

國立高雄應用科技大學
碩士班

碩士論文

應用熱澆道時序閥澆口消除縫
合線之研究

研究生：方美力

指導教授：黃俊欽

中華民國 95 年 7 月

應用熱澆道時序閥澆口消除縫合線之研究

Study of Eliminate Weld Line by Sequential Valve Gate
in Hot Runner System

研究生：方美力
指導教授：黃俊欽

國立高雄應用科技大學
模具工程系碩士班
碩士論文

A Thesis
Submitted to
Institute of Mechanical 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 2006
Kaohsiung, Taiwan, Republic of China
中華民國九十五年七月

應用熱澆道時序閥澆口消除縫合線之研究

學生：方美力

指導教授：黃俊欽 博士

國立高雄應用科技大學模具工程系研究所碩士班

摘要

近來 3C 產業的快速發展下，對塑膠產品的需求成長，在新時代具備了創新性與多樣化的市場上，許多塑膠製品趨向多變的造形設計，有別於傳統塑膠成型，對於產品的要求更為嚴苛，趨向超薄、輕量與一模多穴發展，或採用多澆口充填設計時，此時勢必會產生縫合線現象與結構脆弱的問題。對於射出成形而言，在複雜形狀的塑膠製程上，強度與品質的要求及相關的影響因子也備受重視，而縫合線即是一項對成品強度與品質影響之重要因子，而且在一些多樣性和複雜形狀的產品是不能夠被避免的，縫合線也會直接影響產品的外觀和強度。因此縫合線之消除為本論文之重要研究目標。若以熱澆道搭配上時序閥澆口，則可消除射出成品之縫合線之問題。

本研究主要以熱澆道含時序閥澆口對消除縫合線之結果探討，對其射出之成品進行強度之討論，而所使用的模具為一平板型之熱澆道含時序閥澆口實驗模具，以成型一長寬：210 mm × 20 mm，厚度：2.0 mm 之長方形薄件，並以拉伸試驗標準試片 D638 為射出成品形狀，依照 ASTM 標準試驗方式對成品進行拉伸試驗，所使用之塑膠材料為 ABS。在實驗之前，會先以 CAE 模擬射出過程，以先找出較設當的射出條件與參數，再以那些參數做上下調整之動作，可以找出不同射出參數對成品強度之影響，再以真實的射出與拉伸實驗來佐證模擬之數據，本實驗主要針對以熱澆道含時序針閥澆口以類似接力之方式完成射出成形，此方法對於降低成型壓力，減少產品殘留應力與消除縫合線有顯著的功效，可消除多澆口常見的縫合線問題並且提高成品的抗拉強度，同時放置溫度與壓力感測器於模內，可對射出過程模內之溫度、壓力作有效之監控，最後對射出之成品依 ASTM 標準試驗方式進行拉伸試驗，以分析與討論使用熱澆道含時序閥澆口配合不同射出參數之試片強度的結果。

關鍵字：熱澆道、縫合線、時序閥澆口

Study of eliminate weld line by sequential valve gate in hot runner system

Student : M.L.Fun

Advisors : Dr.C.C. Hung

Institute of Mold and Die Engineering
National Kaohsiung University of Applied Sciences

ABSTRACT

In this time, there had a creative and diversification market; the plastic products were tending to varied modeling design, and it were differ to the traditional molding; it have high quality demand of products, and it also tending to ultra-thin, light and develop to multi cavities; when adopting multi-gates fill design, it will surly have suture phenomenon and structure fragile. For injection molding, the tough, quality and related factors of products were also important in the complex plastic manufacture process, and the suture was the important factor to influence the product quality and tough. The suture can't be avoided in such multiplicity and complex shape, and it will directly influence the appearance and tough. Therefore the sutures eliminate is the important investigate objective in this paper. If using hot runner with sequential valve gates could effective eliminate the problem of suture which on products.

This research mainly confer about the result of using sequential valve gates to eliminate suture and the tough of products which after injection; The mold was using sequential valve gates, a wide and length were 210mm × 20mm, thickness 2.0mm. Using tensile test sample D638 to be the injection product, the plastic material was ABS. Before the experiment, it will use the CAE to simulate the process of injection, and find out the suitable terms and parameters of injection, then regulate those parameters; it can find the tough quality of different parameter to the lens, and using the result of experiment to evidencing simulate data; it

mainly was aimed at the sequential valve gates, it used similar form relay method to completed the injection to eliminate the suture problems from gates and enhance the tough of product, this method can effective reduce molding pressure, internal stress; at the same time we placed the temperature and pressure sensor to monitor the precise temperature when injection process, At last we proceed the tensile test by ASTM method, and it also to analyze and confer the tough result of using sequential valve gates with different injection parameter lens.

一、序論

1-1 前言

最近幾年熱澆道成型方式的使用發展快速，也日益普及。98 年德國塑膠大展，熱澆道的應用成爲展示特色之一。所謂熱澆道成型模具（如圖 1-1）是指在澆道的部位，利用加熱或保溫的方式，使澆道內的塑料常保熔融狀態，以供下一次射出成型使用。而冷澆道的成型模具，因澆道內的塑料在射出冷卻後即固化，成爲待回收的廢料，兩者相比之下，熱澆道成型模具的最大優點爲節省原料，尤其是對高單價原料，或製品重量小（澆道廢料相對較大）者，最能發揮降低成本的效果。此外，熔膠在熱澆道流動所需壓力極低，因而對整體射出壓力可以降低，在保壓過程也可降低壓力之損失。

然而在近幾年來 3C 產業的快速發展下，使用熱澆道的目的不再只是節省澆道部分的材料，而是著重於降低成型壓力並提高製品的精密度上，這在輕、薄、短、小的電子、資訊塑膠零件上的生產熱澆道的發展是有迫切的需要。在射出成型過程中，因爲產品形狀的複雜性。會無可避免的產生縫合線(Weld Line)，縫合線所帶來的問題，不但影響成品外表的美觀，且因爲兩股融膠波前分子鏈的不完全鍵結，造成縫合線位置附近機械強度減弱，經常是成品斷裂的位置。正因爲這個緣故，縫合線強度的探討成爲目前學術界的主要課題之一，而如何消除縫合線之問題，即爲本篇論文之主軸。本論文針對一新興技術－熱澆道時序閥澆口加以研究設計，其中主要探討主題爲如何利用熱澆道時序閥澆口來消除所謂縫合線的問題，如圖 1-2，閥澆口模具爲熱澆道模具其中一種，只是將傳統的澆口變爲動作迅速的閥，閥澆口通常大於一般熱澆道模具所用的針孔澆口。對於多點進膠的產品，可依澆口位置不同，而將其開、閉時間作時序安排，不僅可以消除縫合線，並可減短流動長度，進而降低射出壓力，成爲新興之成型技術。

1-2 縫合線簡介

1-2-1 縫合線基本理論

縫合線的發生是由兩個或兩個以上融膠波前互相鍵結所形成，而在這鍵結區域中，融膠的分子鏈的方向性互相平行，因此在縫合線區域上分子間的鍵結減少，以致於造成縫合線的機械強度減弱。兩個融膠的流動波前在正要接觸的時候，分子鏈仍是依照融膠流動之狀況排列，彼此之間並無影響。但在接觸之後的瞬間，由於在充填過程中融膠波前的擴張與剪應力變形，使接觸面之分子鏈重新排列與鍵結，導致在融膠波前接觸面的自由能和未接觸的自由能不一樣，而自由能的梯度可以造成融膠的分子經由接觸面而自我擴散。隨著融膠的流動，在波前相交面接觸的面積增加後，接觸面之分子鏈排向性漸漸趨於無定向，縫合線的鍵結強度因而隨著分子的擴散比例而逐漸增強。事實上，由於融膠波前各自具有不同的性質和型態學 (Morphology) 結構，所以就微觀上而言縫合線不只是一條線，而是一個複雜的三維熔接區域。縫合線不但會影響成品外表的美觀，而且因為兩個融膠波前分子鏈的不完全鍵結與高分子分子鏈或添加物產生了一條 V 形的凹槽 (V-N otc h es) 造成了在縫合線的部分機械強度減弱，由於縫合線本身是一個應力集中之處，也是局部的弱點所在，所以經常是成品斷裂損壞的位置。在射出成型的過程中，考慮兩相向流動之高分子流動波前介面開始行程的瞬間，由於分子來自不同的流動波前，因此沒有眾多的分子鏈交錯混合，但經接觸處後，因為充填過程中流動波前存在拉伸及剪切應力，導致波前上的分子存在極高的方向性，形成波前相交面的自由能和流動波前的其他部分不同，在相交面上的自由能梯度將使得分子跨越波前界面而自擴散，且在界面上產生相連接的分子長鏈，縫合線的鍵結強度將隨著擴散的程度逐漸增加，這樣使得鍵結強度會隨著影響高分子擴散速率的因素而改變。

1-2-2 影響縫合線強度之原因

在探討縫合線時，首先必需瞭解造成縫合線強度差別的原因，配合圖 1-3 說明如下：

- (1)當兩相向熔融塑料的波前分子接觸之後，因為性質與型態學結構的不同而發生不完全的鍵結 (Bonding)，因此造成了縫合線強度的弱化。
- (2)熔融塑料波前的噴泉(Fountain flow)效應使得分子在縫合線的接合面相互平行，導致縫合線強度弱化。

(3)因為雜質污染或包封而在縫合線表面產生 V 字形之缺口(V-notch) ,故造成了縫合線的強度減弱。

本文將進行消除縫合線的探討，縫合線可以透過加工條件的變化而也就是改變製程參數來加以改善縫合線的強度，或像本文利用熱澆道時序閥澆口模具來消除縫合線的產生，以改善成品縫合線帶來之種種問題。

1-3 熱澆道模具概說

1-3-1 熱澆道系統的組成

儘管世界上有許多熱澆道生產廠商和多種熱澆道產品系列，但一個典型的熱澆道系統均由如下幾大部分組成：

- 1· 熱流道板 (MANIFOLD)
- 2· 噴嘴 (NOZZLE)
- 3· 溫度控制器
- 4· 輔助零件

1-3-2 熱澆道應用主要技術關鍵

一個成功的熱澆道模具應用項目需要多個環節予以保障。其中最重要的有兩個技術因素。一是塑膠溫度的控制，二是塑膠流動的控制。

1· 塑膠溫度的控制

在熱澆道模具應用中塑膠溫度的控制極為重要。許多生產過程中出現的加工及產品質量問題直接來源於熱澆道系統溫度控制的不好。如使用熱針式澆口方法成型時產品澆口質量差問題，閥式澆口方法成型時閥針關閉困難問題，多型腔模具中的零件填充時間及質量不一致問題等。如果可能應儘量選擇具備多區域分別控溫的熱澆道系統，以增加使用的靈活性及應變能力。

2· 塑膠流動的控制

塑膠在熱澆道系統中要流動平衡。澆口要同時打開使塑膠同步填充各型腔。對於零件重量相差懸殊的 F A M I L Y M O L D 要進行澆道尺寸設計平

衡。否則就會出現有的零件充模保壓不夠，有的零件卻充模保壓過度，毛邊過大質量差等問題。熱澆道澆道尺寸設計要合理。尺寸太小充模壓力損失過大。尺寸太大則熱流道體積過大，塑膠在熱澆道系統中停留時間過長，損壞材料性能而導致零件成型後不能滿足使用要求。市面上已經有專門幫助用戶進行最佳流道設計的 CAE 軟體如 MOLDEX。

1-3-3 熱澆道模具的應用範圍

1· 塑膠材料種類

熱澆道模具已被成功地用於加工各種塑膠材料。如 PP，PE，PS，ABS，PBT，PA，PSU，PC，POM，LCP，PVC，PET，PMMA，PEI，ABS/PC 等。任何可以用冷流道模具加工的塑膠材料都可以用熱澆道模具加工。

2· 零件尺寸與重量

用熱澆道模具製造的零件最小的在 0.1 克以下。最大的在 30 公斤以上。應用極為廣泛靈活。

3· 工業領域

熱澆道模具在電子，汽車，醫療，日用品，玩具，包裝，建築，辦公設備等各工業部門都得到廣泛應用。

1-3-4 國際上熱澆道模具生產簡況

在世界上工業較為發達的國家和地區熱澆道模具生產極為活躍。熱澆道模具比例不斷提高。許多 10 人以下的小模具廠都進行熱澆道模具的生產。從總體上講北美，歐洲使用熱流道技術時間較久，經驗較多水準較高。在亞洲，除日本外，新加坡，南韓，台灣，香港處於領先地位。北美，歐洲雖然模具製造水準較高，但價格較高交貨期較長。相比之下，亞洲的熱流道模具製造商在價格與交貨期上更具競爭性。而中國的熱澆道模具尚處於起步階段，但是正在快速增長，比例不斷提高。

1-3-5 熱流道模具的優點

熱澆道模具在當今世界各工業發達國家和地區均得到極為廣泛的應用。

這主要因為熱澆道模具擁有如下顯著特點：

1、縮短製件成型週期

因沒有澆道系統冷卻時間的限制，製件成型固化後便可及時頂出。許多用熱流道模具生產的薄壁零件成型週期可在 5 秒鐘以下。

2、節省塑膠原料

在純熱澆道模具中因沒有冷澆道，所以無生產廢料。這對於塑膠價格貴的應用項目意義尤其重大。事實上，國際上主要的熱澆道生產廠商均在世界上石油及塑膠原料價格昂貴的年代得到了迅猛的發展。因為熱澆道技術是減少廢料降低材料費的有效途徑。

3、減少費品，提高產品質量

在熱流道模具成型過程中，塑膠熔體溫度在流道系統裡得到準確地控制。塑膠可以更為均勻一致的狀態流入各模腔，其結果是品質一致的零件。熱流道成型的零件澆口質量好，脫模後殘餘應力低，零件變形小。所以市場上很多高質量的產品均由熱流道模具生產。如人們熟悉的 MOTOROLA 手機，HP 印表機，筆記本電腦裡的許多塑膠零件均用熱流道模具製作。

4、消除後續工作，有利於生產自動化。

製件經熱流道模具成型後即為成品，無需修剪澆口及回收加工冷澆道等工作。有利於生產自動化。國外很多產品生產廠家均將熱流道與自動化結合起來以大幅度地提高生產效率。

5、擴大射出成型之應用範圍

許多先進的塑膠射出成型是在熱流道技術基礎上發展起來的。如 PET 預成型製作，在模具中多色共注，多種材料共注工藝，STACK MOLD 等。

1-3-6 熱澆道模具的缺點

儘管與冷流道模具相比，熱澆道模具有許多顯著的優點，但模具用戶亦需要了解熱澆道模具的缺點。概括起來有以下幾點。

1、模具成本上升

熱澆道元件價格比較貴，熱澆道模具成本可能會大幅度增高。如果零件產量小，模具工具成本比例高，經濟上不划算。對許多發展中國家的模具用

戶，熱澆道系統價格貴是影響熱澆道模具廣泛使用的主要問題之一。

2、熱澆道模具製作設備要求高

熱澆道模具需要精密加工機械作保證。熱澆道系統與模具的集成與配合要求極為嚴格，否則模具在生產過程中會出現很多嚴重問題。如塑膠密封不好導致塑膠溢出損壞熱澆道元件中斷生產，噴嘴鑲件與澆口相對位置不好導致製品質量嚴重下降等。

3、操作維修複雜

與冷流道模具相比，熱澆道模具操作維修複雜。如使用操作不當極易損壞熱澆道零件，使生產無法進行，造成巨大經濟損失。對於熱澆道模具的新用戶，需要較長時間來積累使用經驗。

1-3-7 市面上熱澆道的種類

目前市面上林林總總的熱澆道系統相當多，提供各種型式的熱嘴及流道設計，其中以配備有陶瓷隔熱墊圈的瑞典 HEATLOCK 熱澆道系統[16]；閥式澆口的韓國 HOT-SYS 熱澆道系統[16]；德國 HITEC 熱澆道系統[16]；德國 HTS 熱澆道系統，用以小型熱澆道之系統[16]；日本 Plagate (FISA) 彈簧型針閥式熱澆道系統[16]；美國 D-M-E OSCO 單閥式澆口噴嘴之熱澆道系統為代表[17]。

1-4 閥澆口概說

1-4-1 閥澆口概說

閥澆口模具為熱態橫澆道模具，只是將傳統的澆口變為作動迅速的閥，澆口大於通常熱態橫澆道模具所用的針孔澆口。通常的針孔澆口熱態橫澆道模子若未正確控制溫度，澆口會冷凝，若有異物混入澆料，會堵塞針孔澆口，虛分解模子，才能取除異物。閥澆口較大，小異物可通過澆口而進入母模中。

閥澆口活用硬化時間(curing time)，在硬化時間中，預先壓縮塑料，縮短充填時間，達成高速充填。閥澆口模具要稍改變射出成形機的操作順序，以便成型機缸與橫澆道中的熔融膠料在模具開放的時間中預先壓縮。射出缸中的熔融膠料不論以何種方法射出於模內，膠料熔融狀態的期間都很短，因此，熔融膠料離開熱區或噴嘴後，需儘快到達模內各各角落，熱可塑性膠料會冷凝，射出時間為本質上

的要因，高速射出成型用的大部分射出成型機有大容量油壓系，有時裝蓄壓器，使熔融膠料幾可瞬間流入模具內。預先壓縮的射出是被壓縮的膠料本身有蓄壓作用，可將充填時間縮短成最小。

1-4-2 閥澆口的優點

閥澆口的優點有下列幾項：

- (1) 降低射出壓力
- (2) 消除縫合線
- (3) 改良成形品的物性，特別是耐衝擊性
- (4) 應力與應變減小，成品翹曲量減少
- (5) 可減少冷卻時間，又可高速射出，顯著節約射出週期
- (6) 可控制流動平衡，家族模穴可輕易完成

1-4-3 時序閥澆口與縫合線之關係

利用熱澆道系統減少了冷流道、冷澆道額外所需克服的流動阻力，因此降低充填整體模穴的壓力。另外配合多澆口的應用，縮短融膠流動長度與厚度比，同樣亦可降低原本較高的充填壓力。但是伴隨多澆口而來的縫合線問題，不但影響成品外表的美觀，而且因為兩股融膠波前分子鏈的不完全鍵結，造成縫合線位置附近機械強度減弱，經常是成品斷裂的位置。

目前使用熱澆道的目的不再只是早期著重於節省澆道部分的材料，而是降低成型壓力、縮短流動長度、消除縫合線與提高製品的精密度，並開發其應用上的可能性，更進一步發展為含時序閥澆口系統。利用熱澆道時序閥澆口系統

（Sequential Valve Gate Hot Runner System）（圖 1-4、5，澆口利用針閥以時序或獨立打開、關閉的方式獲得所需要的充填模式。充填完成後，透過針閥強制關閉澆口，可在單一模穴或多模穴中使用針閥澆口來控制充填模式。就精密成型而言，閥澆口為一理想之熱澆道成型方式，澆口設計較傳統澆口靈活，可以使用較大的口徑使充填更加容易。以時序澆口充填模式而言，當開始充填時，一個澆口打開而其他仍然關閉。第一個打開的澆口通常為中央澆口或末端澆口，其流動波前可以在下一個澆口打開前就已經流經超越，時序動作持續涵蓋成品的整個長度直到

模穴充填滿為止。應用上可以藉由靈活的調整澆口打開的時間設定來改變縫合線的位置，進一步更可以配合精確的時序充填模式，消除縫合線。

1-5 文獻回顧

在射出成型製程中，經常有無法避免的縫合線產生，故有許多學者希望藉由公式的推導來能對縫合線的機械強度加以預測。其中以 Kim & Suh [2] 的理論公式最常被人引用。製程方程上對於射出成型時降低成型壓力、消除縫合線與改善強度的研究也愈來愈多。如 Multi-Live Feed Injection Molding、Push-Pull Molding、In-mold Reciprocating Pin 等製程方程的目的都是要消除縫合線。目前熱澆道模具的應用上，除了早期使用的開放澆口外亦發展了加裝針閥來控制澆口開啓的設計。經由控制澆口打開關閉方式，增加了充填模式，亦可應用於改變縫合線位置與縮短流動長度。Shah 的文獻中利用 Dynisco 公司發展的熱澆道閥澆口油壓控制系統針對尺寸長寬各為 47.4 mm × 710 mm，厚度 1.28 mm 的 U 型對稱模穴配合多澆口做不同時序充填模式的探討，指出藉由時序充填模穴可以降低成型壓力，消除縫合線。例如韓國 Yudo 公司的 Yuen system[5]。優點為結構簡單、成本低且現今許多新型射出成型機也與熱澆道系統結合，內建閥澆口控制迴路，成為標準配備[6]。受限於低壓驅動，針閥開啓時間約為 0.3-0.5 秒。另外油壓式驅動方式使用上也越來越普遍，但是需要較複雜的模具設計，成本較高，例如韓國 Hot Sys 公司的 Hot runner system[7]。彈簧式則主要是藉由射嘴的高融膠壓力迫使彈簧壓縮驅動活塞後退，澆口打開。充填完成後由於融膠壓力降低，利用彈簧壓力將活塞往前推動來關閉澆口。其結構簡單，成本較低但是不能隨意控制每個澆口打開與關閉，無法彈性應用，以日本 FIFA 公司的 Plagate system[8] 為代表。目前針對閥澆口系統時間響應的研究則較少，大多為系統廠商的規格說明。Shin 等的文獻中[9]利用 MOOG 公司的 D633 油壓比例方向閥來控制每一個針閥，在單一模穴使用數個模穴壓力感測器，研究時序閥澆口的成型動態，並且利用伺服閥訊號及模穴壓力曲線來分析系統響應。指出因澆口至模穴壓力感測器埋設處的距離造成流動時間延遲，但是並無實際針閥開啓反應時間方面的探討。另外王的論文[10]則利用高壓氮氣為驅動源配合高壓閥來驅動活塞機構，並利用 CCD 連續拍攝方式觀察澆口處針閥變化來估計反應時間，不過受限於

CCD 的低取樣速率，無法精準的描述快速的針閥動態特性。劉 [11] 以田口式的方法配合在成品中放置障礙物，以形成縫合線再進行拉伸試驗，探討縫合線對機械性質強度的影響，得到料溫和模溫為影響縫合線的重要參數。總之，目前幾乎沒有專門從事時序閥澆口成型之學術機構，面對未來以 3C 產品在市場上的強大潛力以及閥澆口可消除縫合線的優勢，無論在理論模式、工業界產品、設計、模具設計 / 製造、成型所需之設計成型法則 (Design/ M o l d i n g G u i d e l i n e s)、以及 CAE 模擬的分析結果，則或是對微觀結構 (如分子與纖維排列、結晶型態) 都需要長期之研究才能廣泛而成熟地應用在 3C 薄殼成型的各個領域以應付未來產業升級的挑戰。

1-6 研究動機與目標

對多澆口單模穴系統或較複雜之成品，如模穴內置有阻礙物，如銷、心型等阻礙了塑料的流動，如圖 1-6 所示，把塑料的流動波前分離；當兩股熔融塑料在交會時，溫度、壓力與剪切力各異，造成交會的區域在微觀上結構強度較差，就肉眼檢視，可以發現有明顯的接合線產生，稱之為熔接線或縫合線。縫合線在某些特定情形下乃是無法避免的，由於縫合線本身是一個應力集中之處，也是局部的弱點所在，並且經常是成品斷裂損壞的位置，縫合線之位置與強度一直是射出成型的主要課題之一。目前電腦輔助工程分析軟體的發展雖然對縫合線的辨認幫助不小，但對於縫合線強度之預測，電腦輔助工程分析軟體尚無法自動預測。縫合線不僅影響產品的外觀，易造成應力集中而成為產品機械強度弱點的所在。通常為了避免縫合線問題的產生，可藉由以下幾種方式改善或消除【b】：

- (1) 提高模溫及料溫：因為在高溫情形下，高分子鏈活動性較佳，可以互相穿透糾纏，增加熔接區域的強度；反之在低溫區域，熔接強度較差，但隨著模溫與料溫的提高，會增加成型品成型的週期。
- (2) 增加射壓與射速：射壓與射速的增加，塑料受到較大之壓縮且剪切熱增加，使塑料分子間結合更緊密，有助於提高成品的強度，但射壓與射速的增加，殘留應力及翹曲也相對的增加，對成品品質有不良的影響。
- (3) 改變進澆點位置：改變進澆點位置，使縫合線生成在影響成品強度較低的區

域，此種方式需要改變模具的設計，且對於塑料的流動平衡可能產生問題。
(4) 熱澆道時序閥澆口之模具消除縫合線，對於多點進膠的產品，可依澆口位置不同，而將其開、閉時間作時序安排，不僅可以消除縫合線，並可減短流動長度，進而降低射出壓力。

雖然提高塑料溫度、模溫及改變澆口位置等方法可改善縫合線缺陷，但仍無法徹底解決。本研究藉由熱澆道時序閥澆口之模具設計，以消除成品縫合線之現象，減少成品的缺陷。以往熱澆道系統大多應用於大型製品，例如：汽車保險桿、電腦螢幕等。以一個冷氣機柵欄式面板為例[a]，產品長寬：762 mm × 539mm，高：300mm，所需之充填時間 8 至 10 秒。有鑒於於時序閥澆口熱澆道模具系統應用於消除縫合線的重要性，本文將嘗試建立一時序閥澆口模具，來消除以往在成品中會有不可避免的縫合線問題，藉以解決縫合線所帶來之成品應力集中機械強度減弱之困擾，探討此想法應用於消除縫合線的適用性。並藉由製程特性的比較，驗證製程參數、對消除縫合線與對機械性質的影響。

總括說來，本研究的目標可分為下列幾項：

- (1) 熱澆道時序閥澆口模具射出成型製程對於消除縫合線之試片抗拉強度的影響性。
- (2) 討論並驗證模擬射出結果與實際射出成品之試片拉伸強度。
- (3) 藉由模內監控系統監視料溫、模溫、射出速度、保壓壓力等製程參數相關的射出時模內變化。

本研究的結果可以提供塑膠成型業者或廠商在發展熱澆道模具、時序閥澆口、或消需要除縫合線時的一個參考依據，也可對產品的機械性質有更進一步的了解與改善，在生產製造設計時也可以有更好的考量。

1-7 研究方法

本實驗主要針對以熱澆道含時序針閥澆口以類似接力之方式完成射出成形，此方法對於降低成型壓力，減少產品殘留應力與消除縫合線有顯著的功效，可消除多澆口常見的縫合線問題並且提高成品的抗拉強度，本論文之研究方法首先利

用模流分析軟體(MOLDEX)模擬熱澆道時序閥澆口，原本成品設計兩個澆口會有之縫合線問題，利用 CAE 電腦模擬分析軟體所預測出來的縫合線位置，如圖 1-7 所示，模擬射出消除縫合線之製程，先找出較設當的射出條件與參數，再以那些參數做上下調整之動作，參數分別為料溫、模溫、射速、及保壓壓力，可以找出不同射出參數對成品強度之影響，預測成型品強度是否會與製程參數之改變有所影響。再以真實的射出與拉伸實驗來佐證模擬之數據，最後使用一自行設計之熱澆道時序閥澆口模具作實際的射出，並同時放置溫度與壓力感測器於模內，可對射出過程模內之溫度、壓力作有效之監控，本研究所使用的模具為一平板型之熱澆道含閥澆口實驗模具，以成型一長寬：210 mm × 20 mm，厚度：2.0 mm 之長方形薄片，並以拉伸試驗標準試片 D638 為射出成品形狀，所使用之塑膠材料為 ABS(Acrylonitrile butadiene styrene)。射出完成之後，依照 ASTM 標準試驗方式對成品進行拉伸試驗，探討製程特性，比較不同射出參數與時序澆口在成型壓力、縫合線現象與機械強度性質作一初步之研究與討論。

1-8 本文架構

本文共分為五章，以下將對本文架構作一簡單的說明：

第一章：緒論

說明目前塑膠製品愈來愈多元化的情況下，成型時所遭遇的縫合線問題以及熱澆道相關解決縫合線之道。並對縫合線的產生與強度作一簡單介紹的原理，並闡述熱澆道時序閥澆口模具相關概說和應用情形。針對於射出成型中易遭遇的縫合線問題、及如何應用熱澆道時序閥澆口模具來避免縫合線之產生、及後續利用熱澆道時序閥澆口解決縫合線之成品機械性質探討等相關方面加以說明。並針對本文研究動機、目的與本文之研究方法逐一介紹。

第二章：熱澆道時序閥澆口模具說明

本章針對熱澆道時序閥澆口模具部分作一簡單介紹，並對於研究中所採用之模具相關之零組件作一簡略的說明。本章主要是針對研究中所採用的時序閥澆口熱澆道模具與溫度控制器 等相關設備規格作一詳細說明。

第三章：試驗方法

本章針對研究之實驗架構與方法做一簡單之敘述，研究中所採用之相關實驗設備（如烘料機、射出機、拉伸試驗機等），試片形狀、尺寸以及試驗方法，實驗材料特性和射出之成型條件等相關事項作一詳細說明。

第四章：實驗結果與討論

本章對於先行利用軟體 **Moldex** 模擬閥澆口作用與不同製程條件下（料溫、模溫、保壓壓力、射出速度）分析之結果做一說明。就實驗中之時序閥澆口控制系統實際應用於射出成型，在不同製程條件下，探討製程特性的差異包含了成型壓力、縫合線現象以及強度的改變。成品機械強度上的比較為對成品作拉伸試驗，比較在不同之製程條件射出成型的改變對成品機械性質的影響做一討論，並配合模內監控系統（溫度、壓力感測器）觀察射出過程，其實驗結果與電腦模流分析預測作驗證比較。

第五章：結論和未來方向

本章節對本研究中熱澆道時序閥澆口模具之射出成型的成品所作的機械性質相關實驗和 CAE 軟體分析所得之結果做一結論。並對未來相關之研究方向做一說明。

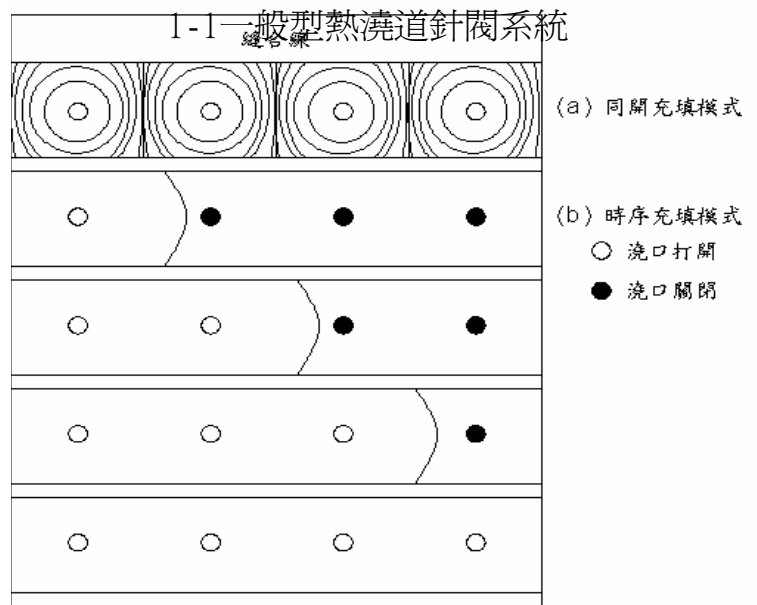
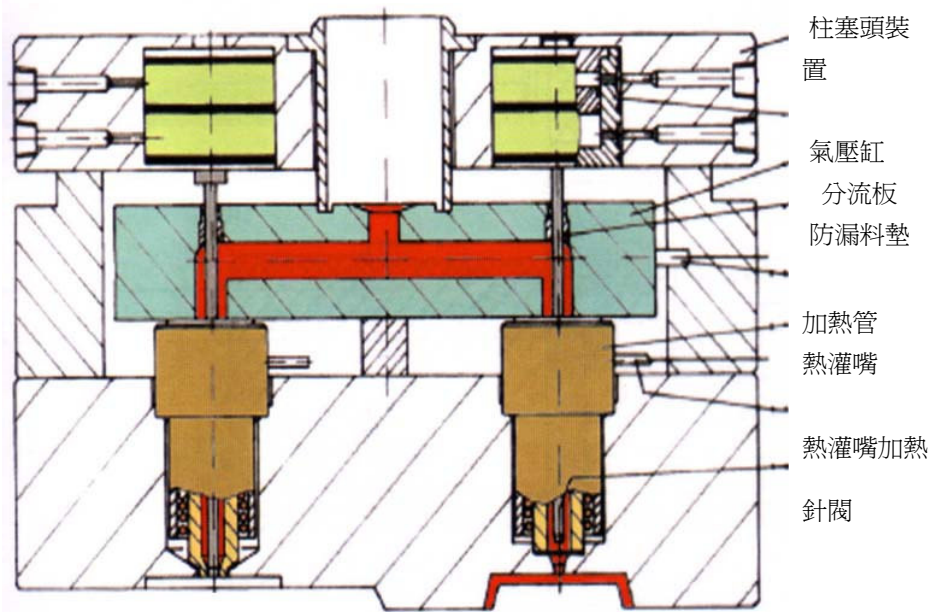


圖 1-2 時序閥澆口充填模式示意圖

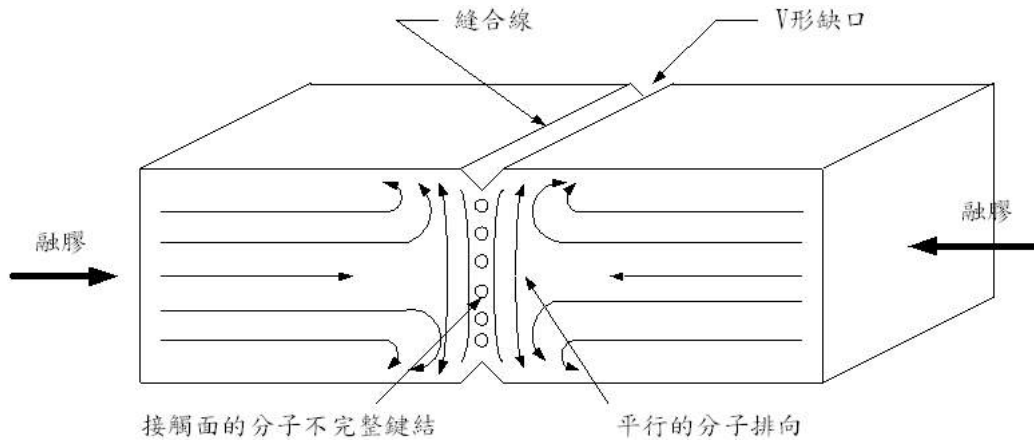


圖 1-3 不同成型狀況影響縫合線強度

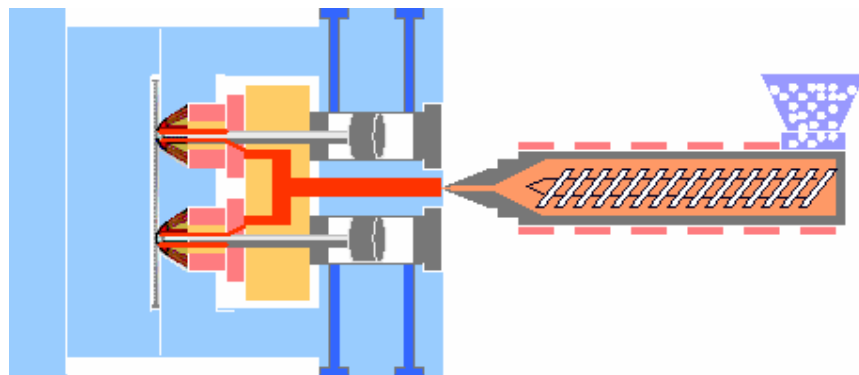


圖 1-4 時序閥澆口模具系統示意圖 (1)

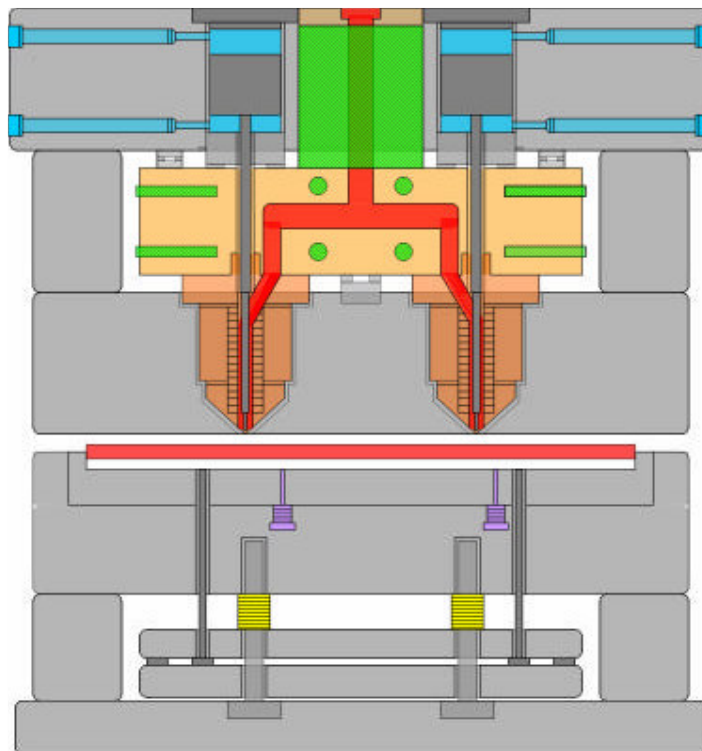


圖 1-5 時序閥澆口模具系統示意圖（2）

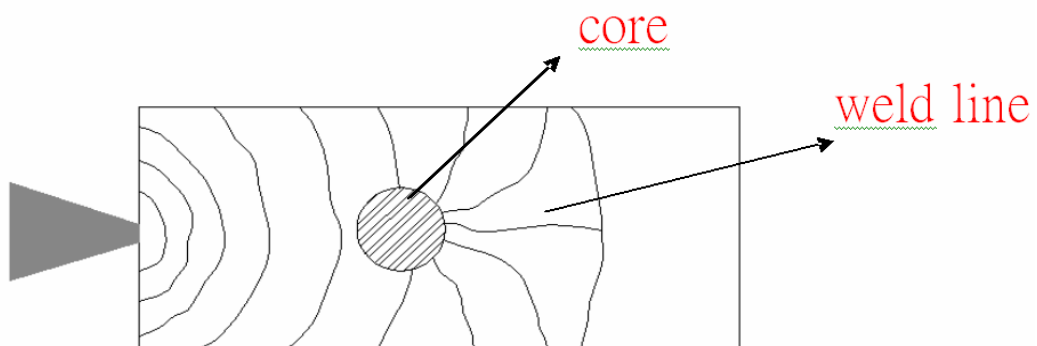


圖 1-6 縫合線生成示意圖

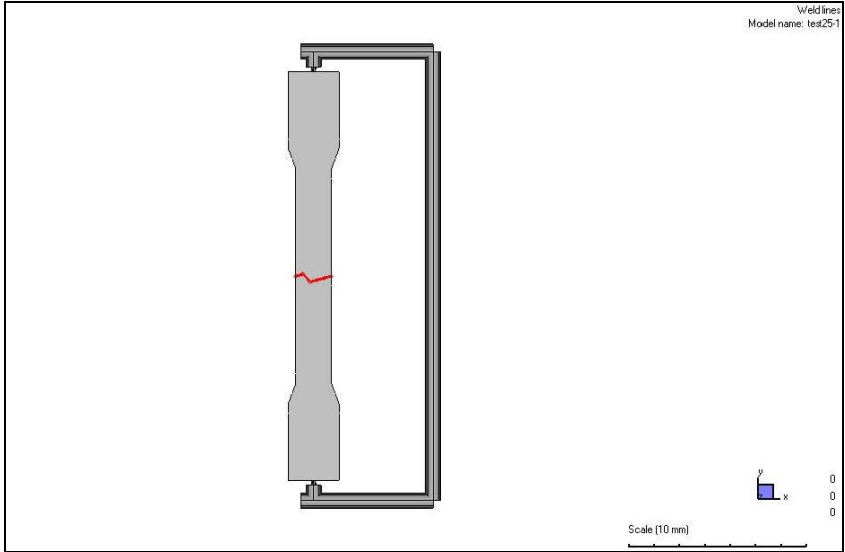


圖 1-7 CAE 電腦模擬縫合線的位置
(The Position Of Weldline In CAE)

二、 熱澆道時序閥澆口模具及控制說明

熱澆道模具系統與傳統冷澆道模具不同的地方在於熱澆道模具內澆道與流道的部位保持加熱狀態，使得充填完成時即得到最終成品，並不會產生流道與澆道部分的廢料。因此分流板、加熱器、溫度感測器、絕熱裝置及溫度控制系統成爲熱澆道系統不可或缺的元件。以下就本實驗的熱澆道模具與溫度控制系統作一介紹。模具組立圖如圖 2-1。

2-1 閥澆口式熱澆道模具

將模具分爲四部分：

- (1) 熱澆道部分：分流板、熱灌嘴、襯套、隔熱片、熱嘴襯套、受壓板、母模隔板、分流板定位梢。
- (2) 閥澆口部分：固定側安裝板、針閥、活塞、行程止動塊、 活塞蓋。
- (3) 母模部分：母模座、母模仁、母模仁壓板。
- (4) 公模部分：公模座、公模仁、模腳、頂針板、底板。

2-1-1 熱澆道部分

1、分流板

分流板依加熱的方式可分爲內部與外部加熱兩種，依不同的加熱方式其分流板的設計也隨之不同。本實驗模具之分流板爲外部加熱，其加熱方式爲平行熱澆道的孔中插入管形加熱棒及安裝帶式加熱器兩種。分流板實體圖如圖 2-2。

分流板之橫澆道直徑依成型品重量而定，決定熱澆道分流板橫澆道直徑需考慮下列事項：

- (1) 成品所需的一次射出量
- (2) 容許壓力損失

(3) 射出時間 橫澆道直徑受限於一次射出量，射出時間與橫澆道內的剪斷速度或橫澆道長度，外觀黏度與容許壓力差。

以一次射出量而言 $V = pR^2L$ 為最佳設計，其中 V 為一次射出量 即是成品體積， R 為橫澆道半徑， L 為橫澆道長度。

2、熱灌嘴

熱灌嘴就如同射嘴的延伸，其結構如圖 2-3。由圖可知熔膠在熱灌嘴的流動路徑及針閥位置，熱灌嘴前端設計針閥定位架，其功用為避免針閥與熱灌嘴因熱膨脹量的不同產生澆口偏心現象。實體圖如圖 2-4。

3、襯套、隔熱片

為維持分流板內熔膠溫度，因此熱灌嘴外圍利用捲繞式電熱管 加熱，使其熔膠溫度能維持至熱灌嘴前端。因此為保持熱灌嘴內熔膠 溫度，所以在襯套與捲繞式電熱管之間加入隔熱片。隔熱片的設計在減少與襯套的接觸面積，以減少熱傳導量，維持熱灌嘴內熔膠的溫度。

4、熱嘴襯套

熱嘴襯套的使用能對熔膠提供一種溫度維持的功能，好讓熔膠順利的流入模穴中，將熔膠在熱灌嘴的狀態維持並延伸至模穴。由於熱嘴襯套前端是與產品接觸的地方，因此熱嘴襯套與模具接觸面積的設計將是影響產品外觀及品質的最直接因素，其次水路設計會牽涉到熱嘴襯套的導熱及熔膠流動性，其重要性不容忽視。

5、受壓板

射嘴的背面有受壓板，分別位於分流板的上方及分流板下方。射嘴接觸的背面因有受壓板支撐，所以分流板不會因射嘴接觸壓力及射出壓力而變形。受壓板的數量越多就能承受越大的壓力，但相對的就會將分流板的熱能傳導至固定側安裝板及母模板。為減少受壓板熱傳導損失及增加受壓板承受之變形量，本模具之

受壓板設計如同碟型墊片，一方面可以承受較大變形量，另一方面可減少熱傳損失。

6、分流板定位梢

定位梢之功能為固定分流板之位置，避免分流板因加熱膨脹使得澆道與熱灌嘴移位。分流板之溫度比母模板高（分流板熱膨脹量較大），因此定位梢與分流板之配合為鬆配不宜緊配。

2-1-2 閥澆口部分

1、固定側安裝板

此模板的功能為放置活塞、活塞蓋、氣缸，而驅動活塞作動的氣孔也在此一模板。此模板有四道直徑為 4 mm 的氣孔，其功能為驅動活塞並帶動時序針閥的開關。

2、針閥

針閥共分成 4 段不同直徑大小，第一段直徑 5 mm，此段功能為固定針閥於活塞上；第二段直徑為 4 mm，此段貫穿行程止動塊及分流板；第三段直徑為 2 mm，此段針閥完全置於熱灌嘴內，第三段較第二段直徑小，其目的為避免熱灌嘴的熔膠逆流至分流板；第四段直徑為 1.5 mm，此直徑為閥澆口的大小，此段直徑大小的設計與熔膠流量及產品美觀有直接的關係。其構造如圖 2-2 所示。實體圖如圖 2-5。

3、氣缸

氣缸外徑為 23.95 mm，內徑為 19.985 mm，高度為 18 mm。

4、活塞

本模具之活塞設計共有 4 組設計，活塞高度為 15mm，其直徑分別為 19.980 mm（與氣缸內徑之公差為 5 μ ）、19.975 mm（與氣缸內徑之公差為 10 μ ）、19.970 mm（與氣缸內徑之公差為 15 μ ）、19.965 mm（與氣缸內徑之公差為 20 μ ）。由活塞與氣缸之組合可知活塞的行程為 3 mm。

5、行程止動塊

行程止動塊的功用為固定活塞及氣缸下方位置，而行程止動塊上方放置 O 型環以避免氣體溢漏導致活塞反應時間延遲，行程止動塊下方之凹槽其功用是避免分流板之熱量傳達至固定側安裝板。

6、活塞蓋

活塞蓋的功能為方便拆卸活塞及針閥，其上方放置 O 型環以避免氣體溢漏導致活塞反應時間延遲。熱澆道模具在拆模時必須先加熱將熱灌嘴內已凝固之塑料熔融，再將針閥取出。為了適用高壓氮氣狀況下作動，活塞蓋的設計必須考量到漏氣問題及符合耐高壓的要求。

2-1-3 母模部分

1、母模座

母模座結構，中間長方形空間為母模仁放置區域，而熱灌嘴穿越母模座、母模仁壓板及母模仁。而熱灌嘴襯套同時也穿越母模座、母模仁壓板及母模仁。其構造如圖 2-6 所示。

2、母模仁

母模仁其水路為兩進兩出環繞熱嘴襯套之環狀設計，母模水路設計於熱灌嘴的最下端，其目的是冷卻閥澆口附近塑料使成品面美觀、減少公母模溫差、縮短成形時間。

3、母模仁壓板

母模仁壓板功用為固定熱嘴襯套於母模仁內，母模仁壓板其內孔洞直徑為 39.5 mm，而通過之襯套直徑為 32 mm，其餘之間隙用於絕熱，避免熱灌嘴的熱量傳導至母模仁壓板。

2-1-4 公模部分

1、公模仁

其設計為可置換式模仁，成品尺寸長寬為 210 mm ×20 mm，厚度為 2 mm 之平板，使用 2 支頂針，2 支壓力感測器，2 支溫度感測器，水路設計為一進一出之迴路。

2、公模座

公模結構如圖 2-1 所示。

3、模腳、頂針板、底板

模腳、頂針板、底板之結構如圖 2-1。

2-2 溫度控制系統

熱澆道系統的溫度控制包括分流板（Manifold）溫度的控制與灌嘴部位的溫度控制。分流板之流道配置，加熱器容量、加熱器配置及數量、加熱器的安裝及選擇、溫度感測器放置的位置、溫度的控制方式（如：ON-OFF 的控制方式、PID 控制方式、可變電壓控制方式等）及冷卻水路的配置均是影響溫度的因素。為保持熔膠在流道內仍具流動性而不固化，熔膠溫度有一最低限制，以便可低壓充填。若分流板溫度控制不當，易造成融膠流動遲滯產生過大的壓力差，降低成品的穩定性、機械性質。

對灌嘴溫度控制而言，其熱灌嘴的設計、加熱器的選擇、溫度感測器放置的位置、熱灌嘴與模具接觸的面積大小、冷卻水路的設計均是影響灌嘴溫度的因素。

溫度控制系統包含溫度控制器、加熱器、溫度感測器、纜線、轉換接頭等設備。

2-2-1 溫度控制器

溫度控制的種類有：直接 ON/OFF 動作、比例動作、積分動作、微分動作、PID 動作、曲線自動演算（PIAD）動作等溫度控制。本實驗所採用的溫度控制器其溫度控制方式為曲線自動演算（PIAD）。有六點溫度控制，各自獨立並含短

路保護。

2-2-2 加熱器

熱澆道模具使用之加熱器依照不同分流板、熱灌嘴、加熱位置設計會有不同種類、埋設方法及功率的加熱器選擇差異。加熱器的種類有：高功率彈筒型電熱管（或稱管形加熱棒）、 Ω 形電熱圈（或稱帶式加熱片）、捲繞式電熱管（電熱管形式有圓形、方形、扁形）、可彎曲電熱管等。不同種類的加熱器有不同的埋設方式，其方式有鑽孔埋入、切溝埋入、硬焊埋入..等。

本實驗之熱澆道模具共有三種加熱器分別為扁形捲繞式電熱管（含溫度感測器）、高功率彈筒型電熱管、料管頭電熱圈，分別安裝於熱灌嘴、分流板及進料口。加熱器安裝位置及功率的選擇是控制分流板內熔膠溫度的關鍵因素。

2-2-3 溫度感測器

溫度感測器放置位置也是維持熔膠溫度一致的因素，而溫度感測器是量測模具溫度並非加熱器溫度，因此其放置位置相當重要，溫度感測器離加熱器不宜太近，而太遠則產生較大的溫度偏差，加工圖如圖 2-7。

2-3 時序閥澆口控制系統

針對時序閥澆口控制系統之架構、設備及針閥作動方式做一簡單介紹。

2-3-1 時序閥澆口控制系統架構

本實驗所建立的時序閥澆口控制系統架構之示意圖如圖 2-3，其主要包含高壓氮氣瓶、氮氣壓縮機、針閥動作控制箱高壓鋼管、高壓軟管、高壓接頭、電阻尺/LVDT。而針閥針閥動作控制箱中有手動調壓閥、八顆高壓電磁閥、可程式控制器、觸控式螢幕及電源。

2-3-2 時序閥澆口控制系統設備

本章節針對可程式控制器、觸控式螢幕、手動調壓閥、氮氣壓縮機、高壓電磁閥等設備做一簡單介紹。

2-3-3 可程式控制器

可程式控制器之英文名稱為 Programmable Controller，簡稱 PC，但國內慣用簡稱 PLC，以避免與個人電腦之簡稱 PC 相混淆。

可程式控制器在程序控制方面有極佳的優勢，並且有很好的穩定性。所謂的程序控制，就是由一組事先規劃好的作業程序，以一定的順序執行。而程序控制可以簡單的區分為事件基礎與時間基礎兩種。事件基礎是以事件作為激發動作，也就是說上個動作未完成之前，下一個動作不能執行。而時間基礎是以時間作為順序。

2-3-4 氮氣壓縮機

由於針閥動作要準確控制，因此需要用到高壓氮氣，而一般氮氣瓶無法提供穩定的高壓源，所以本實驗利用 Bauer 公司的氮氣壓縮機，將氮氣瓶中的氮氣加壓至高壓（可增壓至 350 Bar）。

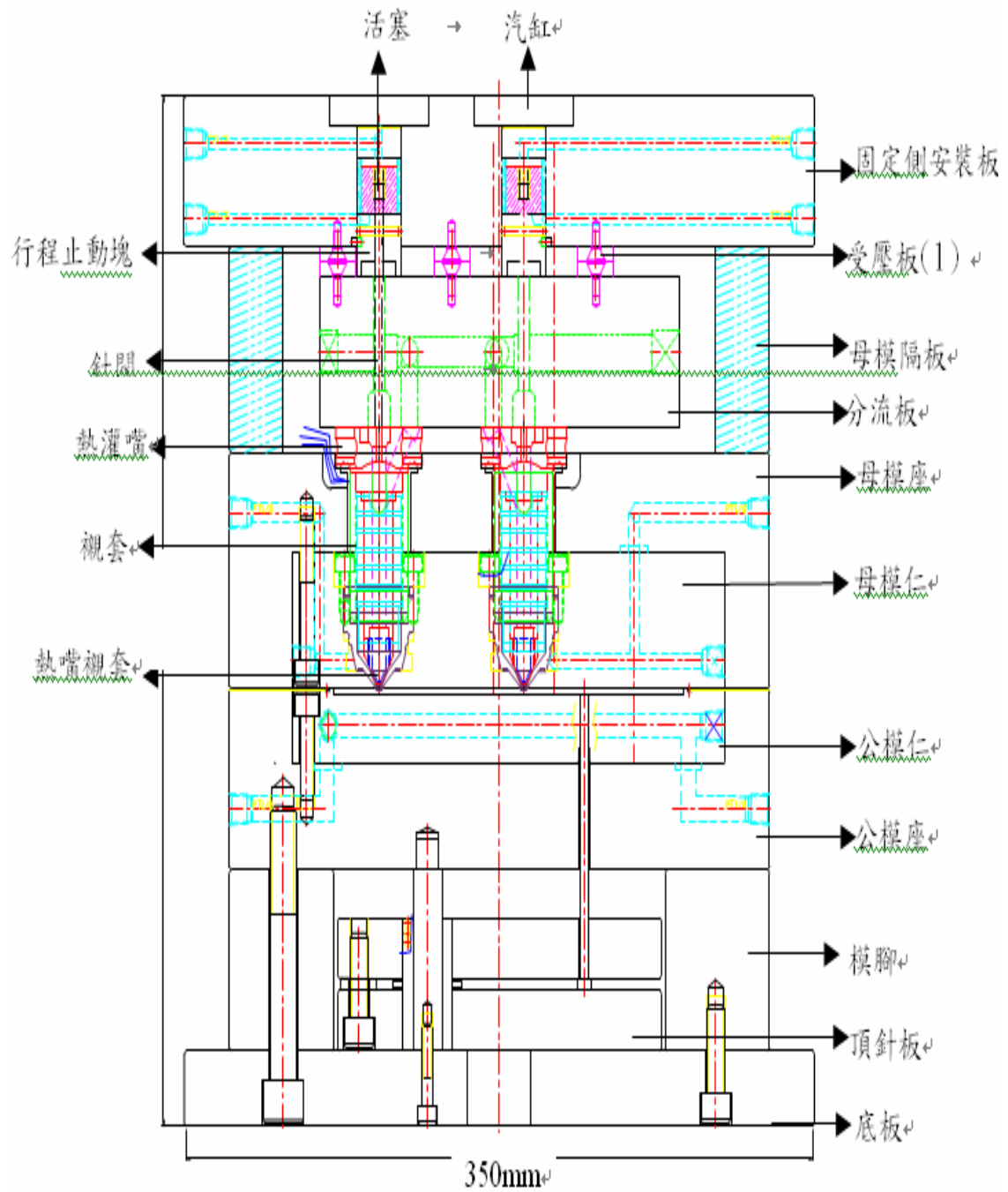


圖 2-1 時序閥澆口模具結構示意圖

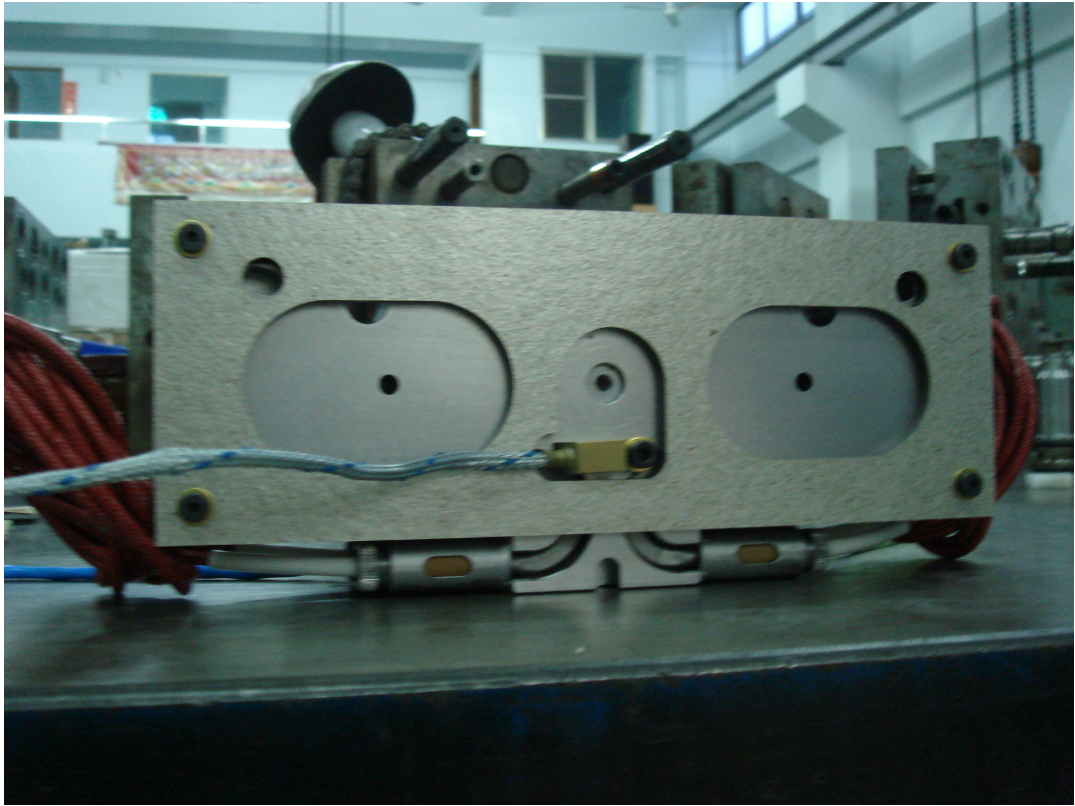


圖2-2 分流板

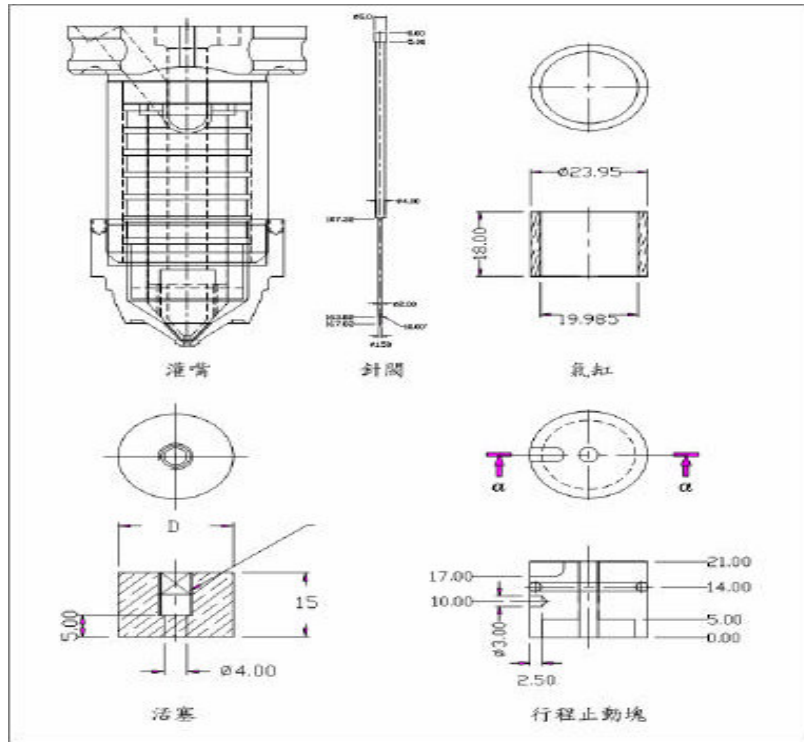


圖2-3 灌嘴、針閥、氣缸、活塞與行程止動塊結構圖

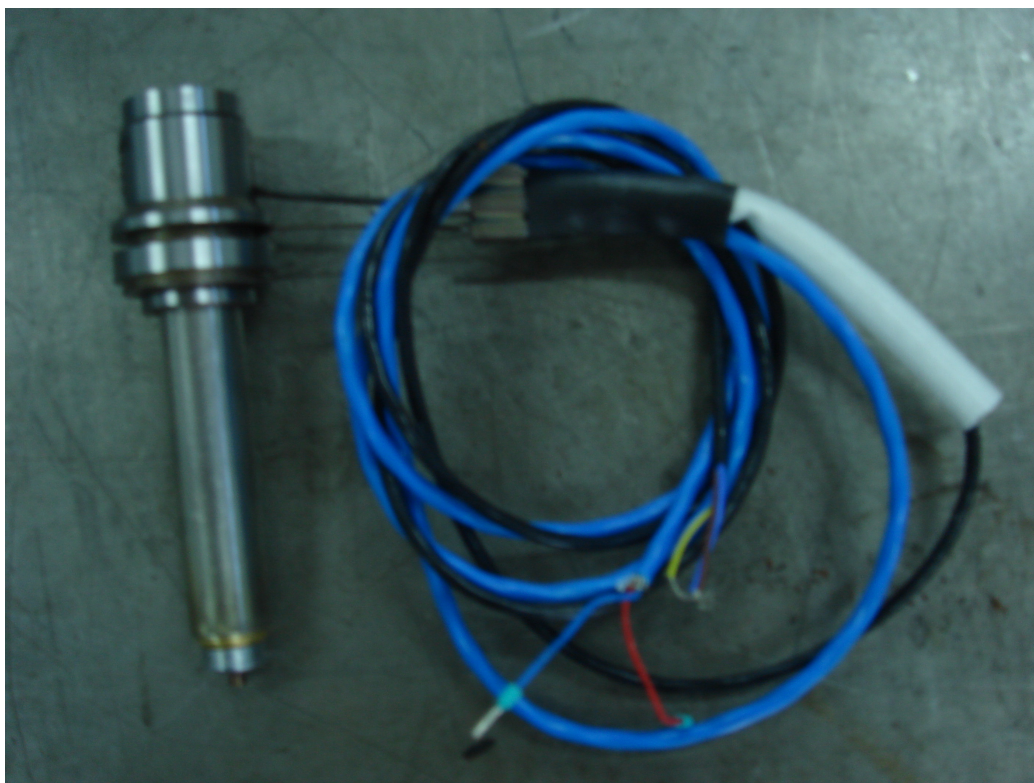


圖 2-4 熱灌嘴實體圖



圖 2-5 閥針實體圖

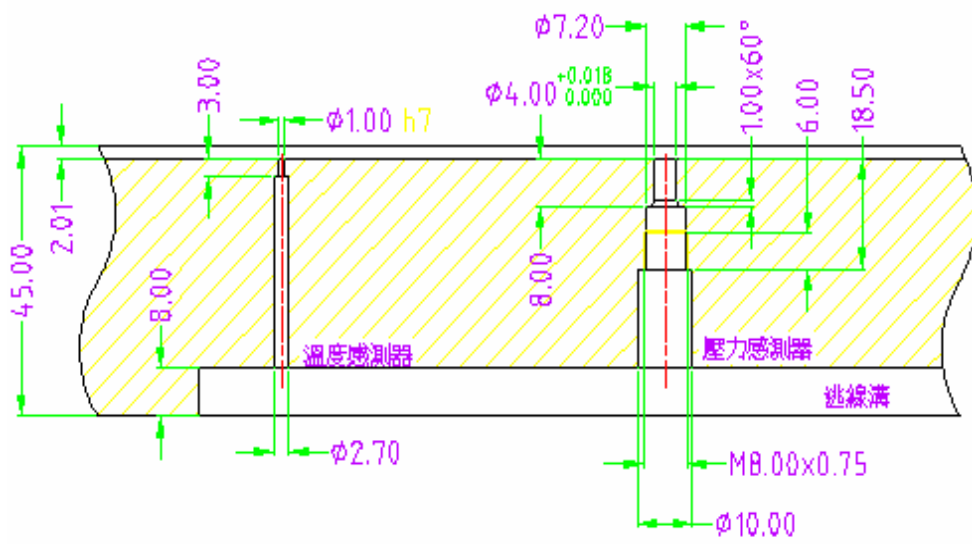
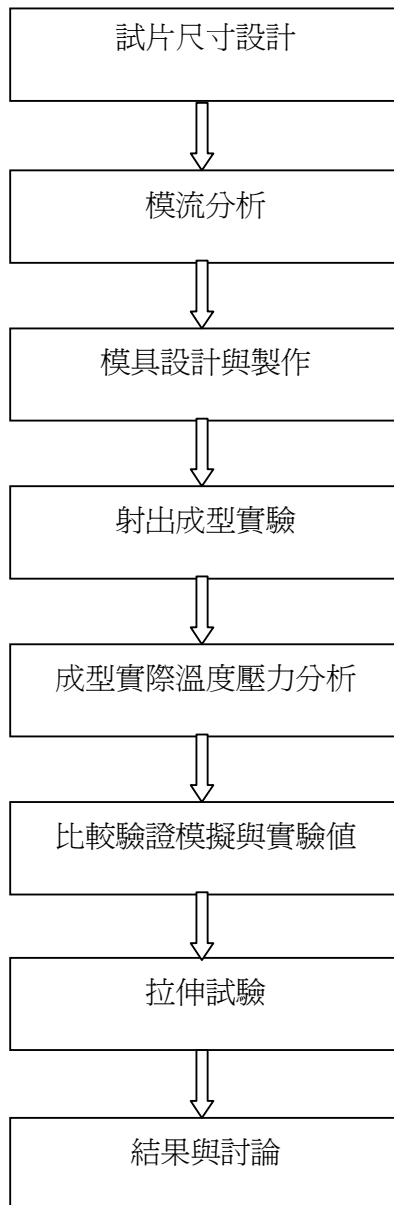


圖 2-7 感測器加工示意圖

三、 試驗方法

3-1 實驗架構

實驗流程圖如下：



以下就實驗中所採用的相關設備（模流分析軟體、射出機、控制系統、實驗模具、材料、壓力及溫度感測器、材料拉伸試驗機等）以及實驗方法作一詳細說明。

3-1-1 實驗設備

1. 射出成型機

使用德國 ARBURG 所生產的型號 ALLROUNDER 320C 的射出成型機，為油壓肘結式鎖模機構，最大鎖模力為 60 噸。此射出成型機為高度自動化設備，具閉迴路之控制系統，操作者可藉由電腦視窗編輯成形參數與程序，直接改變射出壓力、射出速率、塑料溫度、射出量、鎖模力、保壓壓力、冷卻時間等參數，其主要規格如表 3-1。顯示其詳細規格。外觀如圖 3-1 所示。

2. 閥澆口控制器

使用本實驗所建立的快速時序閥澆口控制系統，詳細說明於第二章已陳述。

3. 實驗模具

實驗模具為一熱澆道模具，詳細介紹已於第二章說明。模穴設計、尺寸規格。模穴為一長寬：210 mm × 20 mm，厚度：2 mm 之長方形平板。由於此成品尺寸符合標準拉伸試片規格，設計此一成品形狀為方便探討其機械強度之差異性，並且量測其拉伸強度做一定量的分析，圖 3-2 為此成品成品圖符合 ASTM D638 的標準拉伸試片。本模具採雙澆口設計，於距 A 澆口分別為 5、15 mm 處各埋設一模穴壓力感測器及溫度感測器，距 B 澆口分別為 5 mm 處各埋設一模穴壓力感測器及溫度感測器，澆口與模穴壓力及溫度感測器位置如圖 3-3 所示。

4.溫度感測器

為能夠了解模具內溫度狀況，在實驗中之模具溫度極高，故一般用來量測模穴壓力之感測器並不適合，而挑選 priamus 公司生產 4003A 型壓電式壓力感測器，此壓力感測器專門設計用來量測高壓、高溫下，其規格如表 3-2 所示。

5.壓力感測器

本實驗中使用型號為 priamus 6001B 的模穴壓力感測器。感測器安裝於模具上，用以量測模穴內融膠的壓力變化。由於量測模穴內融膠的壓力需直接接觸承受高溫高壓，因此採用量測範圍 0 至 2000 bar、熔膠溫度 0 至 450°C 與模具溫度 0 至 200°C 的壓電式壓力感測器，其規格如表 3-3 所示。

6.材料試驗機

使用的材料試驗機為宏達公司所生產的型號為 HT-2102 五噸萬能材料試驗機，規格如表 3-4 所示。採用的的拉伸速率為 20 mm/min，每一種條件作拉伸試驗 3 次，取其平均值比較。

3-1-2 實驗方法

對於多點進膠的產品，可依澆口位置不同，而將其開、閉時間作時序安排，不僅可以消除縫合線，並可減短流動長度，進而降低射出壓力，而本論文設計兩個時序閥澆口用意在於消除成品縫合線之問題，其中雙澆口作動說明如下，一開始充填時先使澆口 B 打開，澆口 A 關閉，進行充填，當澆口 B 之塑料流至靠近澆口 A，即關閉澆口 B 同時開啓澆口 A，以類似接力賽的方式完成整個成品充填，如圖 3-4 所示，這樣一來即消除了原本雙澆口會有的縫合線問題，本論文想要探討之問題在於當兩股塑料再靠近澆口 A 地方相互結合時，是否會因為設定射出參數之不同造成其兩股塑料相融合鍵結程度上的差異，而產生成品強度上的不同，為了探討不同射出條件之參數底下會對兩股塑料融合的影響差異性，實驗中定義了四種不同充填參數組別，分別為（1）料溫（2）模溫（3）射速（4）保壓壓力。時序充填模式以時間作為控制澆口打開與關閉方式，兩個澆口可以獨立的控制。

在作實驗前，先以 Moldex 軟體作充填模擬分析來預測較佳的成型參數，列出模擬分析出來較佳之充填條件。接著在依那一組較佳之成型參數下去做上下調整模擬射出。接著實際作射出，並將成品作拉伸試驗以利探討其射出試片之強度問題，並與模擬分析之結果作比較。

3-1-3 實驗步驟

實驗時由於所用之材料 ABS 需烘料，ABS 需設定 80°C，須烘乾材料兩個小時。為使得材料成形時不會有瑕疵，需設定模具溫度，將模具加熱至所需要之溫度。步驟如下：

- 1.設計實驗試片尺寸及澆口位置。
- 2.作出一試片圖檔，轉入模流分析軟體中，建構冷卻水道及流道系統，配合適當設計，模擬結果將得到最佳射出條件，再依那組最佳射出條件，數值作上下調整，再依那些條件下去模擬分析，確定實際射出之參數條件。
- 3.模具設計製作，包含壓力溫度感測器放置位置確定，水路位置確定...等。
- 4.實際射出，使用材料 ABS 奇美 PA-758，依模擬出來之參數條件實際射出成品，每一射出條件挑選出三個成品，為方便日後作拉伸試驗。
- 5.擷取實際每次射出時的溫度及壓力感測值，以利分析射出時壓力與溫度的實際變化。
- 6.將實際成型實驗與模擬值相互比較結果，分別以實際射出感測到之壓力值和溫度值，和模擬時所放之感測節點所分析到之壓力與溫度直相互作用比較，是否有固定之趨勢，以分析試片充填兩澆口的塑料相互結合是否會有問題。
- 7.成品作拉伸試驗，採用的的拉伸速率為 20 mm/min，每一種條件作拉伸試驗 3 次，取其平均值，比較每一不同射出條件下成品強度之不同。

3-2 模型建構與模擬分析

Moldex3D 模流分析操作上分為三部分【27】：

1.模型建立：

模型就是產品幾何形狀與尺度，市面上可建立模型之 CAD 軟體，如 Pro-E、CATIA、IDEAS、SolidWorks、Cimatron 或 CAE 軟體 ANSYS、NASTRAN，也可以接受 CAID 工業設計軟體 Alias-WaveFront、Rhino 等。透過轉換介面工具成為有限元素分析(Finite Element Analysis)網格(Mesh)資料。

2.塑料性質決定：

所有物理解析都需要根據其材料特性做計算，不同物料將會產生不同的成形狀況，Moldex3D 提供一個塑料資料庫可供呼叫使用，也可自行建立物料特性。

3.成形條件：

除了產品幾何構造、進澆口位置設定外，射出機更是不可忽視的重要加工程序，對於進料螺桿射出壓力、料溫設定、保壓 時間等都是重要的因素。

通常 CAE 分析程序一般分為六個步驟。

3-2-1 模型建立

Moldex3D 是讀取各種商業軟體的有限元素分析網格資料，本文利用 Rhino 軟體作為網格(Mesh)的轉換或建立的工具。步驟如下：

1. 匯入圖檔：讀取其他軟體所建立的模型資料，如*.iges 檔。
2. 挑選曲面並連結 (Join)所有曲面以產生網格(Mesh)，如曲面資料不齊全即修補曲面。
3. 產生網格後對於有破洞區域進行修補。有限元素網格的特性是相鄰網格間的節點要正確的連接，如此才能將節點上的物理訊息正確的傳遞下去。在過去 CAE

的使用者往往在分析結束的階段才赫然發現網格沒有正確的連接，浪費了許多寶貴的時間。因此 Moldex3D-Mesh 開發了檢查網格正確的工具，其中最常使用的就是網格自由邊界的檢查和重疊網格的檢查。利用這些工具可以事先檢查出錯誤網格所在的位置，以使用者進行修補。

4. 利用 Rhino 繪製工具繪製流道、進澆點、水路與模座。
5. 將所有 Mesh 設定厚度，定義流道、澆口尺度與進澆點，即完成模型之前處理。
6. 將 Moldex3D Mesh 模型資料存成 Moldex3D 檔案資料。完成後如圖 3-5。

3-2-2 成形條件

成形時間的設定主要包含了充填時間、保壓時間與冷卻時間等。充填時間的設定主要會影響產品是否發生短射，若充填時間過長則流率愈慢，成品容易短射。保壓時間的設定主要會影響產品是否會收縮翹曲，若保壓時間不足則體積收縮率大，容易造成產品的收縮翹曲。冷卻時間的設定主要也會影響產品是否會收縮翹曲，若冷卻時間太短則模溫差大，亦容易造成產品的收縮翹曲。由於與現場實際認知上的不同，常見模流分析加工條件的錯誤設定，發生在設定充填時間。現場實際的充填時間為射出機台的輸出值，其值除了包含充填所需的時間外，也可能包含保壓所需的時間。而模流分析的充填時間是輸入值，與保壓時間分別設定，若直接輸入射出機台輸出的充填時間，則會造成充填時間過長而導致成品短射的問題。導致這個問題的主要原因在於：一般射出機台的設定為螺桿行程控制，而充填時間只是螺桿行程結束時的輸出值。

溫度的設定主要包含了熔膠溫度、模具溫度與頂出溫度等。熔膠溫度的設定主要會影響產品加工性的難易，若熔膠溫度過低則塑料黏度較高，成品較難加工而容易發生短射。模具溫度的設定主要會影響模溫分佈與塑料熱傳行為，若模具溫度過低則塑料較易提早冷卻凝結，進而造成成品短射。頂出溫度的設定主要會影響冷卻過程，若頂出溫度過低則所需要的冷卻時間較長，影響產品所需的成形

週期時間。設定射出機台後可知道產品所需的成形條件是否已超出射出機台的限制

3-2-3 分析步驟

Moldex3D 提供一個與 Microsoft 作業系統相同的標準作業介面，操作流程如下：

1. 建立新的專案，輸入專案名稱，指定工作目錄位置，在編輯框中可輸入公司、分析者及專案備註等資料。
2. 匯入網格(Mesh)資料，開啓由 Rhino 所建立之網格檔(*.msh)，如圖 3-6。
3. 選擇加工材料，可由 Moldex3D 材料庫中選取或自訂材料庫。如圖 3-7 所示，選擇 CHI-MEI ABS PA-758 材料。並將所選擇材料加入專案中。從所選材料「內容(Content)」加工條件之溫度可以作為加工條件之設定。
4. 設定加工條件，選擇模具後可自動地得到模穴的體積，而加工精靈將根據模穴的體積建議所需的螺桿行程，避免螺桿行程設定錯誤。選擇塑膠材料後可自動地得到料溫、模溫及頂出溫度，並顯示適當的溫度設定範圍，若超出適當的範圍則會提出警告，以避免溫度設定的錯誤首先，依照現場實際加工條件設定如冷卻時間、開模時間、冷卻液溫度與流率等模具條件。再則，設定材料條件如料溫、模具溫度等。其次是射出機噸數、螺桿直徑、螺桿行程、流率、最大射壓...等資料之設定，應依照實際射出機台進行設定。
5. 完成模具的選定、塑料的選擇、射出機台的設定後，Moldex 加工條件精靈即會自動地產生模流分析所需要的加工條件，加工條件摘要表單列舉出充填(Filling)、保壓(Packing)、冷卻(Cooling)與模具之加工條件，應確認是否正確，如表 3-2。
6. 執行模流分析，在準備執行模流分析前，應先輸入網格模型、加工材料、加工條件等資料。最後選擇欲分析的項目進行分析。資料分析歷程中相關資訊如射出

壓力、已充填百分比、CPU 運算時間....等皆會呈現。

7. 觀看分析結果，例如流動充填過程如圖 3-8。也可以觀察各種參數隨時間變化之曲線，如圖 3-9 所示。

3-3 實驗材料種類及特性

3-3-1 ABS (丙烯青丁二烯苯乙烯)的由來：

丙烯青丁二烯苯乙烯 (Acrylonitrile butadiene styrene) 為 ABS 縮寫之全名，其別名有時亦稱為苯乙烯/共聚物調配物 (Styrene/Copolymer blends)。本實驗所採用的材料是 ABS 奇美 PA-758，表 3-5 為物性表。

3-3-2 ABS 的各種特性：

早期的 ABS 是利用輕交聯橡膠(NBR)和 SAN 聚物調配而成，現在則是以塑化苯乙烯 (polymerising styrene)、丙烯青(acrylonitrile) 及聚丁二烯 (polybutadiene) 混為一種丁二烯 孔膠 (latex)，再加入苯乙烯丙烯青(SAN)熔合成塑料。在化工序中，同期加入添加劑，如穩定劑，潤滑劑和染色料等。SAN 佔總成份 70% 以上，經混合的聚丁二烯因為含有大量橡膠，故可為其他塑料如 PVC 的耐沖擊改良劑。只要改變其單體比例、化合方法，橡膠粒子的尺寸(和數量)，交聯密度和 SAN 的分子量，便有可能生產出一系列有不同沖擊強度、易流動性和顏色等的物料。通常隨著 SAN 份子量增加，ABS 的強度和剛性亦會提升；如橡膠含量增加，ABS 的強度、硬度、抗熱性和剛性便會減少。總之，這種材料可分為注塑等級和擠壓等級，再分為中、高、特高耐沖擊級，亦有其他等級如高熱、電鍍和防火級。

一般來說，ABS 是一種硬而韌的物料，即使處於低溫中仍具有高度抗沖擊力，吸水又低，是上佳的絕緣體，其電器性質不受濕度影響。通常呈透明或半透明色製成塑件帶有光澤，尺寸穩定，模面覆製能力高。表面不易磨損，但耐老化能力低。比 TPS 有較佳的抗熱能力及耐沖擊強度；又比 PP 有較佳的翹曲模數。但對缺口的敏感程度則不及 PC 及 PA。將 ABS 和其他塑料調配便可擴大其用途，例如：用 PC 或 SAM 能提高其熱變形溫度，用 PVC 能提高其防火性能，這些摻混塑料的黏度比一般 ABS 為高。在聚合過程中，若有部份或全部苯乙烯

被另一單體如 α -甲基乙烯取替，可製成一種具有較佳、耐熱性能的塑料。用 SMA 摻混也可製成一種具有低熱熔黏度的耐熱級塑料，成本相若。選用 MMA 為第四個單體可製出透明的 ABS，並可協調其他單體的折射率。市面上的 ABS 最高透光率可達 80%，模糊程度為 10%，而其他特性與中耐沖擊級一般 ABS 相若。將氯化 PE 結合 SAN 料可製成另一種 ABS，名為 ACS，比 ABS 有較佳的防火性、抗熱性和抗塵積力，但加工穩定性較差。加入烯烴類彈性體可改良 SAN，使它具有類似 ABS 的特性，並有較佳抗老化能力。

3-3-3 ABS 的加工應用

ABS 料在 -40°C 至 100°C (-40°F 至 212°F) 下性質仍可保持不變。例如，它有很高的凹凸沖擊強度(每寸凹凸口可達 11.5 ft lbs)，熱變形溫度可達 100°C (212°F)，有高度剛性及上佳的加工條件，表面光滑，而且價錢相宜。更可接受電鍍，故被廣泛應用於汽車製造業，好像發熱線、反光鏡外殼、車輪蓋、通風口及儀錶板等。顏色持久不變及防火的級別則宜用於文儀機械外殼。可因應顧客需求而加強某方面的特質(如抗熱、沖擊強度等)。ABS 的主要市場汽車製造業須求大量光滑程度的等級(即粗糙的物料)，因為無須作事後的油漆。普遍應用於喉管及接口零件，更主要的是雪櫃。電器市場利用 ABS 作為發電機、吸塵機、風扇及廚房用具。近年更擴展至商業和家居電子業，製造電腦、文字處理器、影印機、電話等外殼。有電磁保護作用(EMI)的製品可以用基料混合碳纖維、鉛纖維或鋁片等導體製成。ABS 在重型用途上的作用亦日漸擴大，因為其尺寸穩定性良好而蠕變(Creep) 性低。

3-3-4 加工建議條件

A. 乾燥：在 85°C 下，乾燥 3~5 小時。

依以下變數而變：a) 濕度 b) 回收料比例 c) 儲存條件

B. 射出機套筒(Barrel)設定溫度，如圖 3-10。顯示較佳的射出溫度為 230~240°C

C. 模具溫度：50~70°C。

依以下變數而變：a) 製品厚度 b) 尺寸 c) 澆口(Gate)及流道(Runner)系統

D.

射壓 50~80 kg/cm²

保壓 20~50 kg/cm²

背壓 5~10 kg/cm²

3-4 拉伸試驗

3-4-1 簡介

拉伸試驗 (tensile test) 係指測定材料在拉伸載荷作用下的一系列特性的試驗，又稱抗拉試驗。它是材料機械性能試驗的基本方法之一，主要用於檢驗材料是否符合規定的標準和研究材料的性能。

3-4-2 原理

試片經拉伸試驗後可依據拉力與位移之關係得到工程應力-工程應變曲線圖，如圖 3-11 所示。

藉由工程應力-應變曲線可得到一些重要參數，說明如下：

1. 比例限與彈性限：如圖 3-11(a)中所示，當外加應力不超過 P 點時，其應力 (σ) 與應變 (ϵ) 成直線比例關係，即滿足虎克定律(Hooke's Law)：

$$\sigma = E\epsilon$$

斜率即為比例常數 E 或稱之為楊氏係數(Young's modulus)，此 P 點之應力值，以 σ_p 來表示，即稱為比例限(Proportional limit)。當外加應力大於比例限後，應力-應變關係不再是呈直線關係，但變形仍屬彈性，亦即當外力釋放後，變形將完全消除，試片恢復原狀。直到外加應力超過 E 後，試片已經產生塑性變形，此時若

將外力釋放，試片不再恢復到原來的形狀。此 E 點所對應的應力，以 σ_e 來表示，即稱為彈性限。一般金屬與陶瓷之比例限與彈性限大致相同。

降伏點與降伏強度：有些材料具有明顯的降伏現象，有些材料則不具明顯降伏點，如圖三所示。超過彈性限後，如繼續對試片施加荷重，當到達某一值時，應力突然下降，此應力即為降伏強度，可被定義為在材料產生降伏時拉力(P)除以原截面積。

應力下降之後維持在一定值，但應變仍持續增加，此種明顯降伏現象一般可在中碳鋼的測試中被發現，但大部分金屬（如鋁、銅、高碳鋼）並不具有明顯的降伏現象，如圖 3-11(b)所示。此時降伏點之訂定並不容易，最常用的方法是以 0.2 % 或 0.002 截距降伏強度(Offset yield strength)表示之。此點之訂定即為從應變軸上之 0.002 位置畫一平行比例線之直線，此直線與應力-應變曲線相交於一點，此點之應力即為 0.2% 截距降伏強度。

最大抗拉強度與破斷強度：材料經過降伏現象之後，繼續施予應力，此時產生應變硬化（或加工硬化）現象，材料抗拉強度隨外加應力的提升而提昇。當到達最高點時該點的應力即為材料之最大抗拉強度(Ultimate tensile strength, UTS)，如圖 3-11 所示。

P_{max} 為材料在最大抗拉強度時所受之負荷， A_0 為材料之原截面積。對脆性材料而言，最大抗拉強度為重要的機械性質；但對於延性材料而言，最大抗拉強度值並不常用於工業設計上，因為在到達此值之前，材料已經發生很大的塑性變形。

試片經過最大抗拉強度之後，開始由局部變形產生頸縮現象(Necking)，之後進一步應變所需之工程應力開始減少，伸長部分也集中於頸縮區。試片繼續受到拉伸應力而伸長，直到產生破斷，此應力即為材料之破斷強度(Breaking strength)。破斷強度(σ_f)可被定義為破斷時之負荷(P_f)除以原截面積(A_0)。

3-4-3 性能指標

拉伸試驗可測定材料的一系列強度指標和塑性指標。強度通常是指材料在外力作用下抵抗產生彈性變形、塑性變形和斷裂的能力。材料在承受拉伸載荷時，當載荷不增加而仍繼續發生明顯塑性變形的現象叫做屈服(或稱 " 降服 ", Yield)。產生屈服時的應力，稱屈服點或稱物理屈服強度，用 σ_S (帕, Pascal) 表示。工程上有許多材料沒有明顯的屈服點，通常把材料產生的殘餘塑性變形為 0.2% 時的應力值作為屈服強度 (Engineering Strain)，稱條件屈服極限或條件屈服強度 (Engineering Stress)，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。材料在斷裂前所達到的最大應力值，稱抗拉強度或強度極限，用 σ_b (帕)表示。

塑性是指金屬材料在載荷作用下產生塑性變形而不致破壞的能力，常用的塑性指標是延伸率和斷面收縮率。延伸率又叫伸長率，是指材料試樣受拉伸載荷摺斷後，總伸長度同原始長度比值的百分數，用 δ 表示。斷面收縮率是指材料試樣在受拉伸載荷拉斷後，斷面縮小的面積同原截面面積比值的百分數，用 ψ 表示。條件屈服極限 $\sigma_{0.2}$ 、強度極限 σ_b 、伸長率 δ 和斷面收縮率 ψ 是拉伸試驗經常要測定的四項性能指標。此外還可測定材料的彈性模量 E 、比例極限 σ_p 、彈性極限 σ_e 等。

3-4-4 試驗方法

拉伸試驗在材料試驗機上進行。試驗機有機械式、液壓式、電液或電子伺服式等型式。試樣型式可以是材料全截面的，也可以加工成圓形或矩形的標準試樣。鋼筋、線材等一些實物樣品一般不需要加工而保持其全截面進行試驗。試樣製備時應避免材料組織受冷、熱加工的影響，並保證一定的光潔度。

試驗時，試驗機以規定的速率均勻地拉伸試樣，試驗機可自動繪製出拉伸曲線圖。對於低碳鋼等塑性好的材料，在試樣拉伸到屈服點時，測力指針有明顯的抖動，可分出上、下屈服點 (σ_{su} 和 σ_{sl})，在計算時，常取 σ_{sl} 。材料的 δ 和 ψ 可將試驗斷裂後的試樣拼合，測量其伸長和斷面縮小而計算出來。

3-4-5 拉伸曲線圖

由試驗機繪出的拉伸曲線，實際上是載荷－伸長曲線，如圖 4-13 拉伸曲線圖)，如將載荷坐標值和伸長坐標值分別除以試樣原截面積和試樣標距，就可得到應力－應變曲線圖 (stress-strain curve)。圖中 op 部分呈直線，此時應力與應變成正比，其比值為彈性模量， P_p 是呈正比時的最大載荷， p 點應力為比例極限 σ_p 。繼續加載時，曲線偏離 op ，到 e 點，這時如卸去載荷，試樣仍可恢復到原始狀態，若過 e 點試樣便不能恢復原始狀態。 e 點應力為彈性極限 σ_e 。工程上由於很難測得真正的 σ_e ，常取試樣殘餘伸長達到原始標距的 0.01% 時的應力為彈性極限，以 $\sigma_{0.01}$ 表示。繼續加載荷，試樣沿 es 曲線變形達到 s 點，此點應力為屈服點 σ_s 或殘餘伸長為 0.2% 的條件屈服強度 $\sigma_{0.2}$ 。過 s 點繼續增加載荷到拉斷前的最大載荷 b 點，這時的載荷除以原始截面積即為強度極限 σ_b 。在 b 點以後，試樣繼續伸長，而橫截面積減小，承載能力開始下降，直到 k 點斷裂。斷裂瞬間的載荷與斷裂處的截面的比值稱斷裂強度。

表3-1 德國 ARBURG 進口 320C 成型機之機械性能表

機型	320C	
射出單元		
理論射出容積	cm^3	70
實際射出重量PS	g	64
膠化能量PS	kg / hr	42
最高射出壓力	Mpa	155
射出率	cm^3 / sec	180
螺桿直徑	mm	35
螺桿細長比		20.7
螺桿轉速/最大扭矩	$rpm / kg.m$	260/60
射出行程	mm	160
射座行程	mm	120
噴嘴封閉力	ton	2.77
料管總加熱量	kw	6.6
鎖模單元		
鎖模力	ton	60
最大開模行程	mm	350
模板全開距離	mm	550
容積厚度(最大-最小)	mm	100-400
模板尺寸(水平*垂直)	mm	446*446
柱內尺寸(水平*垂直)	mm	360*360
頂出行程	mm	125
頂出力	kN	30



圖3-1 德國 ARBURG 進口 320C 成型機之外觀圖

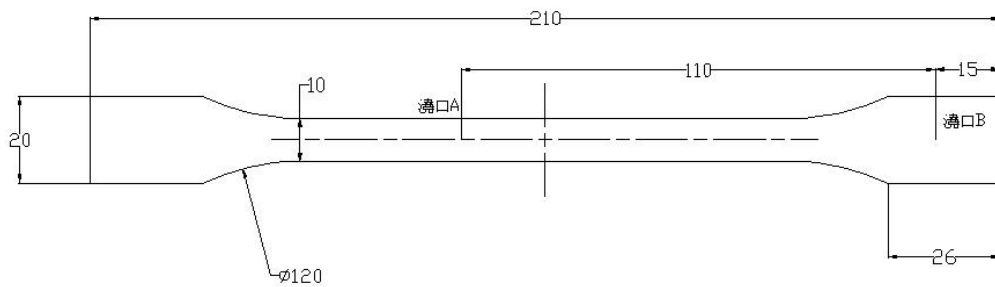


圖 3-2 射出成品拉伸試片規格圖

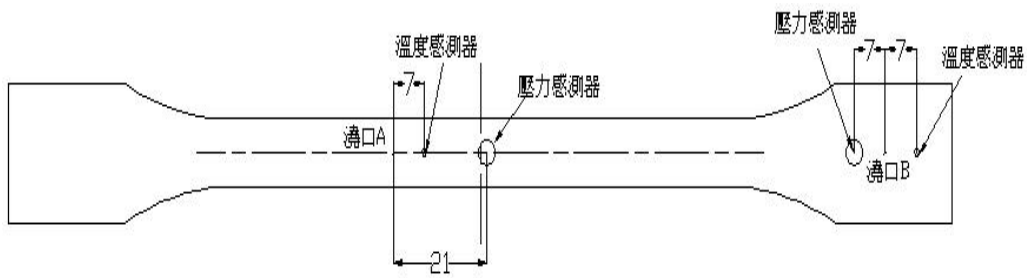


圖 3-3 成品尺寸與澆口、模穴壓力感測器位置示意圖

表 3-2 priamus 4003A 模穴溫度感測器規格

項目	單位	數值
誤差範圍	°C	$dT = \pm 0.004 * T$
回應時間	ms	4-10
連接器操作溫度	% / °C	0.01
模溫範圍	°C	0~200
料溫範圍	°C	< 600

表 3-3 priamus 6001B 模穴壓力感測器規格

項目	單位	數值
範圍	bar	0-2000
載重	bar	ca. -10
敏感度	Pc/bar	0.01
最大模溫	°C	200
自然頻率	kHz	>80

表 3-4 材料試驗機規格表

萬能材料試驗機	
技術參數	規格
測試量程	5 KN (1100 lbf)

速度範圍	0.01 - 1020 mm/min
位移解析度	優於 0.2%
應變測試精度	引伸計讀數的 0.5%
位移解析度	優於 0.05 μm
橫樑行程	1000 mm
延長行程	1500 mm (LR10KPlus-E)
資料獲取	8 KHz
螢幕顯示	40 鍵 X 4 行 LCD 顯示
資料輸出	RS232
電源	115/230 Vac、50-60 Hz
載荷解析度	載荷傳感器載荷能力的 0.005%
測試標準	符合 BS EN ISO7500-1、ASTM E4、DIN 51221
重量	105 Kg

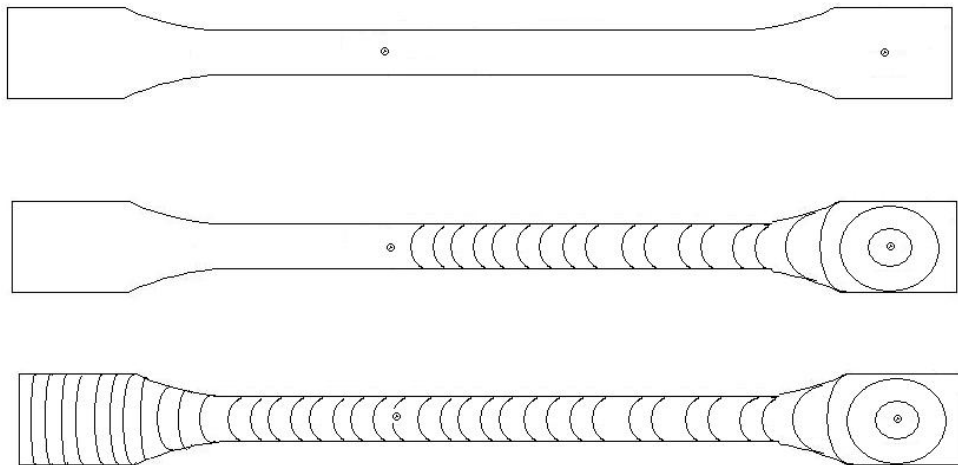


圖 3-4 所示 澆口開啓示意圖

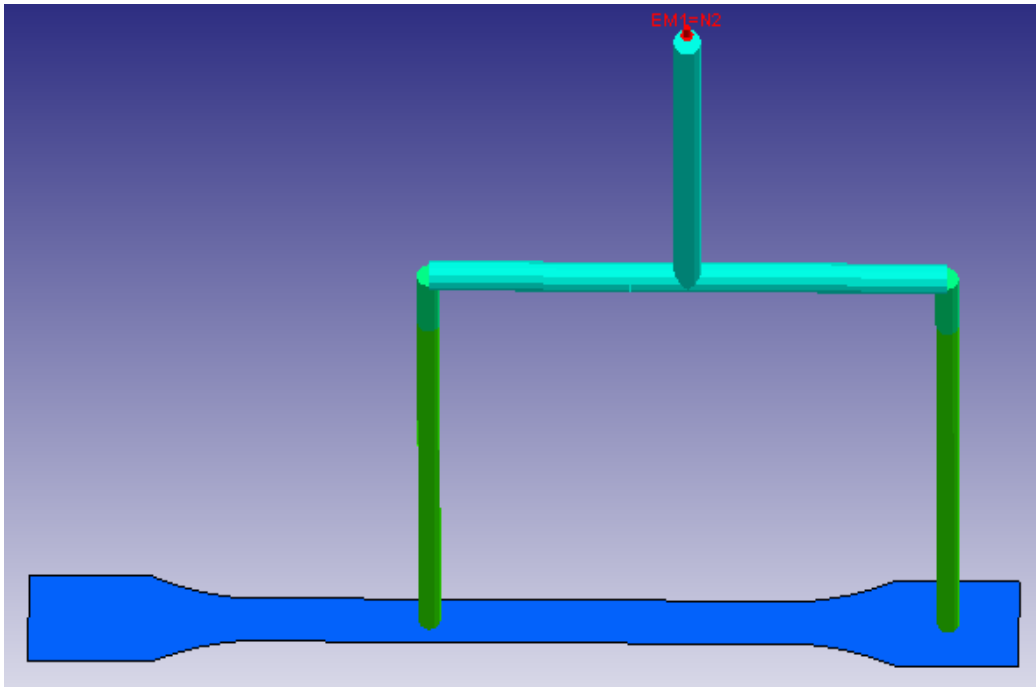


圖 3-5 模型資料存成Moldex3D 檔案

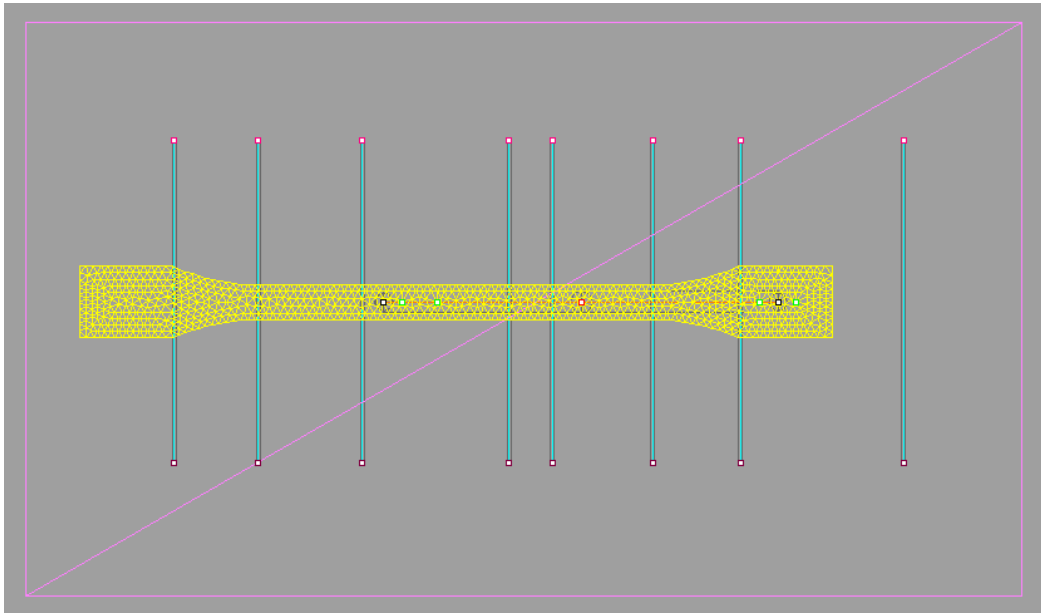


圖 3-6 Rhino 所建立之網格檔

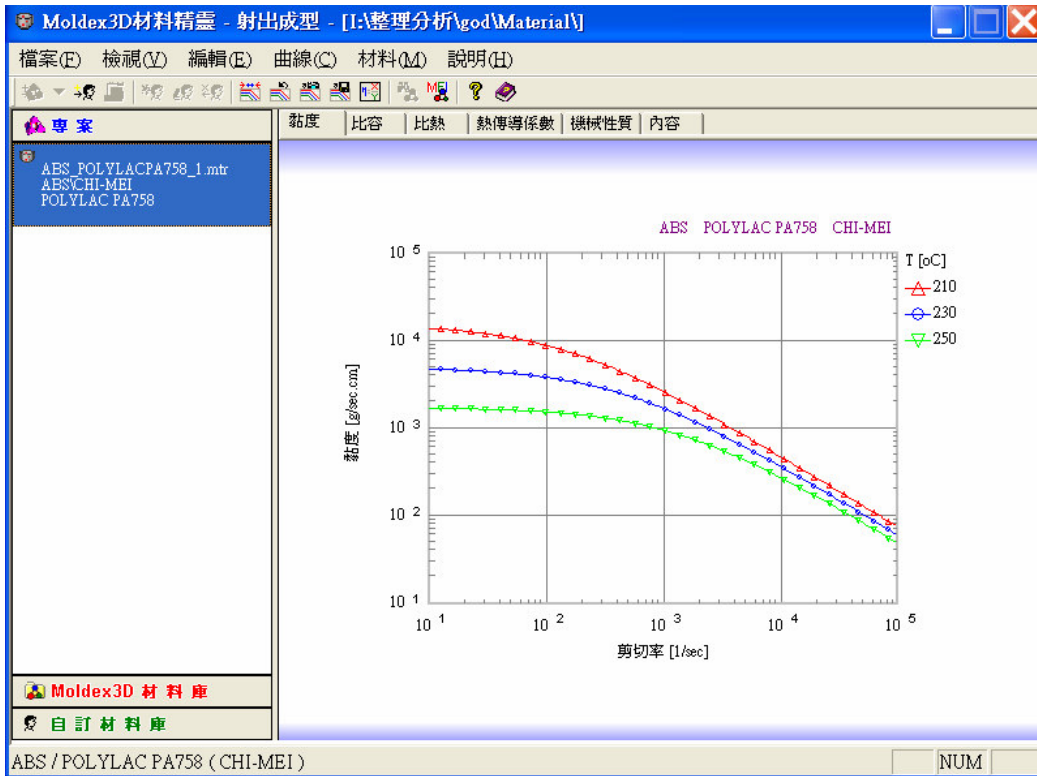


圖 3-7 材料檔

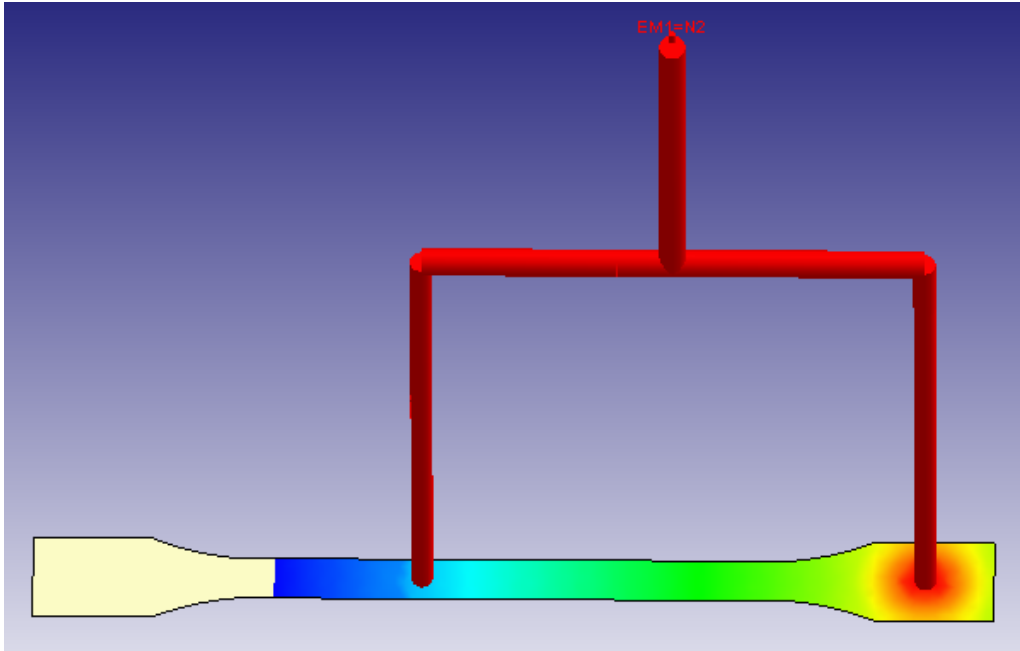


圖 3-8 流動充填過程

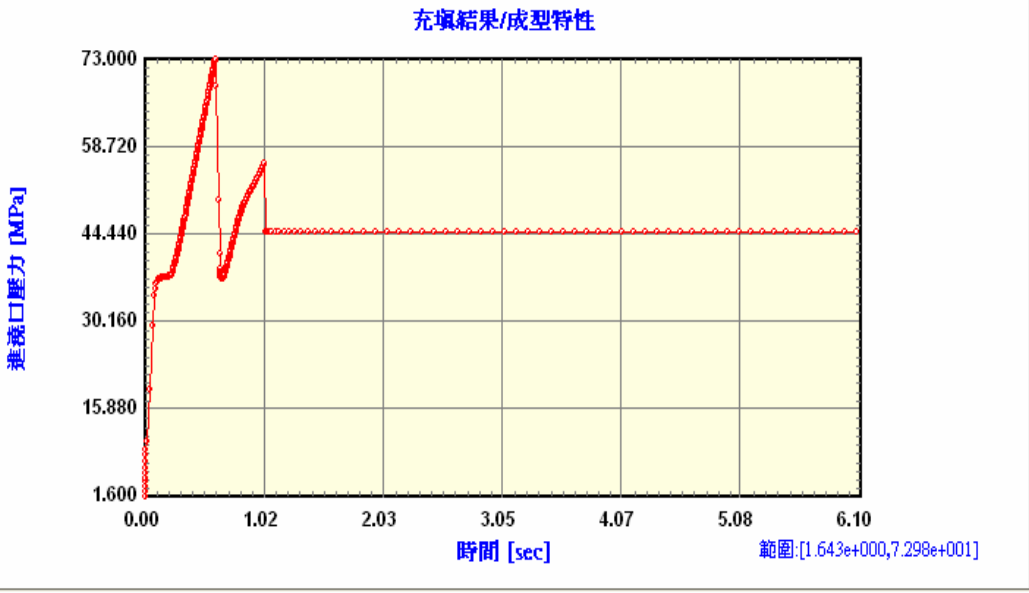
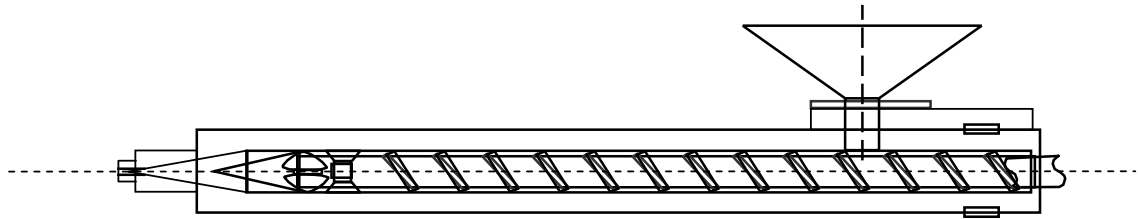


圖 3-9 參數隨時間變化曲線

表3-5 奇美 PA-758 物性表

特 性 (Properties)	測試方法 (Test Method)	測試條件 (Test Condition)	單位 (Unit)	PA-758
引張強度 Tensile	ASTM D638	1/8" ,6 mm/min	Kg/cm ² (lb/in ²)	415(5990)
彎曲強度 Flexural Strength	ASTM D790	1/4" ,2.8 mm/min	Kg/cm ² (lb/in ²)	550 (7780)
彎曲彈性率 Flexural Modulus	ASTM D790	1/4" ,2.8 mm/min	Kg/cm ² (lb/in ²)	19000 (270000)
衝擊強度 Izod Impact Strength	ASTM D256 (Notched)	1/4" ,23°C	Kg-cm/cm	16
流動係數 Melt Flow Index	ASTM D1238	200°C ,5Kg	g/10min	3
比重 Specific Gravity	ASTM D792	23°C		1.08
軟化點 Vicat Softening	ASTM D1525	1/8" ,50°C/hr	°C(°F)	105 (221)
熱變形溫度 H.D.T	ASTM D-648	1/4" , 120°C/hr	°C(°F)	88(190)
濁度 Haze	ASTM D1003	18		4.0
光線透過率 Light Transmission	ASTM D1003	1/8"	%	9.0
燃燒率 Flammability	UL 94			1/16" HB



	計量區	壓縮區	進料區
最高(°C)	250	250	220
最低(°C)	220	220	200

圖 3-10 射出機套筒設定溫度

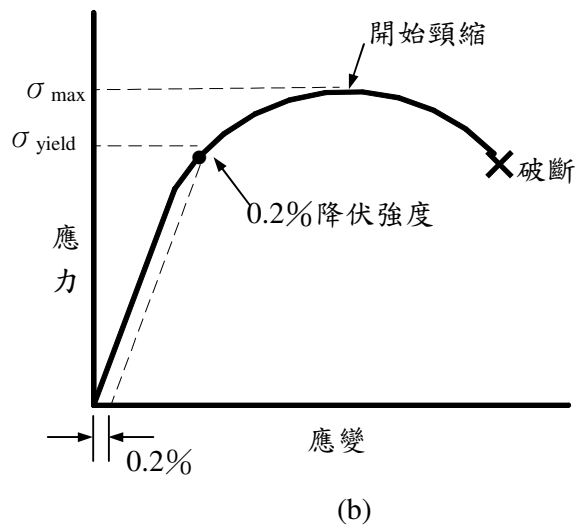
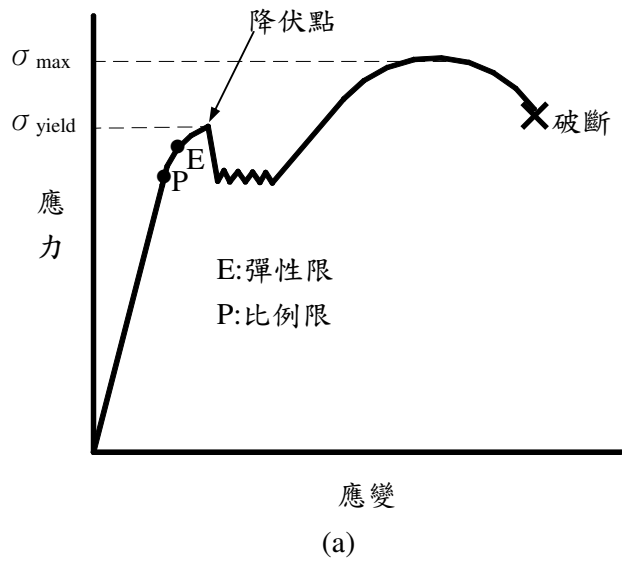


圖 3-11、應力-應變曲線圖。(a)具有明顯降伏強度，(b)不具明顯降伏強度，訂定從應變軸上 0.002 位置畫一平行比例線之直線與 $\sigma-\varepsilon$ 曲線相交於一點，該點即為 0.2% 截距降伏強度。

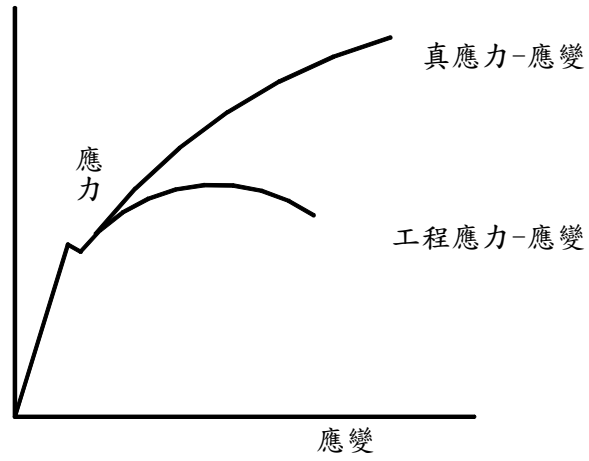


圖 3-12、真應變-應力與工程應變-應力曲線之比較

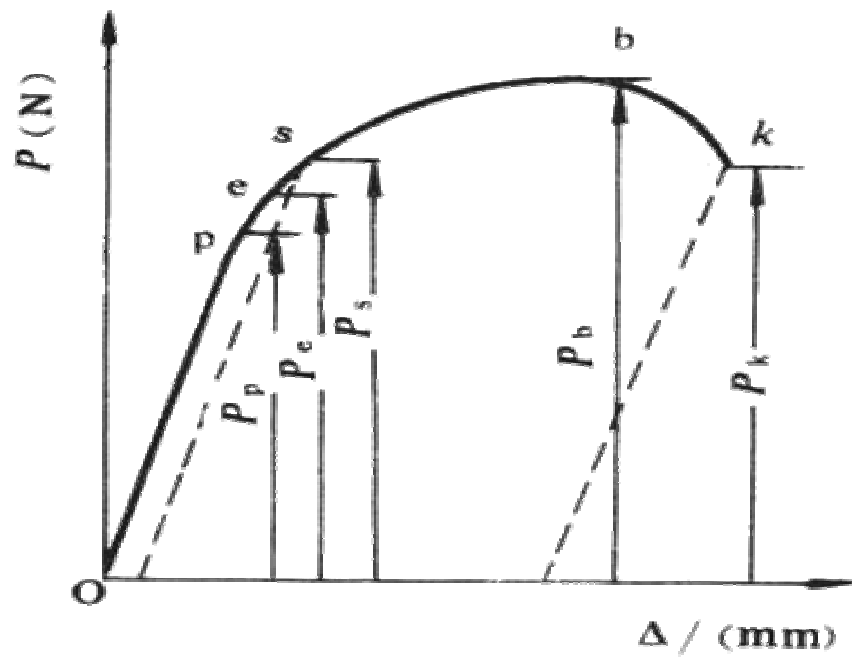


圖 3-13 拉伸曲線圖

四、實驗結果與討論

本章節對於熱澆道時序閥澆口模具消除縫合線之拉伸試片，配合不同料溫、模溫、保壓壓力及射出速度等製程條件，作拉伸試驗所得到的數據。比較與討論在實際射出之前所做的模流分析，在不同製程條件的改變對機械性質的影響做一說明。

4-1 Moldex 模擬之結果

在實際做射出之前，先用模流分析軟體模擬其充填與保壓結果，為了方便設計日後實際射出之實驗參數，先找出最佳之一組實驗參數，其結果為料溫 230°C、模溫為 70°C、保壓壓力為 75Mpa 保壓時間為 5.5 秒及射出速度為 5%，依照前述之射出條件下去更改接下來要做的參數設定，依照模流分析軟體中之建議設定其料溫適合之範圍在 210~240°C，所以料溫之參數設定為 220、230、240°C，模溫建議設定其適合之範圍在 48~72°C，故模溫之參數設定為 50、60、70°C，而射出速率則調整為 2%、4%、6%、8%，保壓壓力則為前述之參數模流分析之後得知其充填結束壓力之 80%和 120%，實驗的參數數據及其部分結果如表 4-1 所示。

在第三章實驗方法中，已有描述在實際射出時，會搭配溫度和壓力感測器，以利於得知模內充填過程中溫度和壓力的變化，而其擺放位置也於第三章有所描述，故不再加以敘述，而在模擬過程中，亦於實際模具放置感測器位置放感測節點，如圖 4-1。也因此可以得知其中感測節點之相關模擬射出資訊，包含溫度、壓力、剪切應力、流率、密度...等等，而本論文之模流分析結果，主要參考感測節點之壓力與溫度，來判斷兩時序閥澆口之膠料相接合時之溫度差，或保壓之兩端感測節點之壓力差，以推測實際射出之後成品之強度問題。

模擬出來之結果，主要參考其溫差結果，當溫差越大，對兩股融膠而言則會視為兩個不同物體之相結合，但溫差越近，其兩股融膠性質接近，結合程度亦會有所影響，相對的強度也會跟著溫差的大小有所改變。所謂溫差即表示兩股融膠所相結合時的融膠溫差，在靠近第二個澆口位置放一感測節點，模擬時可得知當融膠經過此點位置時的溫度，所得之值與第二個澆口射出之融膠溫度相減即得溫差值，而第二個澆口射出之融膠溫度值，則為設定之料溫值。再來另一個參考的

指標就是壓力差了，如果在保壓之後，其成品整個的壓力差接近的話，對成品的強度也是有幫助的，因為壓力平均分佈於成品，相對提昇成品的強度，這邊的壓力差值，是擷取分別在保壓之後，與前述兩個壓力感測器放置之相同位置之壓力差。

4-1-1 在相同料溫下模溫在不同射出速率下對溫差的影響

料溫相同時，以模溫為變數，在不同射出速率之下，其表現出來之溫差結果，在料溫為 220 度時，如圖 4-2，在料溫為 230 度時，如圖 4-3，在料溫為 240 度時，如圖 4-4，其中可以看出模溫越高其溫差會變小，但可看出圖形中模溫不同的三條曲線幾近重疊也就是表示即使模溫越高其溫差有變小但影響並不大。

4-1-2 在相同模溫下料溫在不同射出速率下對溫差的影響

模溫相同時，以料溫為變數，在不同射出速率之下，其表現出來之溫差結果，在模溫為 50 度時，如圖 4-5，在模溫為 60 度時，如圖 4-6，在模溫為 70 度時，如圖 4-7，其中可以看出料溫越高其溫差會變小，但可看到圖形中料溫不同的三條曲線分別在圖形中的上、中、下方也就是表示料溫越高其溫差變小且料溫對溫差之影響非常之顯著。

4-1-3 在相同射出速率下模溫在不同料溫下對溫差的影響

射出速率相同時，以模溫為變數，在不同料溫之下，其表現出來之溫差結果，在射出速率為 3.2mm/s 時，如圖 4-8，在射出速率為 6.4mm/s 時，如圖 4-9，在射出速率為 9.6mm/s 時，如圖 4-10，在射出速率為 12.8mm/s 時，如圖 4-11，其中在這幾張圖裡，可以看出料溫越高其溫差會變小，模溫越高其溫差亦會變小。在這四張圖中，我們更可以得到與前面所述之結果一樣的佐證。

4-1-4 不同保壓對其壓力差之影響

模擬出之結果，在料溫 230℃、模溫為 60℃，在不同之射出速率下做不同之保壓壓力模擬，而保壓壓力分別為 50Mpa 與 70Mpa，其壓力差值如圖 4-12，其結果為較大的保壓壓力其壓力差值會較小，也就是說，其保壓之壓力較容易平均分

佈於成品之上。

4-2 實際射出之後做強度拉伸試驗之結果

在拉伸強度方面使用弘達公司之 HT-2102 萬能材料試驗機，採用的拉伸速率為 20mm/min，每一種條件各做三次拉伸試驗，取其平均值作為強度之結果。

4-2-1 在相同料溫下模溫在不同射出速率下對強度的影響

料溫相同時，以模溫為變數，在不同射出速率之下，其表現出來之強度結果，在料溫為 220 度時，如圖 4-13，在料溫為 230 度時，如圖 4-14，在料溫為 240 度時，如圖 4-15，其中可以看出模溫越高其強度會變小，但可看出圖形中模溫不同的三條曲線幾近重疊也就是表示即使模溫越高其強度有變大但影響並不大。

4-2-2 在相同模溫下料溫在不同射出速率下對強度的影響

模溫相同時，以料溫為變數，在不同射出速率之下，其表現出來之強度結果，在模溫為 50 度時，如圖 4-16，在模溫為 60 度時，如圖 4-17，在模溫為 70 度時，如圖 4-18，其中可以看出料溫越高其強度會變小，但可看到圖形中料溫不同的三條曲線分別在圖形中的上、中、下方也就是表示料溫越高其強度變大且料溫對溫差之影響非常之顯著。

4-2-3 在相同射出速率下模溫在不同料溫下對強度的影響

射出速率相同時，以模溫為變數，在不同料溫之下，其表現出來之溫差結果，在射出速率為 3.2mm/s 時，如圖 4-19，在射出速率為 6.4mm/s 時，如圖 4-20，在射出速率為 9.6mm/s 時，如圖 4-21，在射出速率為 12.8mm/s 時，如圖 4-22，其中在這幾張圖裡，可以看出料溫越高其強度會變大，模溫越高其強度亦會變大。在這四張圖中，我們更可以得到與前面所述之結果一樣的佐證。

4-2-4 不同保壓對其強度之影響

實際射出之結果，在料溫 230°C、模溫為 60°C 之射出條件下，在不同之射出

速率下做不同之保壓壓力之射出，而保壓壓力分別為 50Mpa 與，其強度值如圖 4-23，其間可發現拉伸試片的拉伸強度隨著保壓壓力之變化而差距很小，其結果保壓壓力為 70Mpa 時強度會稍微減弱，也就是說較大的保壓壓力其強度會較小。

4-3 結論

在本研究中，我們以不同成型條件射出的拉伸試片來探討熱澆道時序澆口消除縫合線的試片強度問題，主要研究項目是針對不同成型條件造成的成品強度探討，結論如下：

- 1.在本研究中料溫、模溫增加、射出速度或者保壓壓力減少時，試片的拉伸強度會有增加的趨勢。
- 2.在相同的條件下，料溫增加，粘度較低，增加充填流動性，摩擦生熱現象小，溫差也會變小，強度就會增加。
- 3.在相同的條件下，模溫增加，粘度較低，增加充填流動性，摩擦生熱現象小，溫差也會變小，強度就會增加。
- 4.在相同的條件下，射出速率增加，其摩擦生熱現象跟著增加，溫差也會變大，強度就會降低。
- 5.在相同的條件下，保壓壓力增加時拉伸強度會隨之變小。
- 6.在本實驗中，製程參數對於成品強度的影響性由大到小排列，分別為料溫>射出速度>模溫>保壓壓力，表示料溫在實驗中是很大的影響因素。
- 7.保壓結果中，本應為壓力差越小，強度會越好，因壓力平均分佈於成品，但實驗結果發現，因為本研究之成品為無縫合線，故每次拉伸斷裂位置皆位於澆口處，也因此推論，給予較大之保壓壓力其壓力集中於澆口處，會造成應力集中，也經

由光彈儀證實，如圖 4-24，導致反而會有保壓壓力越大，則強度反而會較弱的結果產生。

表 4-1 實驗參數表格

料溫	模溫	速度 % (mm/s)	澆口時間	充填結束壓力	保壓壓力	充填時間(sec)
220	50	2 (3.2)	1.2	54	50	2.134
					70	
		4 (6.4)	0.6	57	50	1.028
					70	
	6 (9.6)	0.4	61	50	0.674	
				70		
	8 (12.8)	0.3	65	50	0.504	
				70		
	60	2 (3.2)	1.2	52	50	2.123
					70	
		4 (6.4)	0.6	56	50	1.022
					70	
	6 (9.6)	0.4	61	50	0.675	
				70		
	8 (12.8)	0.3	66	50	0.501	
				70		
70	2 (3.2)	1.2	52	50	2.1	
				70		
	4 (6.4)	0.6	56	50	1.024	
				70		
6 (9.6)	0.4	61.5	50	0.67		
			70			
8 (12.8)	0.3	66	50	0.5		
			70			
230	50	2 (3.2)	1.2	44	50	2.117
					70	
		4 (6.4)	0.6	47	50	1.025
					70	
	6 (9.6)	0.4	51	50	0.675	
				70		
	8 (12.8)	0.3	55	50	0.5	
				70		
	60	2 (3.2)	1.2	43	50	2.106
					70	
		4 (6.4)	0.6	47	50	1.02
					70	
6 (9.6)	0.4	51	50	0.673		
			70			
8 (12.8)	0.3	54	50	0.5		
			70			

	70	2 (3.2)	1.2	42	50	2.09
					70	
		4 (6.4)	0.6	46	50	1.02
					70	
	6 (9.6)	0.4	49.5	50	0.668	
				70		
	8 (12.8)	0.3	53	50	0.498	
				70		
240	50	2 (3.2)	1.2	37	50	2.09
					70	
		4 (6.4)	0.6	39	50	1.01
					70	
	6 (9.6)	0.4	42	50	0.67	
				70		
	8 (12.8)	0.3	45	50	0.499	
				70		
	60	2 (3.2)	1.2	36	50	2
					70	
		4 (6.4)	0.6	38	50	1.01
					70	
	6 (9.6)	0.4	42	50	0.668	
				70		
	8 (12.8)	0.3	45	50	0.49	
				70		
	70	2 (3.2)	1.2	35	50	2.08
					70	
		4 (6.4)	0.6	38	50	1.01
					70	
6 (9.6)	0.4	41	50	0.667		
			70			
8 (12.8)	0.3	45	50	0.49		
			70			

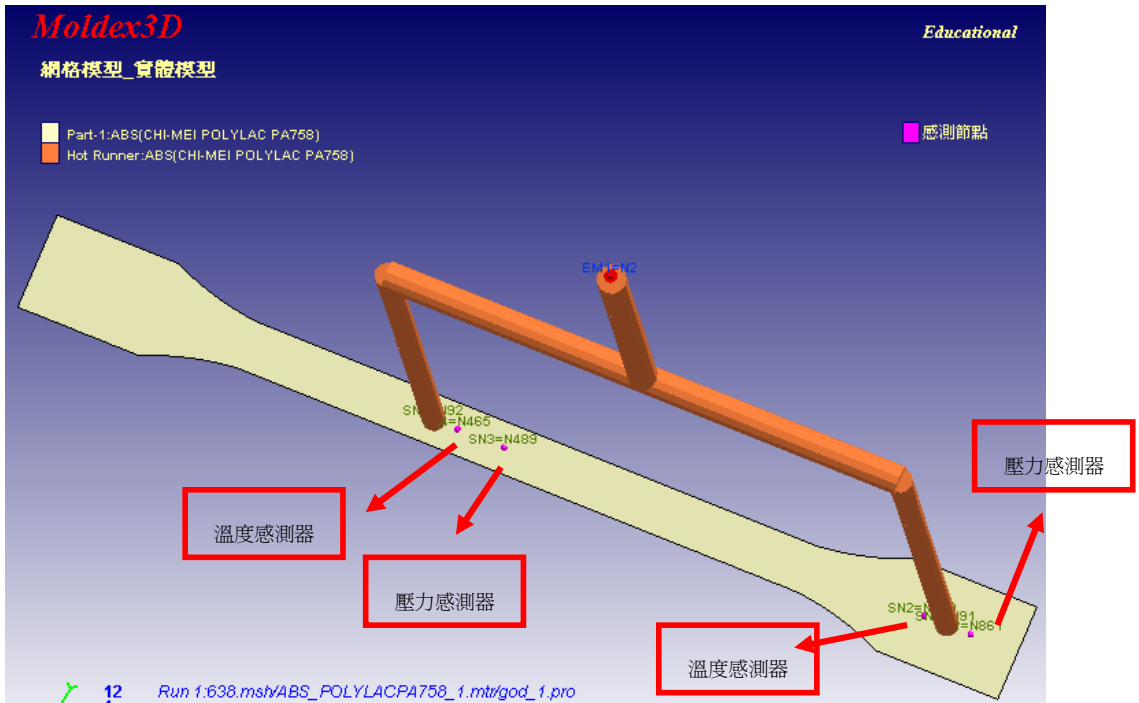


圖 4-1 模流分析感測節點放置示意圖

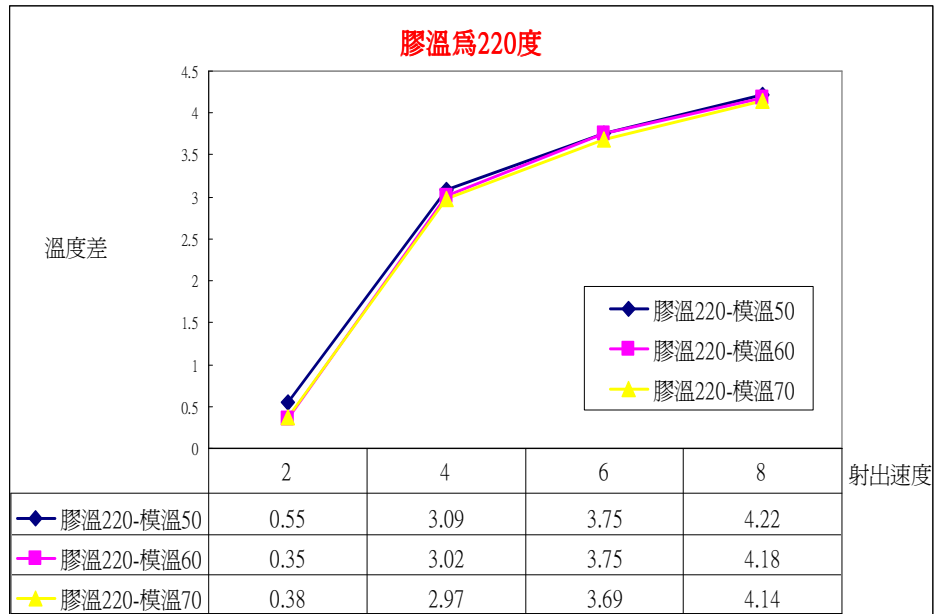


圖 4-2 料溫 220 度，不同模溫下，射出速率與溫差之關係圖

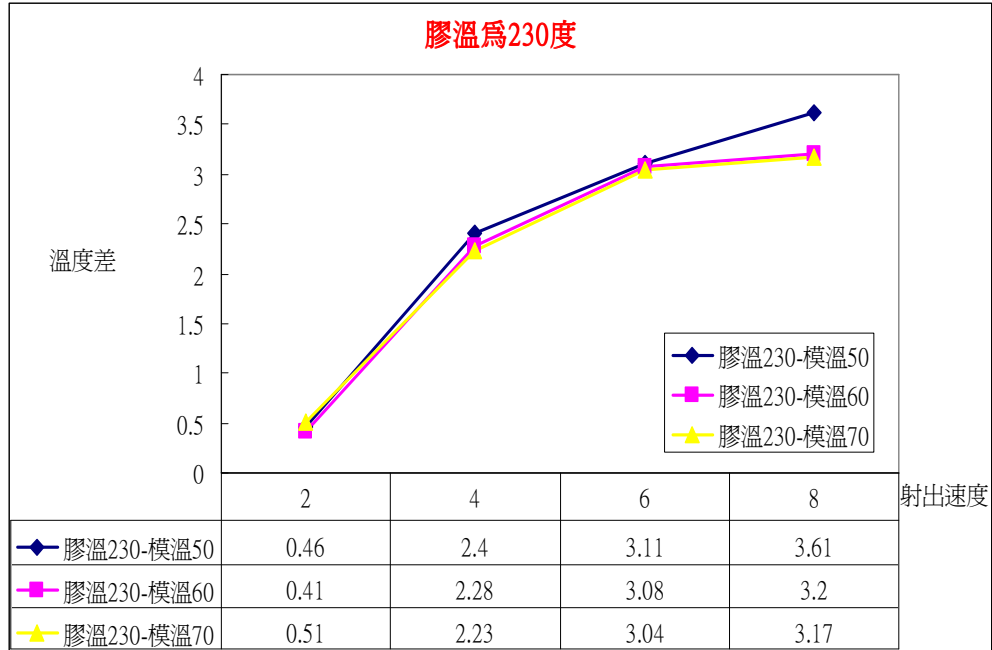


圖 4-3 料溫 230 度，不同模溫下，射出速率與溫差之關係圖

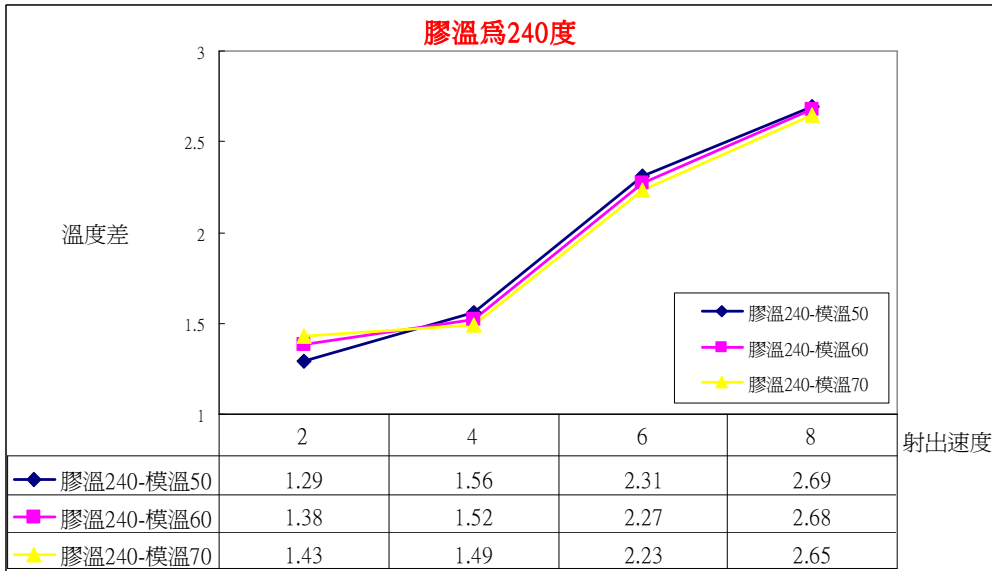


圖 4-4 料溫 230 度，不同模溫下，射出速率與溫差之關係圖

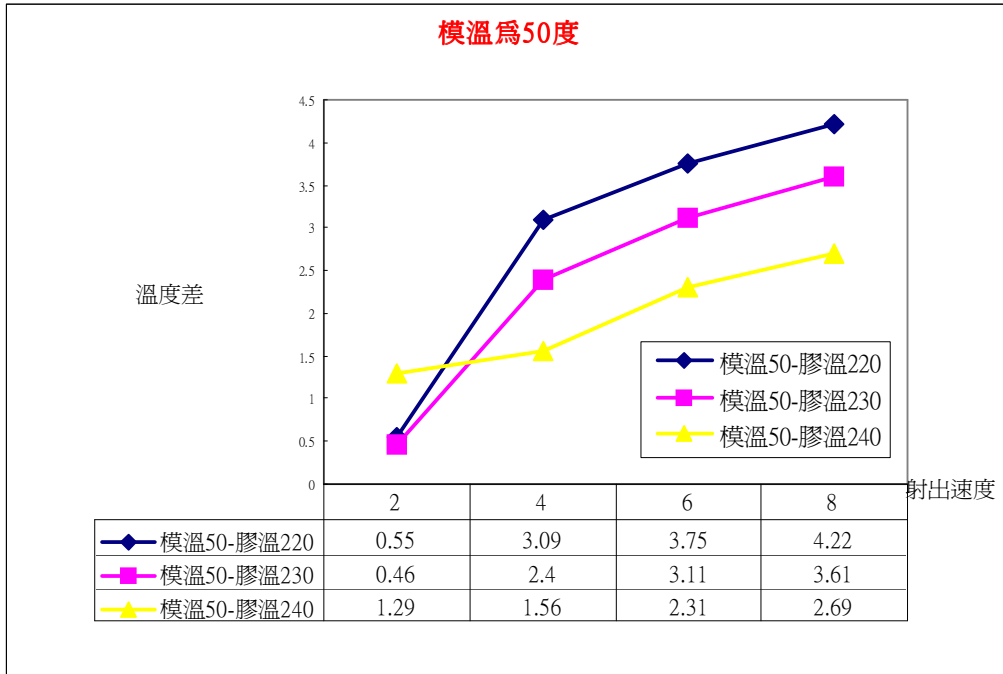


圖 4-5 模溫 50 度，不同膠溫下，射出速率與溫差之關係圖

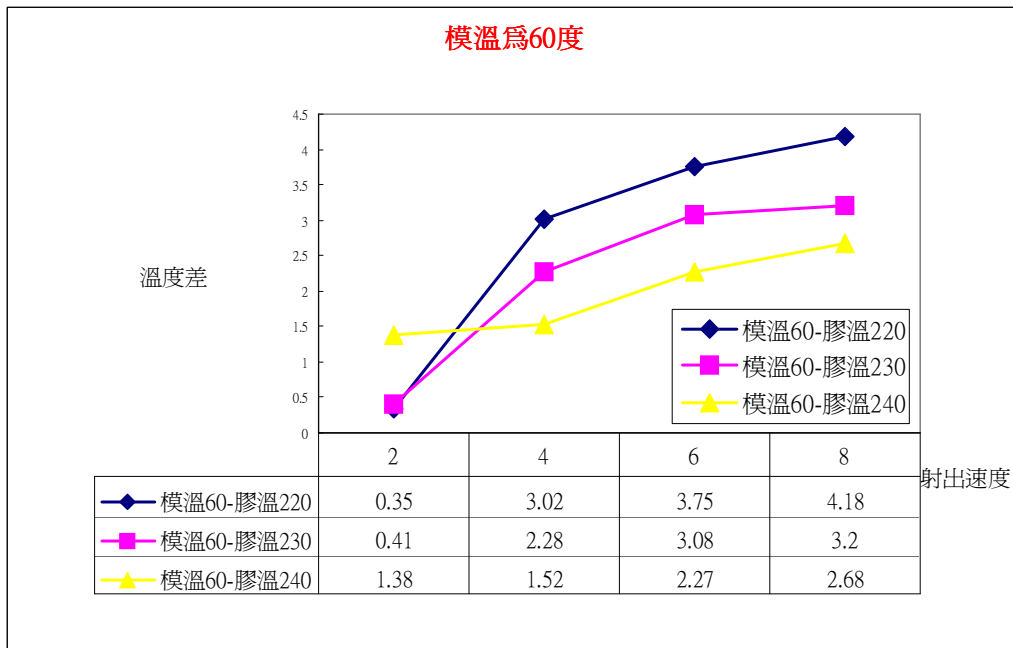


圖 4-6 模溫 60 度，不同膠溫下，射出速率與溫差之關係圖

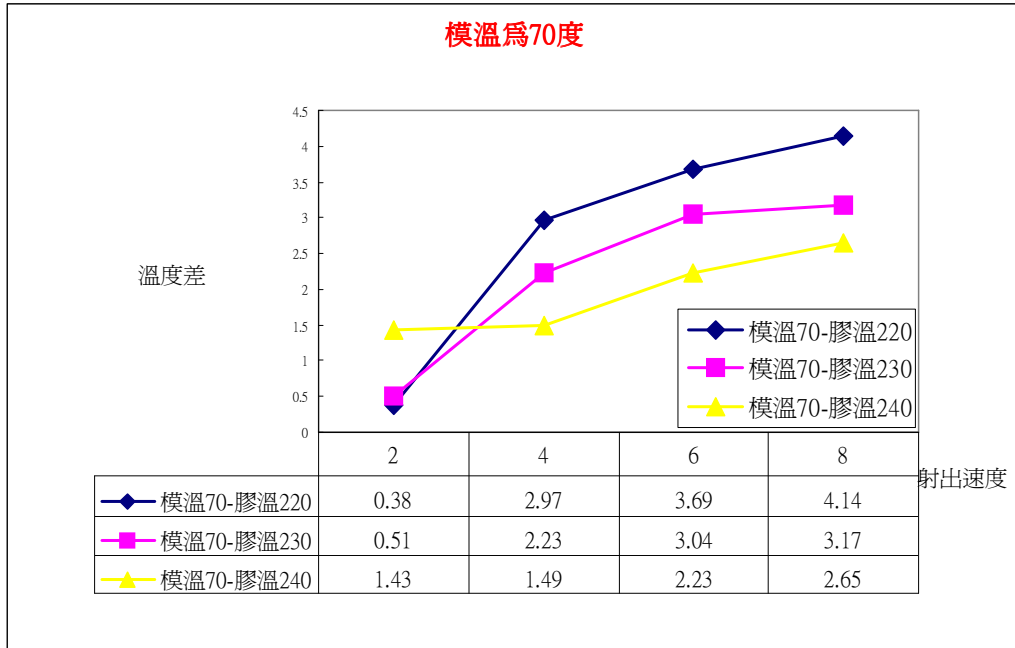


圖 4-7 模溫 60 度，不同膠溫下，射出速率與溫差之關係圖

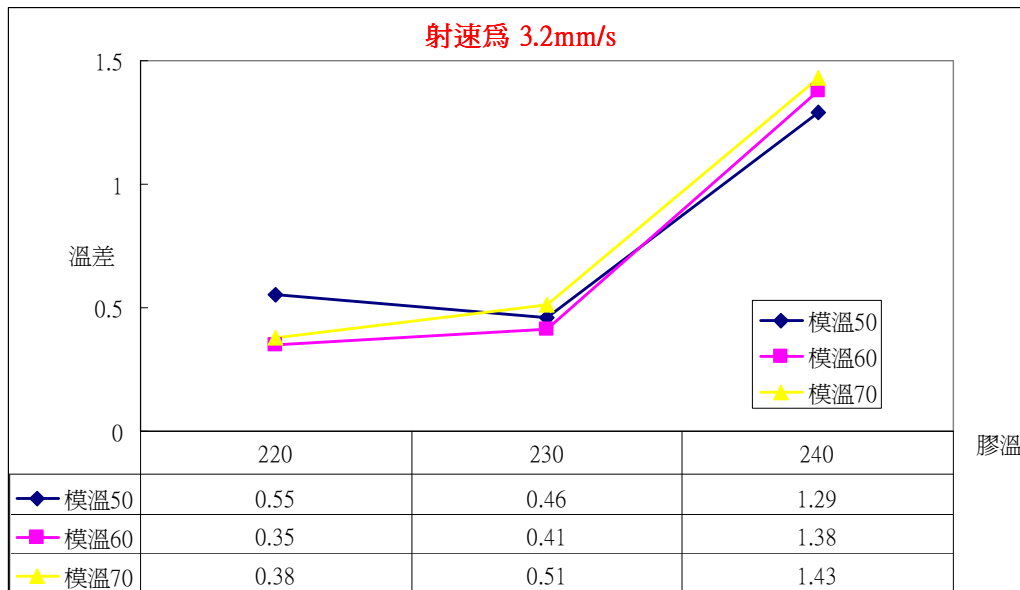


圖 4-8 射出速率 3.2mm/s，不同模溫下，膠溫與溫差之關係圖

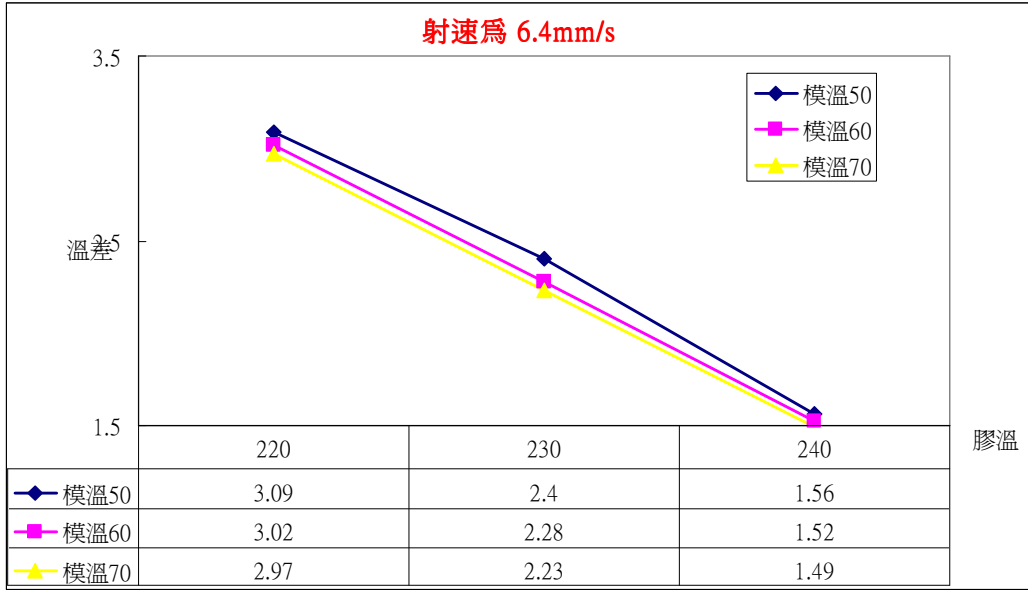


圖 4-9 射出速率 6.4mm/s，不同模溫下，膠溫與溫差之關係圖

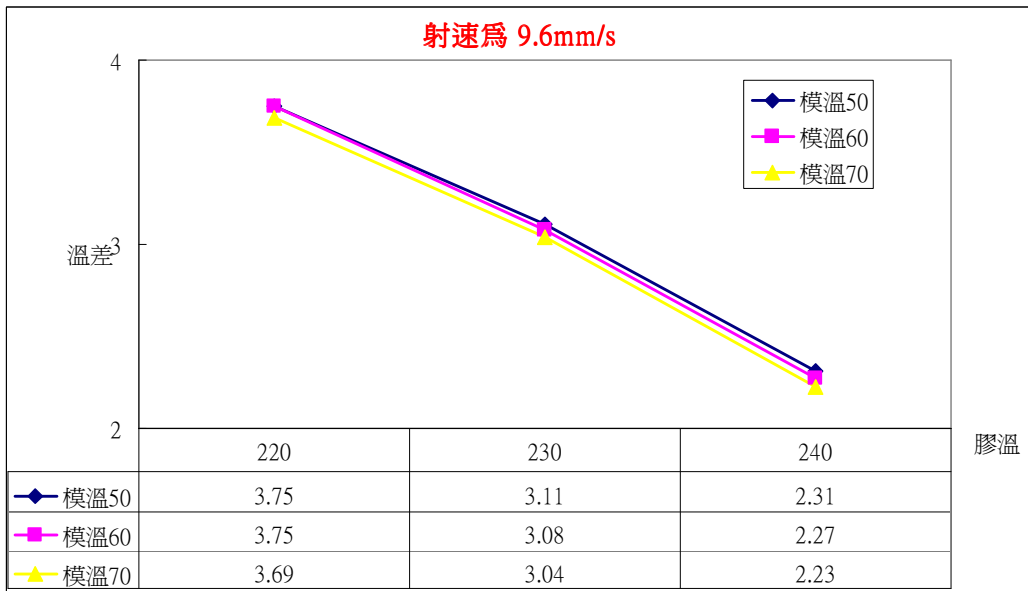


圖 4-10 射出速率 9.6mm/s，不同模溫下，膠溫與溫差之關係圖

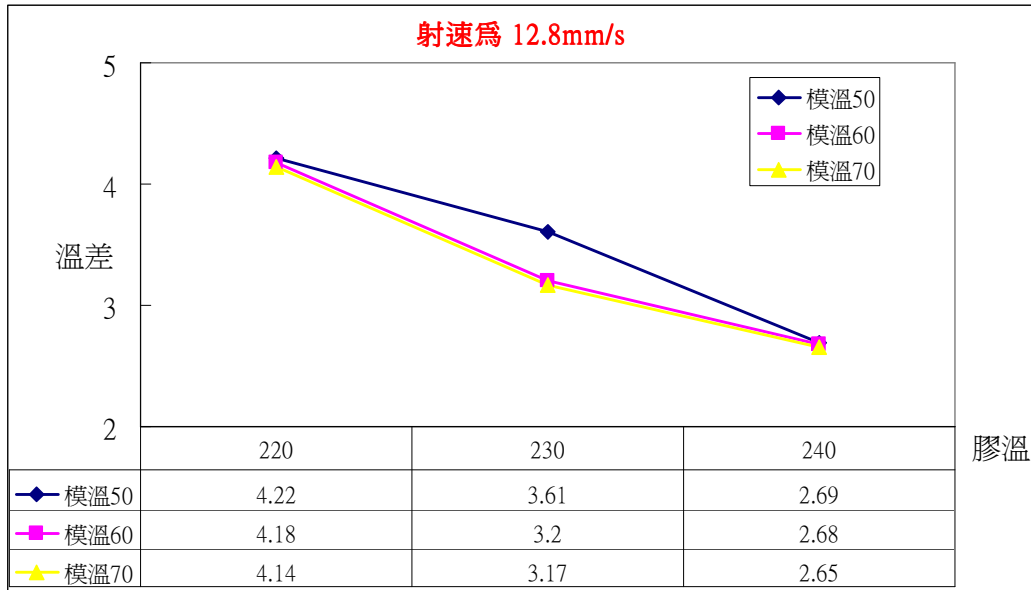


圖 4-11 射出速率 12.8mm/s，不同模溫下，膠溫與溫差之關係圖

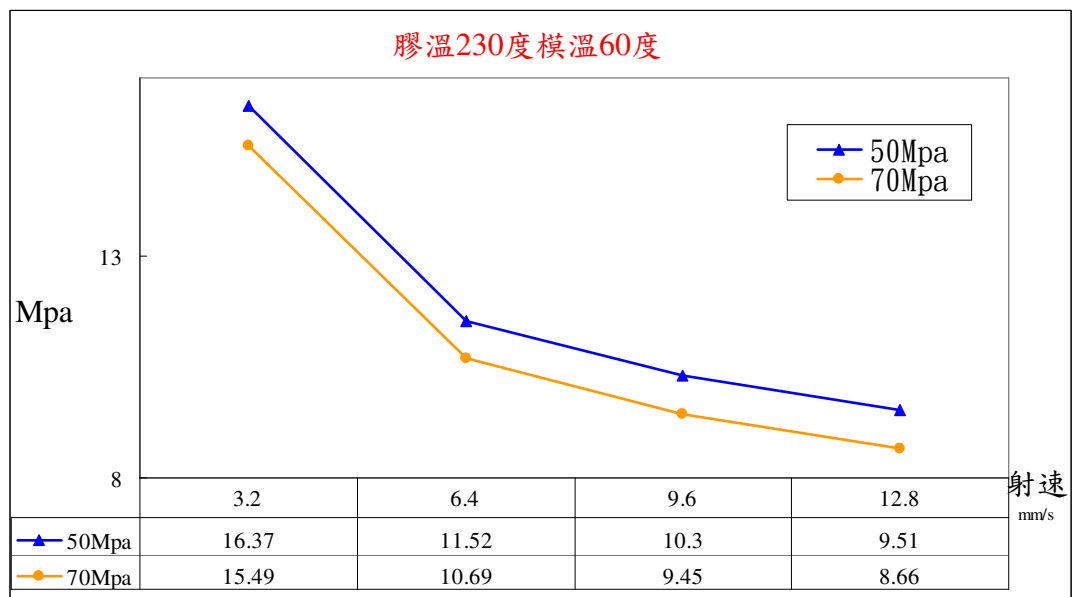


圖 4-12 在膠溫 230 度模溫 60 度時，不同保壓壓力下，射出速率與壓力差之關係圖

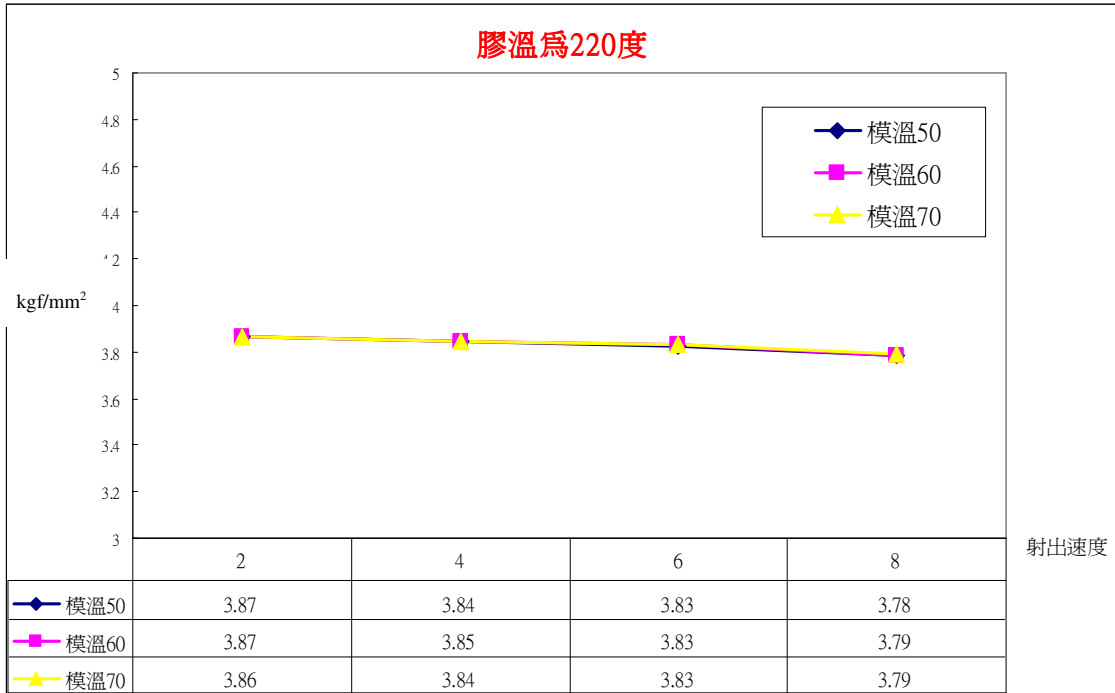


圖 4-13 料溫 220 度，不同模溫下，射出速率與拉伸強度關係圖

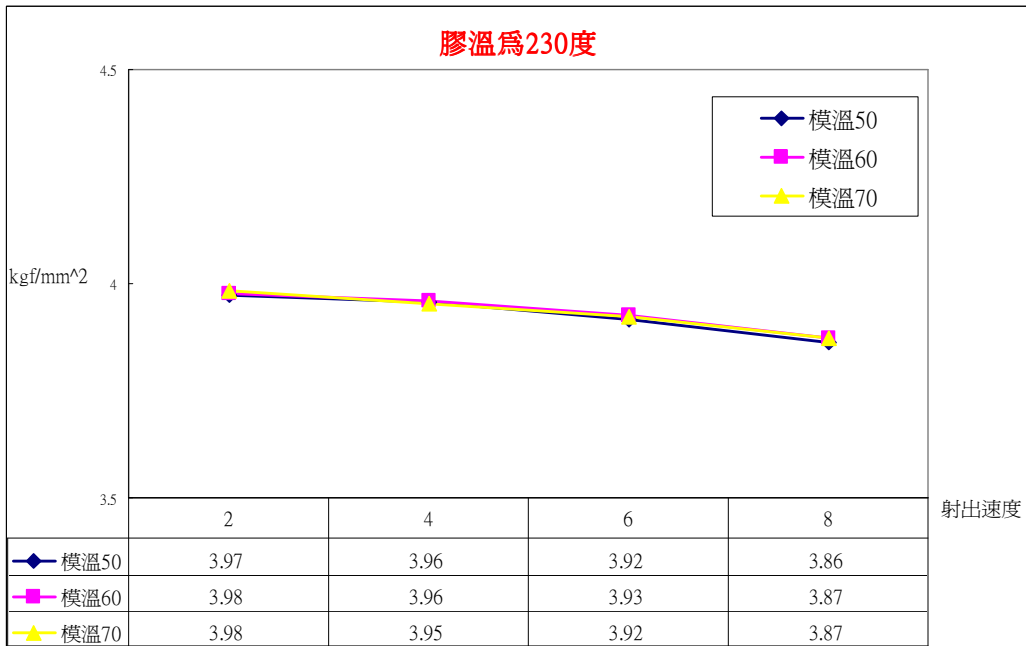


圖 4-14 料溫 230 度，不同模溫下，射出速度與拉伸強度關係圖

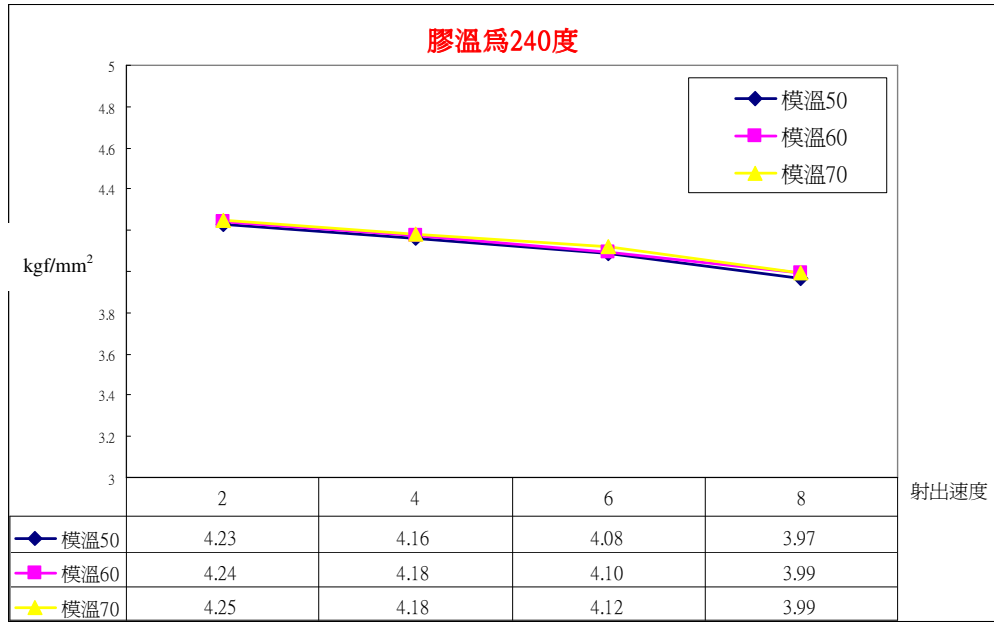


圖 4-15 料溫 230 度，不同模溫下，射出速度與拉伸強度關係圖

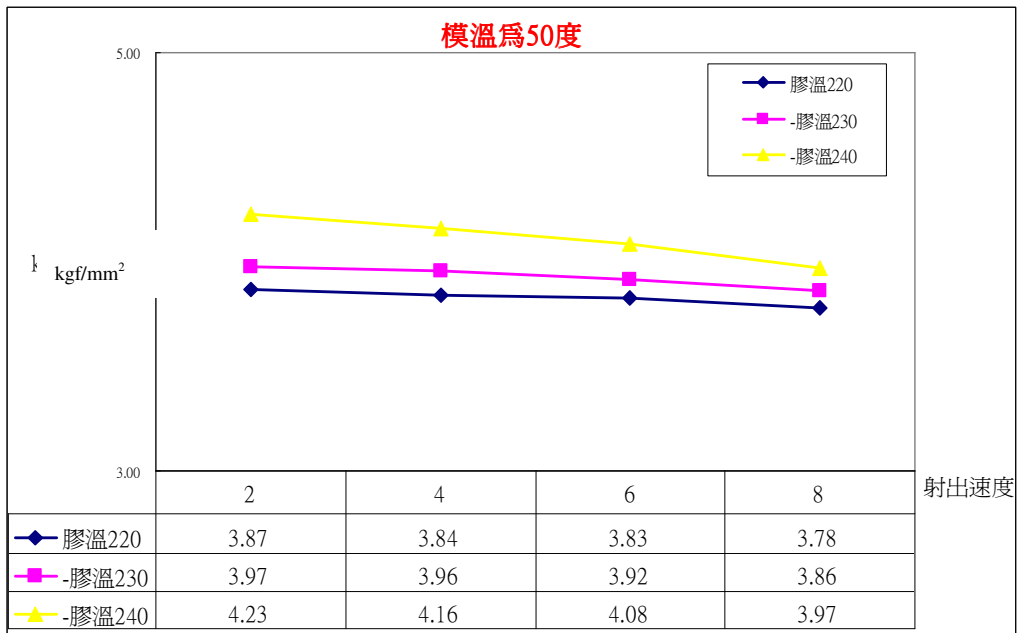


圖 4-16 模溫 50 度，不同膠溫下，射出速度與拉伸強度關係圖

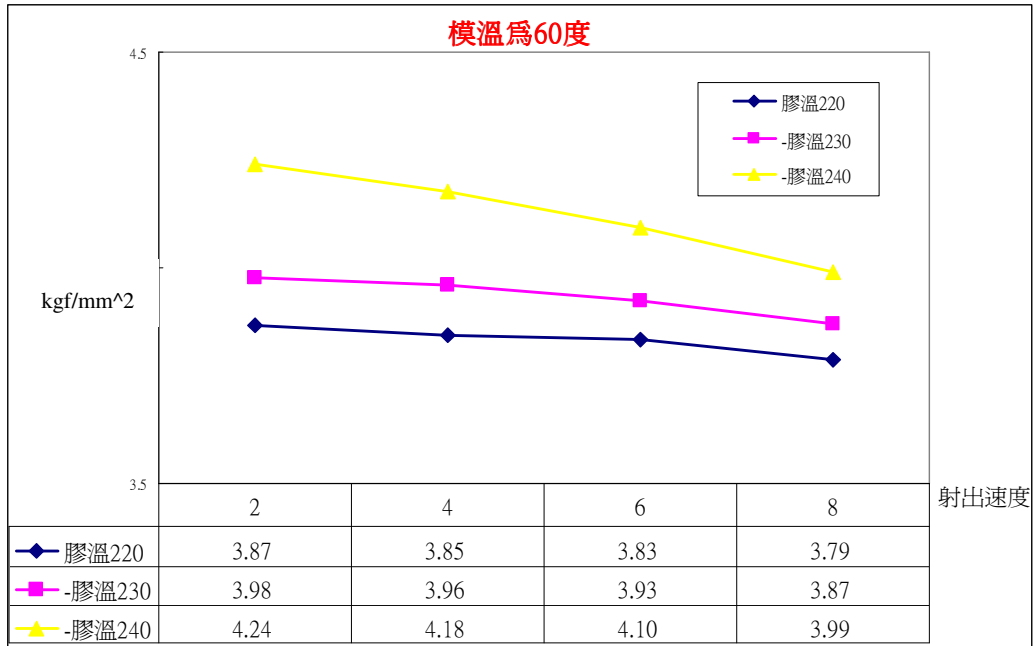


圖 4-17 模溫 60 度，不同膠溫下，射出速度與拉伸強度關係圖

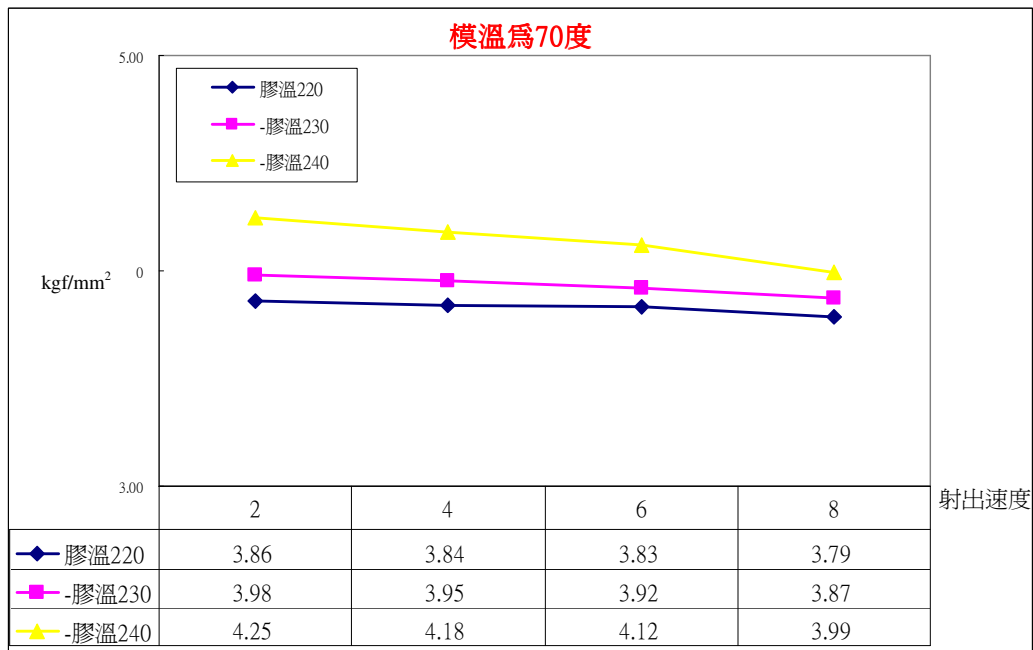


圖 4-18 模溫 70 度，不同膠溫下，射出速度與拉伸強度關係圖

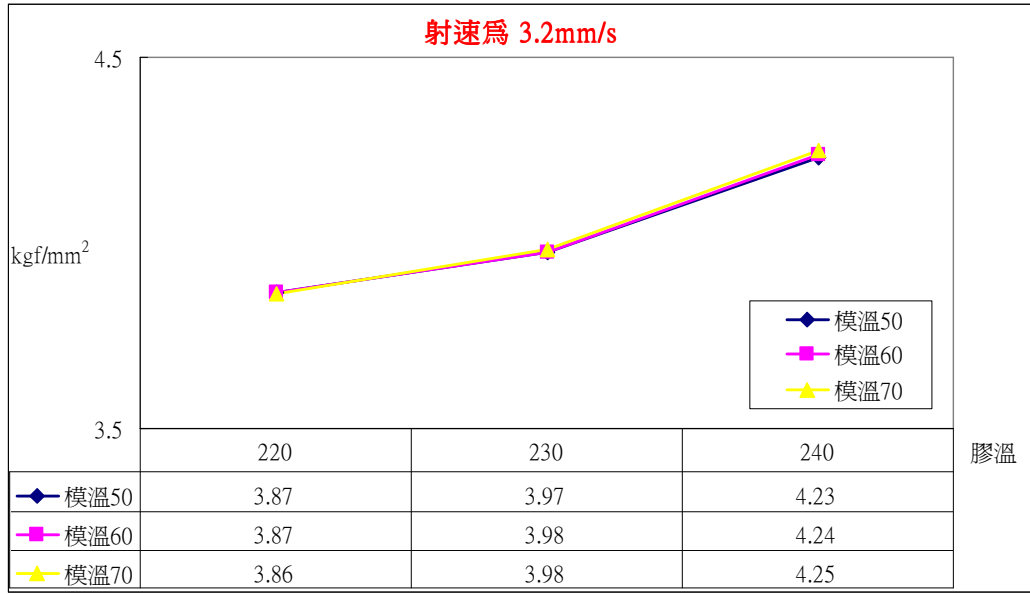


圖 4-19 射出速率 3.2mm/s，不同模溫下，膠溫與拉伸強度關係圖

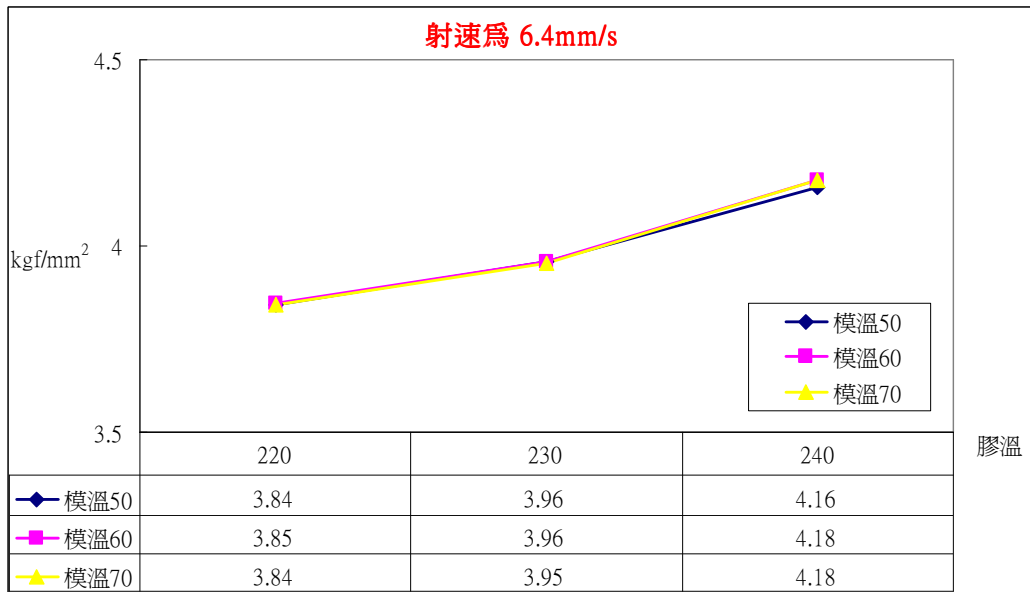


圖 4-20 射出速率 6.4mm/s，以不同模溫下，膠溫與拉伸強度關係圖

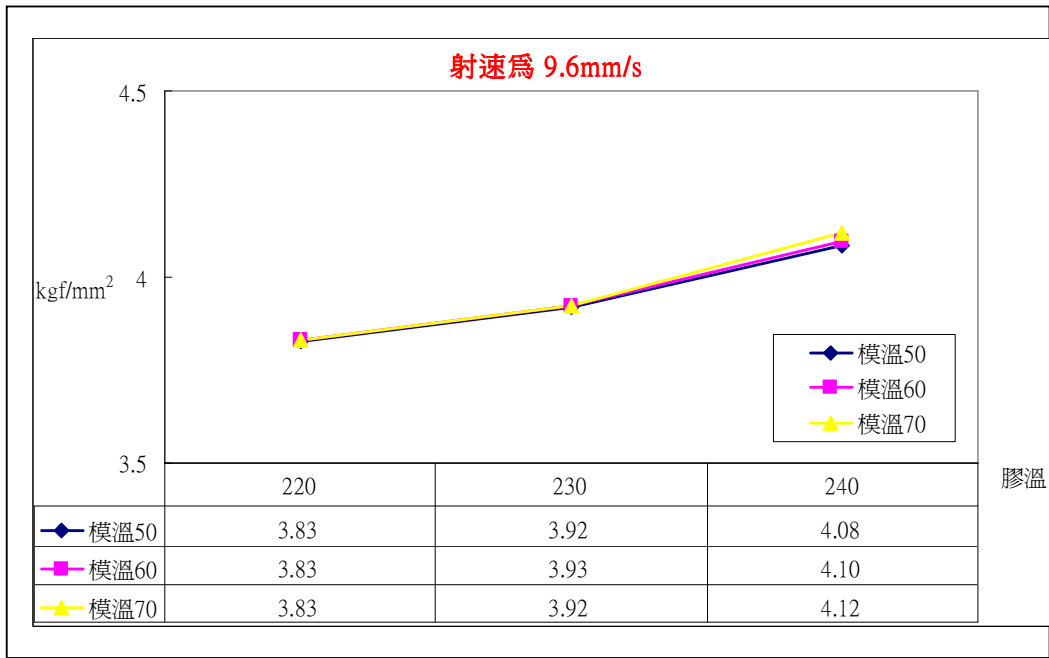


圖 4-21 射出速率 9.6mm/s，不同模溫下，膠溫與拉伸強度關係圖

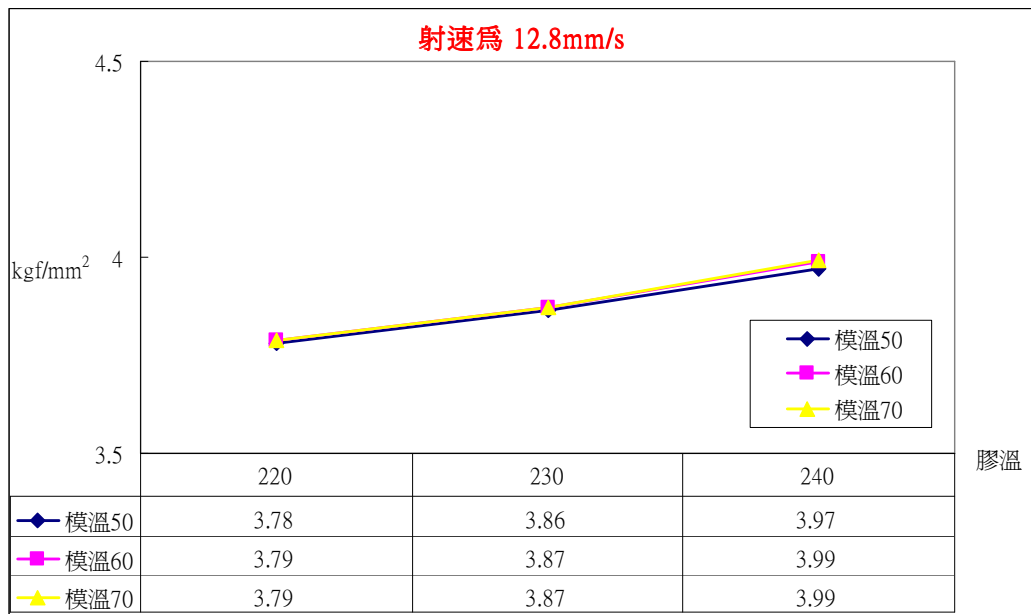
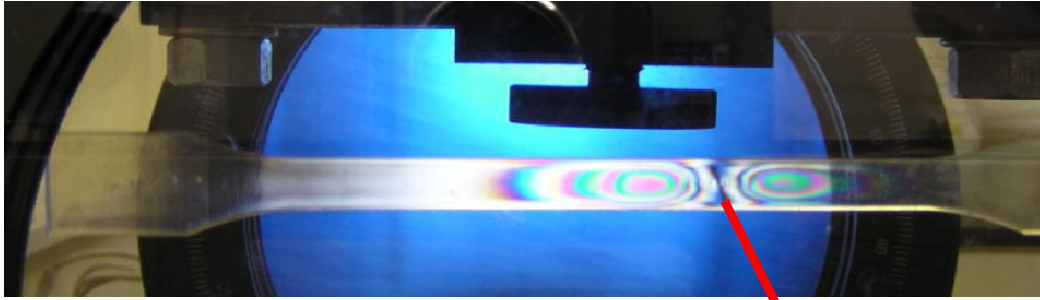


圖 4-22 射出速率 12.8mm/s，不同模溫下，膠溫與拉伸強度關係圖



膠口處

圖 4-23 光彈儀照射試片照片圖

五、結論與未來發展

5-1 結論

在本次研究中，使用不同製程參數來探討熱澆道時序閥澆口消除縫合線的試片強度間的相關性，研究的主要項目包括下列兩項：

- 1.不同射出成型條件所造成熱澆道時序閥澆口兩股融膠結合時的溫度差，而溫度差對於成品強度之影響。
- 2.不同保壓壓力對於成品強度之影響。

本研究的結果有如下的結論：

- 1、本研究中料溫、模溫、保壓壓力、射出速度等四項參數對於拉伸強度的影響性有一定的趨勢可言。當料溫、模溫增加、射出速度或保壓壓力減少時，試片的拉伸強度會有增加的趨勢。
- 2、在本實驗中，製程參數對於拉伸強度的影響性由大到小排列，分別為料溫>射出速度>模溫>保壓壓力。

6-2 未來發展與展望

- 1、在本研究中所使用的材料為 ABS，因為 ABS 聚合物的應用範圍廣，可由三種單體間的不同比例而調配所需應用的性質，並且依其聚合時的製造方式也會影響其性質上的差異。因此當調配、製造的方式有所改變時即會影響其性質上的變化，所以 ABS 塑膠本身化學、物理性會有相當廣泛的範圍，而非一定值，未來應當更進一步探討以獲得更完整的數據。
- 2、未來可針對製程參數做田口氏分析，可以找出每個製程參數對實驗結果的影響程度，尤其是影響性比較大的溫度參數，以修正出更完整的射出成型條件參數。
- 3、在兩股融膠結合因溫差不同所產生的強度差異，本篇論文因為試片長度關係所以融膠流到第二個澆口時，其融膠溫度都大於原本設定之料溫，日後可設計其融膠溫度是小於第二個澆口下來之料溫，可以探討其製成參數對於溫差及成品強度是否會有所不同之結論。

- 4、在實驗驗證方面，未來可以在我們所選取的實驗範圍內，取幾組不同的實驗參數做實驗，再與迴歸分析結果做比對，以提供相關業界引用的依據。並可嘗試幾種不同的塑膠材料，來探討不同製程參數，對強度之影響，以及配合短射實驗，可以看不同材料的流動特性。