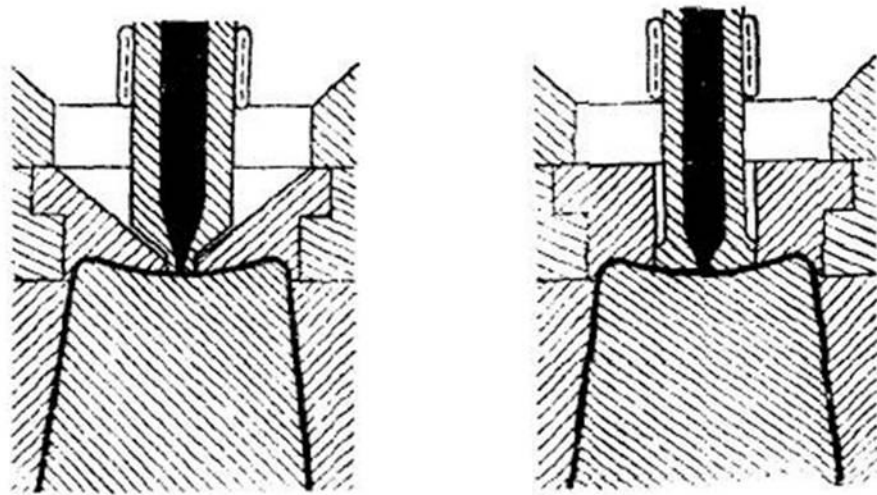


圖 3-1 延長噴嘴型圖

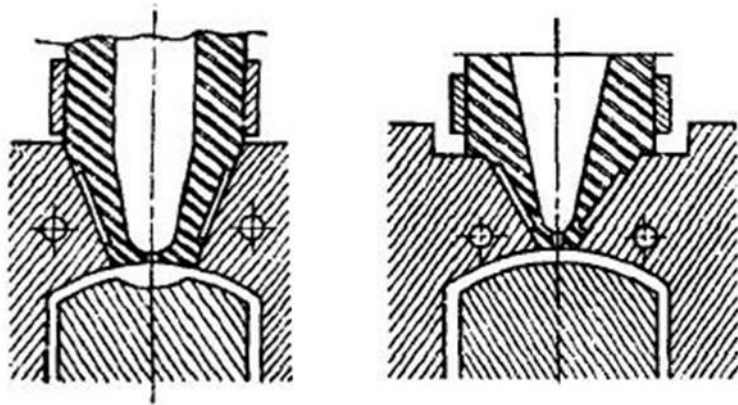


圖 3-2 改善後的延長噴嘴型圖

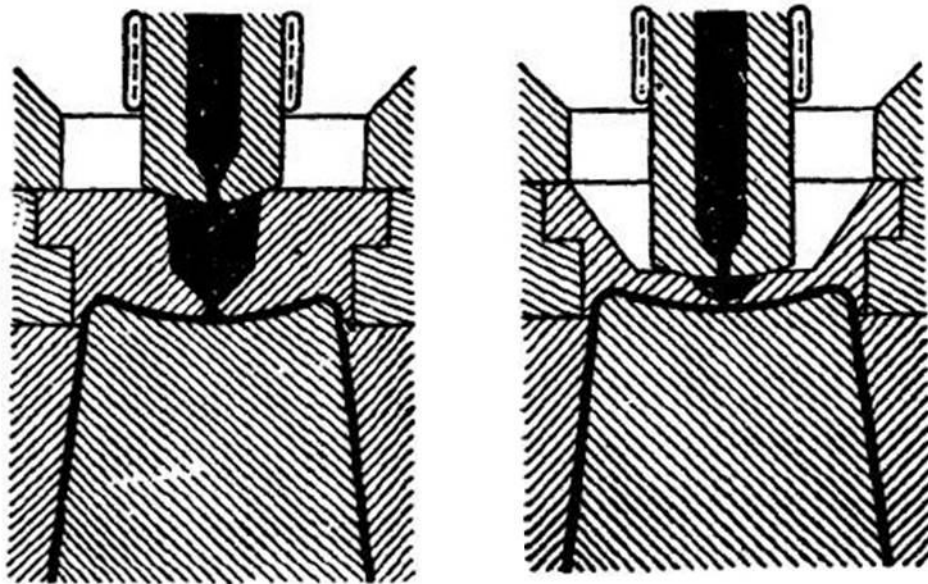


圖 3-3 滯液式噴嘴圖

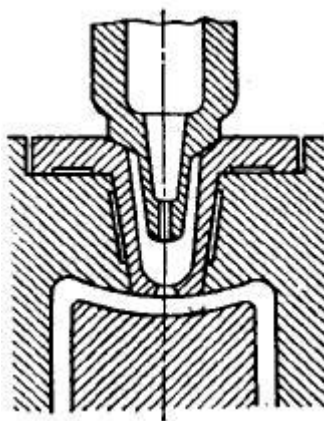


圖 3-4 改善後的滯液式噴嘴圖

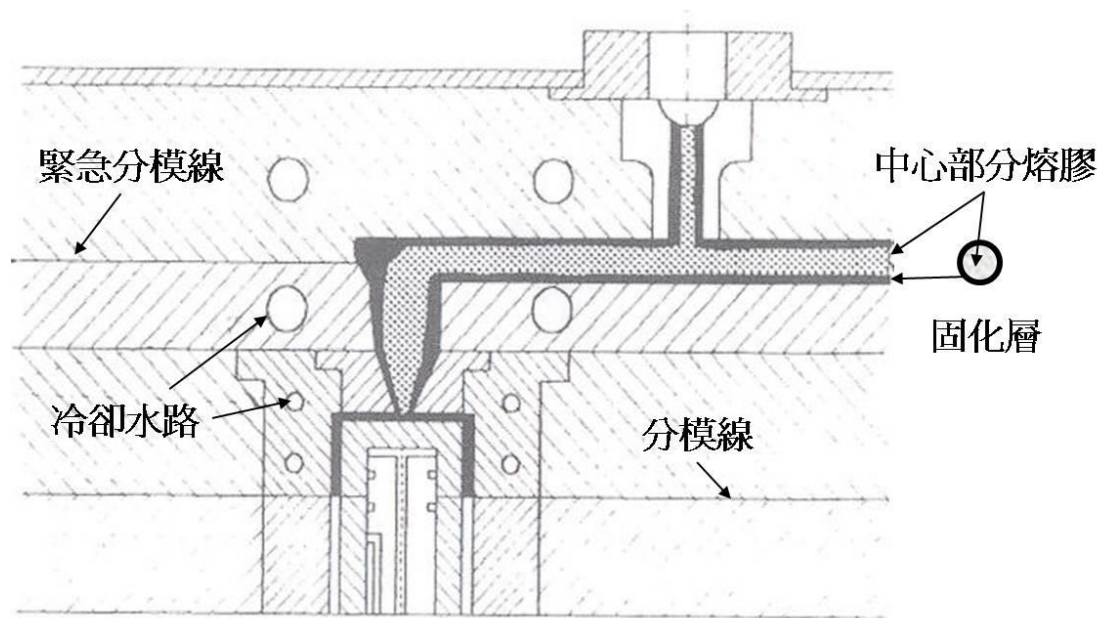


圖 3-5 絕熱流道型圖

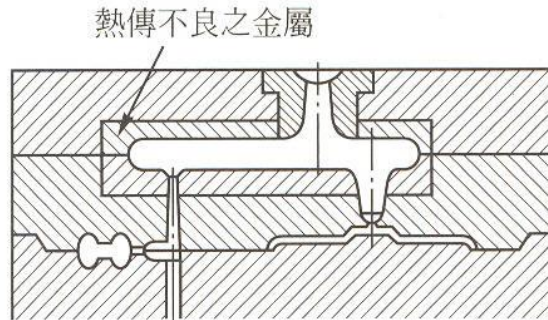
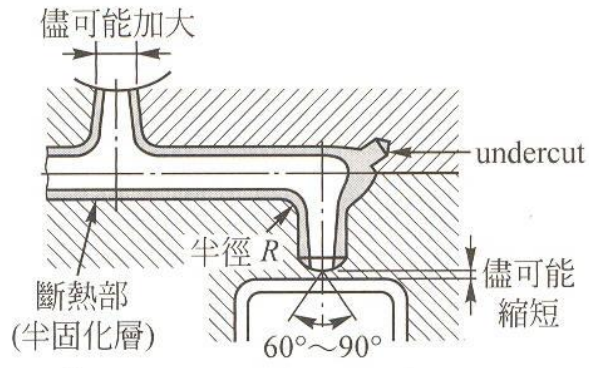


圖 3-6 改善後絕熱流道圖

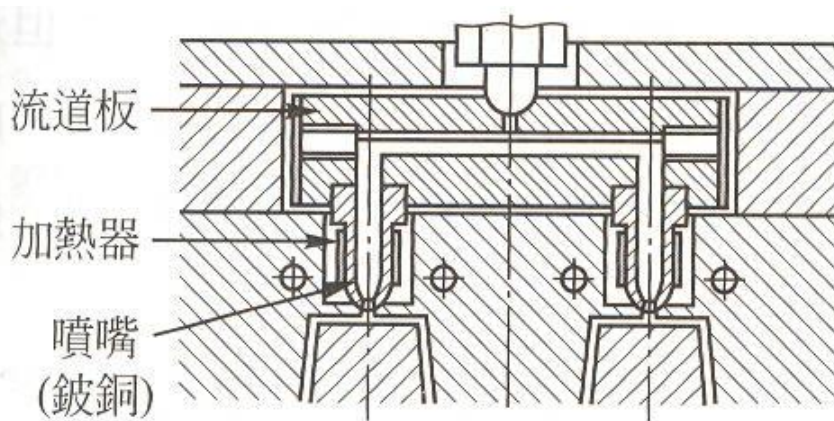


圖 3-7 加熱流道圖

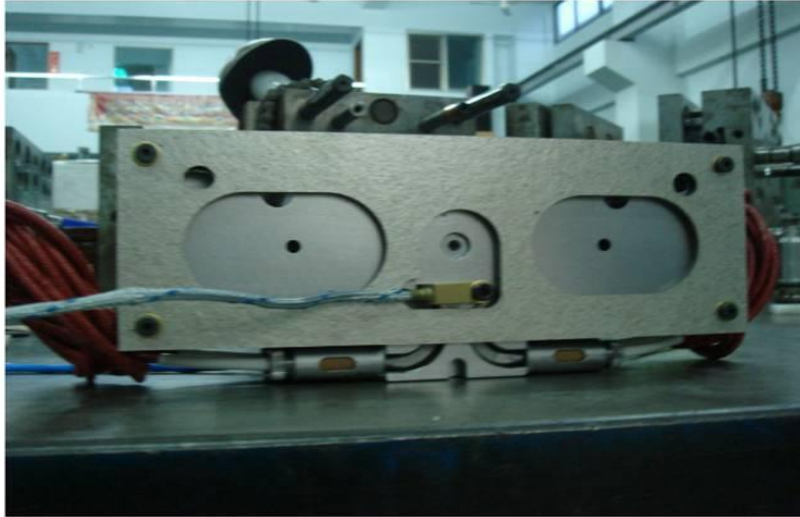


圖 3-8 熱流板實體圖



圖 3-9 熱噴嘴實體圖

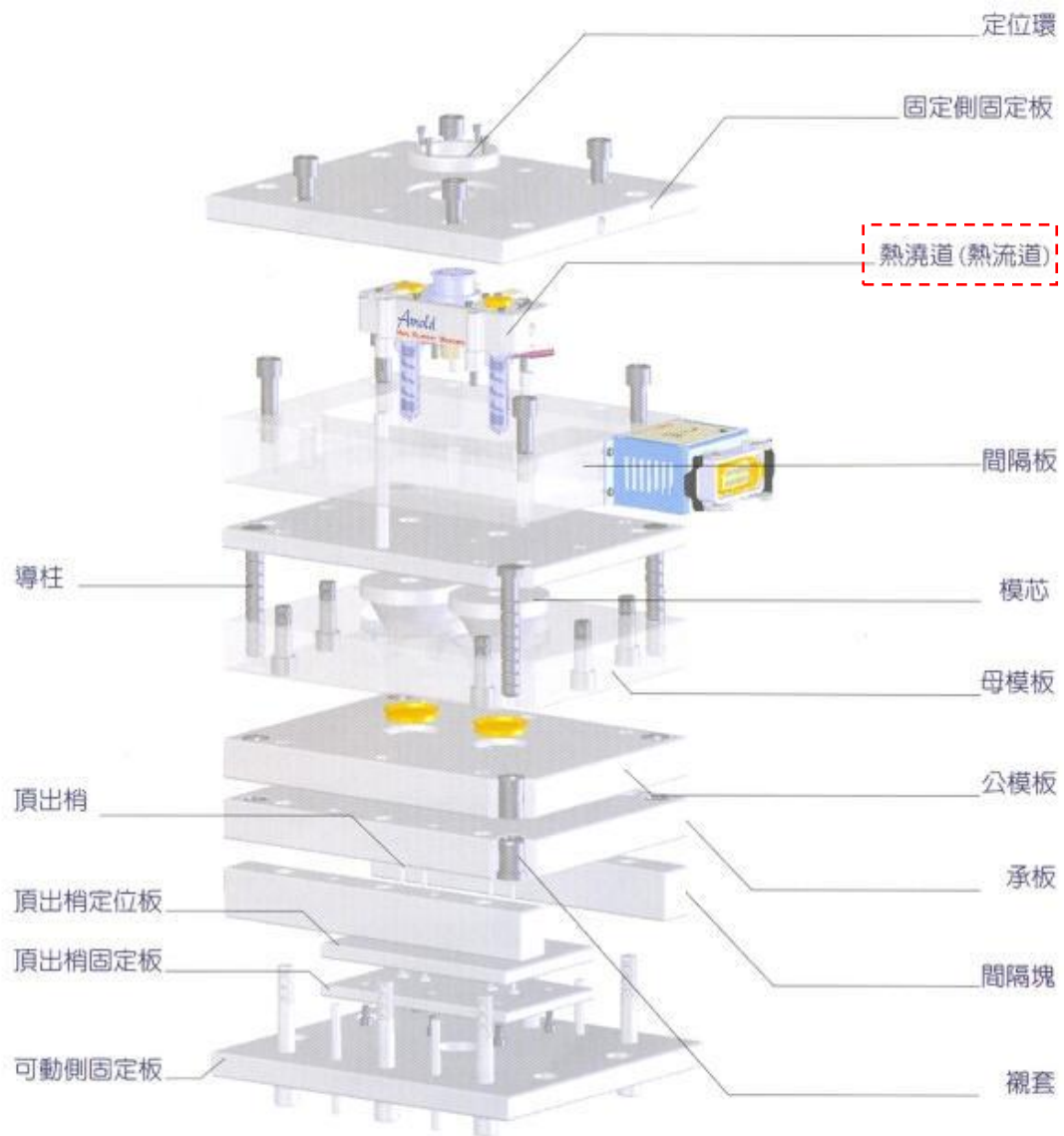


圖 3-10 熱澆道模具圖



圖 3-12 溫度控制器



圖 3-13 閥針實體圖

第四章 實驗方法

4-1 實驗流程與步驟

本實驗流程如圖 4-1。使用熱澆道時序閥澆口模具，以 ASTM D638 標準試片，來做為拉伸試驗的試片。尺寸如圖 4-2。由射出成形實驗來製作各參數下的試片。本實驗目的在探討縫合線的強度，當斷裂位置不在縫合線上時，則需要重新回去調整參數，直到斷裂位置發生在縫合線區域上為止。並且重新取成形參數的範圍，根據此參數範圍來製作各條件下的拉伸試片，利用時序閥能夠設定開關閥的時間差，將縫合線位置控制在壓力感測器附近如圖 4-3，搭配模內感測器來得知縫合線附近的壓力曲線。並進一步間接控制熔膠的溫度。由模流軟體來分析在各參數下熔膠波前斷面溫度的變化情形。最後則是以模內感測器量測壓力曲線，並配合模流軟體的斷面溫度分析結果，來輔助說明溫度與壓力對縫合線強度的影響。步驟如下：

1. 依參數範圍先成形各條件下的試片。
2. 進行拉伸試驗，並記錄其斷裂位置。
3. 根據斷裂位置來決定是否進行參數的修改。
4. 確定參數範圍後，依範圍再進行射出成形實驗。
5. 實驗中並記錄感測器的壓力曲線。
6. 由模流軟體 Moldflow 分析，在各參數下的熔膠波前斷面溫度變化。
7. 拉伸試驗，每一條件取樣為 5~10 片，依數據的穩定來取其拉伸強度值。

4-2 參數設定

本實驗參數的設定，是以影響縫合線強度最大的溫度與壓力兩方面來探討。溫度則是有模溫與料溫，壓力則是保壓壓力與保壓時間。模溫與料溫的參數範圍，以材料聚丙烯的建議成形條件如表 4-1 來選取。保壓壓力是以最大射出壓力的 80%來做上下調整，而保壓時間則是由模流軟體分析得知。以這四個變因：模溫、料溫、保壓壓力與保壓時間。並各自搭配時序閥澆口的第一閥澆口開啟至關閉後，等待第二閥澆口開啟前之間的間隔時間差來做單一因子的實驗。參數如表 4-2 所示。紅色數據部分則是中間值。

4-3 實驗設備介紹

以下則是就實驗所使用的相關設備與儀器作更詳細的說明。

1. 射出成形機

實驗使用的射出成形機為德國 ARBURG 公司製造。其型號為 All Rounder 320C 外觀如圖 4-4 所示。鎖模裝置則是油壓肘結式，最大鎖模力為 60 噸。此射出機具有高度自動化設備，具閉迴路控制系統。使用者可直接藉由電腦視窗來編輯程式與改變成形參數，如射出速度、射出壓力、螺桿計量位置與料溫、保壓時間、保壓壓力、冷卻時間等等。詳細規格如表所示。

2. 實驗模具

使用熱澆道及時序閥澆口模具如圖 4-5，公母模面如圖 4-6。詳細介紹

已在第三章說明。模穴尺寸為長寬：210 mm x20 mm，厚度：2 mm之標準試片。採兩閥澆口進澆，並在兩澆口附近各埋一溫度與壓力感測器如圖 4-3。

3. 模內監控感測器

原理已於第二章詳細說明。壓力感測器是由瑞典 PRIAMUS 公司製造型號為 6001B 的壓電式感測器，壓力量測範圍介於 0~2000bar。外觀與尺寸如圖 4-7。規格見表 4-4。溫度感測器則是型號為 4004A 的熱電偶型感測器，外觀與尺寸如圖 4-8。詳細規格則如表 4-5 所示。

4. 材料試驗機

使用則是宏達公司生產的五噸萬能材料試驗機如圖 4-9。型號為 HT-2102，其規格如 4-6 表。使用的拉伸速度是 20 mm/min，為依據 ASTM 標準。以每條件下，待拉伸數據穩定後，最少取 5 片來取平均值作為拉伸強度。

表 4-1 聚丙烯建議成形參數

項 目	建議成形範圍
料 溫 (°C)	190~280
模 溫 (°C)	30~50
Tg (°C)	-10
Tm (°C)	135
Td (°C)	330
射出壓力 (kg/cm ²)	80~120
背壓 (kg/cm ²)	5~10
收縮率%	1.4~1.8

表 4-2 成形參數表

變因	成 形 參 數						
	0.1	1	3	5	7	9	10
間隔時間差 (s)	0.1	1	3	5	7	9	10
模溫 (°C)	30	50	70				
料溫 (°C)	190	200	210	220	230		
保壓壓力 (bar)	25	50	100	200	400	600	800
保壓時間 (s)	1	3	5	7	9		

表 4-3 Arburg All Round 320C 射出機規格表

項 目	規 格
鎖模裝置	
最大合模力 (ton)	60
開模行程 (mm)	350
模板間距 (mm)	550
最小模具厚度 (mm)	200
注射裝置	
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
射出率 (cm ³ /sec)	154

表 4-4 壓力感測器規格表

Measuring Range	bar	0 ... 2000
Overload	bar	2500
Sensitivity ¹⁾	pC/bar	ca. - 10
Maximum Melt Temperature (Plastics) in the Cavity ²⁾	°C	no limitation
Maximum Mold Temperature ³⁾	°C	200
Deviation of Linearity	%	< ± 1
Natural Frequency ⁴⁾	kHz	> 80
Insulation Resistance	Ω	> 10 ¹³ (at 20 °C)



表 4-5 溫度感測器規格表

Thermocouple (not insulated)	Type	N
Colors / polarity according to IEC 60584	pink (NiCrSi) white (NiSi)	positive negative
Class		1
Maximum deviations according to IEC 60584	(-40 ... 1000 °C)	dT=± 0.004 x T or ± 1.5 K
Standard operating temperature (sensor front)	°C	up to 600
Operating temperature range (cable)	°C	0 ... 200
Response time switchover to holding pressure and sequential control with PRIAMUS amplifier (envelope curve procedure resp. absolute measuring procedure)	ms	4 ... 10

表 4-6 材料試驗機規格表

技術參數	規格
測試量程	5KN
速度範圍	0.01~1020mm/min
位移解析度	優於 0.05 μ m
應變測試精度	引伸計讀數的 0.5%
橫樑行程	1000mm
延長行程	1500mm
資料獲致	8KHz
螢幕顯示	40 鍵 X4 行 LCD 顯示
資料輸出	RS232
電源	115/230Vac、50~60Hz
載荷解析度	載荷傳感器載荷能力的 0.005%
測試標準	符合 BSENISO7500-1、ASTME4、 DIN51221
重量	105 kg

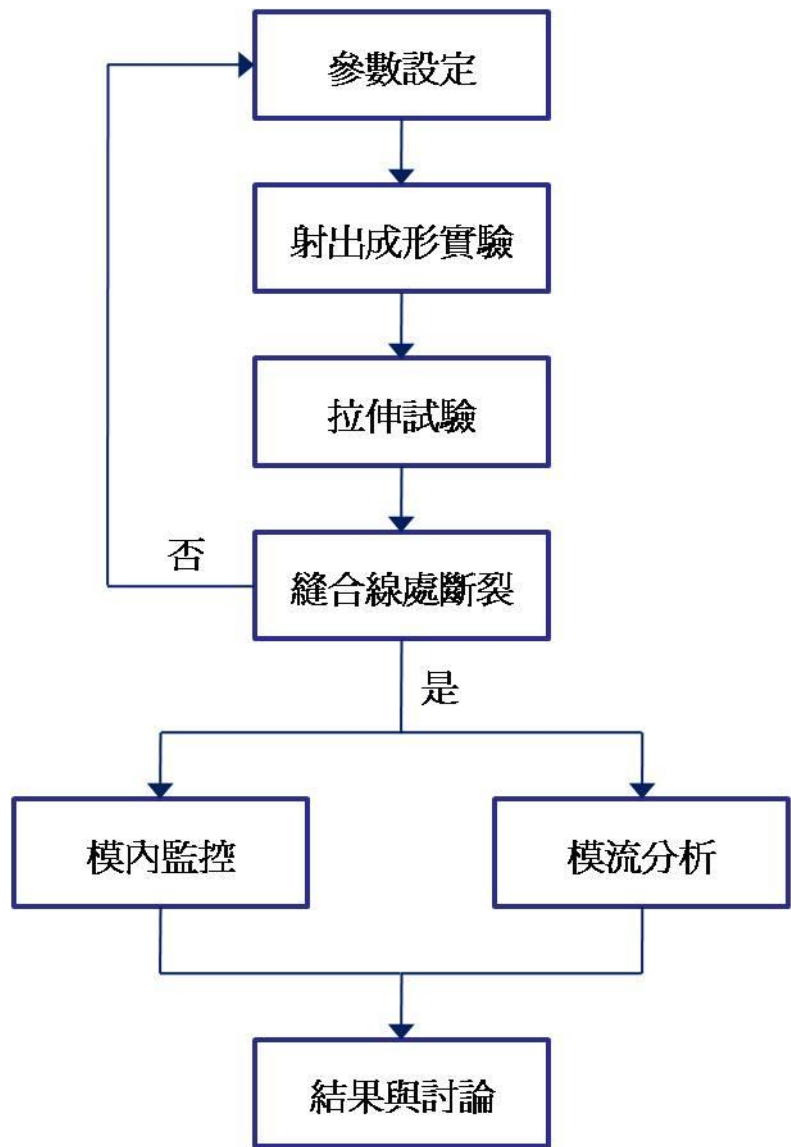


圖 4-1 實驗流程圖

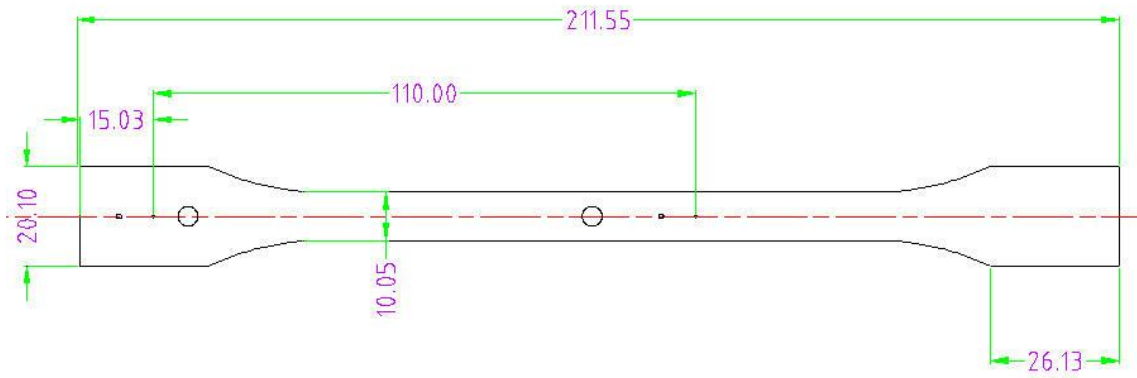


圖 4-2 射出成形拉伸試片尺寸圖

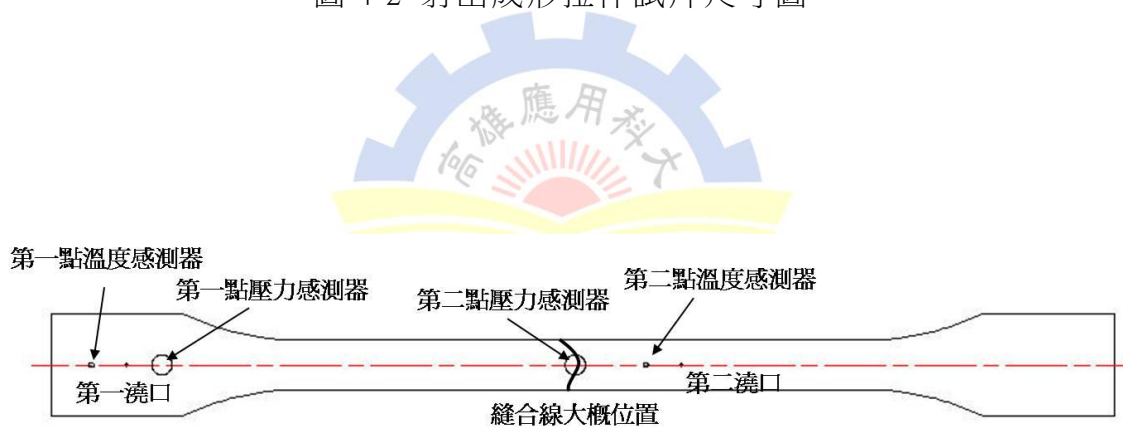


圖 4-3 感測器裝置與控制縫合線的位置示意圖



圖 4-4 ARBURG All Rounder 320C 射出成形機





圖 4-5 模具實體圖

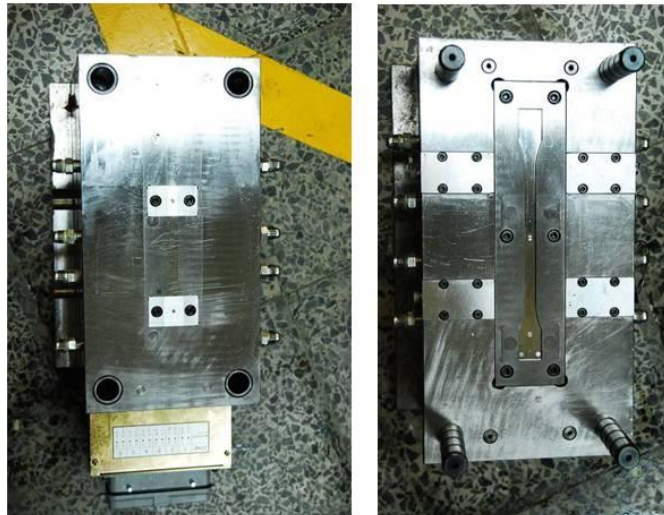


圖 4-6 模具公母模面實體圖



Type 6001B...

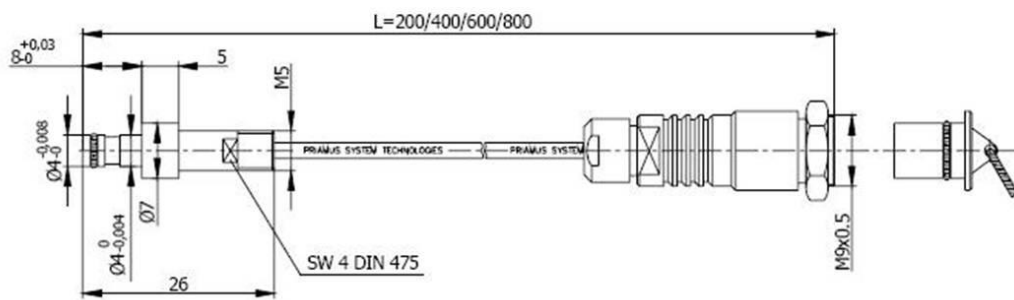


圖 4-7 壓力感測器外觀與尺寸圖



Type 4004A...

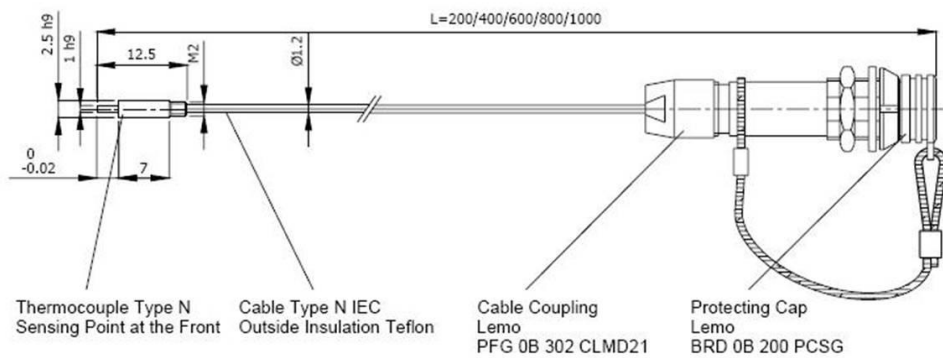


圖 4-8 溫度感測器外觀與尺寸圖



圖 4-9 材料試驗機圖

第五章 模流分析與結果計算

5-1 模流分析流程

本研究是使用模流軟體 Moldflow MPI 6.0，來模擬熔膠波前斷面溫度變化的情形。主要為探討不同斷面溫度的熔膠，所結合的縫合線是否會對其強度造成影響。現今上仍未有任何的儀器如感測器，能夠直接量測熔膠的斷面溫度。一般只能量測熔膠的表面溫度，但受到高溫熔膠易在低溫模穴中產生一層凝固層。造成量測的溫度往往與實際情形有很大的差距。所以利用模流軟體 Moldflow 來分析在不同條件下熔膠斷面溫度的變化情形。再根據分析結果，來計算兩股熔膠波前斷面溫度差，與自行定義的兩股熔膠波前所含的“熱度”來觀察。以下則是對本研究的模擬過程，分成前處理、參數設定與分析結果，三部分做一詳細的介紹。模擬流程如圖 5-1。

1. 前處理

市面上 CAD 軟體種類繁多如 Pro-E、CATIA、SolidWorks 等等，方便在產品設計端可快速繪製 3D 幾何模型。本文是利用 Pro ENGINEER Wildfire 3.0 來繪出試片外形。接著匯出成 Moldflow 可讀的檔案類型 (*.Stl 或 *.igs) 並鋪設網格。Moldflow 將網格分成三大類：Midplane (中間面)、Fusion (雙層) 與 3D (三維) 三種不同網格形狀，如圖 5-2。本研究則是為了能夠更接近實際熔膠流動情形，所以採用 3D 網格形狀來進行分析。整體總網格數為 162313，圖 5-3。在流道系統中，則是在 Moldflow 內建立。加上本實驗是採用熱澆道時序閥澆口，所以在流道的屬性上必須要選擇熱流道與時

序閥澆口。水路在公母模均是使用串聯式，並且用 Hose（軟管）來連結如圖 5-4。

2. 參數設定

本實驗材料是使用台化公司製造，型號為 K1011 的聚丙烯。在 Moldflow 塑料資料庫有此隻塑料如圖 5-5。而射出成形機的部分，因為沒有完全符合本實驗所採用 ARBURG 320C 的規格。但可在射出機資料庫中自行來定義，如圖 5-6。在參數的設定上則是與實驗的參數一樣如表 4-2 所示。除了模溫、料溫、保壓壓力與保壓時間四個變因搭配間隔時間之外見表 5-1。其他則為固定參數，見表 5-2。分析模式則是選用冷卻（C）、充填（F）與保壓（P）。

3. 分析結果

在分析結果主要利用 Moldflow 的斷面熔膠功能，來觀察兩股熔膠波前斷面的溫度變化。並記錄兩股熔膠波前斷面溫度資料，且進一步做為後續的計算。

5-2 熔膠波前溫度與熱度計算法

當分析結束後。由 Moldflow 的分析結果來觀察兩股熔膠溫度（Temperature 3D）這項分析。可藉由 Results 內的 Create New Plot 來選擇只顯示熔膠的斷面溫度變化情形，如圖 5-7。擷取來自兩閥澆口的熔膠波前斷面溫度分佈情形。在熔膠波前斷面溫度，是取在兩股熔膠尚未接觸時的一個完整波前斷面如圖 5-8。根據 Moldflow 分析後，進一步再自行計算

兩股熔膠波前斷面的平均溫度、兩股熔膠斷面的平均溫度差、並自行定義兩股熔膠波前斷面所含熱的程度，簡稱“熱度”。以及兩股熔膠波前斷面的熱度合。以這四筆資料來做為熔膠波前斷面的溫度變化依據。以下則是就本研究這四個資料的取法與計算做更詳細的說明。

1. 熔膠波前斷面平均溫度

由 Moldflow 的斷面功能，在完整的熔膠波前斷面上，取橫向的兩點為一直線，此直線則是此斷面的溫度曲線的變化如圖 5-9。在此曲線的高原部分上取 6 點溫度值，並且平均此 6 點溫度，來當作此熔膠波前斷面的平均溫度。兩股熔膠的平均溫度取法與計算均一樣。

2. 熔膠波前斷面平均溫度差

利用上述的兩股熔膠波前斷面的各自平均溫度值，以高溫的第二股熔膠波前斷面平均溫度減去第一股熔膠波前斷面平均溫度後，所得到的溫度差，來代表兩股熔膠的波前斷面平均溫度差。

3. 熱度

此名詞則為自行定義。定義為在熔膠波前斷面所含熱的程度。簡稱熱度 (H)。其值越高代表此斷面對縫合線的結合貢獻越多。主要算法為熔膠波前一完整的斷面，高於熔點以上的矩形面積 (A_m)，再乘上實驗所使用的塑料聚丙烯熔點 ($T_m=170^{\circ}\text{C}$) 與此斷面的平均溫度 (T_{ave}) 兩者之間的溫度差 (ΔT)。來表示此熔膠波前斷面的熱度。熔點以上的矩形面積取法，則是在同一個完整的熔膠波前斷面上取橫向兩點為一直線和縱向兩點為一直線。在這兩條直線上，則是此斷面橫向溫度曲線與縱向溫度曲線的變

化。在各自的溫度曲線上，記錄溫度為熔點的兩個位置，相減即為矩形長邊與短邊的長度如圖 5-10。再相乘則是此斷面在熔點以上的面積。如圖 5-11。公式如下：

$$H = A_m \times (T_{ave} - T_m)$$

H：熱度 (mm²×°C)

A_m：熔點以上的矩形面積 (mm²)

T_{ave}：斷面的平均溫度 (°C)

T_m：聚丙烯熔點 (°C)

但當曲線上的溫度均在熔點以下時，則是由試片的原始斷面積乘上熔點與此斷面的平均溫度兩者之間的溫度差來表示，如圖 5-12 所示。負值越小則表示，在形成縫合線的結合上貢獻越小，相對就是吸收熱的程度越大。造成熔膠冷越快。公式如下：

$$\begin{aligned} H &= A_o \times (T_m - T_M) - A_o \times (T_{ave} - T_M) \\ &= A_o \times (T_{ave} - T_m) \end{aligned}$$

A_o：原始斷面積

T_m：熔點溫度

T_M：模溫

T_{ave}：斷面平均溫度

4. 熱度和

由上述熱度的算法，分別計算出兩股熔膠波前斷面的熱度。以第二股熔膠波前斷面的熱度加上第一股熔膠波前斷面的熱度，來代表兩股熔膠的

熱度和。

由上述兩股熔膠波前斷面的平均溫度、兩股熔膠波前斷面的平均溫度差、熱度與兩股熔膠波前斷面的熱度合。來代表熔膠波前的溫度資料，此部分將在第六章結果與討論中，用來探討各參數成型下的兩股熔膠波前斷面溫度對縫合線強度的影響。



表 5-1 Moldflow 成形參數變因表

間隔時間 s	模溫 °C	料溫 °C	保壓壓力 bar	保壓時間 s
0.1	30	190	25	1
1	50	200	50	3
3	70	210	100	5
5		220	200	7
7		230	400	9
9			600	
10			800	

表 5-2 Moldflow 成形參數固定表

固定參數	參數值
射出速度 (mm/s)	8
最大射出壓力 (bar)	800
冷卻時間 (sec)	30
背壓 (kg/cm ²)	10

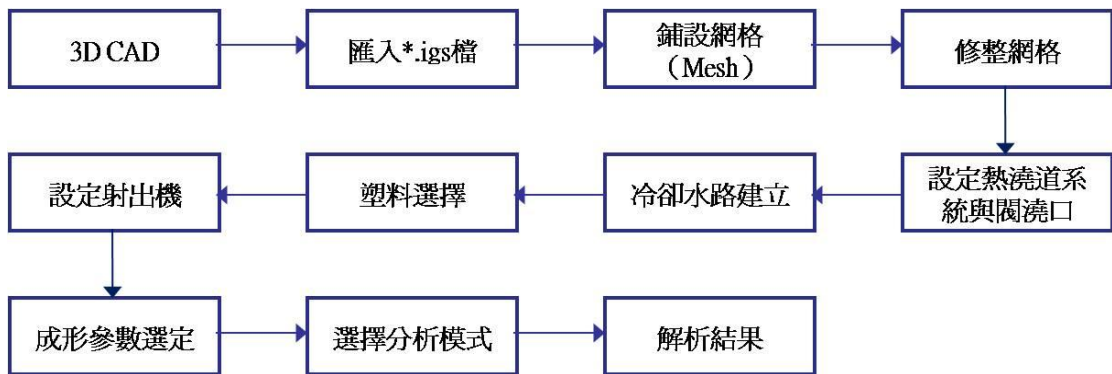


圖 5-1 模流分析流程圖

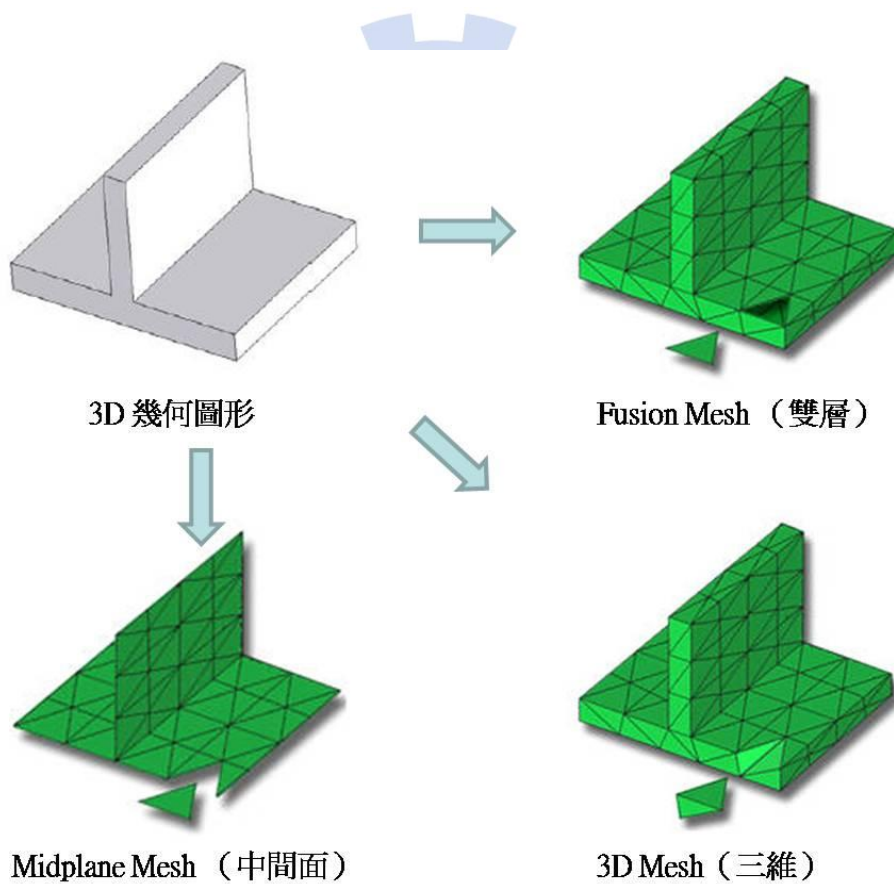
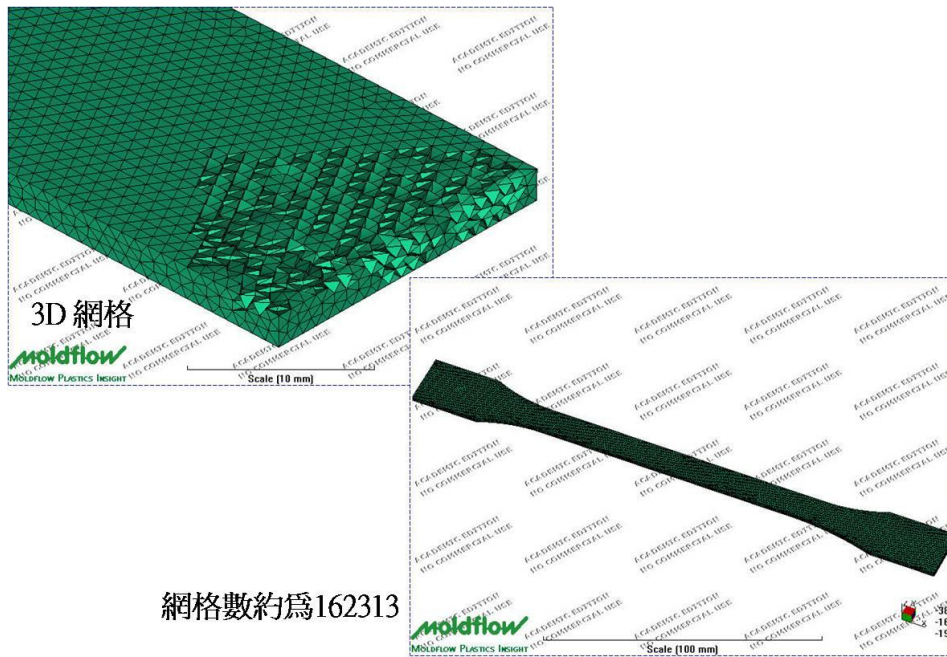


圖 5-2 Moldflow 網格形式



網格數約為162313

圖 5-3 試片鋪設網格

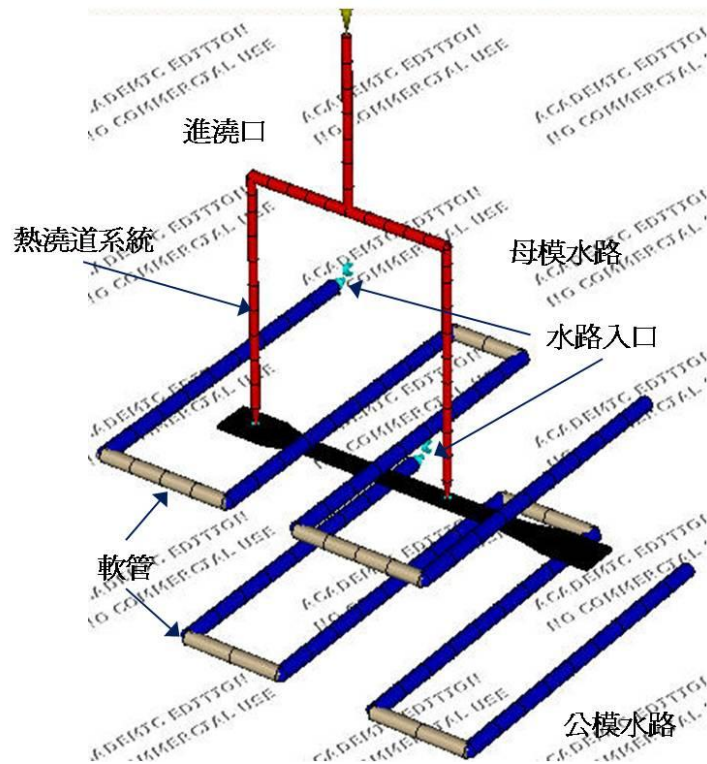


圖 5-4 熱澆道系統與冷卻水路配置圖

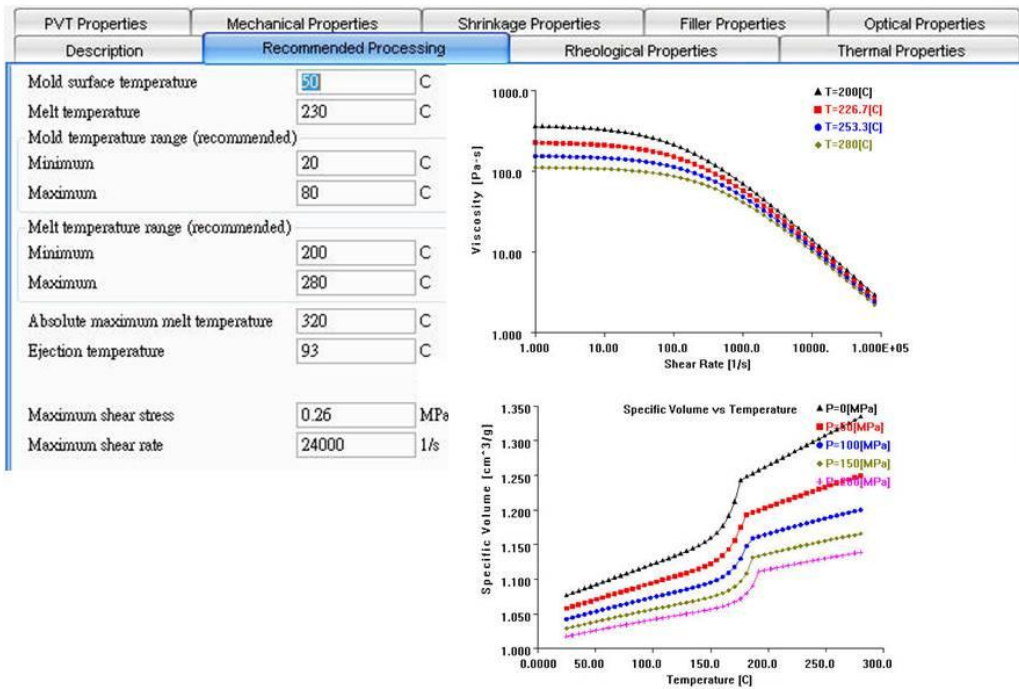


圖 5-5 塑料物性資料

Description	Injection Unit	Hydraulic Unit	Clamping Unit
Maximum machine clamp force	50	tonne (0:70002.2)	
<input checked="" type="checkbox"/> Do not exceed maximum clamp force			
射出單元			
Maximum machine injection stroke	150	mm (0:5000)	
Maximum machine injection rate	154	cm ³ /s (0:1e+004)	
Machine screw diameter	35	mm (0:1000)	
液壓單元			
Machine pressure limit	Maximum machine injection pressure at 182 MPa (0:500)		
Name	Arburg320C		

圖 5-6 ARBURG320C 射出機資料

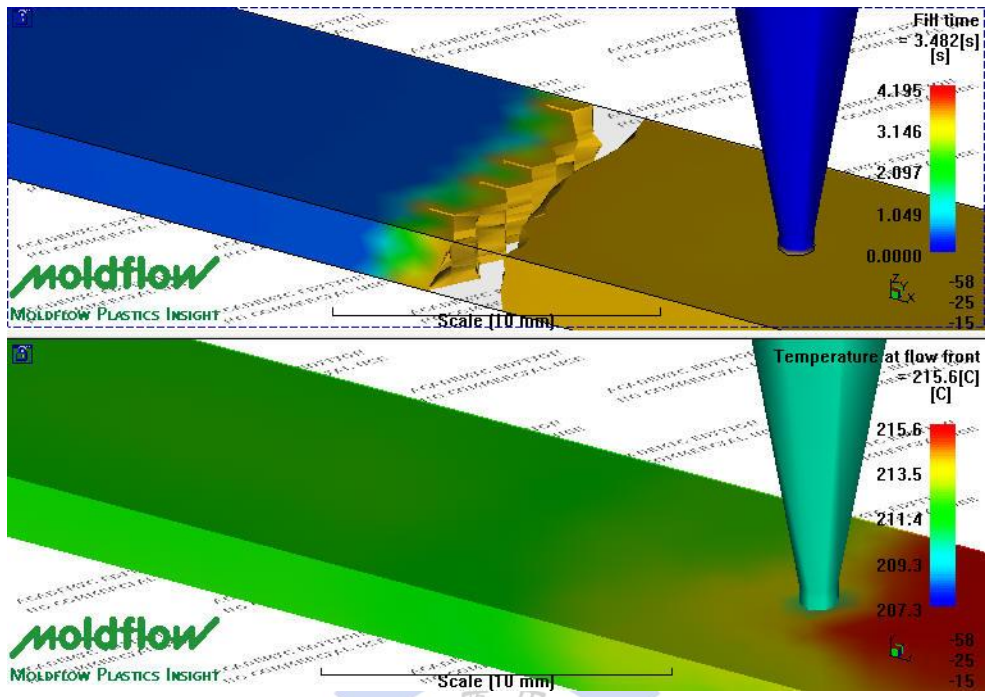


圖 5-7 兩股熔膠波前斷面溫度變化

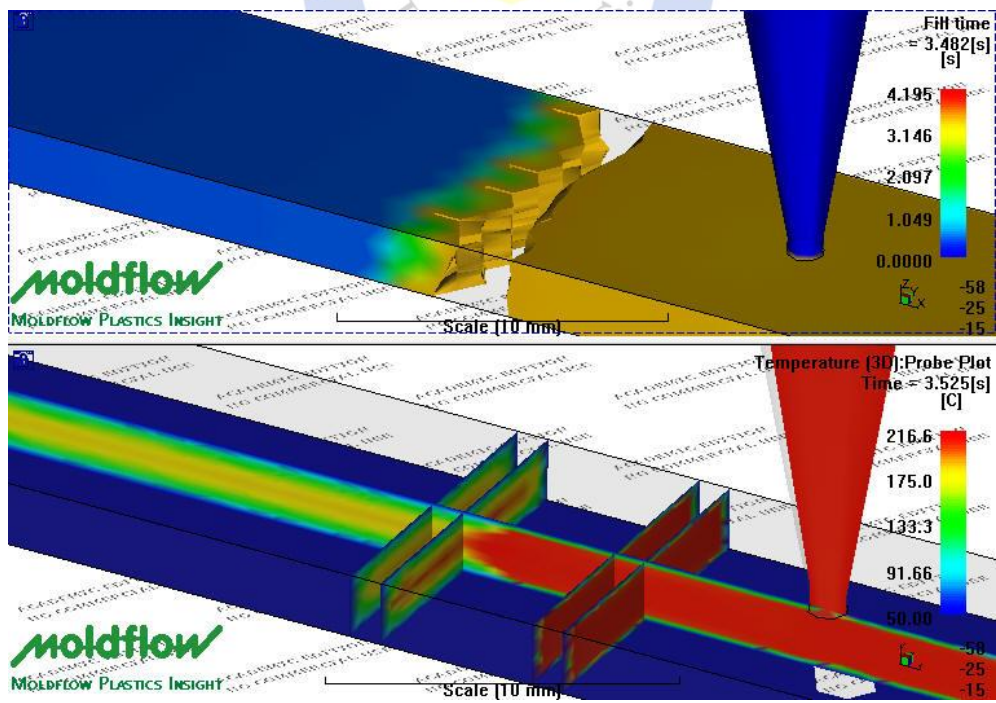


圖 5-8 熔膠波前斷面溫度變化

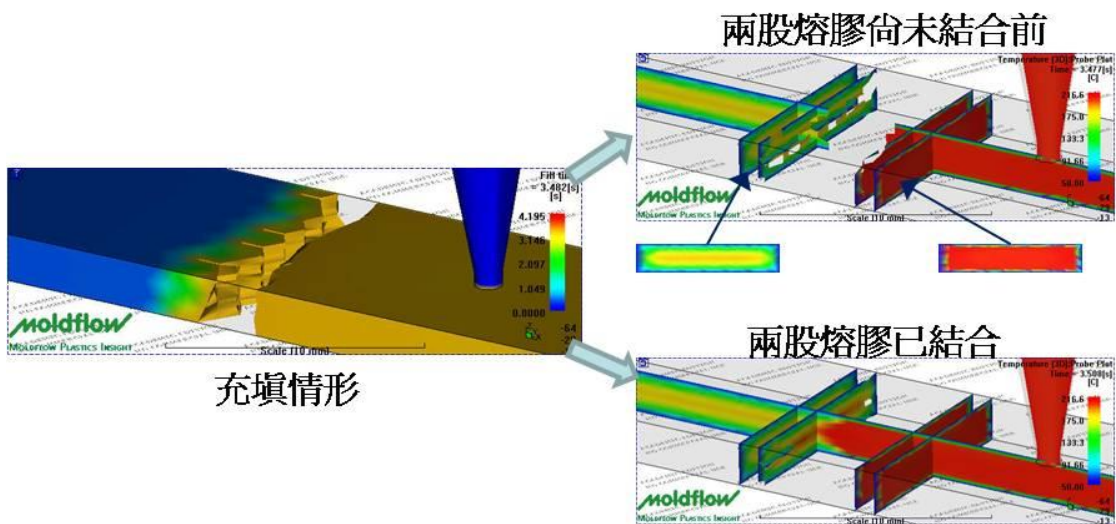
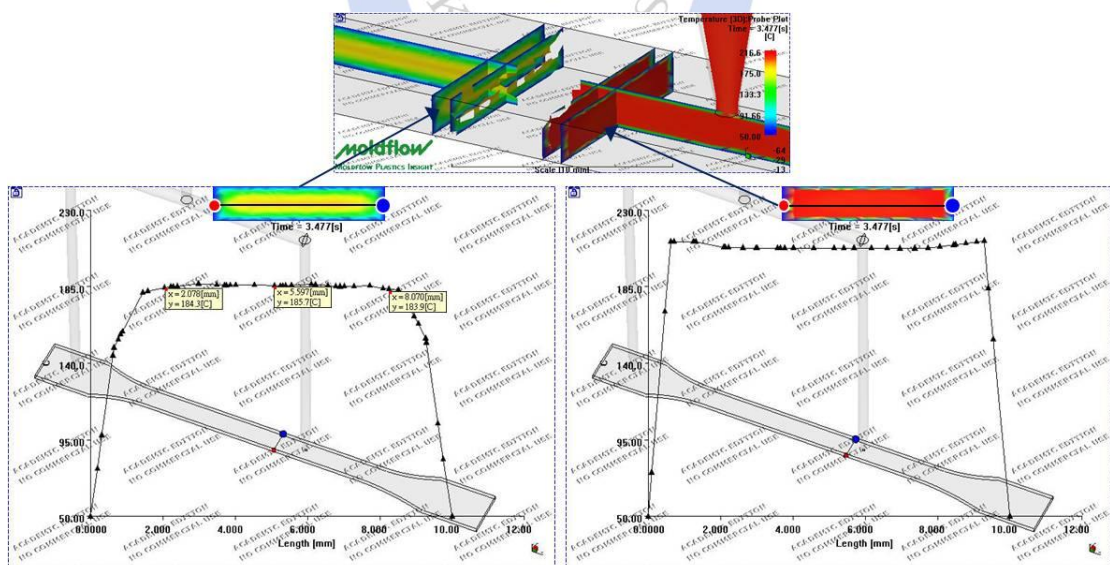


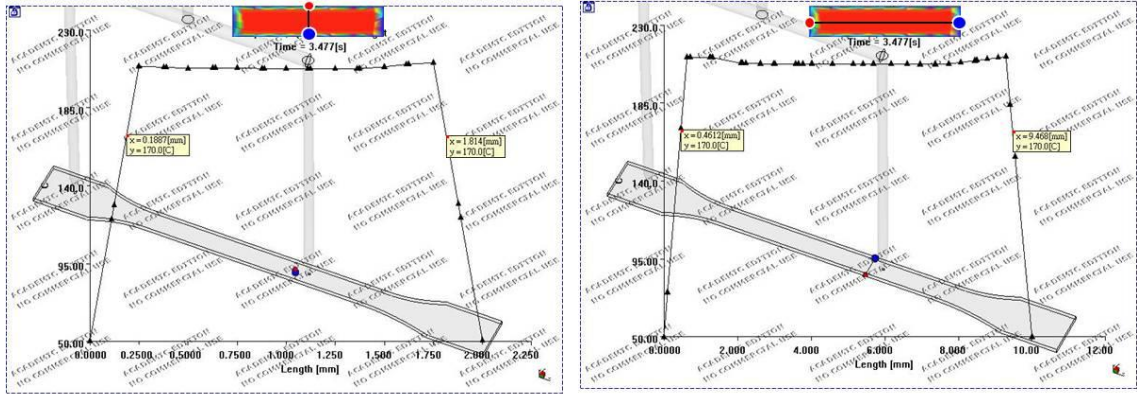
圖 5-9 熔膠波前完整斷面說明圖



第一閥熔膠波前斷面溫度曲線

第二閥熔膠波前斷面溫度曲線

圖 5-10 熔膠斷面平均溫度取法圖



得知矩形寬

得知矩形長

圖 5-11 熔點以上之矩形面積算法示意圖

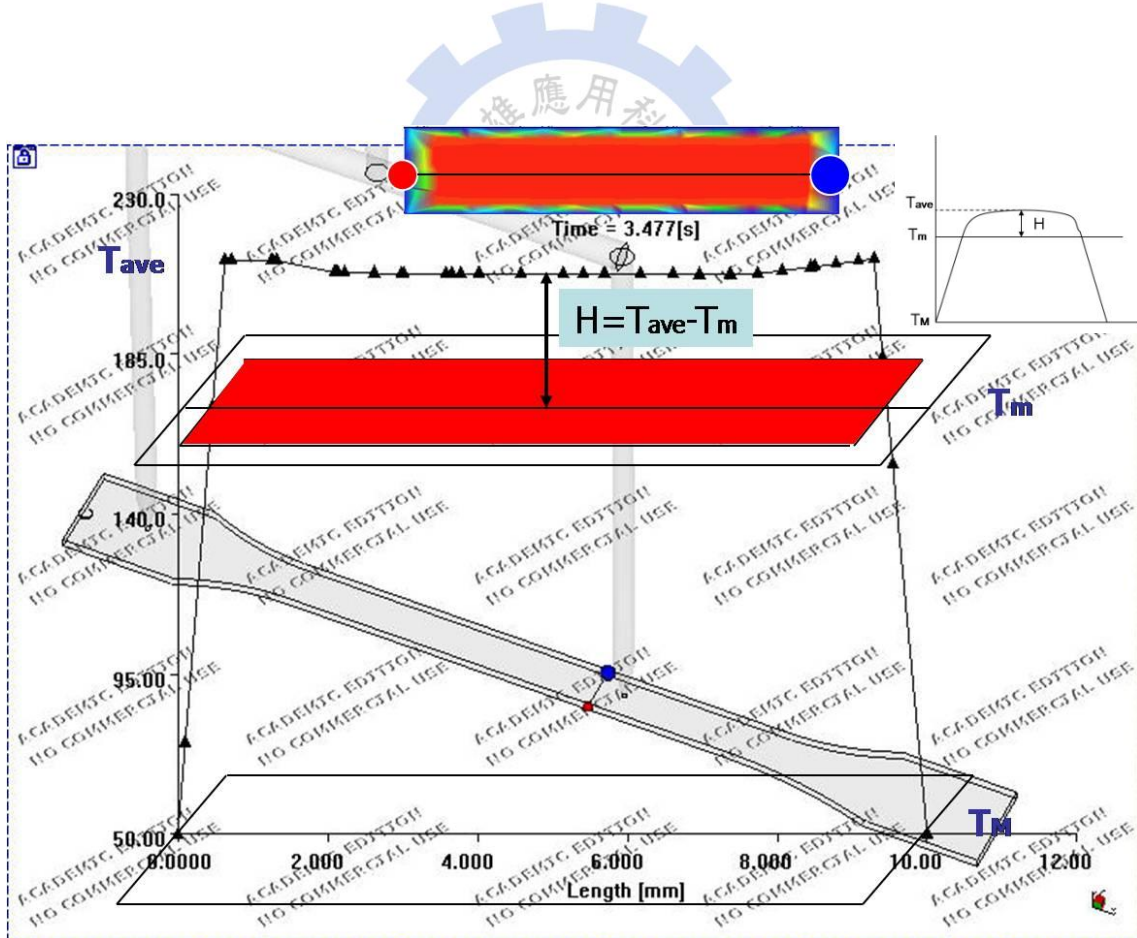


圖 5-12 熱度算法示意圖

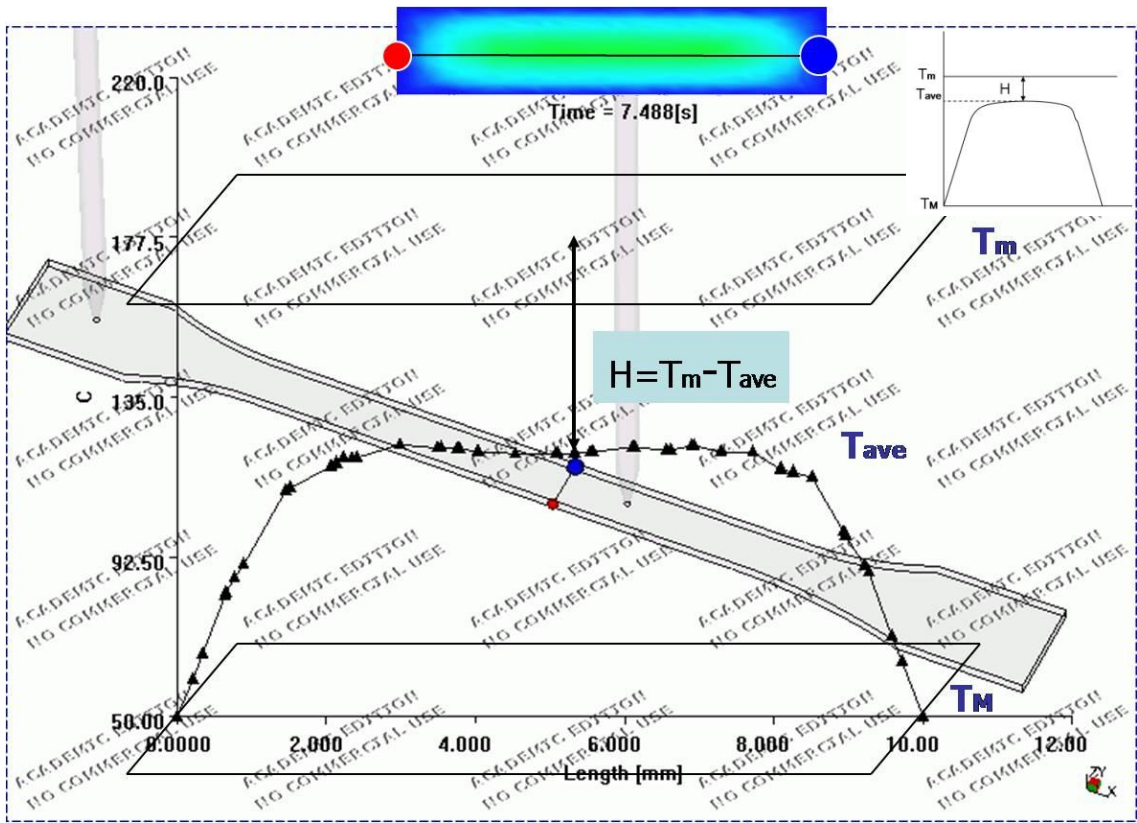


圖 5-13 負熱度算法示圖

第六章 結果與討論

本研究中是利用熱澆道兩個時序閥澆口，設定開關閥時間差，來製造因為間隔時間長，而使得兩閥澆口的熔膠彼此之間的波前溫度差距變大。實驗參數採用單一變因，以保壓壓力、保壓時間、模溫、料溫四個變因各自搭配間隔時間來探討對縫合線強度的影響。使用模內監控得知，產生縫合線附近的壓力變化情形，及模流軟體分析熔膠波前斷面溫度趨勢，和熱度法計算熔膠波前斷面所含熱度與間隔時間差的關係。最後再以設定的參數進行射出實驗。以拉伸試驗最大拉伸強度得知，四個變因與熔膠溫度差對縫合線強度的影響。變因中的保壓壓力、保壓時間有模內監控與模流分析輔助拉伸強度做說明。而料溫、模溫則是以模流分析與熱度法輔助解釋拉伸強度變化。以下就單一變因與間隔時間對拉伸強度影響做結論。

6-1 間隔時間對拉伸強度之影響

由圖 6-1，受到間隔時間的增加，拉伸強度有明顯降低。特別是在間隔時間超過 5 秒後。由圖 6-2 來觀察，在間隔時間差超過 5 秒之後，兩股熔膠斷面的溫度差超過 50°C。從圖 6-3，在間隔時間差同樣超過 5 秒後，兩股熔膠斷面熱度和便開始低於 500 (mm²×°C)。從模流分析熔膠斷面溫度如圖 6-4。在間隔時間超過 5 秒後，第一熔膠斷面溫度已低於聚丙烯熔點 170°C。因此兩熔膠接合後，所形成的縫合線強度逐漸變差。進一步從縫合線痕跡來觀察如圖 6-5，下方為各試片的成形參數帶入模流分析與自行計算後所求得的熱度和。驗證熱度和越大其縫合線越不明顯，相對其強度也

較佳。

6-2 模溫對拉伸強度之影響

由圖 6-6，隨著模溫的增加，拉伸強度明顯變大。對照圖 6-7，模溫越高兩股熔膠斷面的溫度差越小。圖 6-8 也顯示，模溫越高其兩熔膠斷面熱度和也越大。在模溫 30°C 時，且在間隔時間超過 5 秒後，其拉伸強度有明顯降低的趨勢，對照圖 6-6。其兩熔膠斷面溫度差已超過 50°C 且熱度和已低於 500 ($\text{mm}^2 \times ^\circ\text{C}$)。對於模溫 70°C，則是在間隔時間超過 7 秒後，其兩熔膠斷面溫度差才超過 50°C 而熱度和開始低於 500 ($\text{mm}^2 \times ^\circ\text{C}$)。進一步從模流分析兩熔膠斷面溫度如圖 6-9、6-10、6-11。幾乎是以第一熔膠的斷面溫度變化最為明顯。在模溫 30°C、50°C，當間隔時間超過 5 秒後，其斷面溫度已低於熔點。而模溫 70°C，則是在間隔時間 7 秒後，斷面溫度才開始低於熔點。

6-3 料溫對拉伸強度之影響

由圖 6-12，料溫越高，其拉伸強度越大。從圖 6-13 趨勢發現，料溫越高的兩熔膠，彼此斷面溫度差變大。但從圖 6-14 顯示，料溫越高的兩熔膠，接觸後的兩熔膠斷面熱度和卻越高。從圖 6-12 觀察到，在料溫 190°C 時，且間隔時間超過 1 秒後，其拉伸強度便開始下降，對照圖此時兩熔膠斷面的熱度和已低於 500 ($\text{mm}^2 \times ^\circ\text{C}$)。依序觀察料溫 200°C，則是在間隔時間超過 3 秒後，兩熔膠斷面熱度和也開始低於 500 ($\text{mm}^2 \times ^\circ\text{C}$)。拉伸強度也是在此間隔時間後逐漸降低。相對於料溫 210°C、220°C 與 230°C 則是分別在間

隔時間 5 秒、7 秒與 9 秒後熱度和低於 $500 (\text{mm}^2 \times ^\circ\text{C})$ ，其拉伸強度也均是在此間隔時間後開始降低。

6-4 保壓壓力對拉伸強度之影響

由圖 6-15，增加保壓壓力，其拉伸強度則是隨著保壓壓力的增加而變大。而保壓壓力 600bar 與 800bar 其拉伸強度一致，由實際射出機上的注射壓力顯示，如圖 6-16、6-17 幾乎一樣，故其強度差不多。變因為保壓壓力，而模溫與料溫均固定不變。經模流分析後，溫度差與熱度和在不同保壓壓力下其結果一致。由圖 6-2、6-3、6-4 來表示，保壓壓力的兩股熔膠斷面平均溫度差與熱度和。圖 6-15 在保壓壓力 100bar 以下時，當間隔時間超過 5 秒後，拉伸強度便開始有降低的趨勢。對照圖 6-2、6-3、6-4，此時第一熔膠斷面溫度低於熔點，而兩熔膠斷面的溫度差超過 50°C 且熱度和也低於 $500 (\text{mm}^2 \times ^\circ\text{C})$ 。但在保壓壓力超過 400bar，受到壓力的擠壓，其拉伸強度較可以維持至間隔時間 7 秒後，才逐漸的下降。在壓力感測的部分，是利用時序閥將兩熔膠所形成的縫合線，控制在靠近第二澆口的壓力感測器，以便於量測縫合線附近壓力值。又變因為保壓壓力，所以是以保壓階段所量測到的壓力，並取平均值來做為縫合線的壓力，如圖 6-18。圖中壓力突然升高，是受到閥針關閉推擠熔膠所造成的壓力差。從圖發現，感測器所量測的平均壓力，在保壓壓力 400bar 以上時，才有明顯受到間隔時間增加而降低其壓力。

6-5 保壓時間對拉伸強度之影響

由圖 6-20，隨著保壓時間的增加其拉伸強度也跟著變大。在保壓時間 1 秒其強度與其它保壓時間差距很大。當保壓時間超過 3 秒後，其強度可以維持至間隔時間差 7 秒後，才逐漸降低。



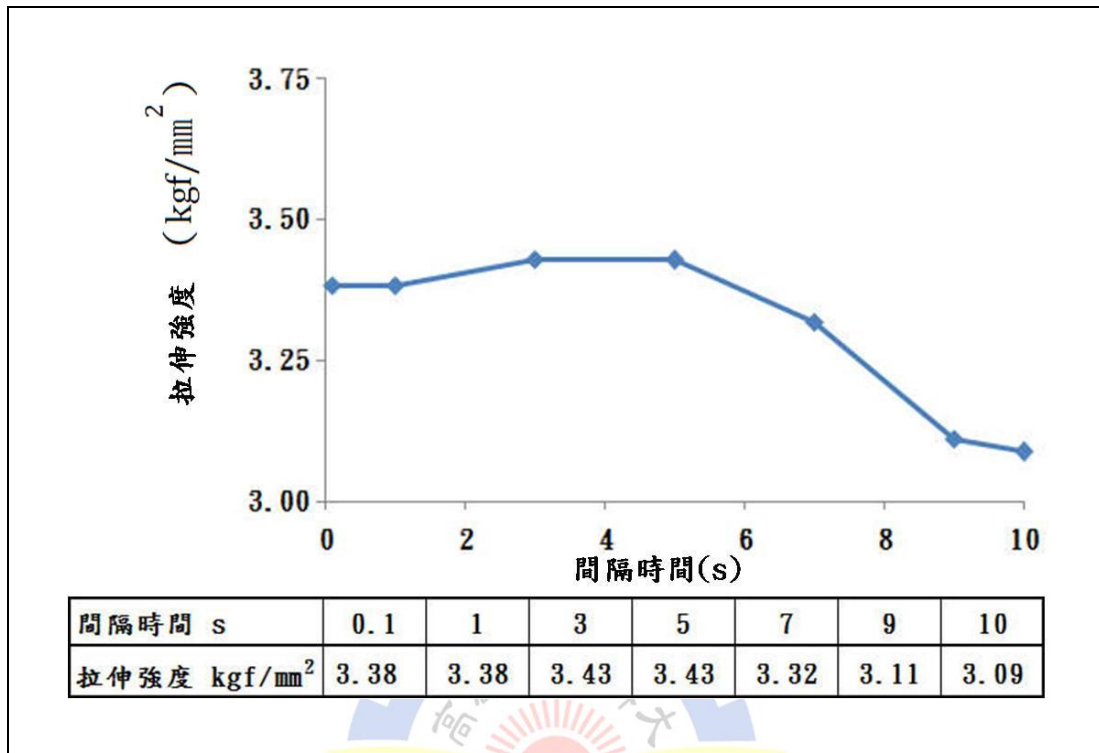


圖 6-1 間隔時間對拉伸強度的影響

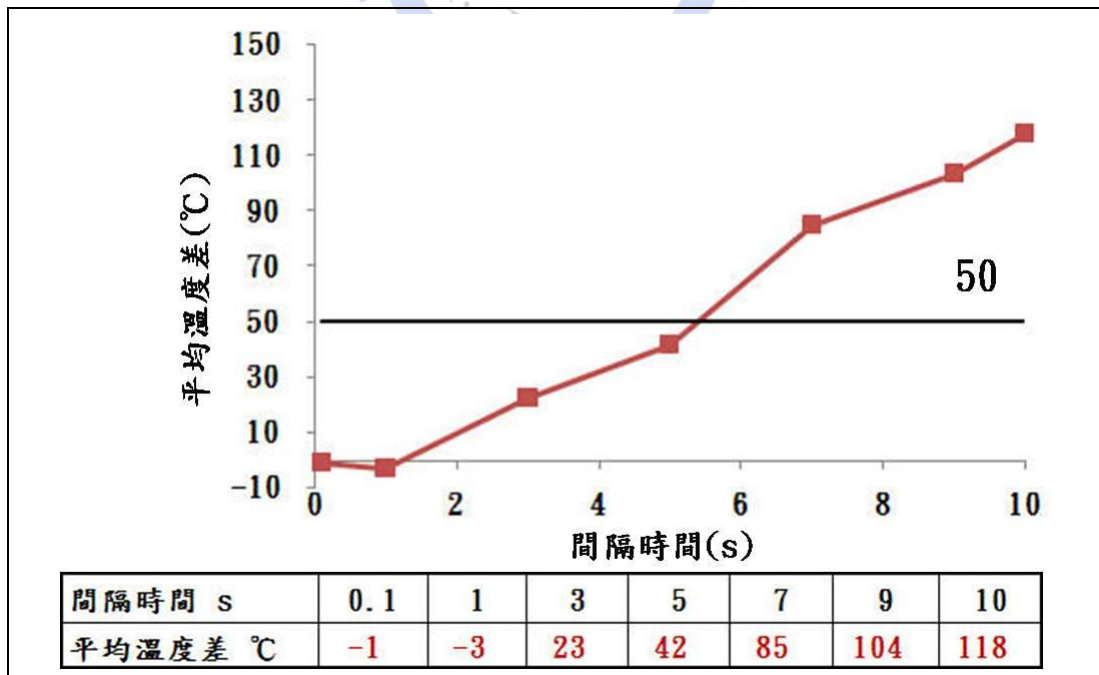


圖 6-2 間隔時間對平均溫度差的影響

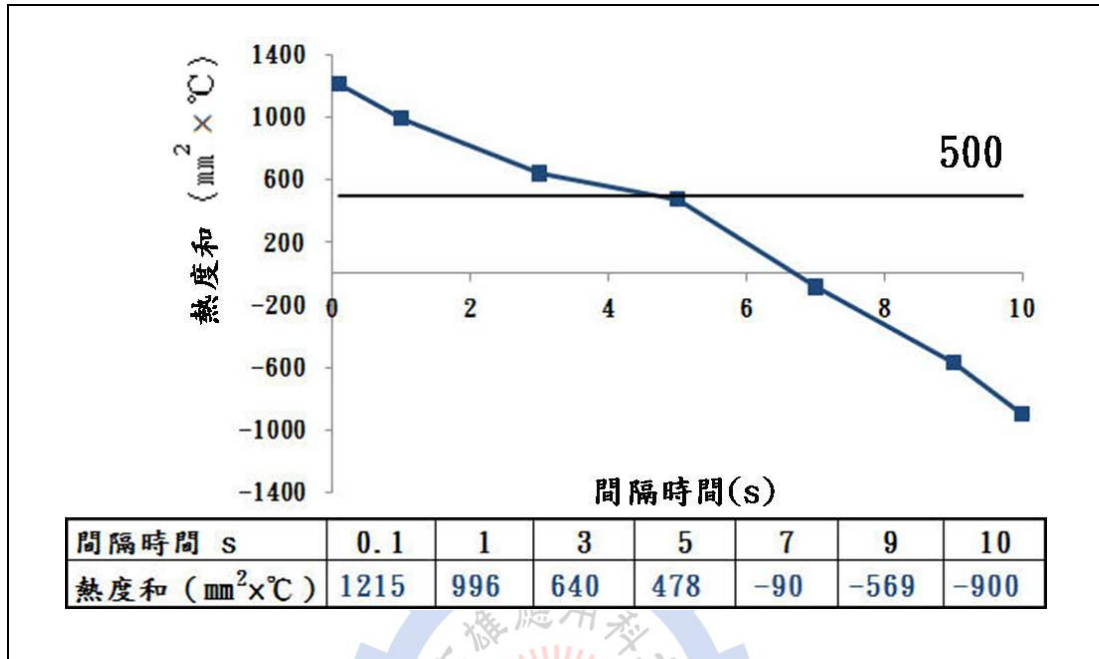


圖 6-3 間隔時間對熱度和的影響

間隔時間	0.1	1	3	5	7	9	10
第二閘熔膠 斷面溫度圖							
斷面平均溫度	211.3	206.3	207.8	208.2	215.7	212.7	216.1
第一閘熔膠 斷面溫度圖							
斷面平均溫度	212.0	208.9	185.3	166.3	130.8	108.8	98.1

圖 6-4 模流分析熔膠斷面溫度圖

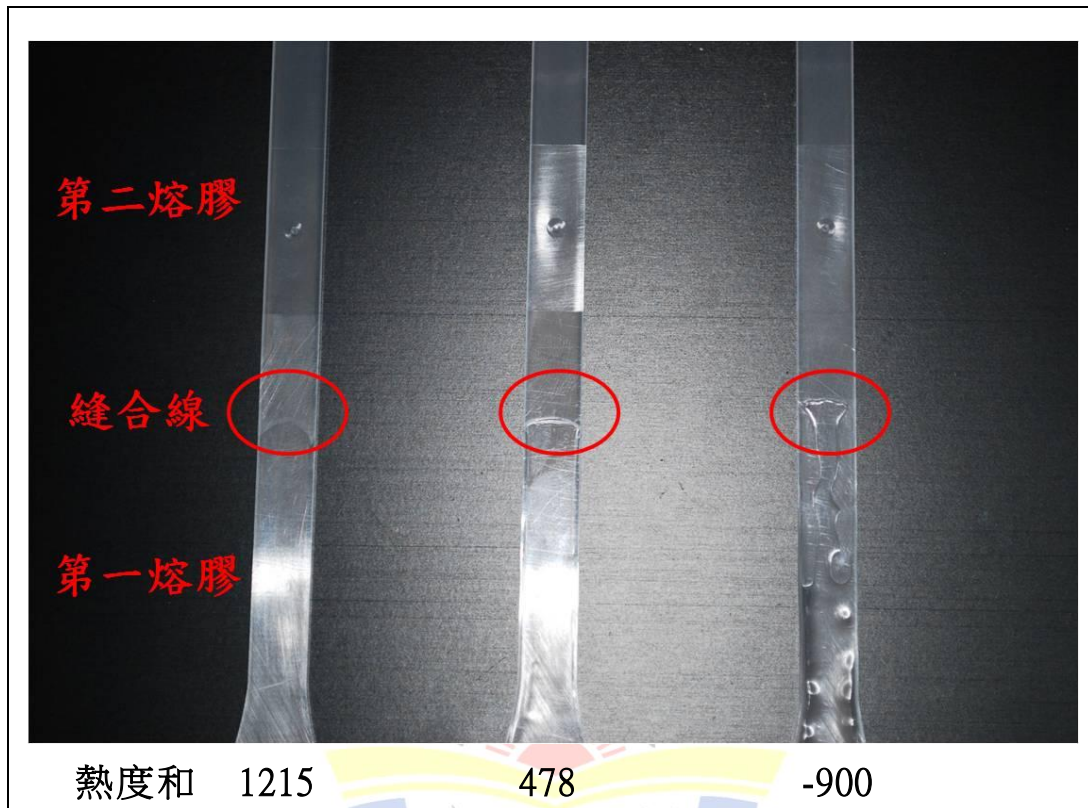


圖 6-5 縫合線痕跡圖

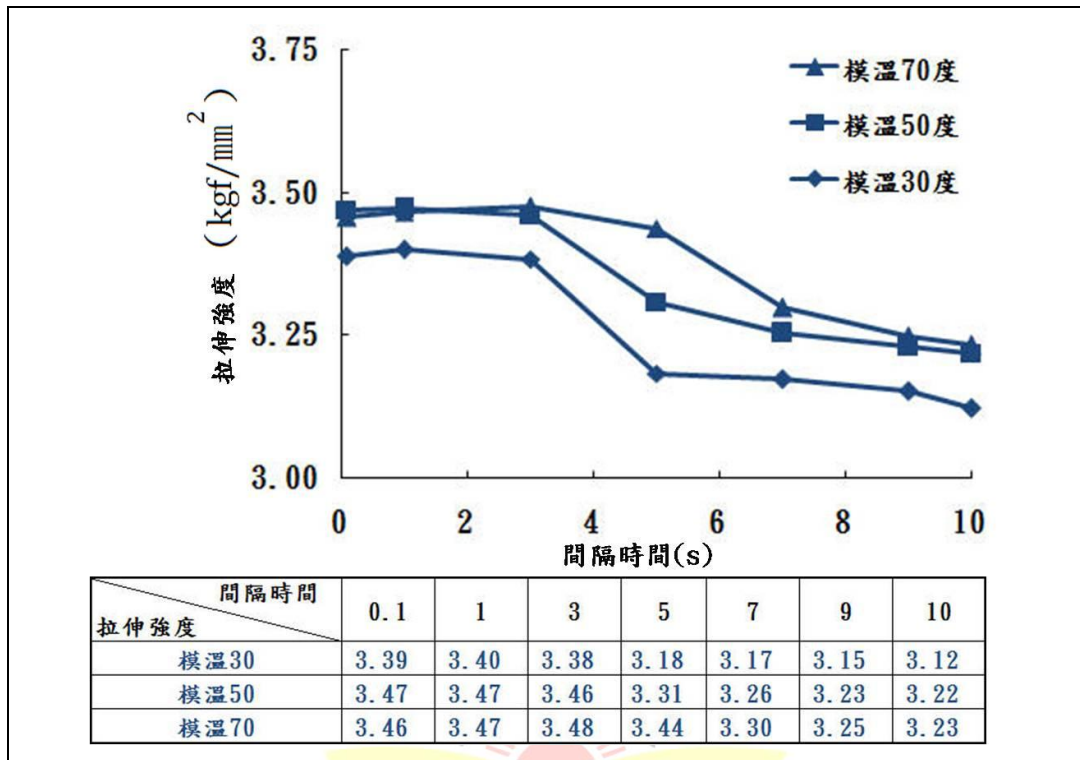


圖 6-6 在不同模溫下，間隔時間對拉伸強度的影響

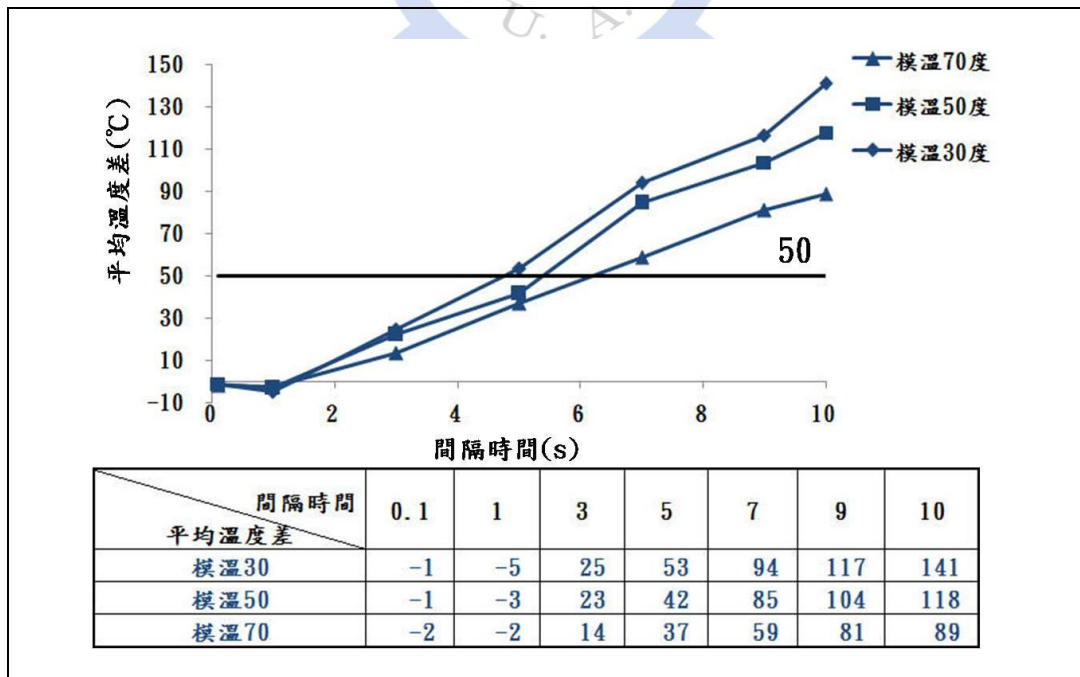


圖 6-7 在不同模溫下，間隔時間對兩熔膠斷面平均溫度差的影響

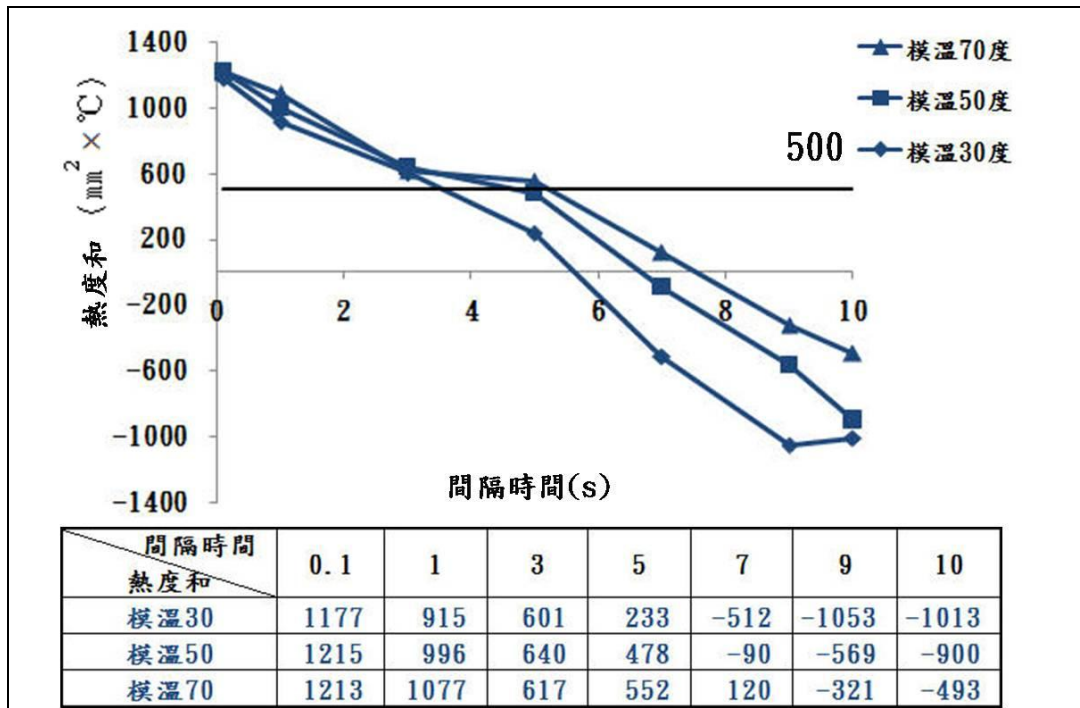


圖 6-8 在不同模溫下，間隔時間對兩熔膠斷面熱度和的影響

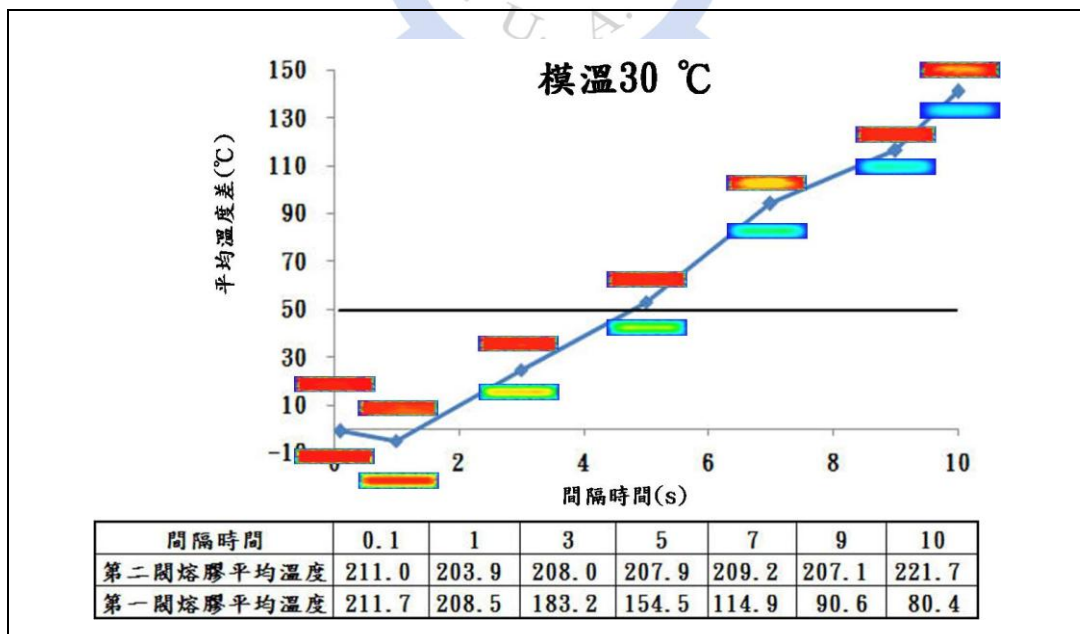


圖 6-9 模溫 30°C 時，間隔時間對熔膠斷面平均溫度差與斷面溫度的影響

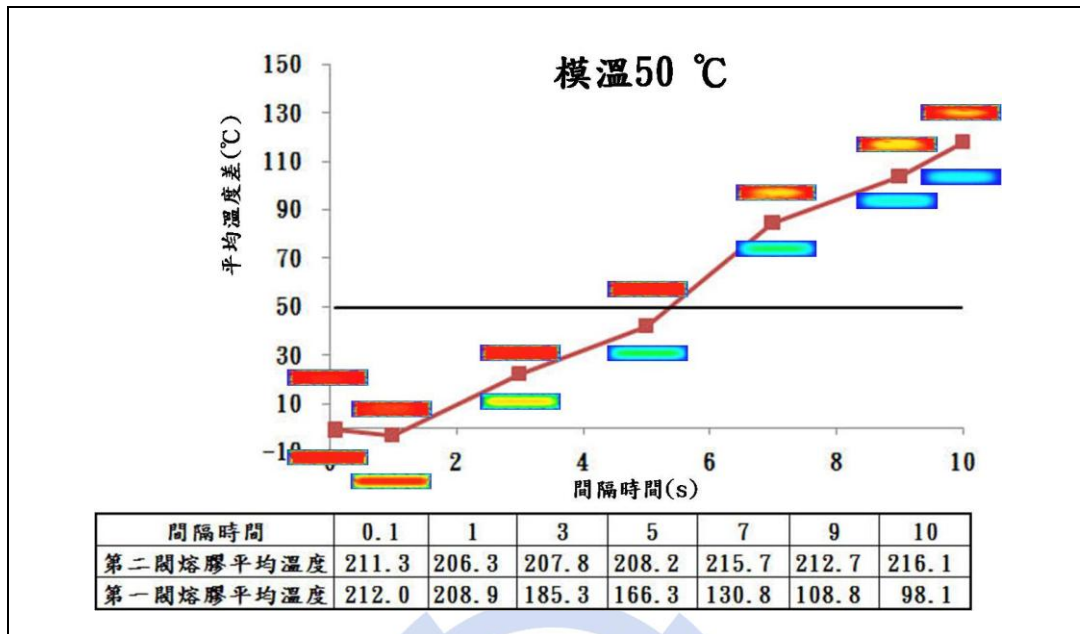


圖 6-10 模溫 50°C 時，間隔時間對熔膠斷面平均溫度差與斷面溫度的影響

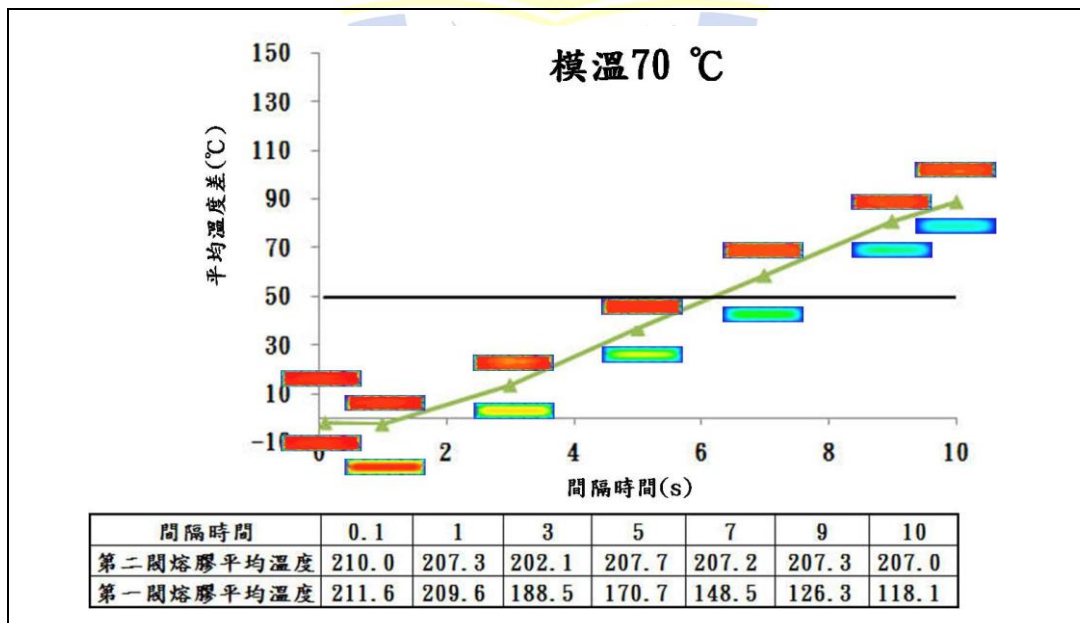


圖 6-11 模溫 70°C 時，間隔時間對熔膠斷面平均溫度差與斷面溫度的影響

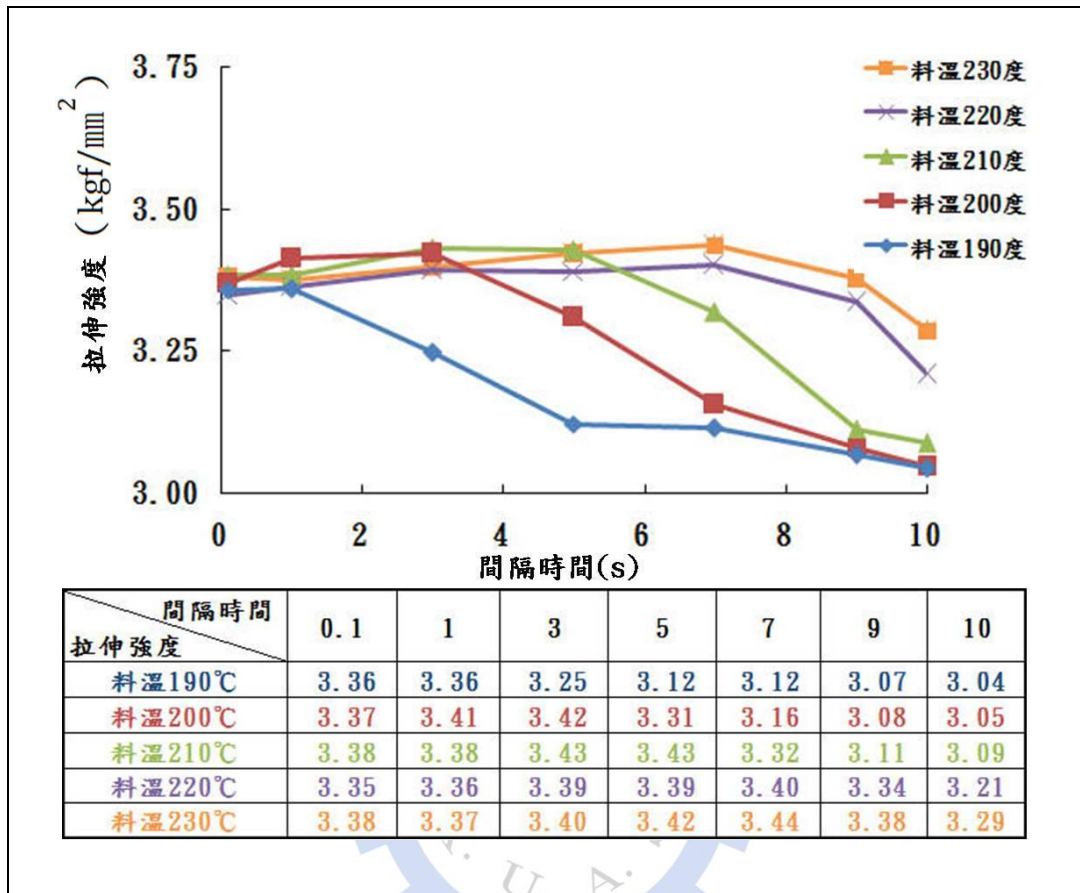


圖 6-12 在不同料溫下，間隔時間對拉伸強度的影響

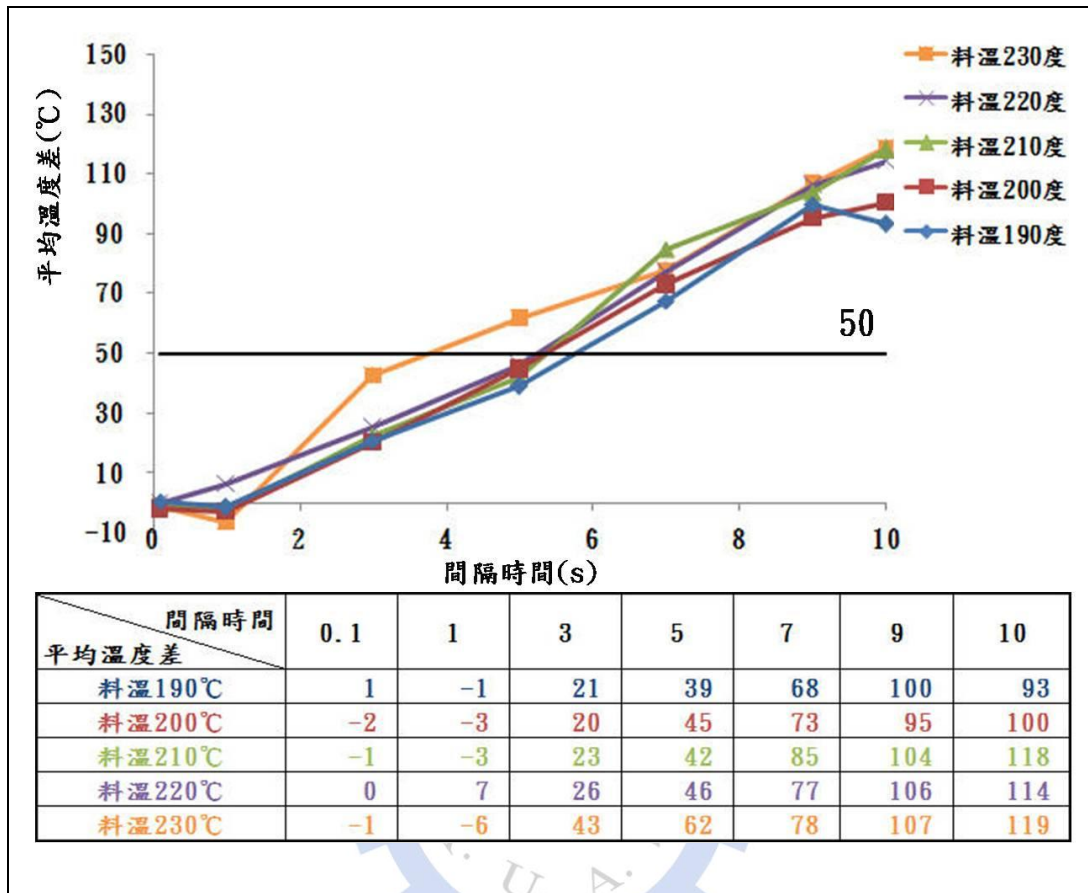


圖 6-13 在不同料溫下，間隔時間對兩熔膠斷面平均溫度差的影響

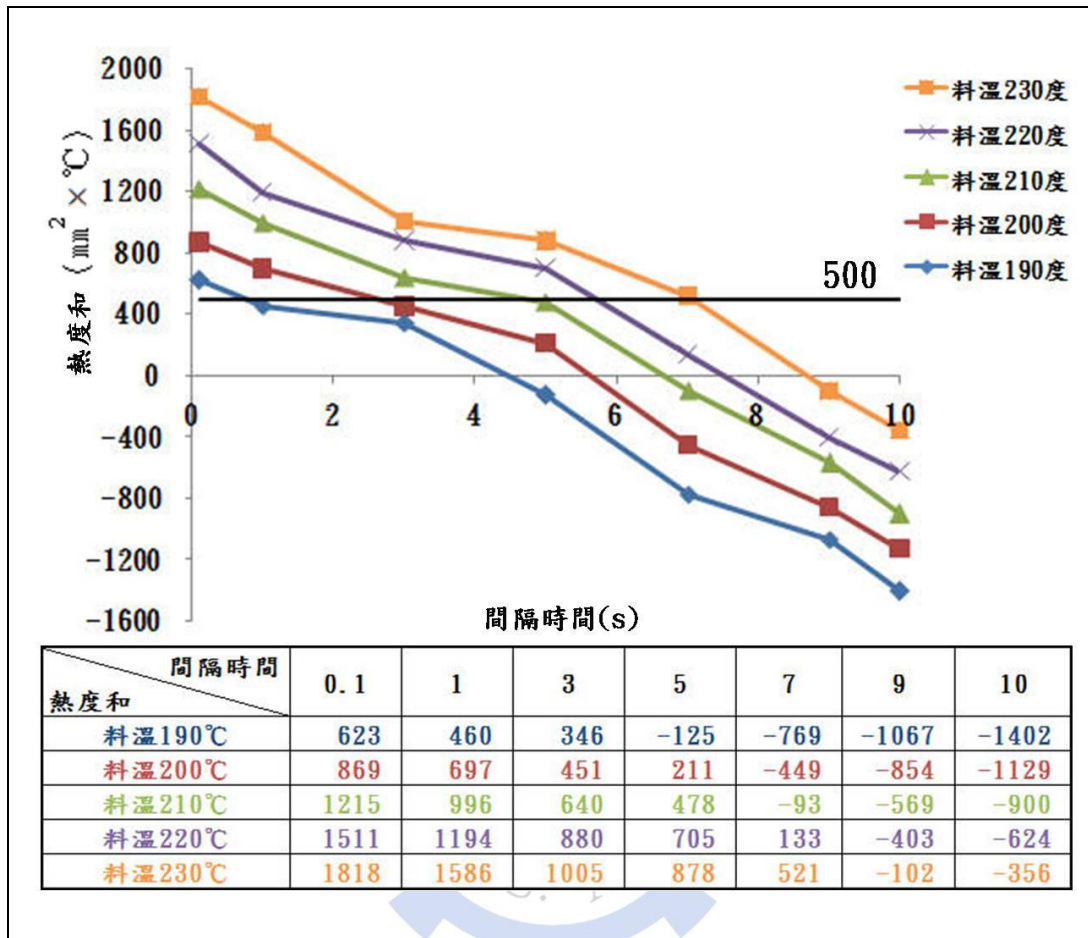


圖 6-14 在不同料溫下，間隔時間對兩熔膠斷面熱度和的影響

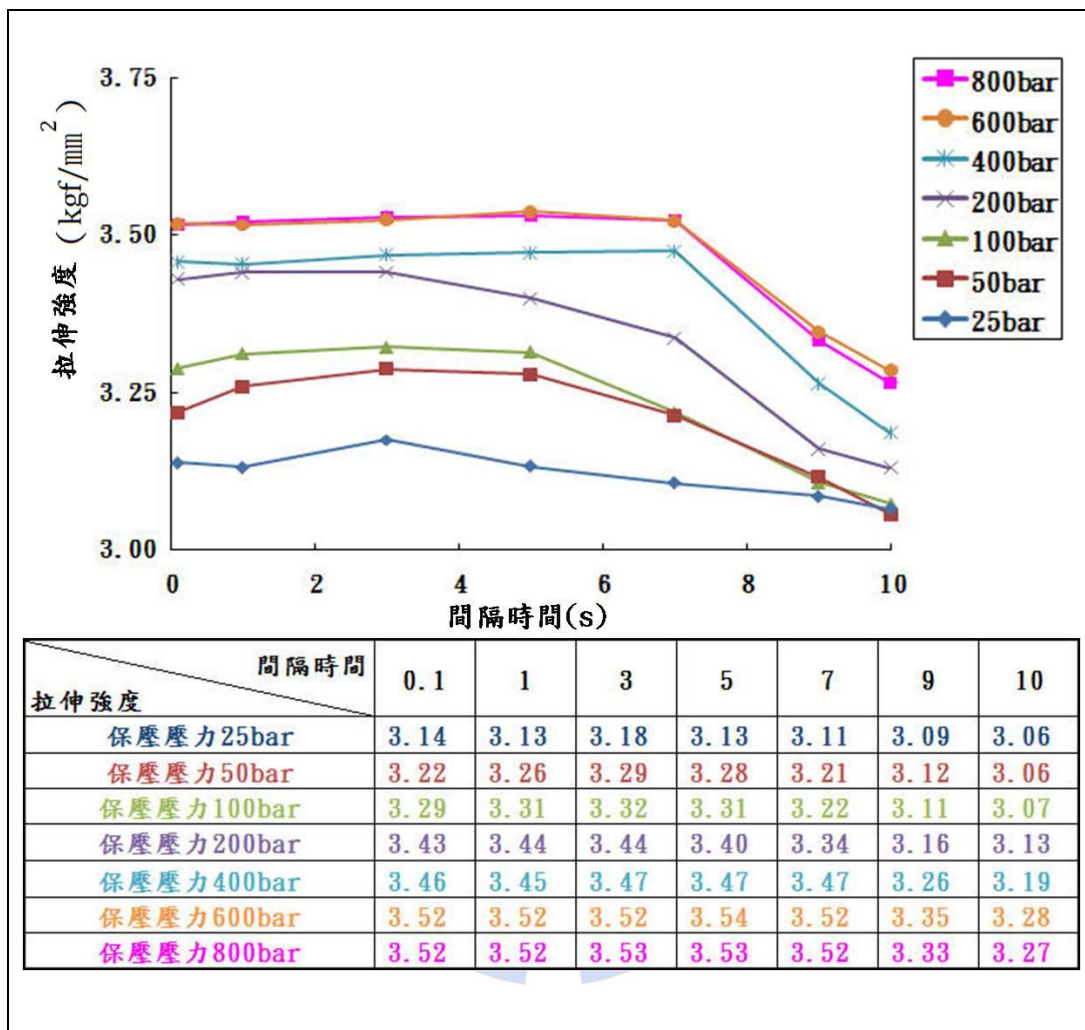


圖 6-15 在不同保壓壓力下，間隔時間對拉伸強度的影響

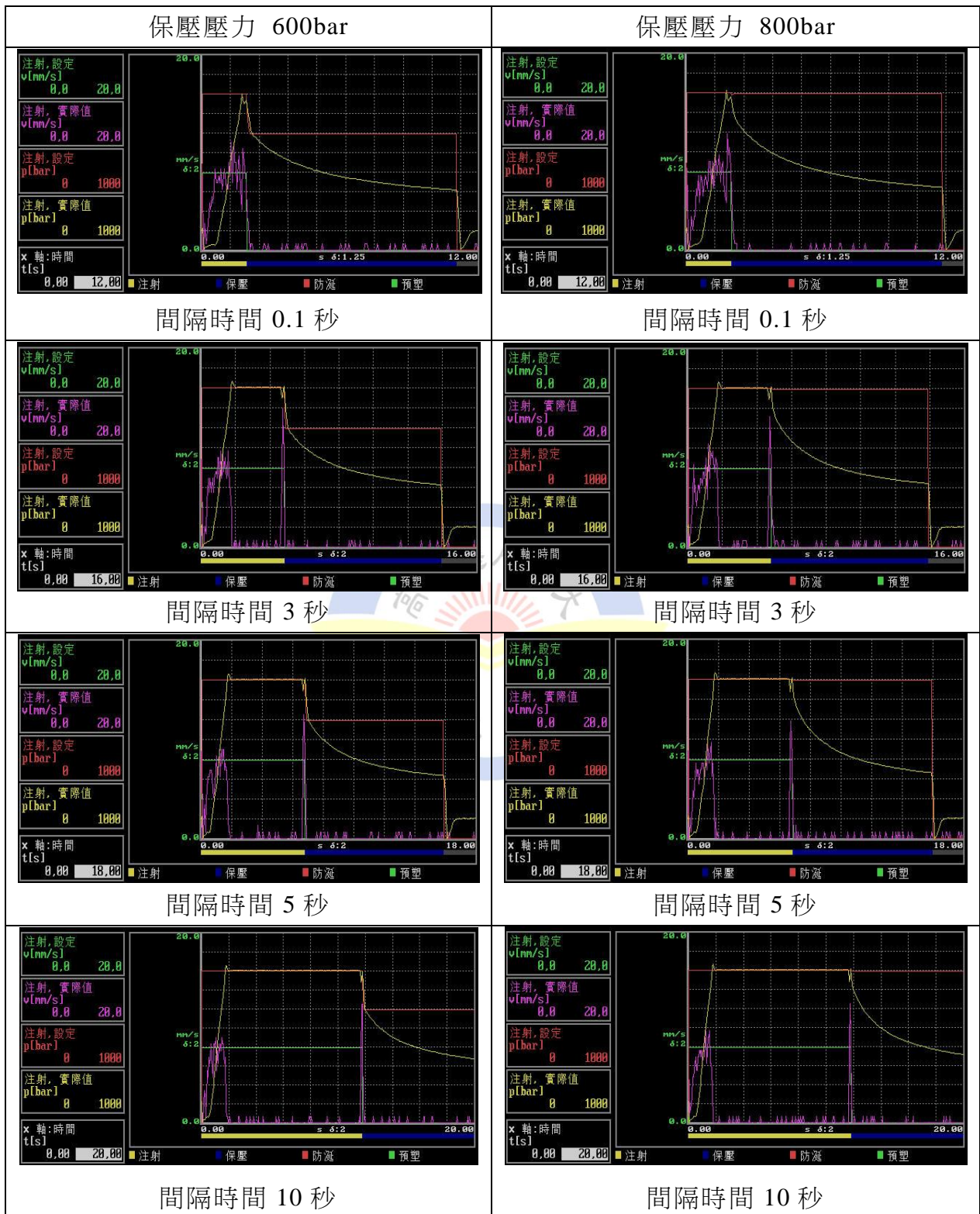


圖 6-16 保壓壓力 600bar、800bar 時，在不同間隔時間下的保壓壓力曲線

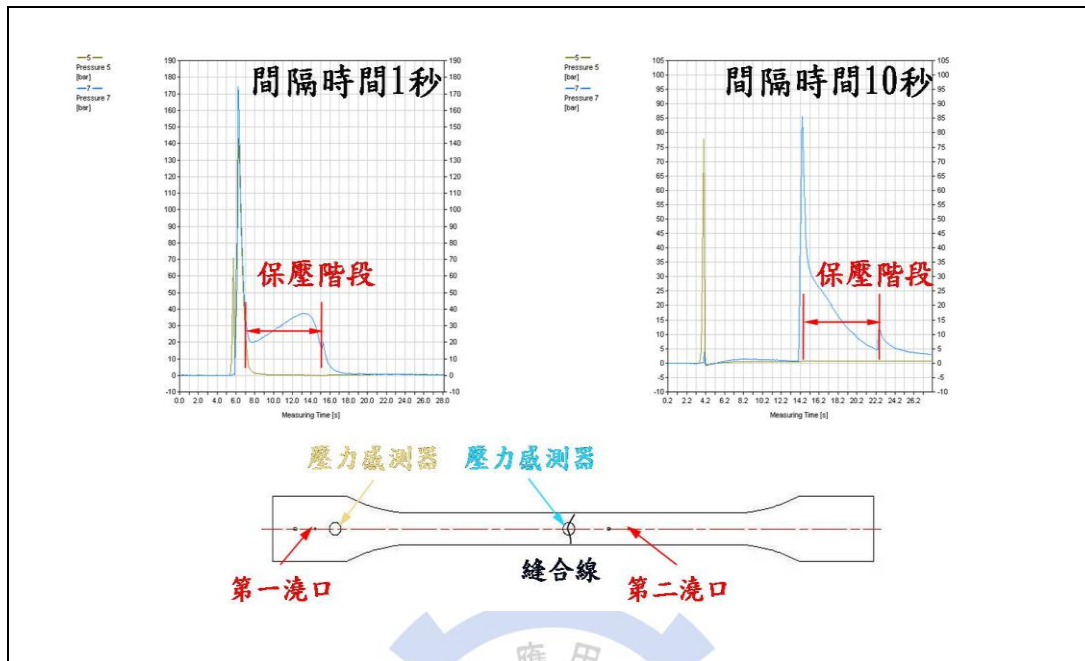


圖 6-17 保壓階段感測壓力曲線圖



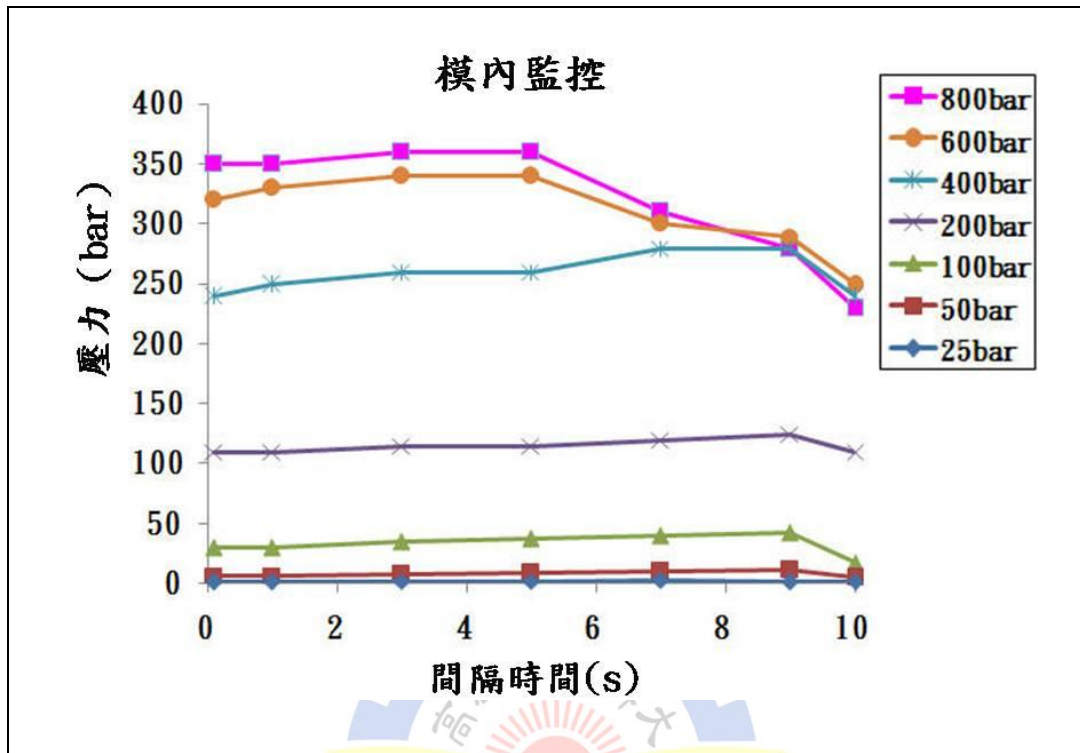


圖 6-18 模內監控在保壓階段的壓力平均值

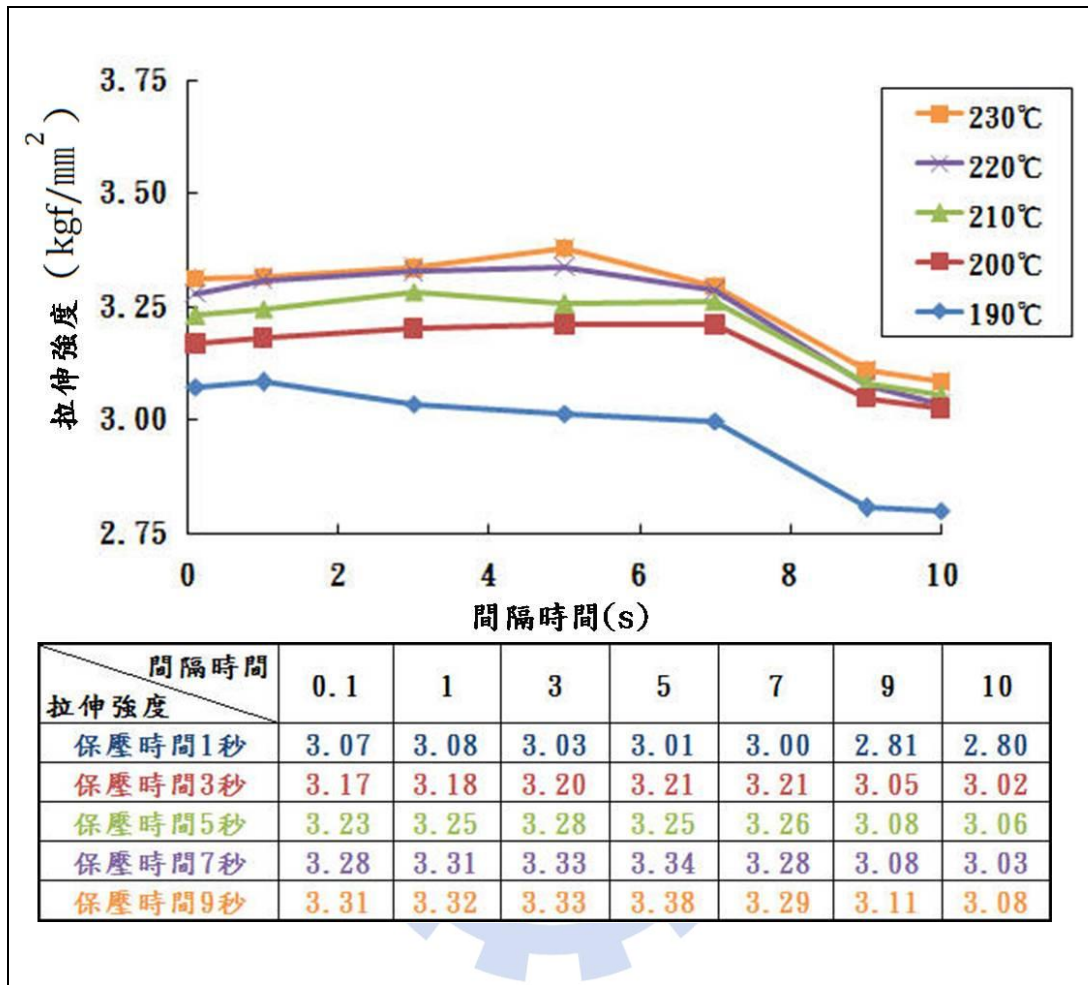


圖 6-19 在不同保壓時間下間隔時間對拉伸強度的影響

第七章 結論與未來研究方向

7-1 結論

本研究主要在於利用熱澆道及時序閥澆口，搭配模內監控與模流分析來更深一步探討，溫度與壓力對縫合線的影響。在成形實驗上以單因子：模溫、料溫、保壓壓力與保壓時間各自搭配 7 個不同的間隔時間下來成形試片。最後以拉伸試驗機來驗證，以各個條件下的拉伸強度來代表縫合線的強度。在成形實驗部分，記錄模內壓力感測器所感測到縫合線位置上的壓力曲線。以便後續結果討論中來輔助壓力對縫合線的影響。將實驗成形參數輸入模流軟體內，進行分析後。觀察熔膠波前斷面溫度的變化，並擷取斷面溫度資料再自行計算溫度差與定義熱度。在結果與討論中，用來解釋溫度對縫合線強度的影響。最後將上述做一整合與分析，歸納出如下幾點結論：

1. 受到間隔時間越長。造成兩股熔膠波前斷面平均溫度差會越大而斷面熱度和越小。在間隔時間超過 5 秒後，即兩熔膠波前斷面溫度差超過 50°C 以上且熱度和低於 $500 (\text{mm}^2 \times ^{\circ}\text{C})$ 。縫合線強度會大幅降低。
2. 對於模溫 $30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，拉伸強度在間隔時間 3~5 秒，便會有明顯下降趨勢。主要在於溫度差與熱度和均低於上述值。
3. 對於料溫越高的熔膠而言，雖然兩股熔膠波前斷面平均溫度差會變大。但料溫越高，兩股熔膠波前斷面的熱度和卻越大。因此縫合線強度也較大。
4. 在熔膠波前斷面存在著相同的溫度差下，料溫越高的兩股熔膠對縫合

線結合的貢獻上，比低料溫來的多。主要因為其斷面溫度較高（熱度合高）所以縫合線強度較大。且比較不受到間隔時間拉長（熔膠溫度差）的影響，而使強度降低。

5. 保壓壓力越大，縫合線強度越大。但在溫度差超過 50°C 以上，其強度不再受到保壓壓力的增加而有變大的趨勢。當保壓壓力大於 400bar 時，其縫合線強度，在溫度差超過 50°C 以上。有足夠的壓力，保持強度不至於下降太多。一旦間隔時間超過 7 秒，無論保壓壓力再大，均無法再增加其強度。
6. 保壓時間則如同保壓壓力趨勢一樣，在間隔時間超過 7 秒後。其強度不再隨著保壓時間增加而變大。

7-2 未來研究方向

本研究是在針對溫度與壓力對縫合線強度的影響，做更進一步的解析。有別於以前的研究，只是針對某成形參數或製程上對縫合線強度的影響。並且在現今模流軟體上，還尚未無法得知熔膠成形分析後，其強度是否良好。可藉本研究的熱度與平均溫度差來做為依據，往後可在模流分析產品上，先行預測其強度是否符合。

由於本實驗只使用結晶性的聚丙烯單一種塑料。在往後的研究上，可以利用 PA 或非結晶性材料如 PC、添加玻纖等可增加強度的混料，來驗證或找出其與縫合線強度的關係，使熔膠在縫合線強度上的資料更趨完整，讓成形品不用等到經由試模、成形到後續縫合線強度檢測後，即可略知其

縫合線強度。不但可省去試模時間且可增加成形品的良率。

最後可利用感測器，依本實驗壓力影響縫合線強度的關係，再搭配迴饋系統來控制時序閥澆口，在適當的時間下開啟與關閉，來減少壓力差對縫合線強度的影響。



參考文獻

- [1] Younggon Son, Kyung Hyun Ahn, Kookheon Char, " Weldline morphology of injection molded modified poly(phenylene-oxide)/polyamide-6 blends" , Polymer Engineering & Science, Volume41, Issue3, Pages:554-565,2001
- [2] B. Fisa, M. Rahmani, " Weldline strength in injection molded glass fiber-reinforced polypropylene" , Polymer Engineering & Science, Volume31, Issue18, Pages:1330-1336,1991
- [3] Shih-Jung Liu, Jun-Yu Wu, Jer-Haur Chang, Shiu-Wan Hung, " An experimental matrix design to optimize the weldline strength in injection molded parts" , Polymer Engineering & Science, Volume40, Issue5, Pages:1256-1262,2000
- [4] Shia-Chung Chen, Wen-Ren Jong, Jen-An Chang, " Dynamic mold surface temperature control using induction heating and its effects on the surface appearance of weld line" ,Journal of Applied Polymer Science,Volume101, Issue2, Pages:1174-1180,2006
- [5] Shia-Chung Chen, Rean Der Chien, Hsien-Hsun Tseng, Jeng-Sheng Huang, " Response of a sequential-valve-gate system used for thin-wall injection molding" , Journal of Applied Polymer Science, Volume98, Issue5, Pages:1969-1977,2005
- [6] 黃富勇, "塑膠射出成型之材料參數對縫合線強度的最佳化設計", 國立成功大學, 工程科學研究所論文, 1997
- [7] 曾宇譚, "射出成型之製程參數對不同材質縫合線強度的影響", 國立成功大學, 工程科學研究所論文, 1997
- [8] 華越盛, "對薄件縫合線理論之修正與材料參數的最佳化設計", 國立成功大學, 工程科學研究所論文, 1998
- [9] 梁琬蓉, "微射出成型參數對縫合線強度之影響", 大葉大學, 機械工程研究所碩士在職專班論文, 2004。
- [10] 方美力, "應用熱澆道時序閥澆口消除縫合線之研究", 國立高雄應用科技大學, 模具工程系碩士論文, 2006
- [11] 張智仁, "模具外掛熱澆道型微射出單元的開發", 國立成功大學, 機械工程研究所論文, 2003

- [12] 陳又誠，“一種塑膠射出成型使用之小澆口熱澆道元件之熱傳分析”，國立中興大學，機械工程研究所論文，2004
- [13] 江孟育，“應用微熱澆道系統於多微細元件射出成型研究”，雲林科技大學，機械工程研究所論文，2004
- [14] 李艾璵，“應用平板式熱管加熱機構於射出成形之結合線消除”，國立交通大學，機械工程研究所論文，2005
- [15] 楊昌堯，“氣體輔助射出成型熔合線之研究”，長庚大學，機械工程研究所論文，2000
- [16] 陳秋君，“含加熱系統模具模溫之模擬與驗證”，中原大學，機械工程學研究所論文論文，2000
- [17] 鍾明修，“ABS 薄殼射出成型件縫合線之探討”，中原大學，機械工程學研究所論文論文，2000
- [18] 王玉琳，“熱澆道時序閥澆口系統開發與製程特性之研究”，中原大學，機械工程學，2000
- [19] 楊庭杰，“快速時序閥澆口系統應用於薄殼射出成型之探討”，中原大學，機械工程學，2001
- [20] 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
- [21] 林志杰，“量測控制用感測器”，電機月刊第一卷第八期，pp.46-50，1991
- [22] 吳尚武，“壓力感測器的原理與應用”，機械月刊第二十五卷第七期，pp.327-331，1999
- [23] 黃榮堂、郭長谷，“射出機專用壓力感測氣簡介與研製”，機械月刊第二十五卷第十一期，pp.293-303，1999
- [24] 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，2006 修訂版
- [25] 張榮語，“射出成形模具設計-材料特性模具設計操作實務”，高立圖書股份有限公司，2001
- [26] (日)廣惠章利、本吉正信著，陳世春譯，“塑膠物性入門-成型加工技術參考”，復漢出版社，1987
- [27] 林建中，“高分子材料科學-高分子材料機械性質”，新文京開發出版股份有限公司，2007 第三版

[28] 周文祥譯，「C-MOLD 射出成形模具設計」，新文京開發出版股份有限公司，1991

[29] Amold 熱澆道設計便覽



作 者 簡 介

姓 名	張輝堂	性 別	男	
生 日	72/10/21	手 機	0910861098	
E-mail	blue10212000@yahoo.com.tw			
地 址	高雄市民族一路 638 巷 72 弄 10 號 4 樓之 4			
求 學 經 歷				
起迄年月	學 校 名 稱	科 系	學 位	
95/9~97/6	國立高雄應用科技大學	研究所模具所	碩 士	
91/9~95/6	國立高雄應用科技大學	四技部模具系	學 士	
88/9~91/6	高雄市立新莊高中			
論 文 與 專 題				
1	利用熱澆道時序閥澆口探討縫合線強度之研究(研究所論文)			
2	射出成形條件對導光板微結構成形性之影響 (大學專題)			
得 獎 記 錄				
1	2006 年高高屏區區域影像專題實作競賽工程技術獎-第一名			
2	2006 年影像顯示專題實作競賽暨奇美獎-展示佳作獎			