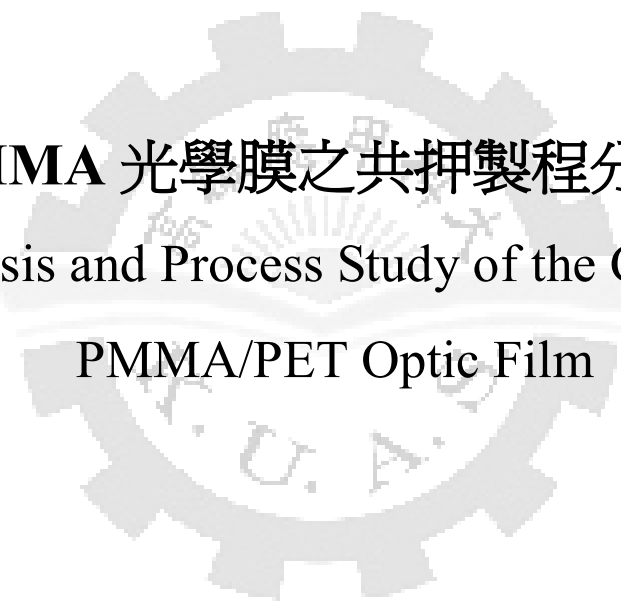


國立高雄應用科技大學
模具工程系碩士班

碩士論文



PET/PMMA 光學膜之共押製程分析與研究
Die Analysis and Process Study of the Co-extrusion
PMMA/PET Optic Film

研究生：郭益嘉

指導教授：黃俊欽 教授

中華民國九十八年七月

PET/PMMA 光學膜之共押製程分析與研究


Die Analysis and Process Study of the Co-extrusion PMMA/PET

研究生：郭益嘉
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 2009
Kaohsiung, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

PET/PMMA 光學膜之共押製程分析與研究

學生：郭益嘉

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

3M 稜鏡片 PET/PMMA 是以 PET 膜為基材，經塗上 PMMA 之後，在 PMMA 層滾壓微結構，使其有聚光效果，再經 UV 交聯硬化而成。而本研究主要是利用共擠押方式製備 PET/PMMA 雙層膜，以 3M 的”BEF II 90/50 Film”的基材比例(PET 為 127 μm ，PMMA 為 23 μm)為厚度規範，研究其製程參數對成形性的影響。模擬分析的部份模流分析軟體(FLOW 2000)進行，包括膠料在押出機內的塑化過程和兩種熔膠在模頭內的流動特性；例如流量均勻度、熔膠壓力降、溫度分佈，以及熔膠界面之黏度差異及剪切應力大小等流變性質。上述分析可以作為螺桿設計、模頭設計、模頭與押出機的配合、界面穩定性及操作條件的設定是否適當的判斷指標。在實驗方面則以共押製程設備成形 PET/PMMA 雙層薄膜，量測每層的厚度分佈及光學性質，如透明度、清晰度、霧度等。

由模擬與實驗得知，PMMA 與 PET 的加工溫度不同，造成黏度差

異大。利用 PE 層會帶出黏度甚低的 PMMA 與 PET 層，PMMA 厚度與流速受到 PE 層流量與流速影響，而 PET 層亦到受 PE 層影響，當 PE 層流量增加造成流速變快，故 PET 層厚度不易控制將是關鍵問題。其次，在模唇出口提高模具表面的精密度，或提高模頭溫度以減少成品表面條狀流紋，提高薄膜的光澤度，亦是成型的技術瓶頸。

關鍵字：共擠押成型、稜鏡片、PET/PMMA 雙層膜



Die Analysis and Process Study of the Co-extrusion PMMA/PET

Student : Yi-Jia, Kuo Advisors : Professor Chung-Ching, Huang

Institute of Mold and Die Engineering

National Kaohsiung University of Applied Sciences

Abstract

Investigation design parameter is essential when manufacturing 3M prism film. This film, including PET substrate, PMMA coating, is two-layer film. To make micro-structure in PMMA layer using rolling method. Function of micro-structure is optical condenser. The film was hardened by UV cross-linking. In this research, the design parameter was investigated involving model simulations and experiments.

The model was built on 3M"BEF II 90/50"film, including PET substrate layer 127 μm , PMMA layer 23 μm . Simulation using mold flow, Flow2000, obtained extrusion process and flow characteristics such as flow uniformity, viscosity between two layers, magnitude of shear stress. Further, model experiment verified thickness, optical properties, as transparency, clarity, fog, etc. The analysis shows that under different temperatures, viscosity is large difference. Viscosity of PMMA is lower than PET. Thickness of PMMA is difficult to control.

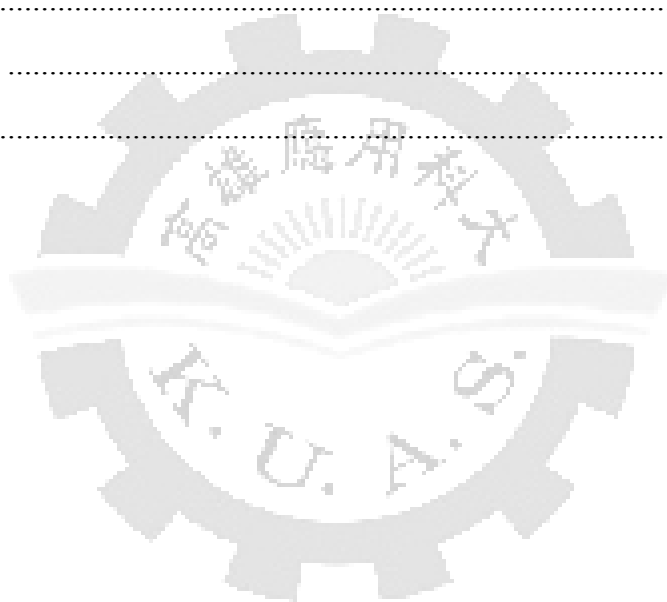
Hence, the die need to improve surface, specially surface of die lip. The temperature increases in the die to reduce flow mark of part surface and to enhance lustrous quality.

KEYWORD: Co-extrusion 、 Prism film 、 PET/PMMA film

目錄

中文摘要	i
英文摘要	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	viii
第 1 章、 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 背光模組組成元件介紹.....	1
1.3 稜鏡片介紹.....	2
1.4 稜鏡片滾壓塗佈製程.....	5
1.5 多層共擠押吹膜模頭介紹	6
1.6 研究目的.....	9
1.7 參考文獻.....	9
第 2 章、 基本原理.....	11
2.1 押出原理	11
2.2 平行板間之流動.....	14
2.3 圓管內之流動.....	16
2.4 多層熔膠之流動行爲.....	18
第 3 章、 製程分析模擬.....	21
3.1 分析模擬流程.....	21
3.2 螺桿分析模擬.....	22
3.3 模頭分析模擬.....	28
3.4 共擠匯流段分析模擬.....	31
3.5 模擬結果與討論	33

第 4 章、 共擠押實驗.....	50
4.1 實驗目的與流程.....	50
4.2 實驗材料與設備.....	50
第 5 章、 實驗結果與討論	57
5.1 PET與PE雙層共擠押	57
5.2 PET/PMMA/PE三層共擠押	57
第 6 章、 結論與未來展望	69
6.1 結論.....	69
6.2 未來展望	70
參考文獻.....	71



圖目錄

圖 1-1 光線折射示意圖.....	3
圖 1-2 垂直擺設的 BEF 示意圖.....	3
圖 1-3 3M BEF II (資料來源：3M)	5
圖 1-4 稜鏡片製程流程圖(資料來源：友輝光電)	6
圖 1-5 外部貼合式共擠押模頭	7
圖 1-6 巢穴式螺旋共擠押模頭	8
圖 2-1 螺桿示意圖	12
圖 2-2 拖曳流與壓力流之流線示意圖	12
圖 2-3 膠料融化過程示意圖	13
圖 2-4 兩平板間流場示意圖	14
圖 2-5 圓管內流場示意圖	16
圖 2-6 兩種熔膠共押之流動行爲	18
圖 3-1 共擠押模擬流程圖	21
圖 3-2 PET 黏度-剪切率曲線圖	25
圖 3-3 PMMA 黏度-剪切率曲線圖	25
圖 3-4 LDPE 黏度-剪切率曲線圖	26
圖 3-5 內外層供料螺桿示意圖	26
圖 3-6 中間層螺桿示意圖	26
圖 3-7 三層共擠押螺旋吹膜模頭組合圖	29
圖 3-8 外層模頭幾何圖	30
圖 3-9 中層模頭幾何圖	30
圖 3-10 內層模頭幾何圖	30
圖 3-11 匯流段幾何外形	32
圖 3-12 外層-沿螺桿方向固體床分佈圖	34
圖 3-13 中間層-沿螺桿方向固體床分佈圖	35
圖 3-14 內層-沿螺桿方向固體床分佈圖	35
圖 3-15 外層-沿螺桿方向熔膠容積溫度分佈圖	36
圖 3-16 中間層-沿螺桿方向熔膠容積溫度分佈圖	36
圖 3-17 內層-沿螺桿方向熔膠容積溫度分佈圖	37
圖 3-18 外層-沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖	37
圖 3-19 中間層-沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖	38
圖 3-20 內層-沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖	38
圖 3-21 外層流道-沿螺旋溝熔膠流量變化圖	40

圖 3-22 外層流道-沿螺旋溝熔膠溢流量變化圖.....	41
圖 3-23 外層流道-螺旋段出口流量分佈圖	41
圖 3-24 外層流道-壓力損失圖.....	41
圖 3-25 中間層流道-沿螺旋溝熔膠流量變化圖.....	42
圖 3-26 中間層流道-沿螺旋溝熔膠溢流量變化圖	42
圖 3-27 中間層流道-螺旋段出口流量分佈圖.....	43
圖 3-28 中間層流道-壓力損失圖.....	43
圖 3-29 三層共押匯流段速度分佈圖	45
圖 3-30 三層共押匯流段黏度分佈圖	46
圖 3-31 三層共押匯流段剪切率分佈圖.....	47
圖 3-32 共押匯流段外層流道壓力損失圖.....	48
圖 3-33 共押匯流段中間層流道壓力損失圖.....	48
圖 3-34 共押匯流段內層流道壓力損失圖.....	49
圖 3-35 共押製程壓力分佈圖	49
圖 4-1 共擠押吹膜實驗流程圖	52
圖 4-2 參層共押吹膜成形機.....	56
圖 4-3 齒輪幫浦設備圖.....	56
圖 5-1 霧度與平均厚度關係圖.....	59
圖 5-2 霧度與清晰度關係圖.....	59
圖 5-3 霧度與風量關係圖.....	60
圖 5-4 霧度與吹袋比關係圖.....	60
圖 5-5 霧度與引取速度關係圖.....	61
圖 5-6 PET 拉伸強度與厚度關係圖.....	62
圖 5-7 PET/PMMA 霧度與平均厚度關係圖	63
圖 5-8 PET/PMMA 霧度與清晰度關係圖	63
圖 5-9 PMMA 1kg/hr 霧度與吹袋比關係圖	64
圖 5-10 PMMA 1.4kg/hr 霧度與吹袋比關係圖	64
圖 5-11 PMMA 1.8kg/hr 霧度與吹袋比關係圖.....	65
圖 5-12 PET/PMMA 拉伸強度與厚度關係圖	66
圖 5-13 PMMA 1kg/hr 吹袋比 1.15.....	66
圖 5-14 PMMA 1.4kg/hr 吹袋比 1.15.....	67
圖 5-15 PMMA1.8kg/hr 吹袋比 1.15.....	67
圖 5-16 純 PMMA 膜.....	68
圖 5-17 PMMA/PET 顯微鏡下之雙層膜.....	68

表目錄

表 3-1 PET熱性質參數表.....	23
表 3-2 PMMA熱性質參數表.....	24
表 3-3 LDPE熱性質參數表.....	24
表 3-4 參數設定表.....	27
表 3-5 模頭流量與溫度設定.....	29
表 4-1 SHINPET 5015W 吹瓶級PET物性表.....	53
表 4-2 Kuraray GH-1000S光學級壓克力(PMMA)物性表.....	54
表 4-3 亞聚低密度乙稀(LDPE)物性表.....	55
表 5-1 PET/PE共押實驗參數與量測結果.....	58
表 5-2 PET層拉伸數據表.....	61
表 5-3 PET/PMMA/PE共押實驗參數與量測結果.....	62
表 5-4 PET/PMMA拉伸數據表.....	65



第 1 章、緒論

1.1 前言

光學膜被大量使用在電子產品背光模組中，包括手機、數位相機、LCD 螢幕、PDA 及筆電等液晶顯示器，以及汽車防眩光後照鏡、眼鏡、相機及光電設備(如：傳真機、雷射印表機、雷射唱片等)的應用。在行政院提出的「六年國家總體建設計畫」，把「兩兆雙星」視為重要政策推動重點。所謂的「兩兆」，系指將「半導體」與「影像顯示」兩項產業的產值在 2006 年時，各自突破新台幣 1 兆元之目標。影像顯示產業，在 2006 年平面顯示面板及液晶顯示器產值高達新台幣 1 兆 3,700 億元。

TFT LCD 之產業結構可分為：(1)上游材料；(2)中游面板製作；(3)下游 LCD 模組(LCM)；及(4)後段產品應用四大部份。在上游材料包括玻璃基板、彩色濾光片、ITO 導電玻璃、偏光膜、液晶、驅動 IC 與背光模組等。

本研究所要探討的製程研究，正是顯示器產業中背光膜組的關鍵零組件—光學膜(Optical Film)。在顯示器產業中，光學膜的專利長時間獨佔在少部份產商中，主要以 3M 公司為最大供應商，操控 90%以上的市場。近幾年產品專利及製程專利的到期，國內外廠商競相投入生產及研發，目前以研發多功能光學膜為主要導向，將稜鏡片(Prism Sheet)與擴散片(Diffuser)等光學膜片，透過特殊配方及各式製程方式製作，節省成本與厚度，以提高產業競爭力。

1.2 背光模組組成元件介紹

背光模組的組成元件主要包含光源、導光板、反射片、擴散板、稜鏡片與外框等組裝而成，以下分別介紹各元件的功能：

1. 光源(Lamp)

光源最基本的需求就是具備高亮度及壽命長等特性，目前市場上常用的種類有冷陰極螢光管(Cold Cathode Fluorescent Lamp、CCFL)及發光二極體(Emitting Diode、LED)。冷陰極螢光管的發光原理與一般日光燈相似，由燈管的前後兩端產生電場，從電極跑出的電子撞擊到水銀，激發水銀使其釋放出紫外線(UV)，這個

紫外線照射到塗在玻璃管內側的熒光體成爲可見光。具有壽命長、體積小及高效率等特性，以及細長的外型，易於使用於厚度薄與體積小的背光模組中。針對光源擺設位置不同，又可分爲直下式背光模組與側入式背光模組等兩種型式。

2. 導光板(Light Guide Plate、LGP)

導光板主要使用於側入式背光模組中，作用是將擺設在側邊的點或線光源，均勻導引成面光源，經由表面 V 型或點狀微結構的排列設計，使光能均勻散出，提高背光模組的均勻度。

3. 反射片(Reflection sheet)

放置在背光模組底部，光源會從導光板底部散出，反射片可將光源向上反射，減少光源外漏，增加光線的使用率。

4. 擴散膜(Diffuser sheet)

其功能是提供液晶顯示器一個均勻的面光源，傳統是在擴散膜基材中，加入一顆顆的化學顆粒，作爲散射粒子，使光線在經過擴散層時，發生許多折射、反射與散射的現象，以便造成光學擴散的效果。

5. 增亮膜(Brightness Enhancement Film、BEF)

俗稱稜鏡片(Prism sheet)，也是本研究主要的研究項目，功能是修正光的散射方向。原理是藉由稜鏡片上的微結構，使光發生反射與折射來達到凝聚光線，因此可用來修正光線經擴散膜後散射的方向，提高正向輝度。

1.3 稜鏡片介紹

1.3.1 稜鏡片原理與分類

稜鏡片又稱爲增亮膜(Brightness Enhancement Film、BEF)或聚光片，因其具有稜鏡工能，故稱稜鏡片。圖 1-1 光線折射示意圖，主要功能是藉由光線折射與全反射，將光源經擴散膜後散射的光線集中在正向 $\pm 35^\circ$ 的範圍內，提高中心視角的輝

度增加發光率，將光線作最有效的利用與回收。通常一片 BEF 約可提高 60%的輝度，2 張垂直擺設的 BEF，如圖 1-2，可達到最佳的增亮效果 (最高可達到 120%的增益)。增亮膜主要的研發與製造廠為美國 3M 公司，在 2004 年以前受到專利保護，使得市場佔有率高達 80%以上。

3M 增亮膜原來是發表利用於汽車前擋玻璃上，但與車商談不攏而做罷。最後因筆記型電腦廠商找上 3M，想解決彩色螢幕太耗電的毛病。於是公司開始尋找研發資料庫，找到光學部門有項技術正好符合要求，才推出稜鏡片這項產品。日後成為背光模組重要的零組件，佔整個背光模組 37%的成本比重。

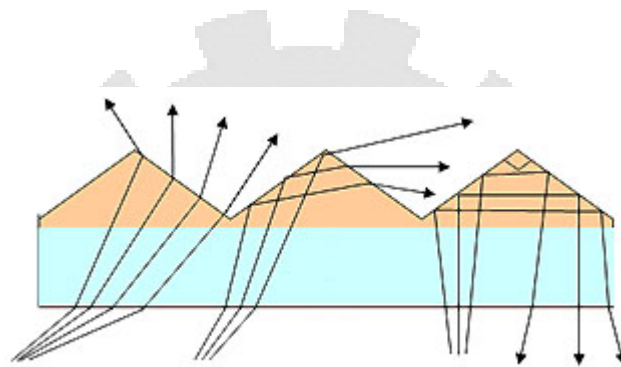


圖 1-1 光線折射示意圖

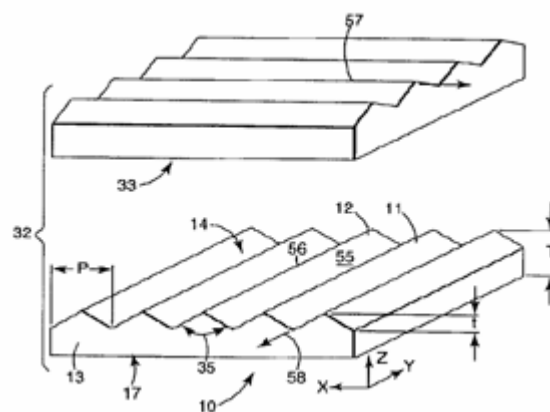


圖 1-2 垂直擺設的 BEF 示意圖

1.3.2 稜鏡片分類

增亮膜(Brightness Enhancement Film)，簡稱 BEF，用來將光線往正向方向折射，又稱稜鏡片(Prism)。增亮膜的設計從很久以前就已經開始使用了，早期 90 年代以前，是針對照明系統應用和玻璃製品應用比較多，到後期由於液晶顯示器的發明，需要加發光效率和亮度，需求才大量增加。依製程方式的不同又可分為以下三類：

1. 超細微稜鏡結構之增亮膜(Brightness Enhancement Film、BEF)

這是最早問世的傳統增亮膜，也是俗稱的稜鏡片，其造過程是在厚度僅 125 μm 的 PET 光學薄膜上利用高能量的 UV 光將特殊 Acrylic Resin(PMMA)硬化、切割出超細微稜鏡結構。而其細微稜鏡結構主要功能是造成穿透光線的折射與內部全反射將自導光板所發出；呈現四面八方之散亂光線集中至約 ± 35 度的正視角(On-axis)方向。

依據 3M 的專利規範，稜鏡平均間距為 50 μm ，且每一稜鏡角度均需精準控制在 90 度，並藉由峰頂高度的微小變異來消除 wet-out 現象，以獲得最佳的集光效果。對於大多數普通背光模組而言，只需放置一片 BEF 即可增加約 60%的輝度，若垂直夜疊使用 2 片 BEF 更可提升輝度達 120%。

2. 反射式偏光增亮膜(Dual Brightness Enhancement Film、DBEF)

其構造是將近千層具特殊雙折射率(Birefringence)之特性的高分子薄膜層組合成一張厚度僅 130 μm 的光學薄膜，此光學薄膜除了具有傳統偏光效果外，還可將非穿透方向之偏極光有效反射回背光模組中再利用，由於背光模組中之底反射片具有擴散與擾亂效應，故可將原本的非穿透方向之偏極光再轉化為穿透方向之偏極光，進而通過下偏光片。經過如此往復作用，大多數原本應被吸收而損耗之光線都可轉變原可利用之有效光線，不僅可使背光模組亮度提升近 60%，而且其提昇效果廣達整個視角範圍；若再配合傳統稜鏡片式之增亮膜，更可讓模組達到 160%的增亮效果。

3. 非多層膜式反射偏光增亮膜(Diffused Reflective Polarizer Film、DRPF)

雖然上述的 DBEF 功能非常優異，但最大缺點就是其製作成本過高，因此 3M 又推出一項同樣具備廣視角增亮效果卻又成本較低廉的非多層膜式反射偏光片，稱之為 DRPF，其是透過將特殊雙折射粒子均勻散佈於高分之薄膜中，再經延伸加工後同樣會產生偏光及反射效果。不過其輝度增益值與多層膜技術的膜片相較之下顯的略低，只適用於某些輝度水準已達目標，但需較低成本、更廣的視角與環測安定性的產品。

1.4 稜鏡片滾壓塗佈製程

而本研究以 3M Vikuiti™ BEF II 90/50 Film 專利為研究基礎，圖 1-3，其發展是來自於 Vikuiti™ BEF I Film 的改變而來，在 BEF I 上增加微結構，避免 wet-out 的現象。其主要構成為 23 μm 的稜鏡結構與 127 μm 的聚酯基材。

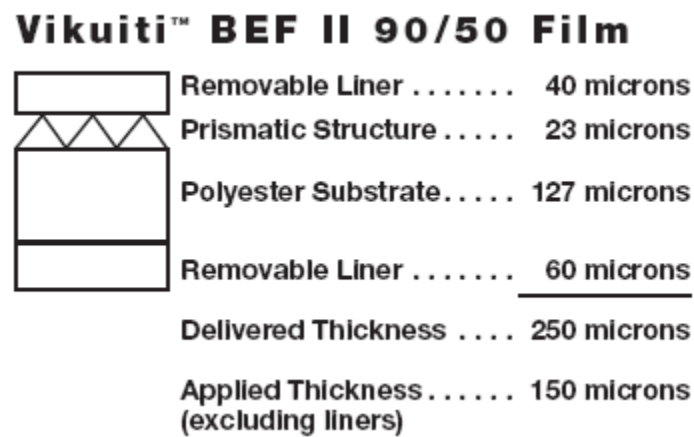


圖 1-3 3M BEF II (資料來源：3M)

目前市場上的稜鏡片製程方式，以台灣稜鏡片的製造商為例，圖 1-4 為製程流程圖。首先是模具製作，在模具上電鍍一層銅，電鍍完後進行表面處理，再以刀具在模具表面刻出細微結構。其次是塗佈成型，塗佈材料為特殊 Acrylic Resin (PMMA) 材質與 UV 劑混合配置而成，將此材質塗佈在 PET 基材上，經過模具滾壓出微結構後，照 UV 光使塗佈材料硬化。最後是後段加工，將滾壓塗佈完成的稜鏡片貼上保護膜後捲收成筒狀，再依需求的大小進行分條、裁切。

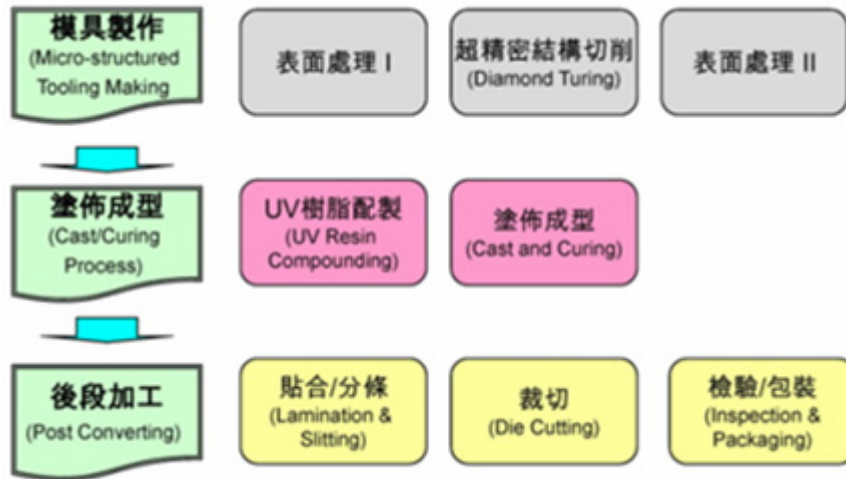


圖 1-4 稜鏡片製程流程圖(資料來源：友輝光電)

1.5 多層共擠押吹膜模頭介紹

1. 外部貼合式共擠押模頭(Externally Combining Co-extrusion Die)：

此種模頭內如圖 1-5 之流道為獨立式之通道，因此熔膠並不會在模頭內接觸，直到模頭外部才貼合成多層膠膜，故可以容許黏度差異極大之熔膠共押。但其共押層數基本上通常為 2 層，如層數增加則會使模頭設計與製造上更加的困難。

2. 巢穴式螺旋共擠押模頭(Spiral Mandrel Die)：

在此種形式的模頭中如圖 1-6，每層熔膠一開始都個別的進入獨立之流道，經由模頭之螺旋段導引成軸向與橫向流動，使螺旋溝內之熔膠與套層間隙之熔膠做充分的混合，然後在模頭出口前端之模唇段貼合並共押出多層薄膜。其模頭之優點為各層之熔膠流量可以被精確的控制，而且此種模頭所生產之多層薄膜則不易產生結合線，此外熔膠在模頭內貼合則可以增加彼此的黏合強度，但各層流道間之熱阻性不佳、層數變換之限制、內外層間熔膠滯留時間差異過大則為其缺點。

3. 堆砌式側向進料共擠押模頭(Stacked Type Die)

此種設計主要為提供更多層數之熔膠共擠模頭如圖 1-7，使用多個進料塊堆疊而成，熔膠由側邊之進料塊進料，經過模塊上下之螺旋溝槽導引成環狀流動，再進到模頭軸心部分，並且由模頭底部逐一與各層之熔膠貼合，直到模唇段成為多層流動後共擠出多層膠膜。此種模頭因為上下之進料螺旋溝導引熔膠混合均勻可以有效的消除薄膜之結合線，並且利用獨立的進料塊可以作為阻隔熱能設計，此外增加或減少進料塊之數目可以輕易的改變層數之設計；但由於各層熔膠是沿模頭軸向距離逐一之接觸，所以應避免各層熔膠之間黏度差異太大而造成接觸界面不穩定之現象。

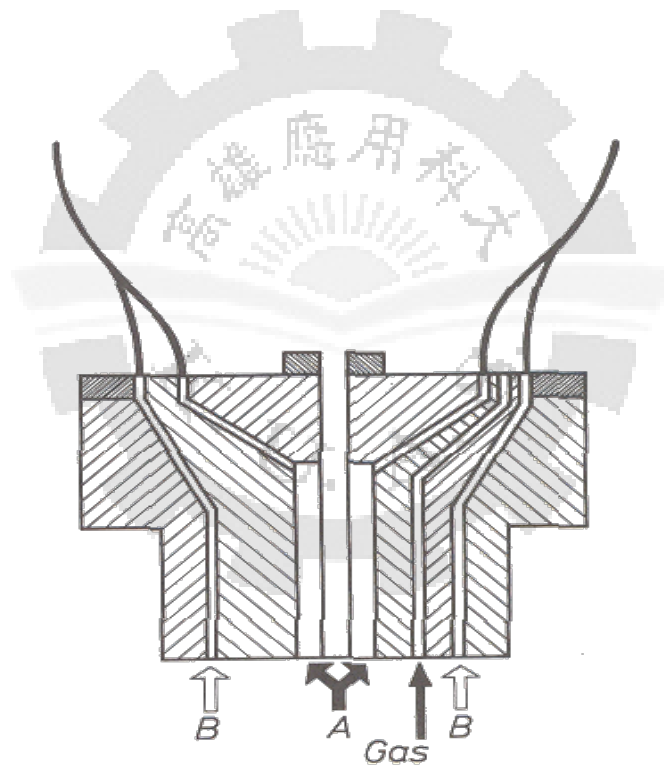


圖 1-5 外部貼合式共擠押模頭

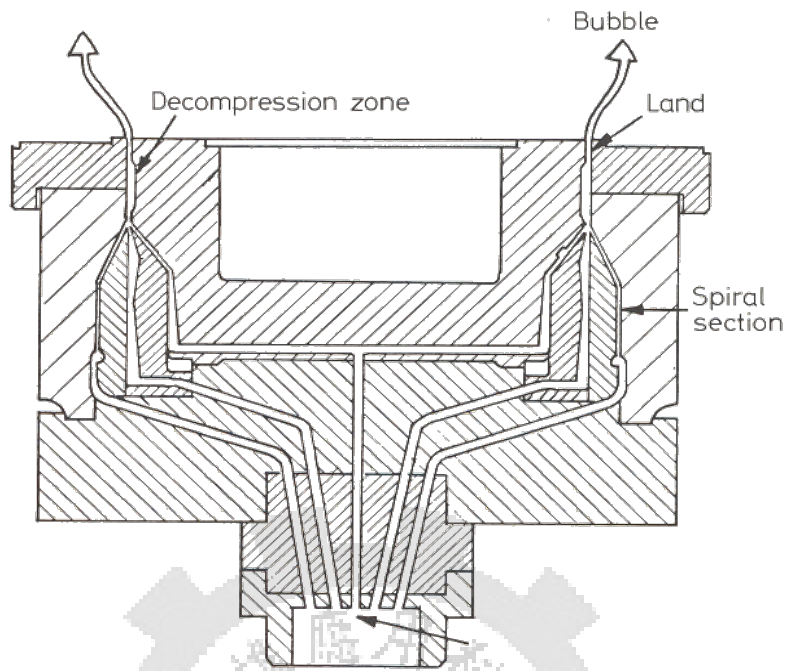


圖 1-6 巢穴式螺旋共擠押模頭

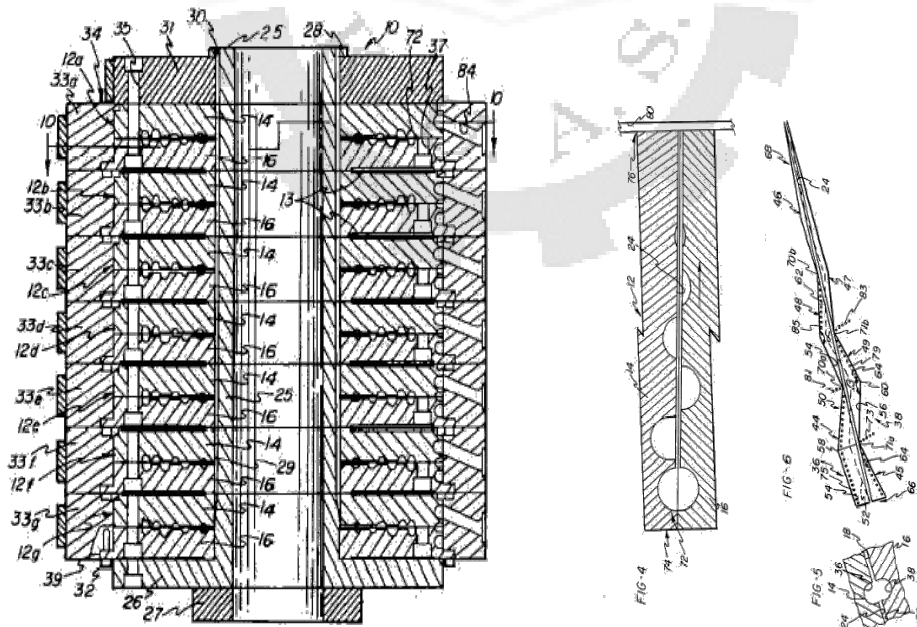


圖 1-7 堆砌式側向進料共擠押模頭

1.6 研究目的

稜鏡片產品技術門檻主要在於專利保護，以致於 3M 在專利保護下擁有將近 80% 的佔有率，但隨著專利到期，增亮膜佔背光模組成本比重最高，國內面版廠爲了強化供應鏈完整與降低成本，開始著手生產製造國產化的增亮膜。而稜鏡片主要以塗佈 PMMA 材質在 PET 膜上形成雙層膜，故加工必須要有兩道流程才能將膜片成形，除了加工時間長加上設備使用多等，使得生產成本高居不下。本研究將利用共擠押技術，將 PET 與 PMMA 以共擠押吹膜成形的方式製造出雙層膜。由於結晶材料 PET 需要較高的加工溫度，而光學材料 PMMA 熔融後的高 MI，故在材料性質方面利用模擬軟體輔助分析，選出最佳的加工條件，進而探討不同製程條件下，薄膜的表面性質、霧度與透明度的變化。實驗中將討論單一 PET 膜的成形與 PET/PMMA 共擠押成形的結果與其差異，驗證共擠押成形 PET/PMMA 光學膜的可能性。

1.7 參考文獻

多層膜相關文獻：

Claude Dehennau 等人在 1987 年提出以相似堆砌式側向進料共擠押模設計平板模頭，此種模頭可多變化平板結構及層數。

Hiltner 等人在 1994 年以 PC/KODAR60/40 之複材，層數 657 層，利用 DSC 量測其玻璃轉移點，並將試片退火後其兩種不同材料的玻璃轉移點(T_g)變成同一點，來探討多層高分子的內部擴散現象，並認爲 Fick's Equation 可有效解釋一維非穩態的擴散現象。

Hiltner 等人在 1997 年利用一狹縫模(slit die)，在其前端裝置一個共押系統(靜態混合器結合餵給塊的結構)，當熔膠出押出機時會使用齒輪泵來控制進入的流量(確保進入模頭的流量比例)，由於類似靜態混合器的結構使熔膠層數能達到層(當靜態混合元件爲 n 個時)，他以此製備 Talc-Filled, PC/SAN, HDPE/LLDPE 之多層結構，並探討層間阻隔性及高分子內部擴散的特性。

Hedenqvist 等人在 1999 年推導微米多層結構之層數與穿透速率的變化，可作爲產品最終層數之決定。

T.Schuman 等人以結晶性材料 LLDPE/HDPE (40:60 W/W)，層數 64 層，利用 DSC 來探討其分散系統中的擴散現象，藉此可以明白不同化學比例與擴散係數的關係，並以 OM 與 AFM 來觀測其內部擴散現象的形態。

Van Der Hoeven 等人在 2001 年利用 3D 模擬與實驗方式來探討靜態混合器的排列順序與其層間均勻度的關係，其認為不平均的層厚與混合器中元件的壓力降有關，並有效地利用元件排列順序來改善層厚均勻問題。

D.Jarus 等人在 2002 年以射出與押出所形成之多層化結構(PP/gPP/PA66)，來探討層化結構對氣體阻隔性的影響，提出形成阻氣效果因 PA 之高長徑比結構使氣體穿透之路徑變長所致，當應用在射出時因表層速度造成分子配向而形成高阻氣結構。

Ranade 等人在開發出超多層共擠壓平模發泡法，使用進料模組製備出 64 層發泡薄膜，而泡孔的大小隨著薄膜層數增加而變小，研究顯示當層數增加到 64 層時，泡孔直徑可以達到 30um，而其薄膜之特性就有如軟木之結構與特性。

黃俊欽在 2004 年利用共擠押成型技術，將不同性質的塑料吹製形成多層結構，利用不同性質塑料的特性，達到功能性加乘的效果，提升塑膠薄膜製品的功能性及使用範圍。

螺桿與模頭分析相關文獻：

John Perdikoulis · Jiri Vlcek 在 2004 年闡述如何應用電腦模擬分析，去詮釋薄膜擠押成型程序中流動之行爲與現象，並利用對問題之了解可進一步將之修正，提升產品之品質。

林焜章在 2004 年以電腦輔助分螺桿分析軟體及案例說明，應用螺桿分析結果探討螺桿參數設計之關聯性。

黃品翰在 2007 年利用 2D 有限元素分析軟體模擬熔膠在三層螺模內的流量均勻度、熔膠壓力降與熔膠界面之流變性質。

第 2 章、基本原理

2.1 押出原理

2.1.1 螺桿基本原理

螺桿為押出製程中熔膠的提供單元，也是取決融膠品質好與壞的重要一環，螺桿主要功能為熔化固體塑料、輸送熔膠、使塑料均質化並且提供熔膠押出模頭所需之壓力，而其構造如圖 2-1 依功能大致可分為三區：

1. 進料區(Feeding section)：

進料區(又稱固體輸送區)之目的為將固體塑料顆粒壓縮並且順利的向前推動，在此段的輸送方式則靠著螺桿之拖曳導引輸送，即是利用塑料與套筒內側之摩擦力與塑料與螺桿表面之摩擦力之差，像前推送固體塑料，當塑料與套筒之摩擦力和塑料與螺桿表面摩擦力之差愈大，則輸送能力就愈大。為了增加塑料與套筒之摩擦力，可以將套筒表面加刻數條與螺桿平行之縱溝，使摩擦力大幅的提高，並且可以強迫固體塑料沿著螺桿軸向前進，而不是沿著螺桿作旋轉，因此可以提升固體輸送區之能力。

2. 壓縮區(Compression section)：

在進料區末端，溝深沿著螺桿方向逐漸縮小之區域稱為壓縮區(又稱熔化區)，當固體塑料由進料區被輸送到此區時，固體顆粒摩擦熱與外部加熱使塑料開始熔化，而塑料熔化後體積開始縮小，需要利用縮小溝深來配合塑料的體積縮小，也由於溝深縮小使流動受到壓迫，此區之壓力呈現增大之狀態，進而對塑料產生增壓之效果。

3. 計量區(Metering section)：

此區域為螺桿中控制流量之最後一個區域，故稱為計量區(又稱熔膠輸送區)，當熔膠進入此區後被充份混合並且增壓，以便抵抗在螺桿前端的模頭阻力背壓。在此區之熔膠流動可分成 2 種，一種為螺桿與套筒相對運動所產生之正向拖曳流

(Drag flow)，一種為模頭背壓影響所產生的反向壓力流(Pressure flow)，兩種流動疊加後則為熔膠之淨流動方向如圖 2-2。一般為为了提高熔膠均勻化與混合效果，會在計量段末端加裝混合元件，常用之混合元件基本成分配式混合元件(Distributive mixing element)與分散式混合元件(Dispersive mixing element)2 種。

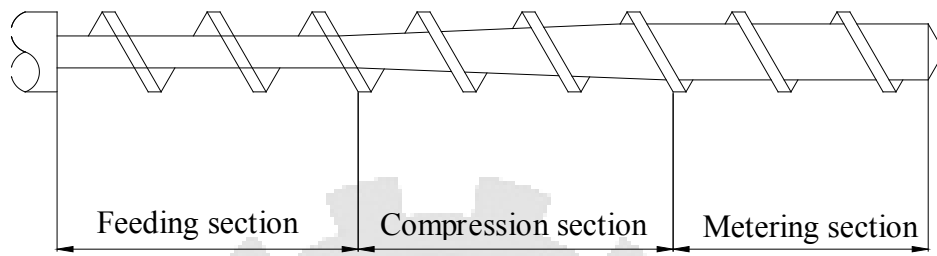


圖 2-1 螺桿示意圖

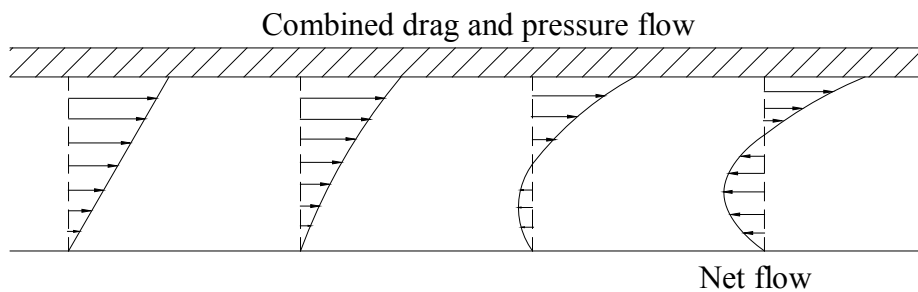
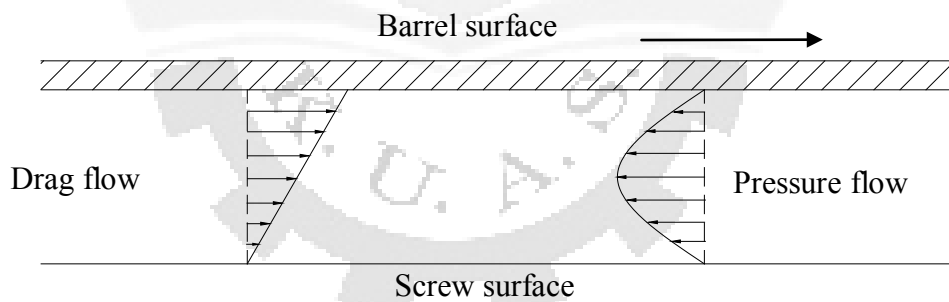


圖 2-2 拖曳流與壓力流之流線示意圖

2.1.2 固體塑料熔化過程

固體塑料熔化起始於進料區之末端，而因為高分子為絕佳的熱絕緣體，固體塑料由螺桿旋轉所產生之剪切黏滯熱所熔化而不是靠著熱能傳遞來熔化塑料，所以固體塑料受摩擦剪切力與料管持續加溫所產生之熱能所影響，顆粒與套筒接觸面開始出現熔化薄膜如圖 2-3，當熔化薄膜厚度持續增加，厚度超過螺牙之間隙時，便會在固體床後端形成一熔化池(melt pool)，此時熔融持續進行，固體床(solid bed)則會被熔化池衝擊而漸漸縮小，直到固體床完全溶化。但當熔化池衝擊固體床之剪切力大於固體床之強度時，就會造成固體床崩潰(solids break-up)導致固體顆粒懸浮於熔膠中。為了解決此一問題通常會在熔化區加入障壁螺牙(Barrier channel)，可以避免固體床崩潰的現象。

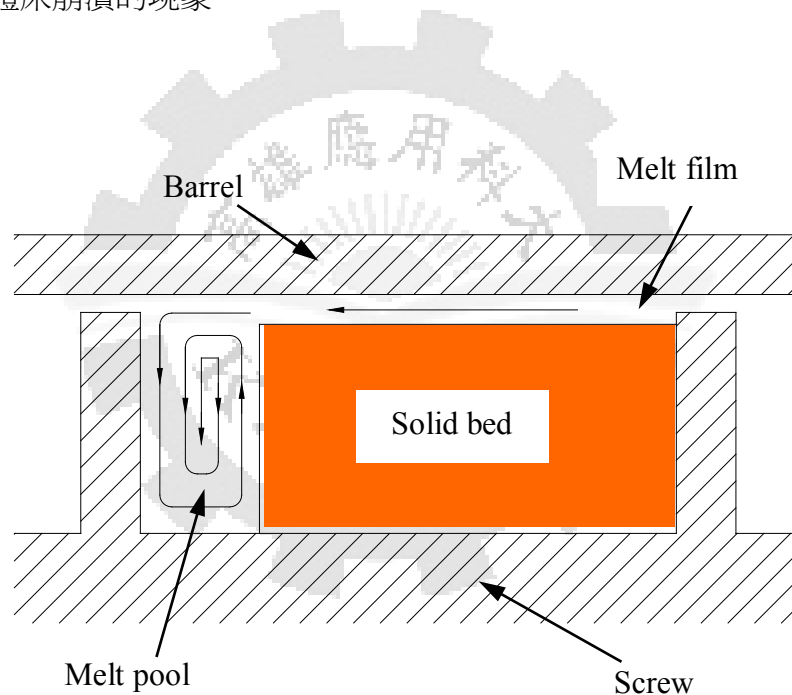


圖 2-3 膠料融化過程示意圖

2.2 平行板間之流動

流體在兩平板間之流動行為如圖 2-4，兩平板相隔距離 H ，與平板平行方向為 X 方向、垂直方向為 Y 方向，而流體在平板間為完全發展流(Fully developed flow)，此外假設流體狀態為穩態穩流(Steady state)且為不可壓縮流體(Incompressible fluid)，經由動量方程式(Equation of motion)化簡後得：

$$\frac{\partial}{\partial y} \tau_{yx} = - \frac{\partial P}{\partial x} \quad (1)$$

式(1)中 $\frac{\partial P}{\partial x}$ 為壓力梯度， τ_{yx} 為剪應力

因為流體在平板間之流動狀態為全展開流，故 $\frac{\partial P}{\partial x}$ 為常數。

對式(1)積分可得到：

$$\tau_{yx} = \left(- \frac{\partial P}{\partial x} \right) \cdot y + c_1 \quad (2)$$

代入其邊界條件(Boundary condition)：

$$y=0 \quad , \quad \tau_{yx} = 0 \quad , \quad c_1 = 0$$

所以式(2)成爲：

$$\tau_{yx} = \left(- \frac{\partial P}{\partial x} \right) \cdot y \quad (3)$$

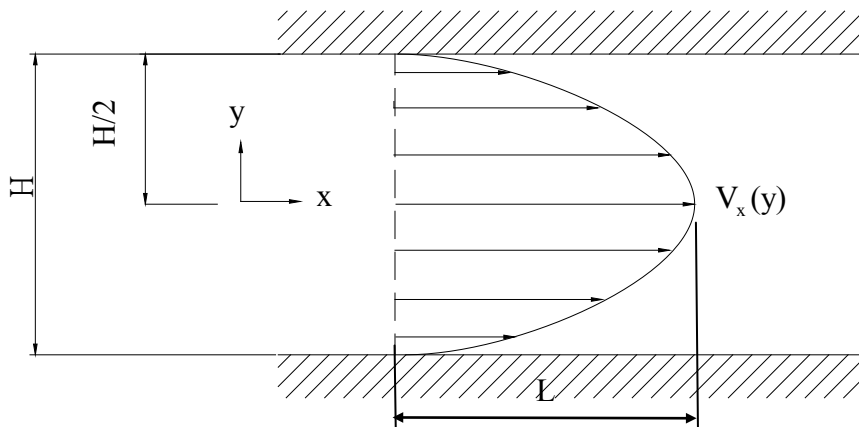


圖 2-4 兩平板間流場示意圖

假設流體為牛頓流體(Newtonian)，其剪切應力變為：

$$\tau_{yx} = -\mu \frac{\partial V_x}{\partial y} \quad (4)$$

將式(4)代入式(3)並積分可得：

$$V_x = \frac{-1}{\mu} \left(-\frac{\partial P}{\partial x}\right) \frac{y^2}{2} + c_2 \quad (5)$$

代入其邊界條件(Boundary condition)：

$$y = \frac{H}{2}, \quad V_x = 0, \quad c_2 = \frac{-1}{\mu} \left(-\frac{\partial P}{\partial x}\right) \frac{H^2}{8}$$

(5)式成爲

$$V_x = \frac{H^2}{8\mu} \left(-\frac{\partial P}{\partial x}\right) \left[1 - \left(\frac{2y}{H}\right)^2\right] \quad (6)$$

又 $\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{-\Delta P}{L}$ 代入式(6)得到：

$$V_x = \frac{H^2 \Delta P}{8\mu L} \left[1 - \left(\frac{2y}{H}\right)^2\right] \quad (7)$$

而其流量(Q)爲：

$$Q = 2 \int_0^{\frac{H}{2}} V_x dy = \frac{H^3 \Delta P}{12\mu L} \quad (8)$$

流量(Q)與平均速度(\bar{V}_x)之關係式整理如下：

$$\bar{V}_x = \frac{Q}{H} = \frac{H^2 \Delta P}{12\mu L} \quad (9)$$

而由式(3)可得知模壁上剪切應力：

$$\tau_w = \tau_{yx} \left(\frac{H}{2}\right) = \frac{H \Delta P}{2L} \quad (10)$$

2.3 圓管內之流動

圓管內之流體流動行為如圖 2-5，以半徑為 R 之圓管， Z 方向為軸向，而流體在圓管內為完全發展流(Fully developed flow)，且假設狀態與平板流動相同，經由動量方程式(Equation of motion)簡化得到：

$$\frac{-1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\tau_{rz}) = \frac{\partial P}{\partial z} \quad (11)$$

流體流動狀態為全展開流，故 $\frac{\partial P}{\partial z}$ 為常數。對式(11)積分得到：

$$\tau_{rz} = \left(-\frac{\partial P}{\partial z}\right) \frac{r}{2} + \frac{c_1}{r} \quad (12)$$

代入其邊界條件(Boundary condition)：

$$r=0, \quad \tau_{rz}=0, \quad c_1=0$$

假設流體為牛頓流體(Newtonian)，式(12)成爲：

$$-\mu \frac{\partial V_z}{\partial r} = \left(-\frac{\partial P}{\partial z}\right) \frac{r}{2} \quad (13)$$

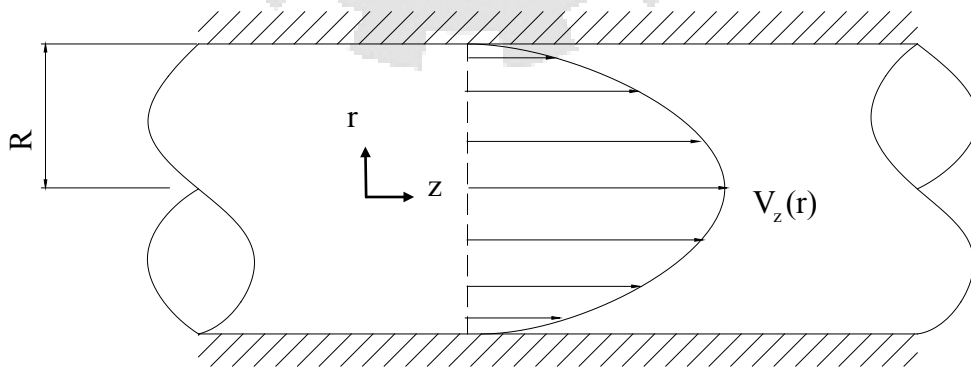


圖 2-5 圓管內流場示意圖

對式(13)積分：

$$V_z = \frac{-1}{4\mu} \left(-\frac{\partial P}{\partial z} \right) r^2 + c_2 \quad (14)$$

代入其邊界條件(Boundary condition)：

$$r = R \quad , \quad V_z = 0 \quad , \quad c_2 = \frac{R}{4\mu} \left(-\frac{\partial P}{\partial z} \right)$$

式(14)成爲：

$$V_z = \frac{R^2}{4\mu} \left(-\frac{\partial P}{\partial z} \right) \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (15)$$

又 $\frac{\partial P}{\partial z} = \frac{-\Delta P}{L}$ 代入上式得到：

$$V_z = \frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{\Delta P}{L} \right) \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (16)$$

其流量(Q)爲：

$$Q = 2\pi \int_0^R V_z r dr = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8\mu L} \quad (17)$$

流量(Q)與平均速度關係式(\bar{V}_z)如下：

$$Q = \bar{V}_z \times A \quad (18)$$

圓面積爲 πR^2 ，所以其平均速度(\bar{V}_z)爲：

$$\bar{V}_z = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{R^2 \Delta P}{8\mu L} \quad (19)$$

而由式(13)可得知模壁上剪切應力：

$$\tau_w = \tau_{rz}(R) = \frac{R \Delta P}{2L} \quad (20)$$

2.4 多層熔膠之流動行爲

黏度不同之熔膠在模唇段接觸時會產生不同之流場與界面特性，圖 2-6 為兩種熔膠在模唇段之流動行爲，假設：

- (1) 熔膠之流變性質符合冪次定律(Power law model)
- (2) 流體狀態為穩態穩流(Steady state)
- (3) 流體為等溫流體(Isothermal)

經由動量方程式(Equation of motion)簡化得：

$$-\frac{\partial P^{(1)}}{\partial z} - \frac{\partial \tau_{yz}^{(1)}}{\partial y} = 0$$

$$-\frac{\partial P^{(2)}}{\partial z} - \frac{\partial \tau_{yz}^{(2)}}{\partial y} = 0 \quad (21)$$

對式(21)作積分得到：

$$\tau_{yz}^{(1)} = \xi(y - c_1)$$

$$\tau_{yz}^{(2)} = \xi(y - c_2) \quad (22)$$

上式中 $\xi = -\frac{\partial P}{\partial z}$ = 壓力梯度 = 常數

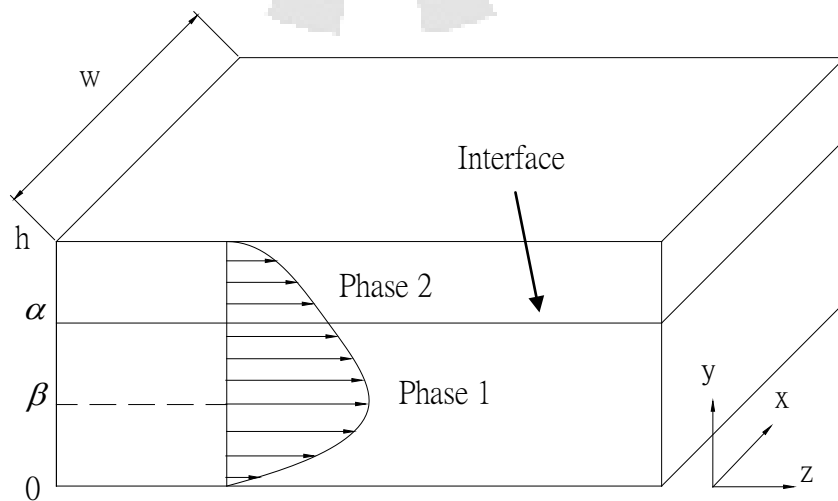


圖 2-6 兩種熔膠共押之流動行爲

並代入其邊界條件(Boundary condition)：

$$y = \alpha \quad , \quad \tau_{yz}^{(1)} = 0 \quad , \quad c_1 = \alpha$$

$$y = \beta \quad , \quad \tau_{yz}^{(2)} = 0 \quad , \quad c_2 = \alpha$$

式(23)變為：

$$\tau_{yz}^{(1)} = \xi(y - \alpha)$$

$$\tau_{yz}^{(2)} = \xi(y - \alpha) \quad (24)$$

考慮以下 2 點：(1)在模壁上之速度為 0；(2)在不同熔膠介面上速度連續與剪切應力相等。故：

$$\begin{aligned} -m_1 \left(\frac{dV_z^{(1a)}}{dy} \right)^{n_1} &= \xi(y - \alpha) \quad \text{for } \frac{dV_z^{(1a)}}{dy} > 0 \quad , \quad 0 < y < \alpha \\ m_1 \left(-\frac{dV_z^{(1b)}}{dy} \right)^{n_1} &= \xi(y - \alpha) \quad \text{for } \frac{dV_z^{(1b)}}{dy} < 0 \quad , \quad \alpha < y < \beta \\ m_1 \left(-\frac{dV_z^{(2)}}{dy} \right)^{n_2} &= \xi(y - \alpha) \quad \text{for } \frac{dV_z^{(2)}}{dy} > 0 \quad , \quad \beta < y < h \end{aligned} \quad (25)$$

對式(25)作積分可得到：

$$\begin{aligned} V_z^{(1a)} &= \left(\frac{\xi}{m_1} \right)^{S_1} \int_0^y (\alpha - y')^{S_1} d'y \\ V_z^{(1a)}(\alpha) &= V_z^{(1b)} + \left(\frac{\xi}{m_1} \right)^{S_1} \int_\alpha^\beta (\alpha - y')^{S_1} dy' \\ V_z^{(2)} &= \left(\frac{\xi}{m_2} \right)^{S_2} \int_y^h (\alpha - y')^{S_2} d'y \end{aligned} \quad (26)$$

上式中 $S_1 = \frac{1}{n_1}$, $S_2 = \frac{1}{n_2}$

在 $y = \alpha$ 時 $V_z^{(1a)}(\alpha) = V_z^{(1b)}$, 式(21)可整理成：

$$V_z^{(1)} = \left(\frac{\xi}{m_1}\right)^{S_1} \left(\frac{n_1}{n_1+1}\right) \left[\alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} - |y - \alpha|^{\frac{n_1+1}{n_1}} \right]$$

$$V_z^{(2)} = \left(\frac{\xi}{m_2}\right)^{S_2} \left(\frac{n_2}{n_2+1}\right) \left[\alpha^{\frac{n_2+1}{n_2}} - (y - \alpha)^{\frac{n_2+1}{n_2}} \right] \quad (27)$$

而流量(Q)可由速度函數積分得到：

$$Q^{(1)} = w \left(\frac{\xi}{m_1}\right)^{S_1} \left(\frac{n_1}{n_1+1}\right) \times \left\{ \int_0^\alpha \left[\alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} - (\alpha - y)^{\frac{n_1+1}{n_1}} \right] dy + \int_\alpha^\beta \left[\alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} - (y - \alpha)^{\frac{n_1+1}{n_1}} \right] dy \right\}$$

$$= w \left(\frac{\xi}{m_1}\right)^{S_1} \left(\frac{n_1}{n_1+1}\right) \left[\left(\frac{n_1+1}{2n_1+1}\right) \alpha^{\frac{2n_1+1}{n_1}} + \alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} (\beta - \alpha) - \frac{n_1(\beta - \alpha)^{\frac{2n_1+1}{n_1}}}{2n_1+1} \right]$$

$$Q^{(2)} = w \left(\frac{\xi}{m_2}\right)^{S_2} \left(\frac{n_2}{n_2+1}\right) \int_\beta^h \left[(h - \alpha)^{\frac{n_2+1}{n_2}} - (y - \alpha)^{\frac{n_2+1}{n_2}} \right] dy$$

$$= w \left(\frac{\xi}{m_2}\right)^{S_2} \left(\frac{n_2}{n_2+1}\right) \left[(h - \alpha)^{\frac{n_2+1}{n_2}} + (h - \beta) \frac{n_2}{2n_2+1} (h - \alpha)^{\frac{2n_2+1}{n_2}} - (\beta - \alpha)^{\frac{2n_2+1}{n_2}} \right] \quad (28)$$

總流量為 $Q_{\text{total}} = Q^{(1)} + Q^{(2)}$

而界面位置 α 、 β 可由下式求得：

$$V_z^{(1)}(\beta) = V_z^{(2)}(\beta)$$

$$\left(\frac{\xi}{m_1}\right)^{S_1} \left(\frac{n_1}{n_1+1}\right) \left[\alpha^{1+S_1} - (\beta - \alpha)^{1+S_1} \right] = \left(\frac{\xi}{m_2}\right)^{S_2} \left(\frac{n_2}{n_2+1}\right) \left[(h - \alpha)^{1+S_2} - (\beta - \alpha)^{1+S_2} \right] \quad (29)$$

求得界面位置後，即可求出融膠之界面特性如剪切率、剪切應力與黏度差異。

第 3 章、製程分析模擬

3.1 分析模擬流程

本研究使用 Virtual Extrusion Laboratory 6.2 (FLOW2000) 模擬分析軟體進行共擠押製程研究，模擬熔膠在押出機內的塑化能力及固體床分佈、平均壓力，進入模頭後的熔膠壓力降、溫度分佈及流量均勻度等流變性質，分析流程如圖 3-1 所示。首先以毛細管流變儀及熔融指數量測儀，量測材料的黏度-剪切率曲線及 MI 值建立材料檔，接著進行螺桿、模頭流道及共擠匯流段之幾何模型設定，最後設定溫度、螺桿背壓及流量等製程條件進行模擬分析與結果判讀。

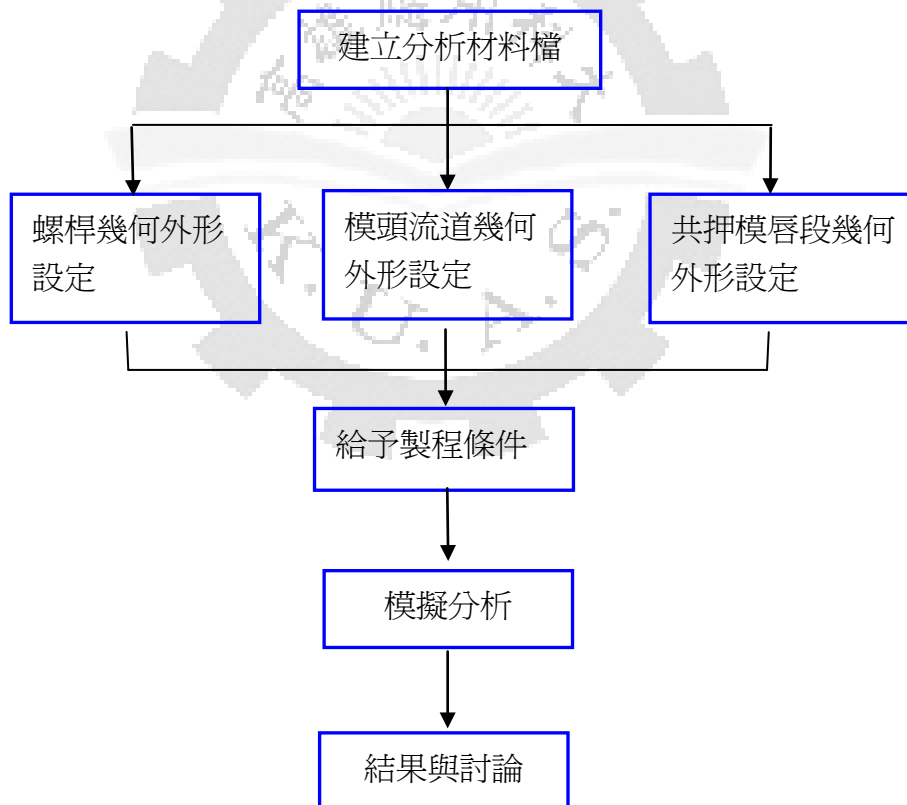


圖 3-1 共擠押模擬流程圖

3.2 螺桿分析模擬

本實驗設備使用三層共押吹膜機，每一層系為一種材料，故有三種材料共押成型。而主要製備光學膜材料分別為 A 螺桿的 PET 與 C 螺桿的 PMMA，以及作用為帶出其他材料的 B 螺桿 LDPE。螺桿主要功能為塑化材料，故螺桿的塑化與混合能力決定了製成品質的好壞，本實驗針對兩種幾何設計的螺桿進行模擬實驗，探討溫度與固體床分佈的情形。

3.2.1 材料實驗

在押出製程中所使用的材料最好以熔融指數低的材料較易向上吹，而實驗中選用的材料為吹瓶級 PET、光學級 PMMA 為以及吹膜級 LDPE。利用毛細管流變儀，熱性質參數表如表 3-1、3-2、3-3 所示，黏度曲線表如圖 3-2、3-3、3-4 所示，量測 PET、PMMA 與 LDPE 的黏度曲線，並且以 Carreau Model 來押述其流變性質。

3.2.2 螺桿模擬參數與製程條件設定

1. 螺桿幾何外形：

本實驗設備中，A 螺桿與 B 螺桿所使用的為同一幾何外形之螺桿外形如圖 3-5 所示，螺桿長度為 1032mm，螺桿直徑為 42mm。此螺桿包含兩個壓縮段為其主要特色，其功能為降低摩擦所產生的熱量，避免熔膠在塑化的過程中因過高的剪切熱量造成升溫或裂化；另一功能為排出塑料中氣體，避免水氣影響成品表面性質及造成螺桿內部壓力上升。螺桿前端為混合單元，利用不斷分割原有的流場以改變熔膠之流動方向，增加混合效果，以避免未熔融之膠料(gel)被押出至模頭中，造成產品表面品質下降。而 C 螺桿外形如圖 3-6，螺桿長度為 654mm，螺桿直徑為 25mm。屬於較傳統的螺桿，其計量段後段仍有混合單元，混合能力較傳統螺桿佳。

在加熱段設計上，在進料段加入 1~2D 的距離，設定溫度 80~100°C，模擬材料在進入螺桿時，仍未開始塑化。若進料段溫度高於材料 T_m 點，在螺桿模擬時，會被當作一進入螺桿即開始熔融。

2. 製程條件設定

本實驗的押出機利用 Gear Pump 做準確的熔膠計量與背壓固定控制螺桿轉速，

有別於一般背壓隨螺桿轉速快慢而改變。固定背壓可產生壓力流與摩擦產生熱，提高螺桿對於材料的塑化能力，其參數設定如表 3-4 所示。

表 3-1 PET 熱性質參數表

材料型號：PET5015	
供應商：新光	
熔融性質	
密度 ρ_s (Kg/m ³)	1090
比熱 C_p (J/Kg/°C)	1550
熱傳導係數 K_s (W/m/°C)	0.29
固體性質	
熔點 T_m (°C)	247
凍結點 T_f (°C)	240
密度 ρ_m (Kg/m ³)	1390
比熱 C_m (J/Kg/°C)	1900
熱傳導係數 K_m (W/m/°C)	0.22
熔化熱 H_f (J/Kg)	120000

表 3-2 PMMA 熱性質參數表

材料型號：GH-1000S	
供應商：KUARARY	
熔融性質	
密度 ρ_s (Kg/m ³)	956
比熱 C_p (J/Kg/°C)	1450
熱傳導係數 K_s (W/m/°C)	0.2
固體性質	
熔點 T_m (°C)	160
凍結點 T_f (°C)	160
密度 ρ_m (Kg/m ³)	1180
比熱 C_m (J/Kg/°C)	1500
熱傳導係數 K_m (W/m/°C)	0.19
熔化熱 H_f (J/Kg)	-

表 3-3 LDPE 熱性質參數表

材料型號：LDPE H0105	
供應商：亞聚	
熔融性質	
密度 ρ_s (Kg/m ³)	750
比熱 C_p (J/Kg/°C)	2300
熱傳導係數 K_s (W/m/°C)	0.24
固體性質	
熔點 T_m (°C)	108
凍結點 T_f (°C)	95
密度 ρ_m (Kg/m ³)	923
比熱 C_m (J/Kg/°C)	2300
熱傳導係數 K_m (W/m/°C)	0.28
熔化熱 H_f (J/Kg)	13000

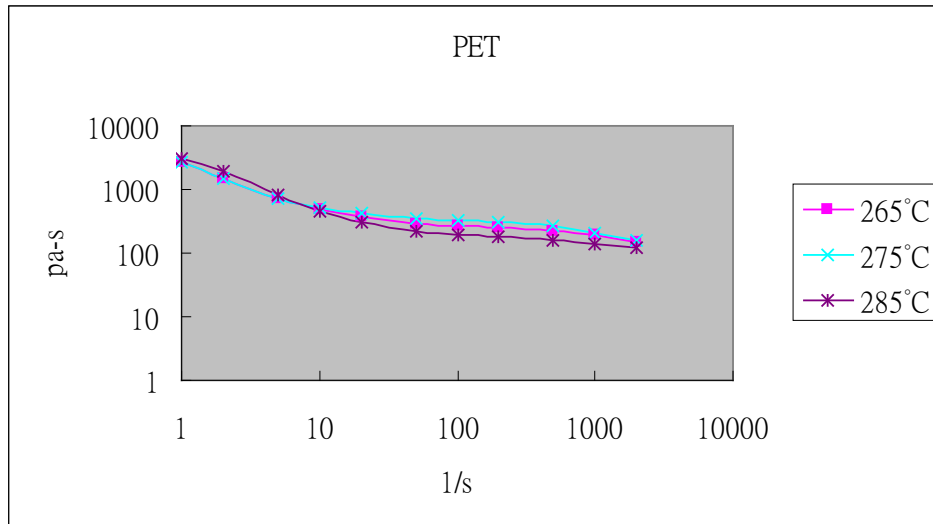


圖 3-2 PET 黏度-剪切率曲線圖

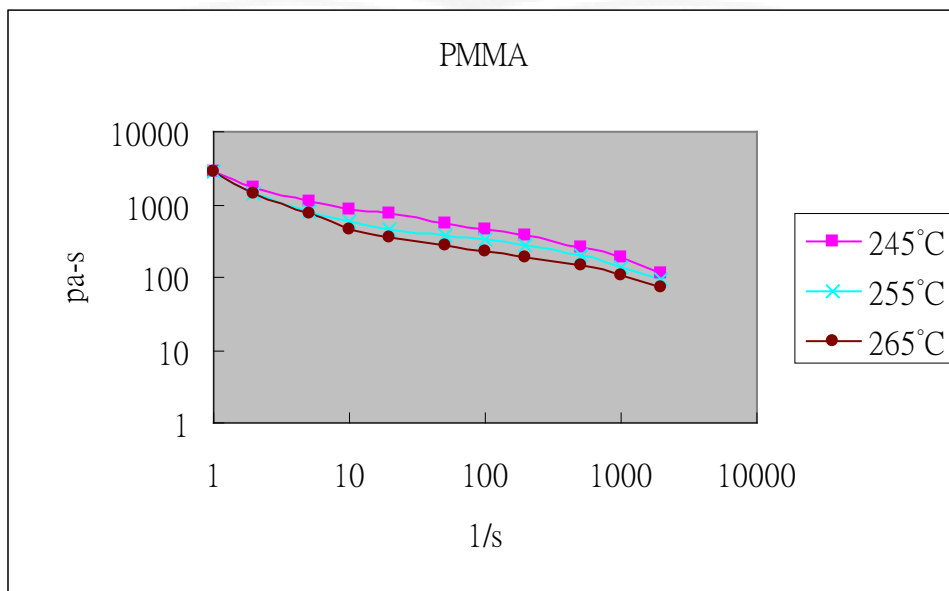


圖 3-3 PMMA 黏度-剪切率曲線圖

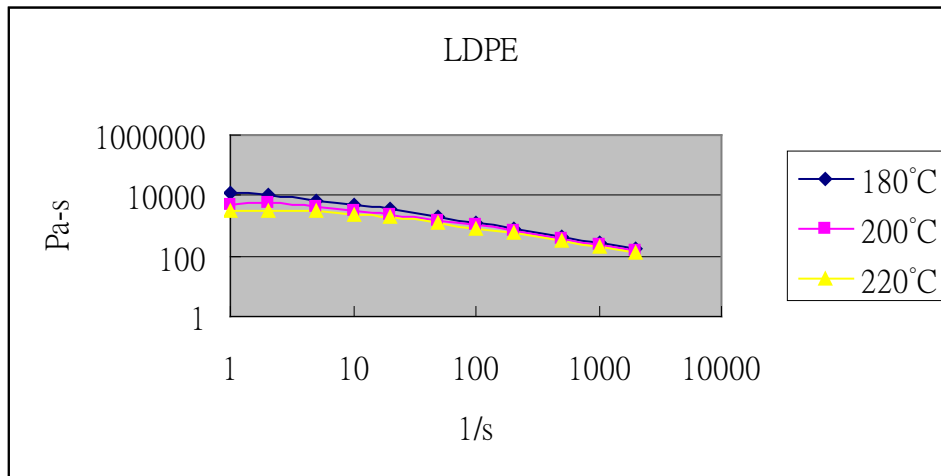
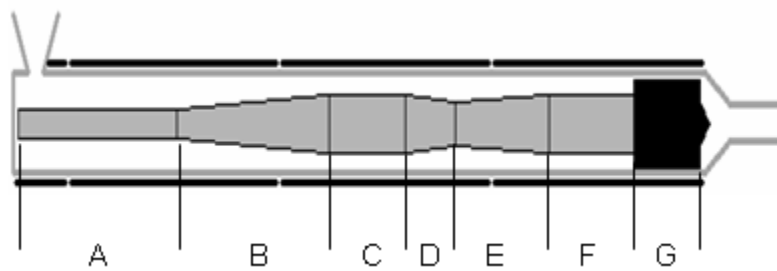
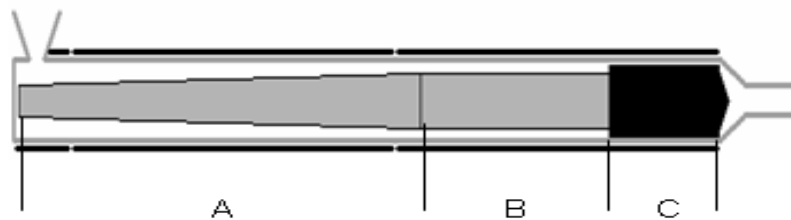


圖 3-4 LDPE 黏度-剪切率曲線圖



※註 (A)：進料段 (B)：壓縮段 (C)：計量段 (D)：排氣段
(E)：第二壓縮段 (F)：第二計量段 (G)：混合元件

圖 3-5 內外層供料螺桿示意圖



※註 (A)：壓縮段 (B)：計量段 (C)：混合元件

圖 3-6 中間層螺桿示意圖

表 3-4 參數設定表

	外層參數	中間層參數	內層參數
螺桿轉速 RPM (1/min)	21.89	31.82	12.36
熔膠流量 Q (kg/hr)	7	1.8	5
螺桿背壓 P (MPa)	6	6	6
套筒摩擦係數 f_b	0.45	0.45	0.45
螺桿摩擦係數 f_s	0.25	0.25	0.25
加熱段(1)溫度(°C)	260	185	140
加熱段(2)溫度(°C)	270	250	170
加熱段(3)溫度(°C)	270		200



3.3 模頭分析模擬

有別於押出機塑化及輸送材料功能，模頭部分主要是決定成形品的形狀、提高混合效果與消除結合線，以本實驗的模頭為例，三層共擠押螺旋吹膜模頭如圖 3-7 所示。熔膠經由歧管分流進入模頭後，經由螺旋溝引導，使其進行軸向與橫向流動形成均勻的環狀流場，匯流後在模唇段形成多層狀流動，再由模頭出口共擠押出多層結構薄膜，而熔膠在模頭內之流動情況與混合狀態為影響薄膜性質之重要指標，因為在模頭分析中主要針對模頭內部各層間流道的幾何特性作熔膠流動行為之分析。

3.3.1 模頭流道幾何形狀

圖 3-7 為三層共擠押模頭組合圖，其構造分為以下幾個區段：

1. 入料段：每層各有其單一熔融材料，經由圓形流道流至各層。
2. 螺旋段：沿模心有數條螺旋溝，熔融材料經由分歧管進入螺旋段，沿螺旋溝軸向及橫向兩邊溢流，使熔融材料充滿螺旋軸心及外殼之間的環狀流道。
3. 鬆弛段：環狀流道間隙變大，再逐縮小，使材料均勻度增加，各層熔融材料仍獨立流動。
4. 匯流段及模唇段：三層熔融材料在此彼此接觸，界面呈環狀，經由模唇段控制出模口的環狀直徑及厚度。

但在本研究所使用的三層共擠押模頭內層並無螺旋溝，在學長黃品翰的論文中以 Moldex 探討其在暫態穩流下，在環形流道段加設一段虛擬自由邊界段，使流動情況趨近於穩態穩流稱為半穩定狀態。圖 3-8~3-10 為外、中及內層模頭幾何形狀。

3.3.2 模頭製程條件

在加工過程中，模頭的目的是改變熔膠流動的流場，其流場形狀接近成形品的形狀。表 3-5 為模頭流量與溫度設定。流量大小與螺桿押出量相同，溫度設定主要使熔膠仍保持在熔融狀態及使各層溫度相同，避免不同溫度的熔膠接觸後因溫差造成界面不穩定的問題。

表 3-5 模頭流量與溫度設定

	A 螺桿	B 螺桿	C 螺桿
熔膠流量(kg/hr)	7	5	1.8
模頭溫度(°C)	270	270	270
進料溫度(°C)	270	260	200

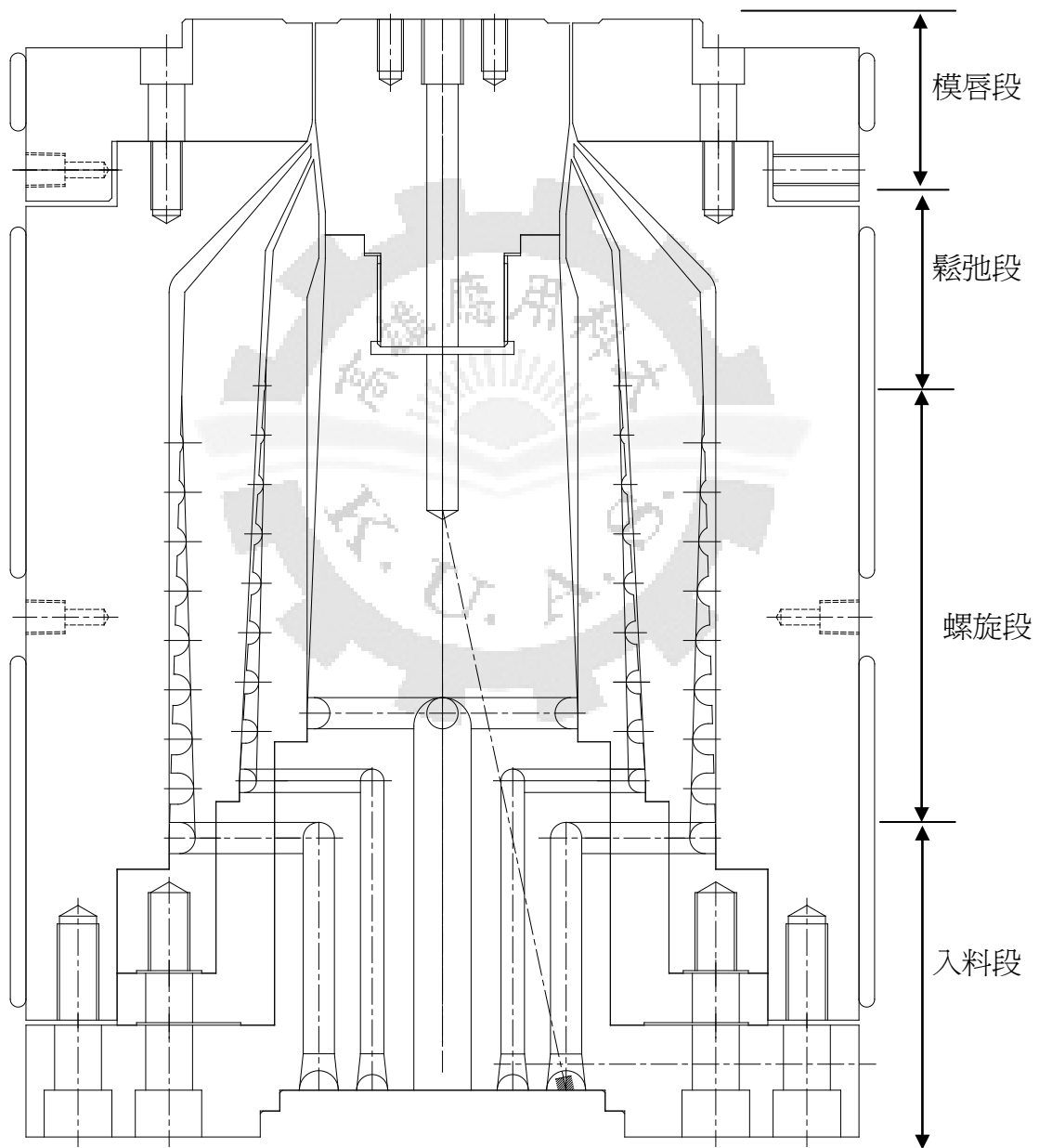


圖 3-7 三層共擠押螺旋吹膜模頭組合圖

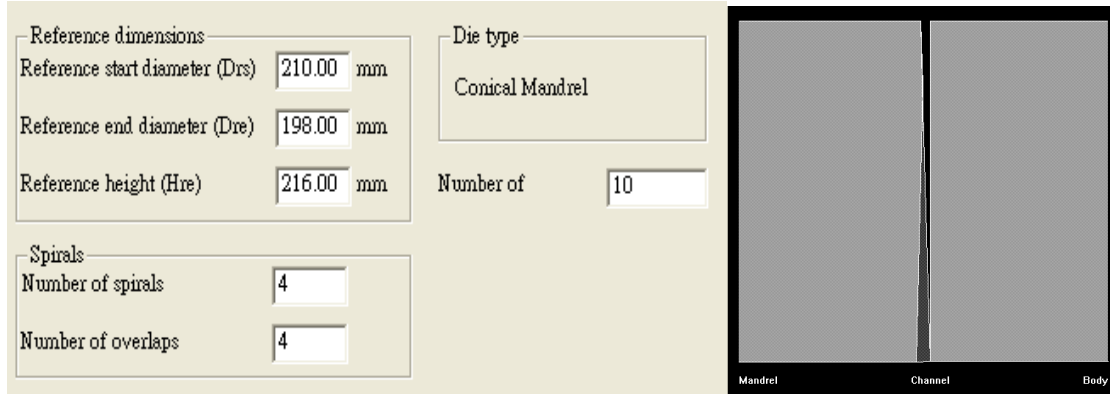


圖 3-8 外層模頭幾何圖

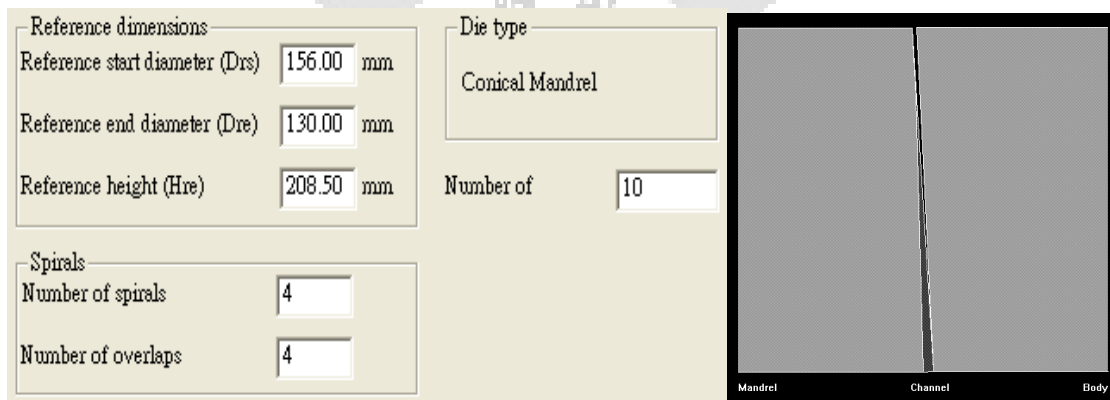


圖 3-9 中層模頭幾何圖

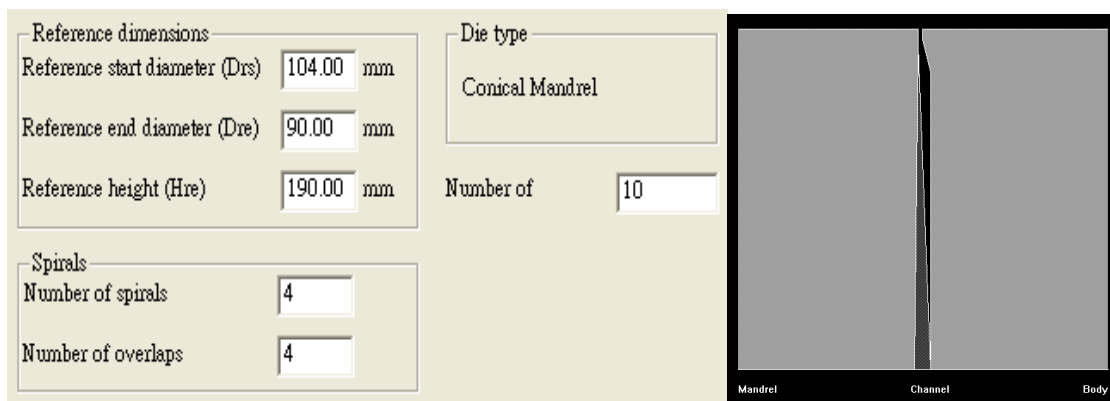


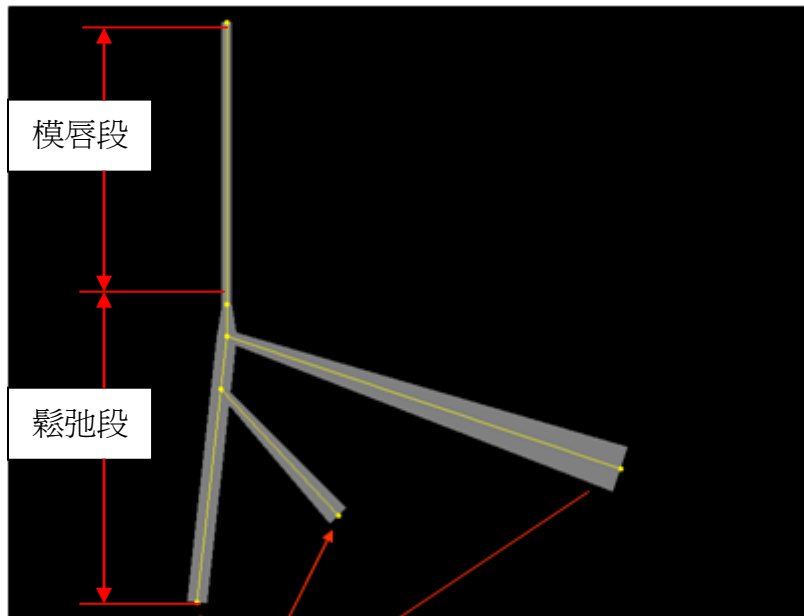
圖 3-10 內層模頭幾何圖

3.4 共押匯流段分析模擬

共押匯流段從包含鬆弛段與模頭出口模唇段兩個部分，模擬熔膠彼此接觸後界面的流變性質，避免接觸段之界面應力超過臨界值而出現界面產生不穩定現象，影響表面性質、各層厚度不均及成形的穩定性等。如何在熔膠相互接觸時，維持界面的定流動是非常重要的，影響界面的重要因素包括：

1. 非等溫效應，因為不同熔膠的加工溫度不同，在接觸時會因溫度的差異影響其流動行爲。
2. 黏度差異。黏度可視為分子長短及糾纏的程度，因為不同熔膠的黏度不同，因此在接觸時，其界面分子穿插糾纏的程度將對界面的穩定性產生影響。一般而言，黏度差異愈大，界面的速度梯度差異愈大，愈容易造成不穩定。
3. 界面的剪切應力過高導致正向應力的不平衡，造成的熔膠流動的不穩定。當界面的剪切應力增加時，將使得界面的分子配向性增強，分子被拉伸的程度增加。
4. 流道的幾何形狀設計(如接觸角)，對流動行爲的影響。

不同加工溫度所造成的性質差異及流道的幾何設計都會對共擠押擠製程薄膜造成很大的影響。以分析模擬軟體觀察材料界面性質及壓力、黏度、剪切應力等變化，可避免押出不穩定的問題發生，並改變押出量，觀察不同材料在模唇段時的變化情形。圖 3-11 為模擬匯流段的外形圖。



進料口

圖 3-11 匯流段幾何外形

3.5 模擬結果與討論

3.5.1 螺桿分析結果

1. 固體床比例(Solid bed ratio)：

由圖 3-12、3-13、3-14 可知外層、中層與內層螺桿中材料的固體床分佈比例，螺溝道之固體塑料從供料段即靠著摩擦剪切熱與料管持續加溫開始融化，直到固體塑料完全塑化為止，最好的完全塑化位置為加壓段結束前未進入計量段，如此一來進入計量段的熔膠才能準確的被計量。若固體床分佈持續至計量段時會產生固體顆粒熔融不完全之現象，而未熔融之固體顆粒進入模頭後則很難被融化，進而成為 gel 殘留在薄膜成品表面。

本實驗內、外層螺桿計量段約在 19D、中間層螺桿計量段約在 15D，實驗模擬外、中與內層螺桿固體床分別在 18D、11.98D 與 13.03D 塑化完全。

2. 容積溫度(Bulk temperature)：

熔膠在沿螺桿方向的溫度分佈如圖 3-15、3-16、3-17 所示，由於原料不會在一進入螺桿後就開始融化，故在模擬時為了增加其準確性，將前端 1~2D 的長度，設定溫度為 100°C，其後熔膠溫度在供料段時開始急劇上升，代表固體塑料在此點開始產生熔化的現象，從圖中加熱段顯示區域中看出不同加熱段設定溫度即會影響到熔膠的溫度，而最後熔膠出螺桿之溫度分別為 270.23、250.39、200.32°C，由此可見此螺桿並沒有明顯升溫之現象。

3. 熔膠壓力(Average pressure)：

熔膠壓力會因材料、溫度與螺桿幾何不同而改變，主要依材料所需選擇不同的螺桿。圖 3-18 為外層沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖，與圖 3-20 內層沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖，在 Gear pump 控制流量下，外層熔膠壓力隨著螺桿長度上升而增加，而內層螺桿明顯因兩段壓縮段的加壓而壓力上升，熔膠壓力緩慢上升到第二計量段而下降。可看出 PET 在塑化後黏性甚低，不如 LDPE 具有黏性及可壓縮性。而圖 3-19 為中間層沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖，因中間層螺桿只有壓縮段與計量段，材料甫進入螺桿便開始因壓縮產生摩擦，熔膠壓力沿壓縮段快速上升，計量段仍維持高壓，直至混合段才開始下降。同時可知材料在這樣的

螺桿設計下，少了進料段的升溫作用，直接受到螺桿與料缸的高摩擦，易形成高的熔膠壓力。

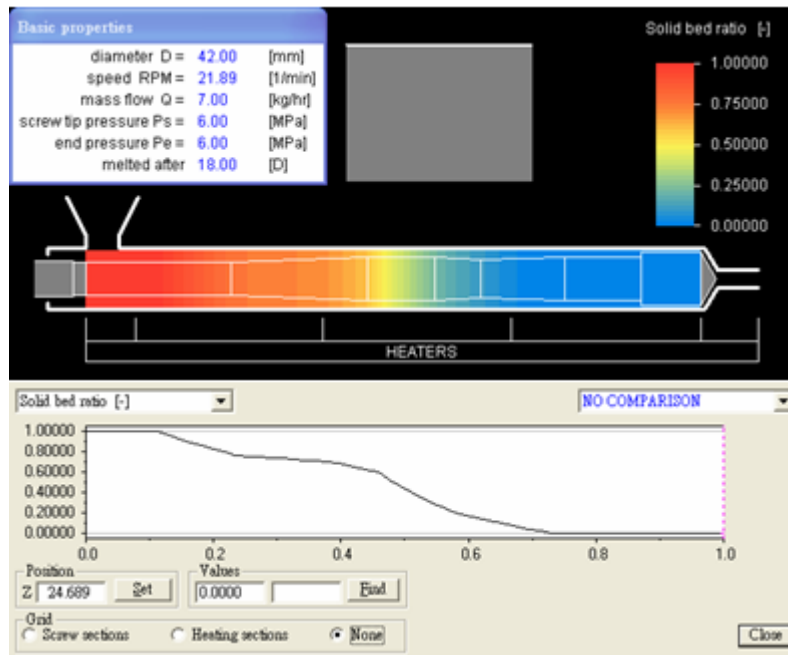


圖 3-12 外層-沿螺桿方向固體床分佈圖

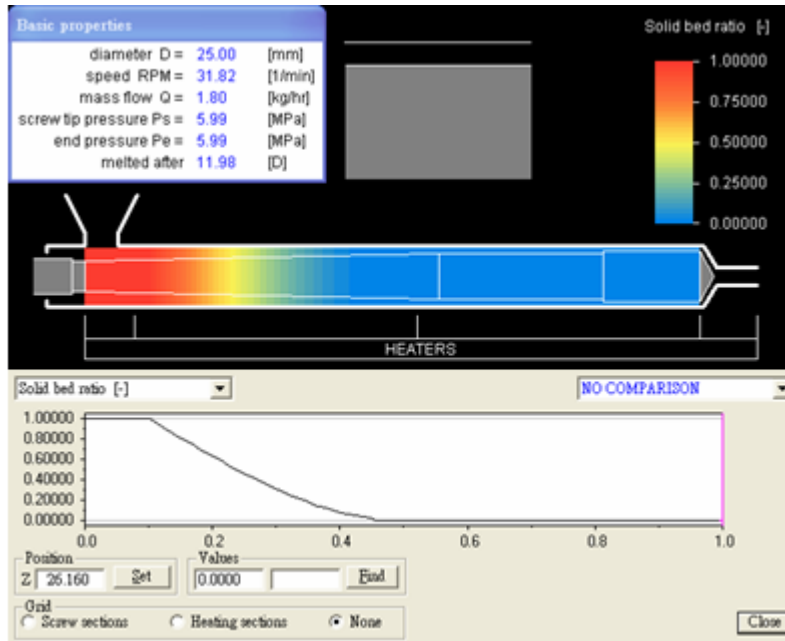


圖 3-13 中間層-沿螺桿方向固體床分佈圖

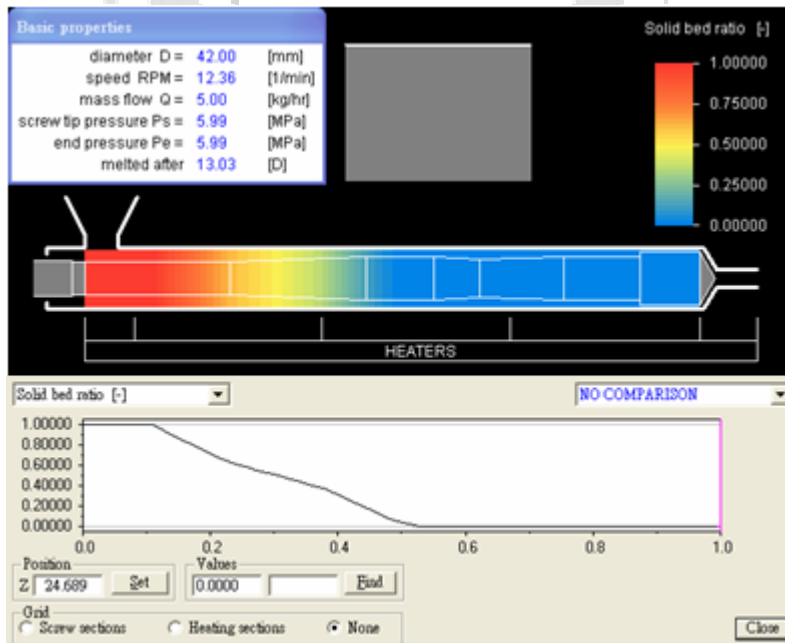


圖 3-14 內層-沿螺桿方向固體床分佈圖

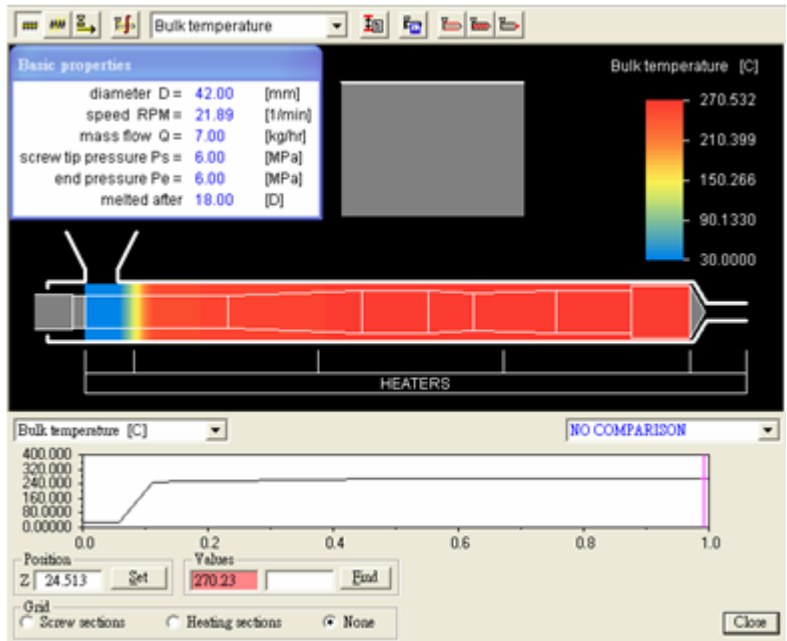


圖 3-15 外層-沿螺桿方向熔膠容積溫度分佈圖

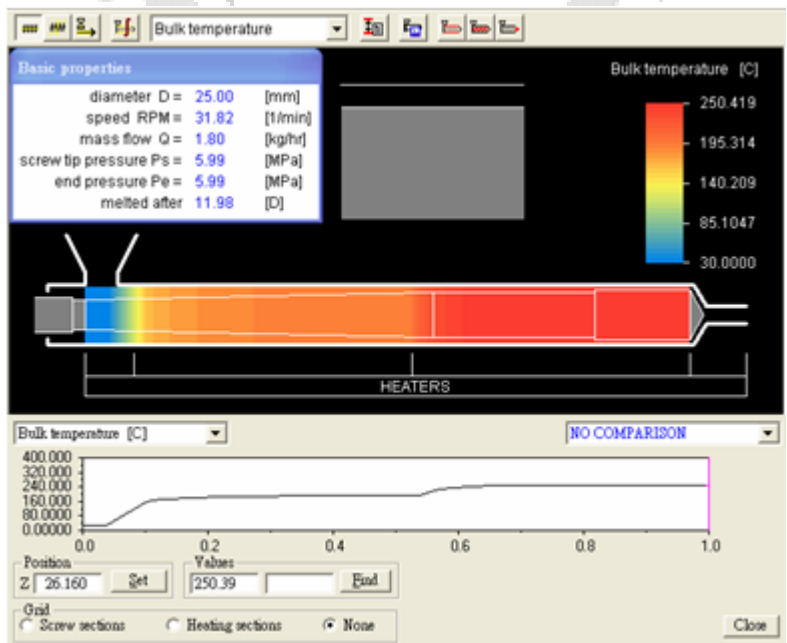


圖 3-16 中間層-沿螺桿方向熔膠容積溫度分佈圖

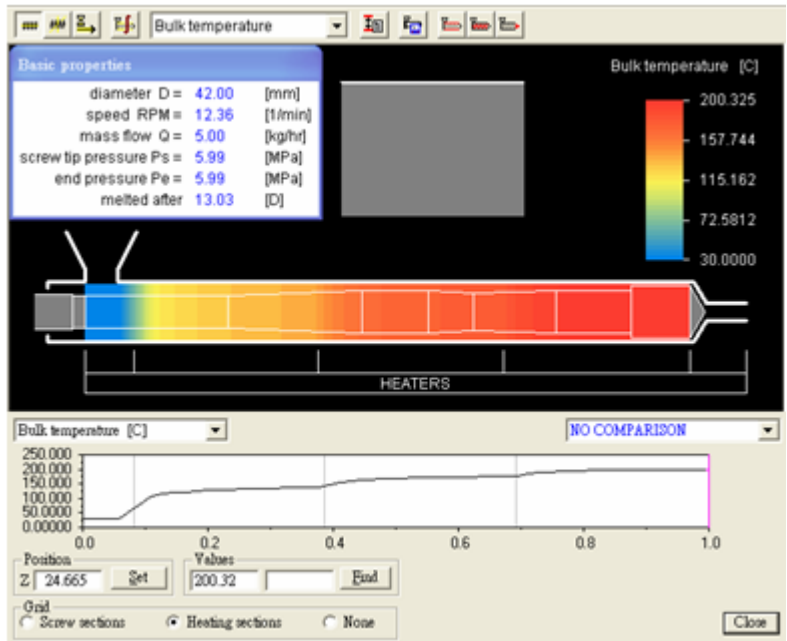


圖 3-17 內層-沿螺桿方向熔膠容積溫度分佈圖

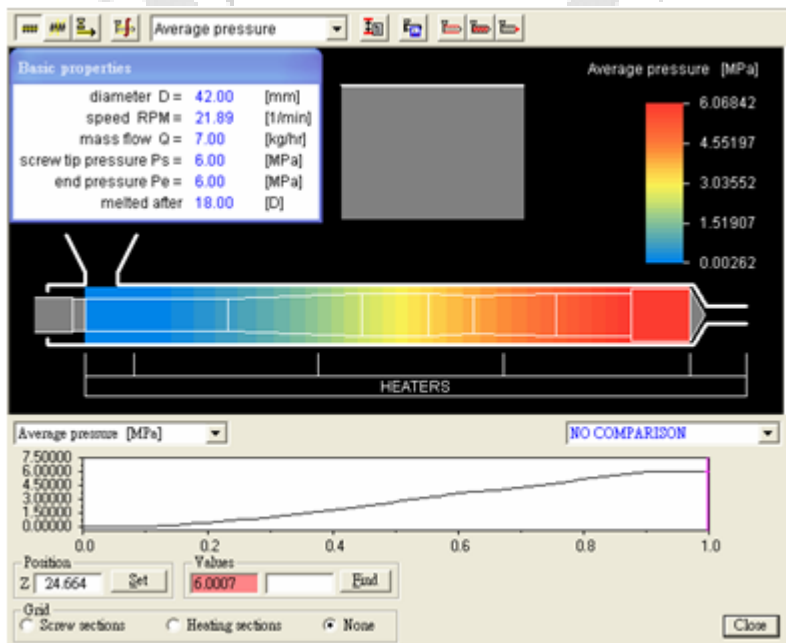


圖 3-18 外層-沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖

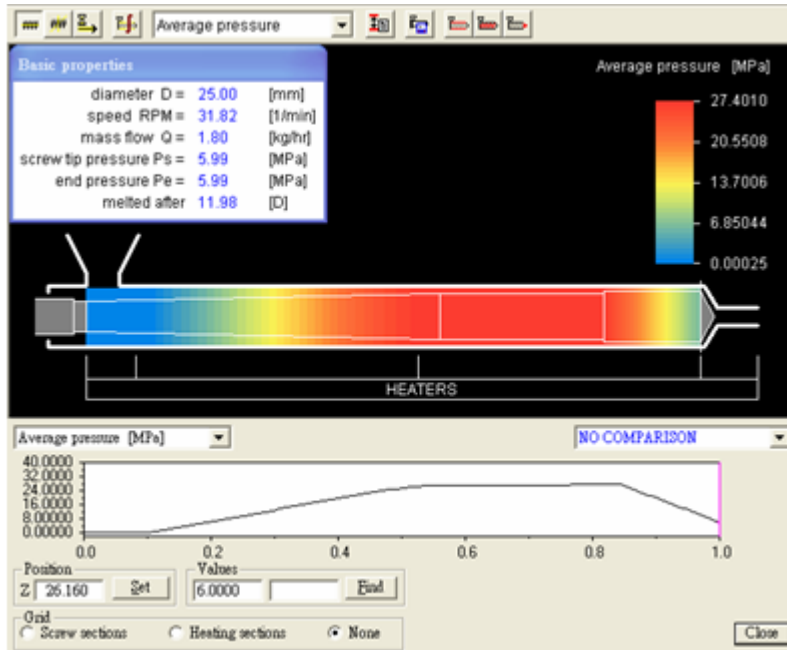


圖 3-19 中間層-沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖

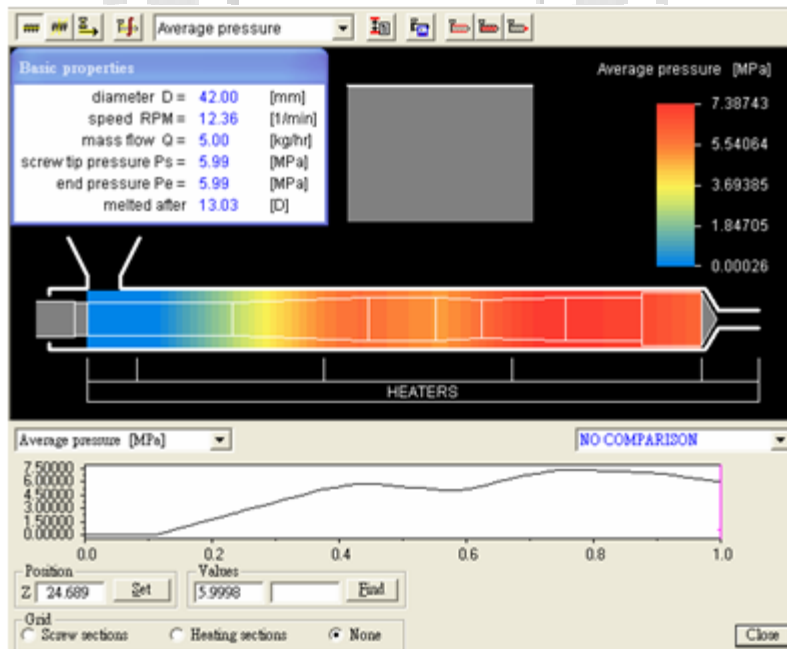


圖 3-20 內層-沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖

3.5.2 模頭流動分析結果

1. 外層模頭流道：

(1) 沿螺旋溝熔膠流量變化：

圖 3-21 表示熔膠流量沿螺旋溝槽之變化，熔膠在螺旋模頭內經由螺旋溝導引，螺旋模頭直徑及溝槽的深度改變，使得熔膠溢流至心軸與套層間之溝槽間隙，由圖中所示在螺旋溝總長的 50% 以前，熔膠大量溢流至間隙，由圖 3-22 所示，可知溢流量約在螺旋溝總長的 30% 左右達到最大量，這同時與軸心及套層間隙變化有關，間隙愈早出現橫向溢流也愈早開始，若要使流量均勻，需要控制間隙及螺旋溝深淺的變化，使其達到最佳的橫向溢流範圍。

(2) 螺旋段出口流量分佈：

圖 3-23 表示熔膠在螺旋段出口的流量分佈，流量分佈愈平均則所得到的薄膜徑向均勻度愈佳，受到螺旋溝內部熔膠溢流之影響，在螺旋段出口端出現 4 個波峰(流量為 $\pm 4.12\%$)，這是因為模頭心軸刻有 4 條螺旋溝，每條螺旋溝之溢流量個產生一股波峰而造成此種現象，熔膠通過鬆弛段與模唇段後薄膜均勻度便會提高。

(3) 螺旋段壓力損失：

圖 3-24 表示螺旋段壓力損失圖，總壓力損失為 0.16MPa，其壓力損失仍以線遞減，對於 PET 來說仍屬合理範圍。

2. 中間層模頭流道：

(1) 沿螺旋溝熔膠流量變化：

圖 3-25 表示中間層熔膠流量沿螺旋溝槽之變化，在不同的押出量之下，熔膠流量變化與外層相似。在圖 3-26 流道沿螺旋溝熔膠溢流量變化圖中，可知最大溢流量較外層晚出現，可說明當熔膠經過最大溢流量後，在旋螺溝內的熔膠大多在心軸與套層間流動，不再依循螺旋溝流動，適當的間隙與螺旋溝數目，可得到較均勻的橫向溢流。

(2) 螺旋段出口流量分佈：

圖 3-27，螺旋段出口出現的 4 個波峰(流量 $\pm 5.19\%$)，明顯看出螺旋溝之溢量影響波峰的產生。

(3) 螺旋段壓力損失：

圖 3-28 為中間層流道壓力損失圖，整體壓力損失約 0.08MPa，但入口壓力僅 0.18MPa，故損失達 40%以上。由壓力可知 MI10 的光學級材料經塑化熔融後黏度極小，自螺桿流出後已損失大部分壓力。

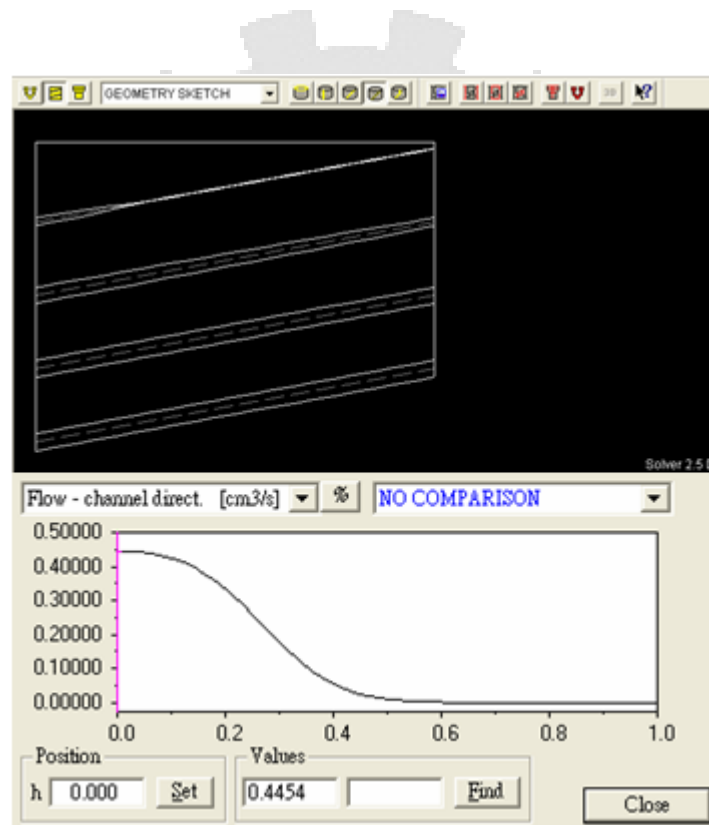


圖 3-21 外層流道-沿螺旋溝熔膠流量變化圖

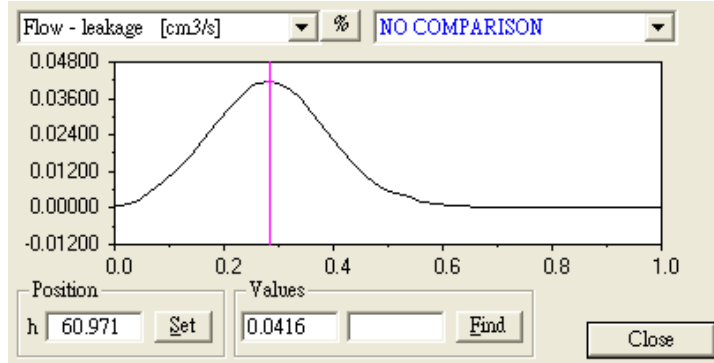


圖 3-22 外層流道-沿螺旋溝熔膠溢流量變化圖

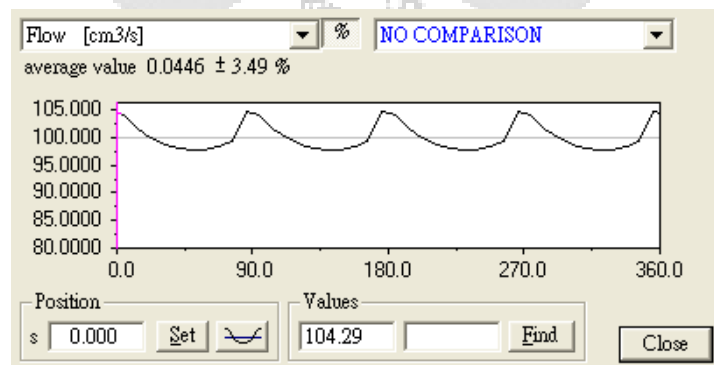


圖 3-23 外層流道-螺旋段出口流量分佈圖

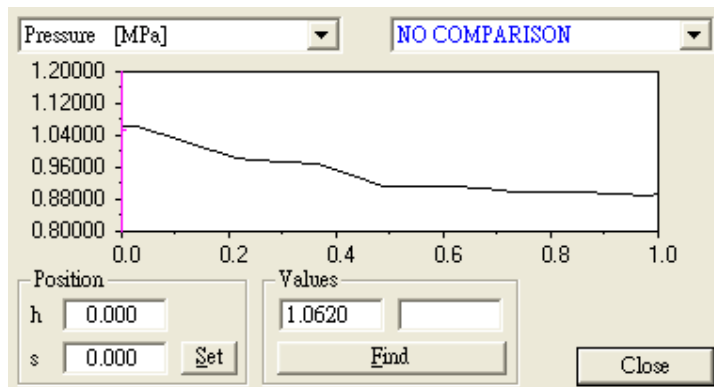


圖 3-24 外層流道-壓力損失圖

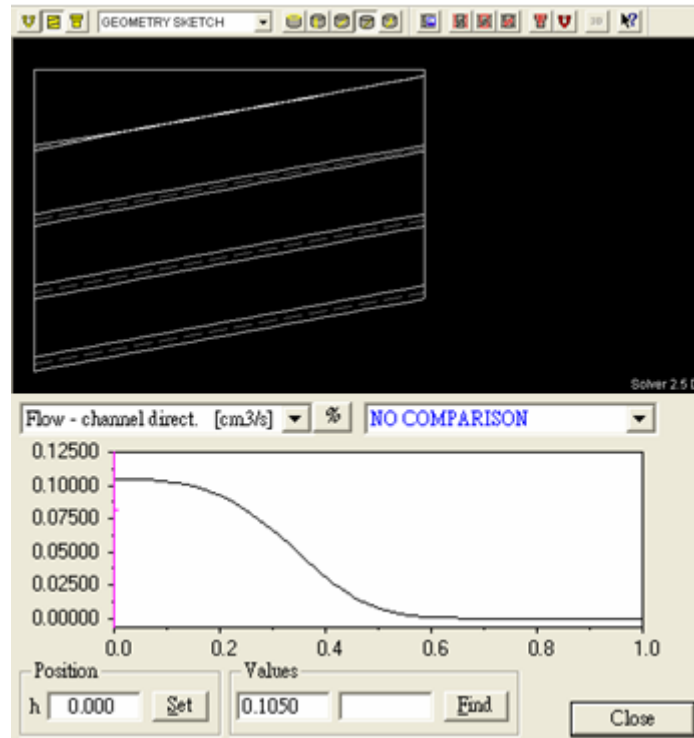


圖 3-25 中間層流道-沿螺旋溝熔膠流量變化圖

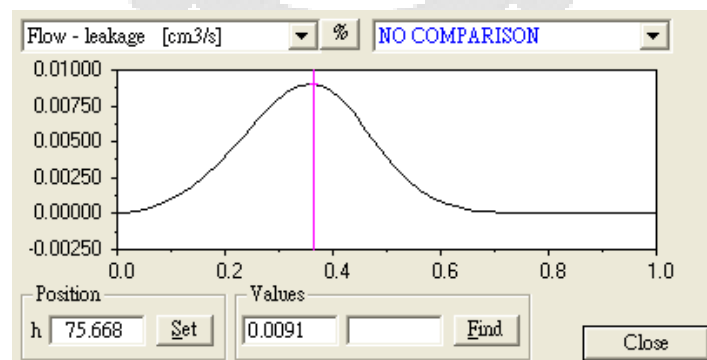


圖 3-26 中間層流道-沿螺旋溝熔膠溢流量變化圖

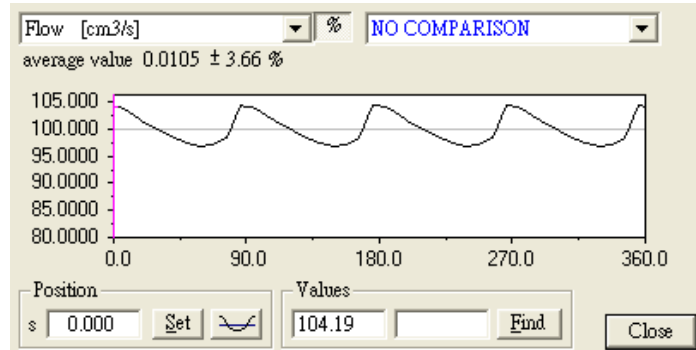


圖 3-27 中間層流道-螺旋段出口流量分佈圖

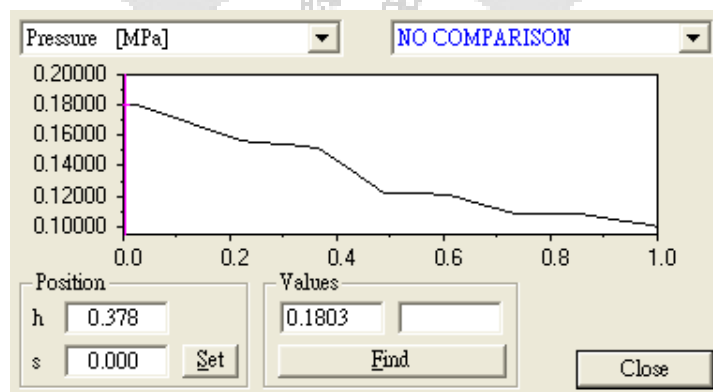


圖 3-28 中間層流道-壓力損失圖

3.5.3 共押匯流段分析結果

1. 速度分佈：

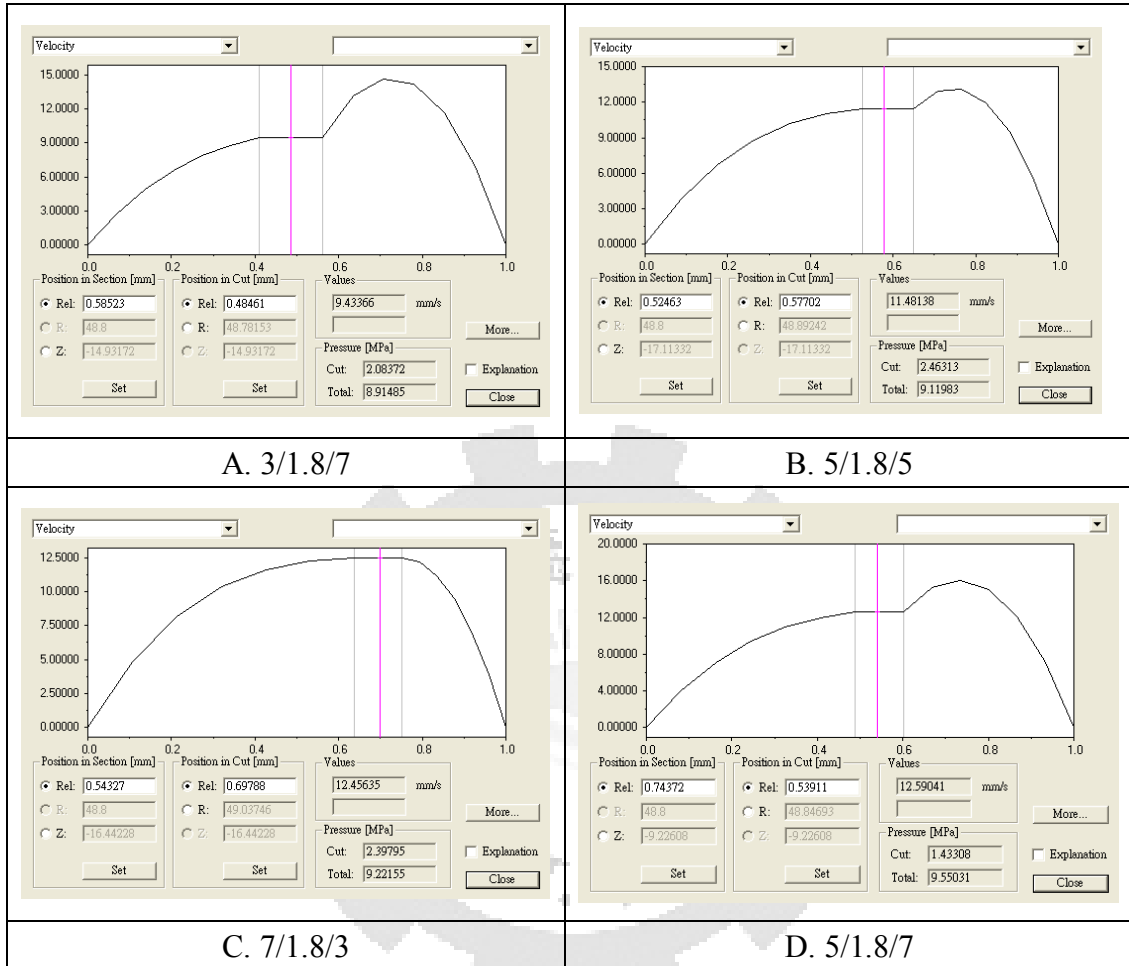
圖 3-29 為三層共押匯流段速度分佈圖，分別改變內層 PE 與外層 PET 的流量，在圖 A、B 與 C 中總流量相同，當外層 PET 流量多時流速明顯變快，但只有在 PE 層流量增加時才會使 PMMA 層流速增加，並使得整體流動呈柱賽狀，流動差異變小。而外層 PET 的押出量大時，中間層 PMMA 比例也較大。而圖 D 是實際實驗的押出比例，為了增加 PET 與 PMMA 的厚度並增加 PE 層厚度，使其在高溫加工時的強度足夠。

2. 剪切率與黏度差異：

圖 3-30 為三層共押匯流段黏度分佈圖，以平均值來看，外層、中層與內層分別約為 530、804650 與 5600 (Pa-s)，黏度差異大造成界面不穩定。以圖 3-2、圖 3-3 的黏度-剪切率圖來看，PMMA 在模頭溫度 270°C，黏度應該比 PET 低。故此黏度曲線為黏度很小的 PMMA 層與外、內兩層黏度較高的流體相接觸，瞬間提高接觸面黏度。圖 3-31 為三層共押匯流段剪切率分佈圖，只有在 PET 層流量少時，界面剪切才會較接近。

3. 壓力分佈：

圖 3-32~3-34 分別為外層、中間層及內層模唇段壓力損失圖。從模頭螺旋段進入鬆弛段，會因流道幾何改變而壓力增加，而壓力降最大的部分是在模唇段，因出口無加壓作用，故模唇段壓力從 5.6MPa 降到 0MPa。圖 3-35 共押製程壓力分佈圖可知整體壓力分佈，熔積密度高的材料熔化後體積並未明顯變大，故熔體壓力小，而熔積密度低的材料，較易在模內產生高的阻力。



註：內層/中層/外層流量速度圖，單位(kg/hr)

圖 3-29 三層共押匯流段速度分佈圖

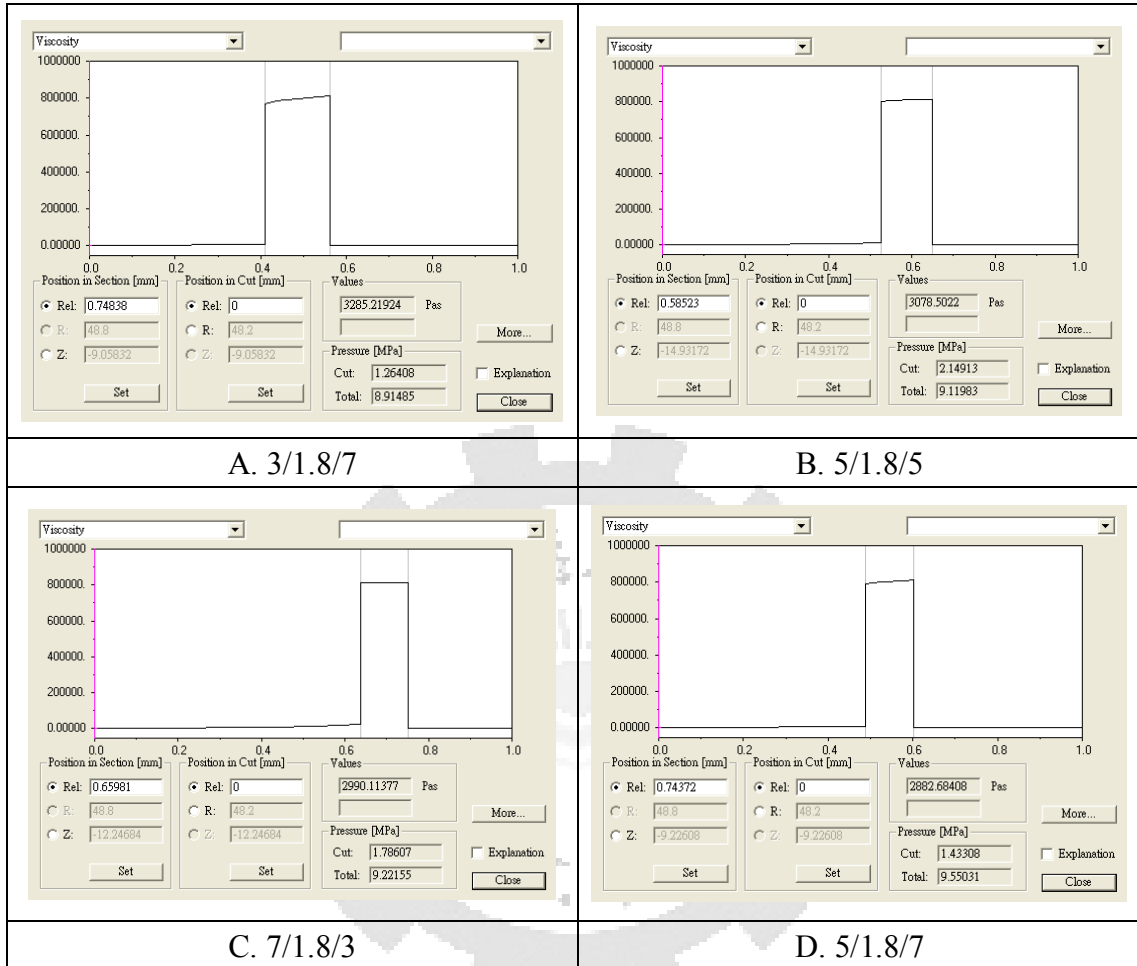


圖 3-30 三層共押匯流段黏度分佈圖

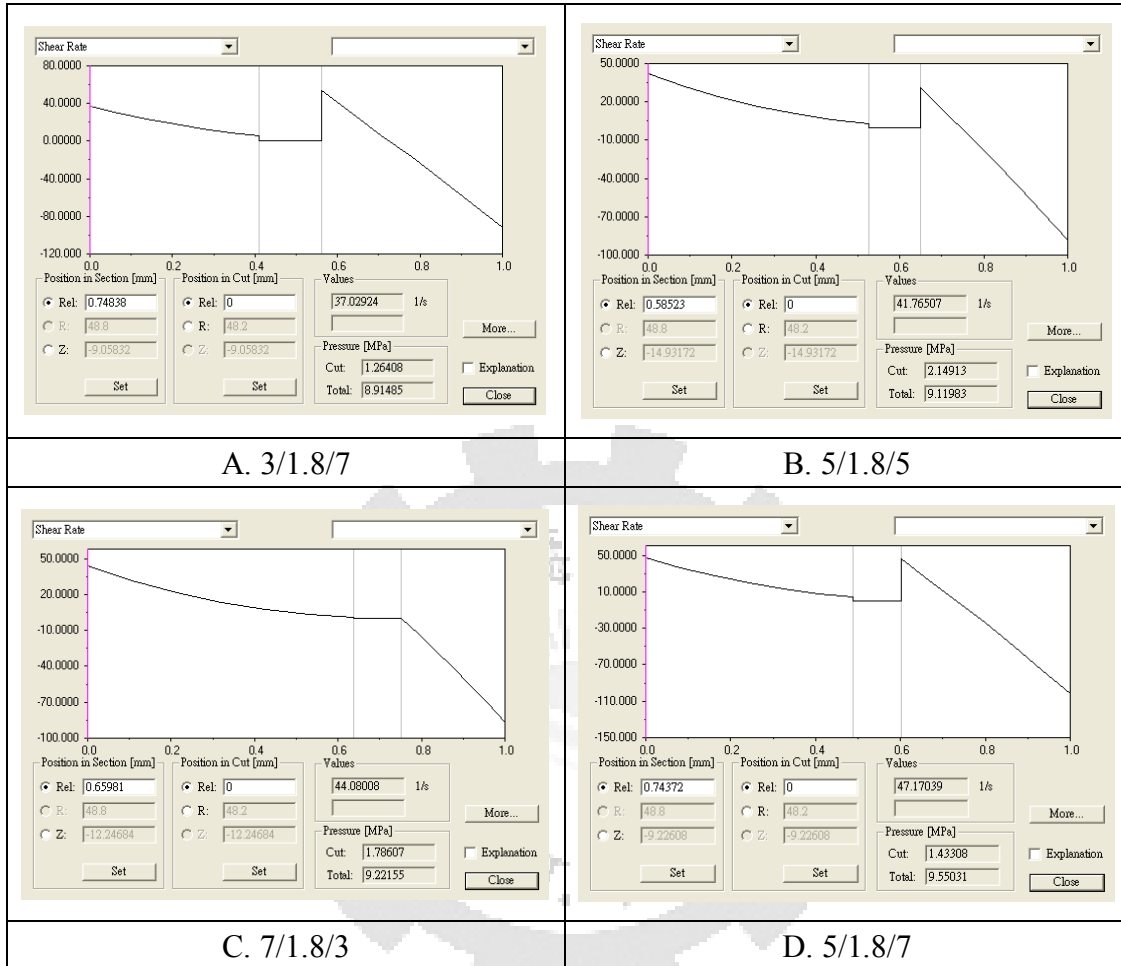


圖 3-31 三層共押匯流段剪切率分佈圖

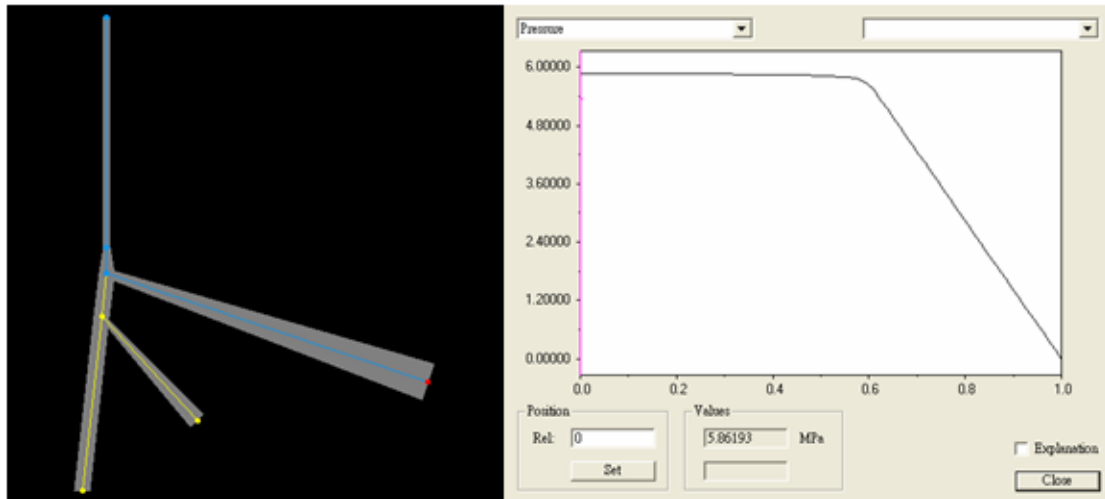


圖 3-32 共押匯流段外層流道壓力損失圖

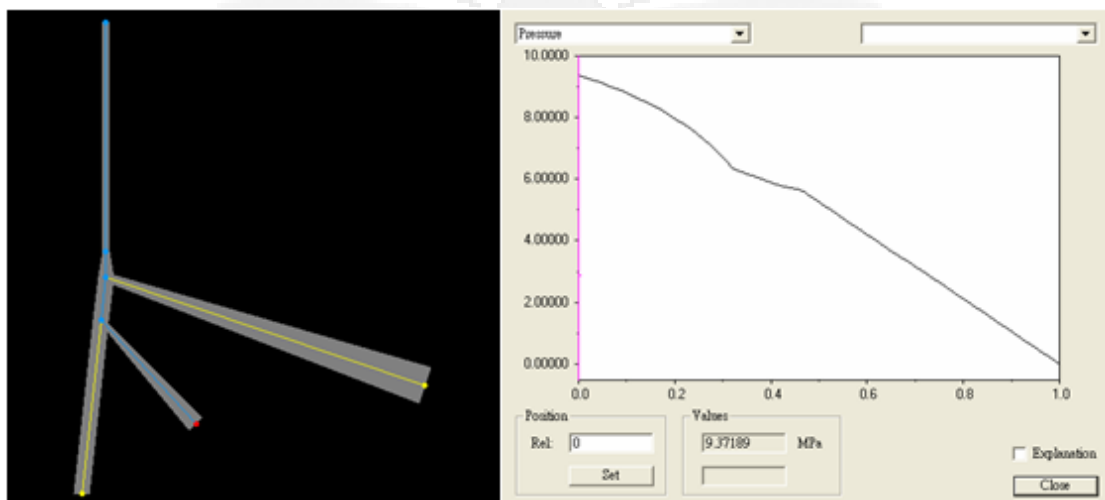


圖 3-33 共押匯流段中間層流道壓力損失圖

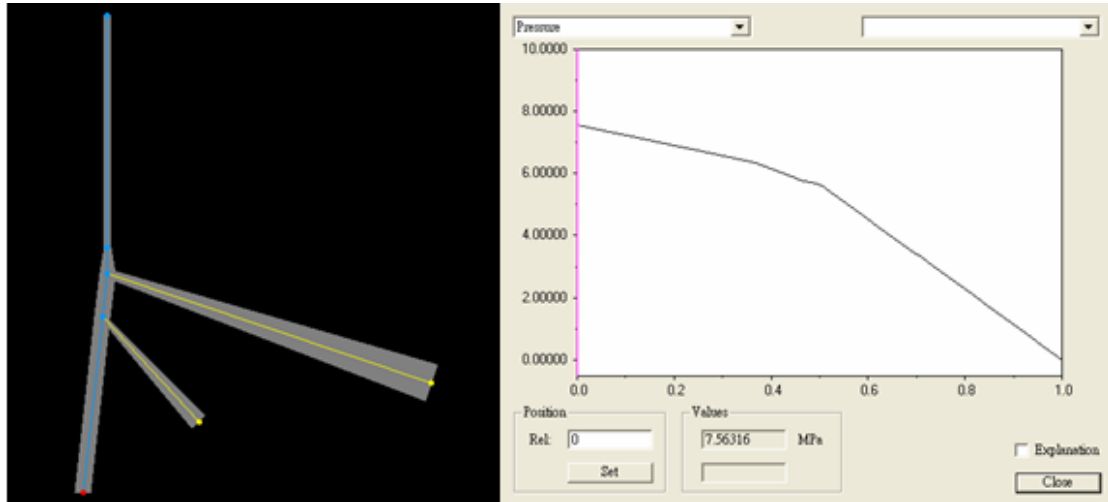
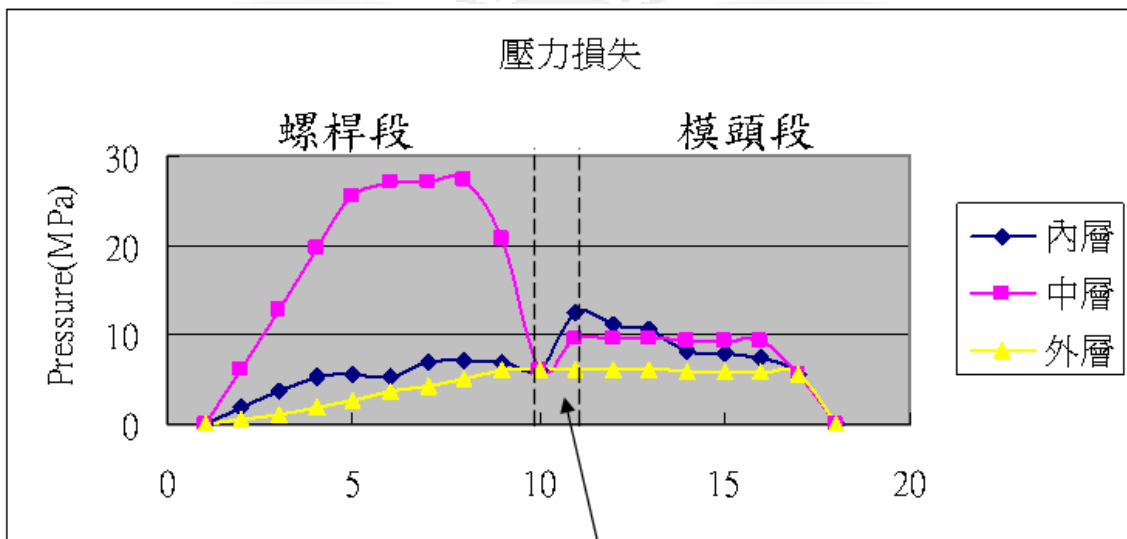


圖 3-34 共押匯流段內層流道壓力損失圖



Gear pump與歧管段

圖 3-35 共押製程壓力分佈圖

第 4 章、共擠押實驗

4.1 實驗目的與流程

本實驗主要利用共擠押吹膜製程，進行共擠押實驗製備單層 PET 膜與雙層 PET/PMMA 膜，並且探討吹袋比、引取速度與風環風量對 PET 薄膜的霧度及機械強度的影響。圖 4-1 為共擠押吹膜實驗流程圖。

4.2 實驗材料與設備

4.2.1 實驗材料

本研究以 3M Vikuiti™ BEF II 90/50 Film 作為研究目標，材料選用吹瓶級 PET，型號 SHINPET 5015W。光學級 PMMA，型號 KUARARY GH-1000S，表 4-1、4-2 為材料物性表。而作為內層保護層材料為亞聚低密度聚乙稀，吹膜級 LPDE，型號為 H0105，表 4-3 為材料物性表。

PET 是吸濕性材料，若含水率太高，在高溫加工下會產生水解，使 PET 分子鏈斷裂及熱分解產生乙醛，物性及機械性質降低，結晶速率加快。吹瓶級 PET 加工前必須先乾燥至含水率在 0.05% 以下。

4.2.2 實驗與設備

1. 參層共擠押吹膜成形機

圖 4-2 為本實驗所使用之三層共擠押吹膜機，由龍盟機械股份有限公司所生產製造，其成形原理為利用三台押出機(Extruder)分別將材料塑化後，經由齒輪幫浦(Gear pump)精密計量，圖 4-3 所示，將材料導入共押螺旋模頭(Multi-Manifold Spiral Die)，使材料在模頭內匯流後出模頭形成管狀膜，在引取輪與模頭中間打入空氣吹脹成膜泡，經由引取輪引取與風環冷卻，使膜泡得以快速脹大與冷卻。

本實驗機台所使用的齒輪幫浦特色在於利用背壓控制螺桿轉速，可精準控制熔膠流量與一定量背壓，使材料塑化效果佳及溫度變化量小的問題。避免因螺桿速改變造成背壓與溫度及塑化能力的改變。

2. 毛細管流變儀(Capillary Rheometers)

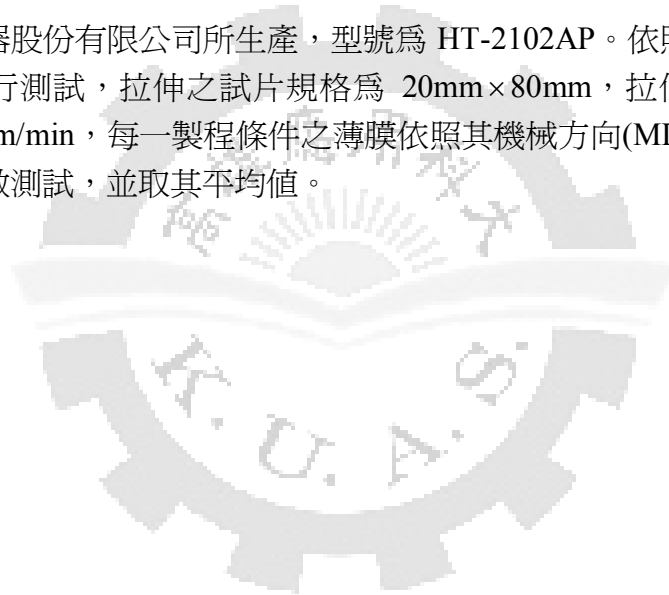
德國 Göttfert 所生產，型號為 Rheotester 1000。量測材料剪切率-黏度變化。

3. 霧度計(Haze-gard Plus)

依據美國材料與試驗協會 ASTM D1003 的方法，利用積分球來進行全光穿透與擴散穿透的量測。

4. 拉伸試驗機(Material Tensile Testing Machine)

由宏達儀器股份有限公司所生產，型號為 HT-2102AP。依照 ASTM D882-02 之標準規範進行測試，拉伸之試片規格為 20mm×80mm，拉伸速度(Cross-Head speed)為 40mm/min，每一製程條件之薄膜依照其機械方向(MD)與橫軸方向(TD)各取 5 片試片做測試，並取其平均值。



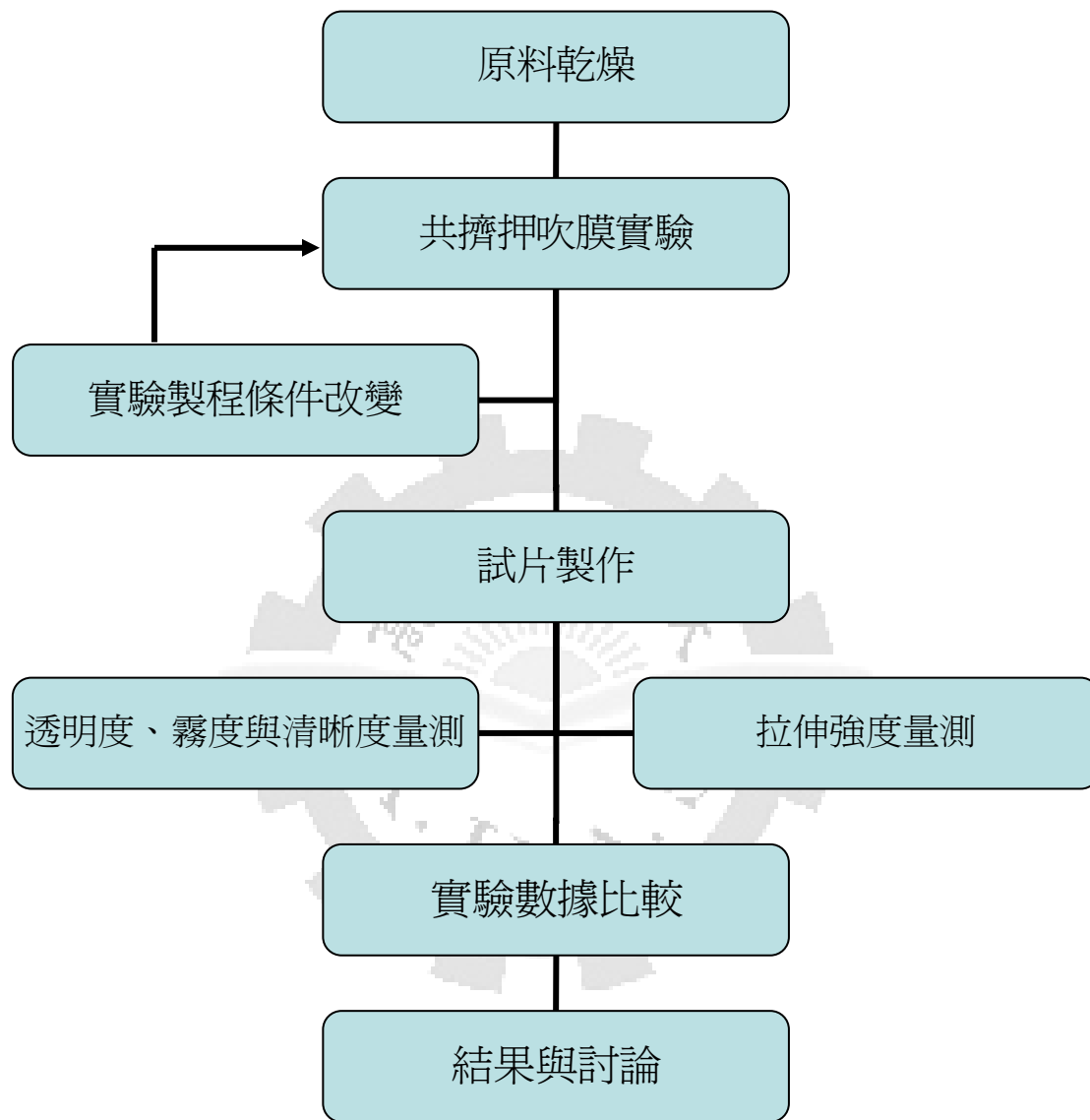


圖 4-1 共擠押吹膜實驗流程圖

表 4-1 SHINPET 5015W 吹瓶級 PET 物性表

SHINPET 5015W

TECHNICAL SPECIFICATION

PROPERTY	UNIT	VALUE	TEST METHOD
I.V.	dl / g	0.80 ± 0.02	ASTM D-2857
H ₂ O CONTENT	wt %	< 0.5	ASTM D-4019
MELTING POINT	° C	246 ± 4	ASTM D-3418
COLOR (b)		0.0 ± 2.0	JIS Z 8722
PELLET SHAPE		OVAL	
BULK DENSITY	g / cm ³	0.9 ± 0.1	
PACKING	Kg / BAG	1100	
A.A.CONTENT	ppm	< 1.0	CELANESE
MOLDING TEMP.	° C	275 ~ 285	

表 4-2 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) (有負荷)	D648	°C	92
			101
MFR	D1238	g/10min	10
軟化點溫度	D1525	°C	113
其他性質			
比重	D729		1.19
成形收縮率	D955		0.002~0.006
成形加工			
成形條件	乾燥條件	°C & hr.	80~100&4~6
	成形溫度	°C	230~280
	模具溫度	°C	50~90

表 4-3 亞聚低密度乙稀(LDPE)物性表

物性 Physical properties		單位 unit	檢驗方法 (ASTM)	H0105
特性 characteristics				高抗粘性 High Antiblock
熔融指數/Melt Index		g/10min	D1238	0.5
密度/Density		g/cm ³	D1505	0.923
混濁度/Haze		%	D1003	10
光澤度 (60°)/Gloss(60°)		%	D523	75
抗衝擊強度/ Impact Strength		g/50%Failure	D1709	300
摩擦係數/ Coefficient of Friction		-	D1894	<0.55
斷裂點抗張強度 (薄膜) Ultimate Tensile (Film)	MD TD	Kg/cm ²	D882	260 220
1%伸長彈性係數 (薄膜) 1% Secant Modulus (Film)	MD TD	Kg/cm ²	D882	2000 2200
伸長率 (薄膜) Elongation (Film)	MD TD	%	D882	330 500
抗撕裂強度 (薄膜) Tear Strength (Film)	MD TD	Kg/cm	D1922	52 75
低溫脆裂溫度 Low Temperature Brittleness		°C	D746	<-70
韋氏軟化點 Vicat Softening Point		°C	D1525	101
硬度 Hardness		蕭氏 D	D2240	54
熱變溫度(66psi) Heat Deflection Temp.(66psi)		°C	D648	52
熔點/Melting Point		°C	APC Method	108

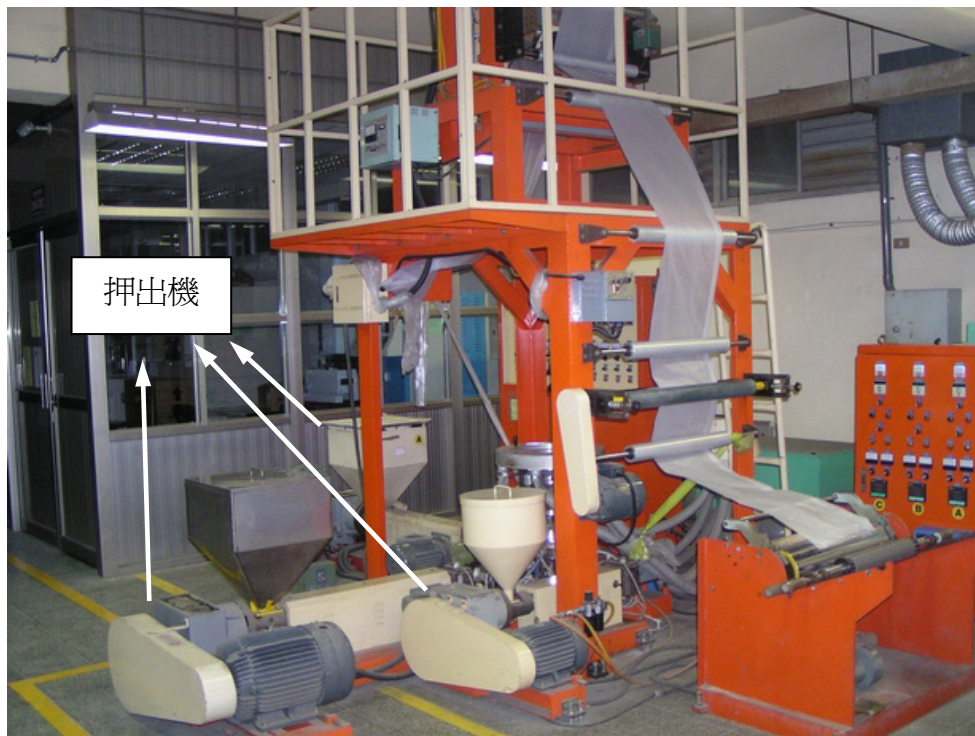


圖 4-2 參層共押吹膜成形機

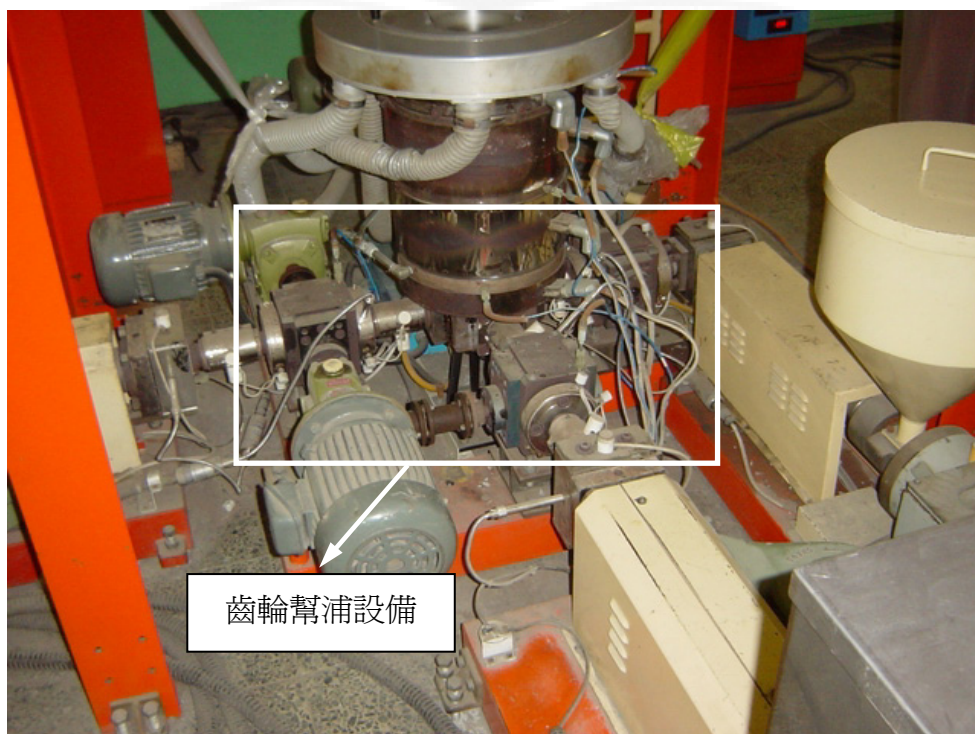


圖 4-3 齒輪幫浦設備圖

第 5 章、實驗結果與討論

實驗結果利用霧度計量測樣品的透明度、霧度與清晰度，觀察薄膜在不同製程參數下對於表面性質的影響。

5.1 PET 與 PE 雙層共擠押

表 5-1 為 PET/PE 雙層共擠實驗參數與量測結果，實驗過程改變了引取速度、吹袋比與風環風量。透明度指的是光透過樣品的光量度，在實驗結果中並沒有很大的改變，PET 材料本身為汽水瓶材料，故有足夠的透明度。以霧度判斷 PET 材料是否結晶的指標，由圖 5-1 霧度與平均厚度關係圖中可知，厚度變化對於霧度的影響有一定的趨勢。由圖 5-2 霧度與清晰度關係圖中可知霧度與清晰度成反比關係，又清晰度指的是光穿過樣品的解析力，加上由樣品的表面可看出許多小顆粒，可能是影響霧度與清晰度的主要原因，故霧度與清晰度有強烈的反比關係。

圖 5-3 為改變風量大小，即單一冷卻時間條件，對於霧度的影響，由圖可知霧度與風量大小沒有明顯的關係，即冷卻速度不影響結晶材料的結晶速度。圖 5-4 為吹袋比與霧度的關係圖，吹袋比愈大相同押出量的薄膜會愈薄，在圖 5-4 中吹袋比最小的並非霧度最高的。圖 5-5 為霧度與引取速度關係圖，押出量相同時，引取速度愈快沿 MD 方向拉伸強度強且厚度沿此方向拉伸而變薄，而圖所表現的趨勢與厚度較接近，即厚度薄的霧度低，厚度厚的霧度高。

表 5-2 為 PET 單層膜的 MD 與 TD 方向拉伸數據表，由圖 5-6 伸強度與厚度關係圖可知，厚度同時影響 MD 與 TD 方向強度，厚度愈厚拉 MD 方向與 TD 方向伸強度差異愈大。

5.2 PET/PMMA/PE 三層共擠押

在三層共擠押實驗中，主要以改變 PMMA 押出量及吹袋比，比較不同 PMMA 厚度對於 PET/PMMA 的影響。表 5-3 為三層共擠押實驗結果。圖 5-7 為 PET/PMMA 霧度與平均厚度關係圖，在 PET 與 PMMA 雙層薄膜共存時，平均厚度與霧度並沒有像單層 PET 時的相同趨勢，在此霧度不因厚度升高而有明顯的改變。圖 5-8 為 PET/PMMA 霧度與平均厚度關係圖，僅有前三組因霧度升高而清晰度下降，後面六組都沒有相同的趨勢，沒有明確的指標性。在圖 5-9~5-11 中，押出量相同的情況下比較霧度與吹袋比之關係，押出量相同厚度不同，其冷卻速度也不相同，但

都沒有明顯的影響性指標。

表 5-4 為 PET/PMMA 拉伸強度數據表，由圖 5-12 拉伸強度與厚度關係圖可知，PET/PMMA 雙層膜厚度也影響拉伸強度的大小。

由圖 5-13~5-15 為吹袋比 1.15 改變 PMMA 層押出量，在 1.4kg/hr 下的薄膜表面顆粒較 1kg/hr 及 1.8kg/hr，霧度也並非較薄的 1kg/hr 最低，反而是顆粒少的 1.4kg/hr。而表面的顆粒與塑化不均或是在螺桿混煉時材料含水產生氣泡所造成，這樣的顆粒在以 LDPE/PMMA/LDPE 共擠押時分離後的 PMMA 層又不會發生，如圖 5-15 所示，故認定這是在 PET 層所發生。另外圖 5-16 以顯微鏡觀看 PET/PMMA 斷面，可看出在 PET 層有明顯的模頭痕跡，由於 PMMA 層為中間層，除去內層後表面相當平坦。

表 5-1 PET/PE 共押實驗參數與量測結果

組別	1	2	3	4	5	6	7
引取速度 (cm/min)	250	250	250	350	150	250	250
吹袋比	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	2.29	1.18
風量	4	2	6	4	4	2	2
T 透明度 (%)	92.3	92.6	92.1	92.1	92	92.1	92
H 霧度(%)	7.86	7.28	6.26	3.95	8.19	5.21	5.28
C 清晰度 (%)	84.7	88.3	88.1	91.8	87	88.8	87.4
平均厚度 (μm)	30	27.75	35.75	20.25	61.25	29	46.5

註：風量量測經由風速計在出模頭約 20 公分高的位置量測，風量 2 量測值為風速 5.5m/s，風量 4 為風速 11.5m/s，風量 6 為風速 17m/s

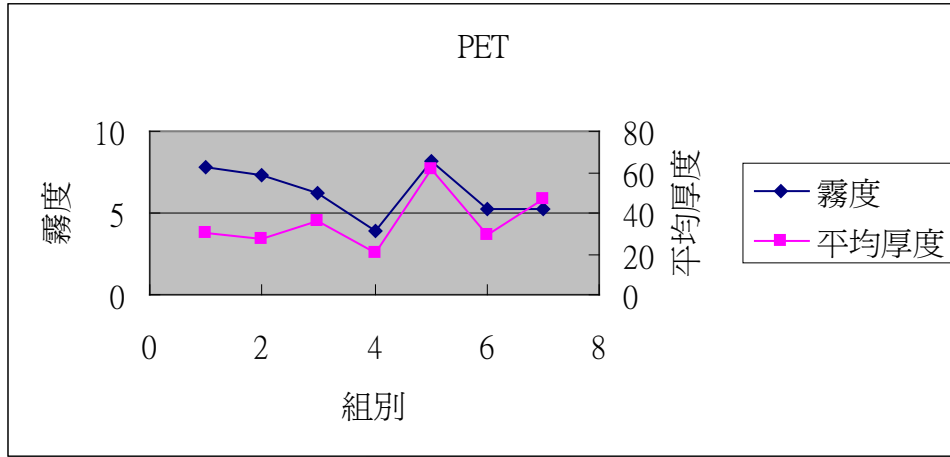


圖 5-1 霧度與平均厚度關係圖

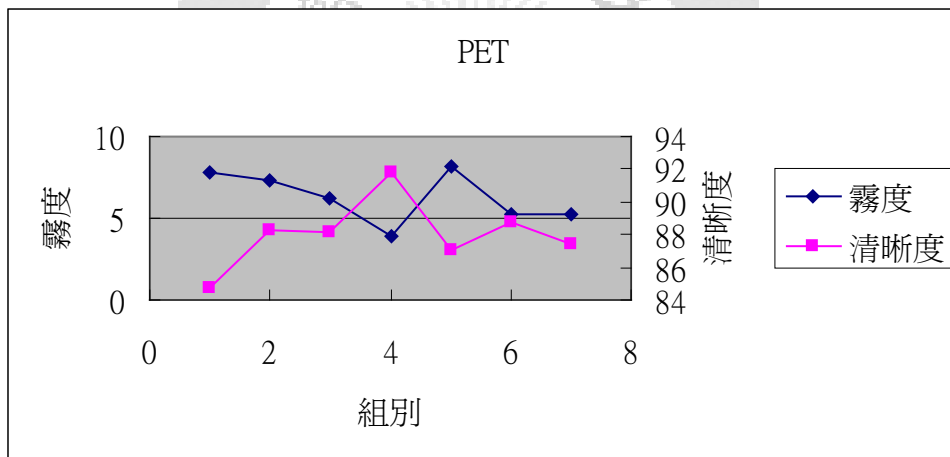


圖 5-2 霧度與清晰度關係圖

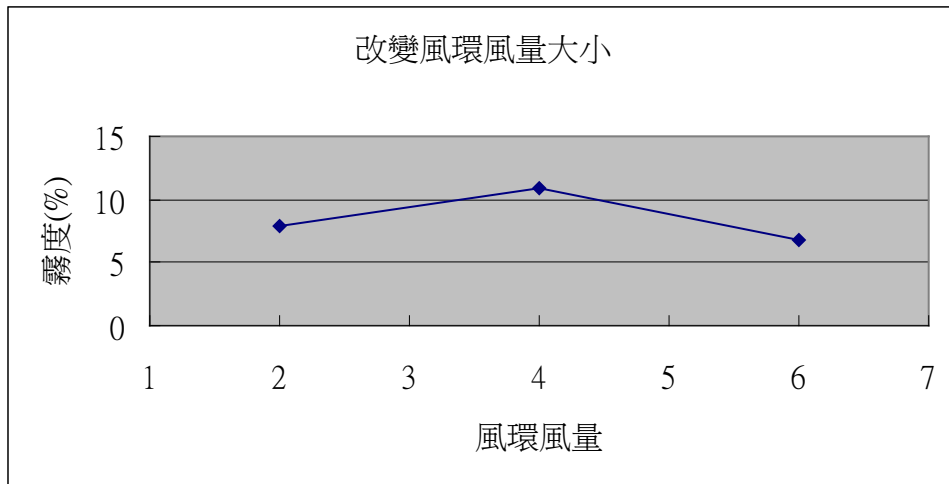


圖 5-3 霧度與風量關係圖

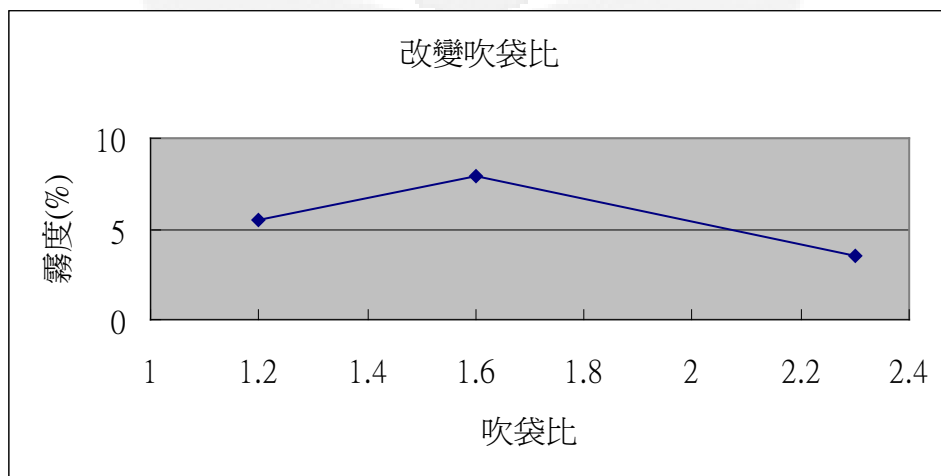


圖 5-4 霧度與吹袋比關係圖

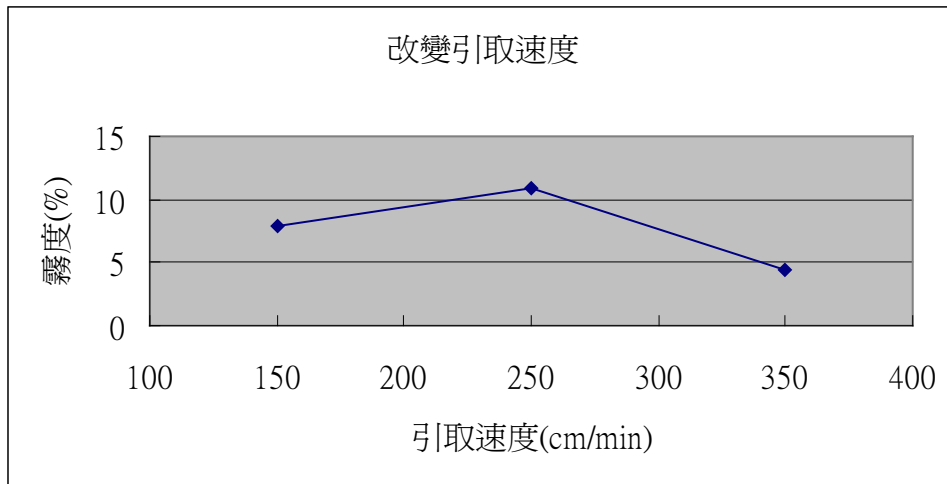


圖 5-5 霧度與引取速度關係圖

表 5-2 PET 層拉伸數據表

組別	1	2	3	4	5	6	7
引取速度(cm/min)	250	250	250	350	150	250	250
吹袋比	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	2.29	1.18
平均厚度(μm)	27	27	27.25	21.25	59	22	44
MD 方向平均(kgf/mm ²)	5.31	5.58	5.78	4.64	5.79	4.95	5.46
TD 方向平均(kgf/mm ²)	4.26	4.65	4.67	4.06	4.14	3.35	3.63

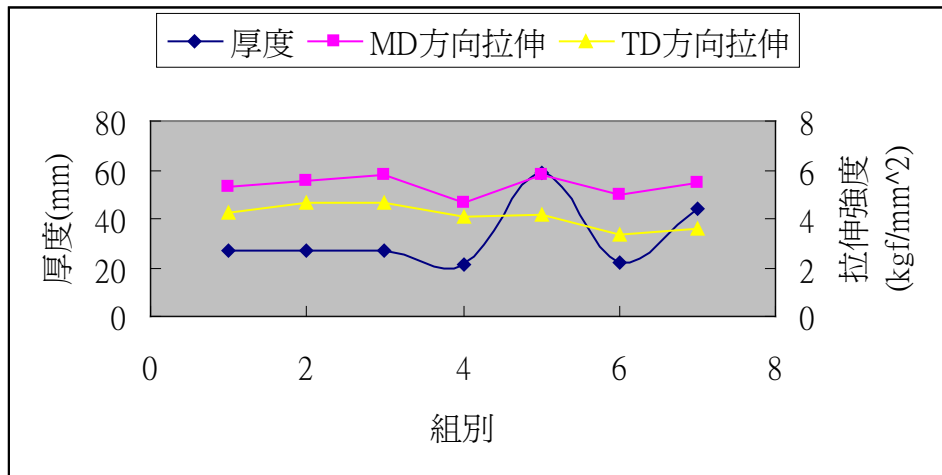


圖 5-6 PET 拉伸強度與厚度關係圖

表 5-3 PET/PMMA/PE 共押實驗參數與量測結果

組別	1	2	3	4	5	6	7	8	9
中層押出量(kg)	1	1.4	1.8	1	1.4	1.8	1	1.4	1.8
吹袋比	1.78	1.78	1.78	1.52	1.52	1.52	1.15	1.15	1.15
T 透明度(%)	92.5	92.3	92.2	92.3	92.5	92.5	92.5	92.5	92.4
H 霧度(%)	8.87	13.9	18.8	10.2	7.8	8.49	8.51	8.79	8.65
C 清晰度(%)	73.8	70.2	67.8	77.7	77.4	72.9	76	82.7	74.1
平均厚度(μm)	35	40.25	38.25	41	42.75	44.75	48.5	59	57.75

註 1：中層轉速為 Gear Pump 轉速，表示為押出量大小的改變

註 2：平均厚度為除去 PE 層後，剩餘 PET/PMMA 的厚度

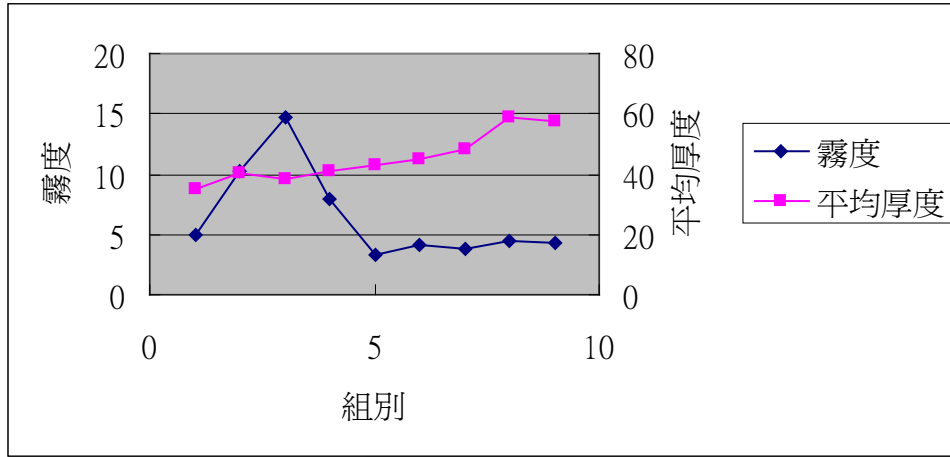


圖 5-7 PET/PMMA 霧度與平均厚度關係圖

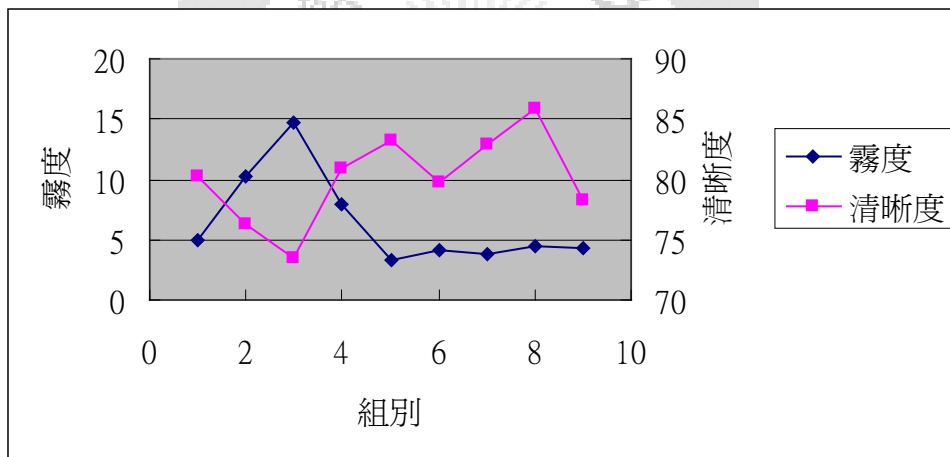


圖 5-8 PET/PMMA 霧度與清晰度關係圖

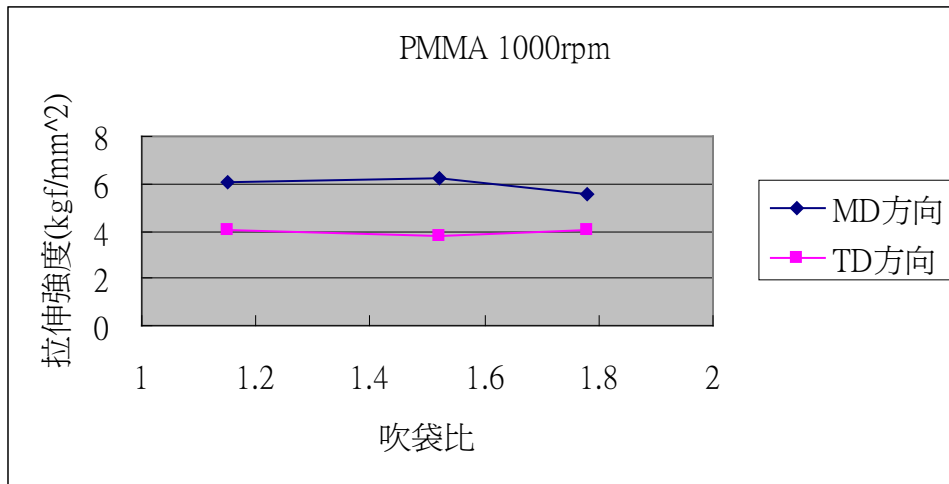


圖 5-9 PMMA 1kg/hr 霧度與吹袋比關係圖

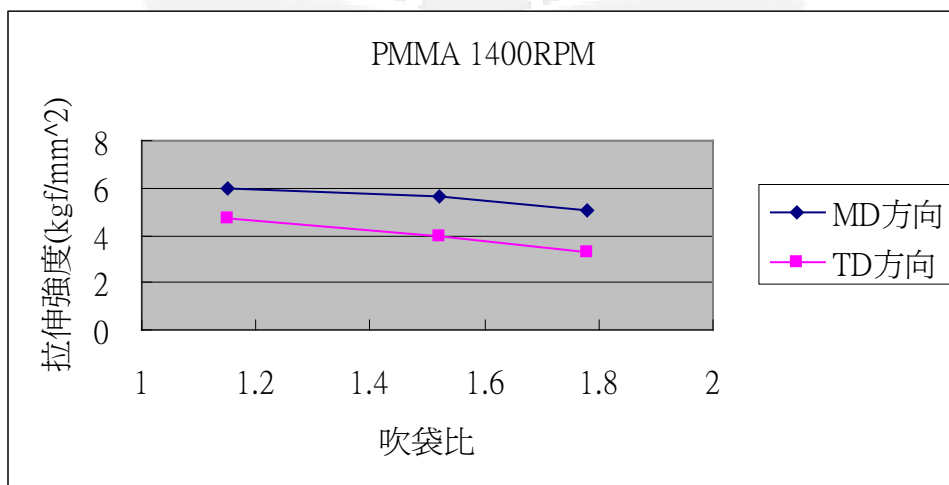


圖 5-10 PMMA 1.4kg/hr 霧度與吹袋比關係圖

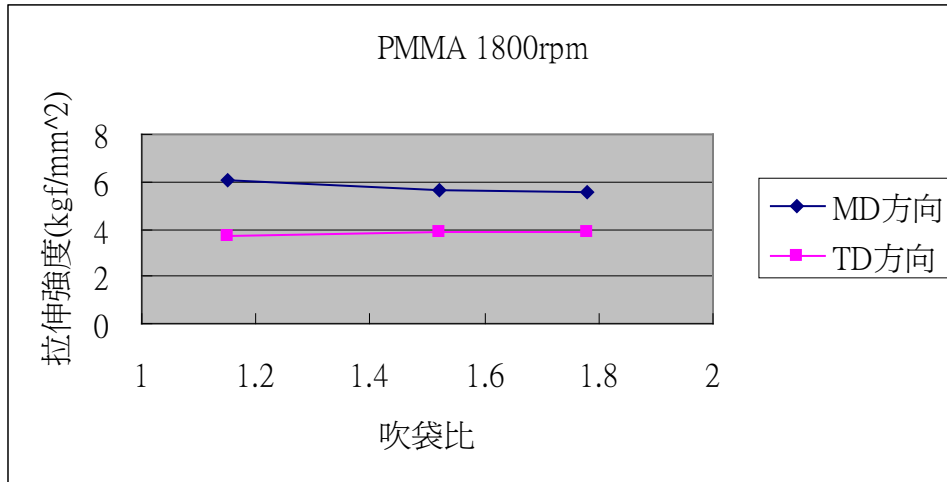


圖 5-11 PMMA 1.8kg/hr 霧度與吹袋比關係圖

表 5-4 PET/PMMA 拉伸數據表

PET/PMMA									
組別	1	2	3	4	5	6	7	8	9
中層押出量(kg)	1	1.4	1.8	1	1.4	1.8	1	1.4	1.8
吹袋比	1.78	1.78	1.78	1.52	1.52	1.52	1.15	1.15	1.15
平均厚度(μm)	35	40.25	38.25	41	42.75	44.75	48.5	59	57.75
MD 方向平均(kgf/mm ²)	5.54	5.02	5.58	6.23	5.67	5.66	6.05	5.97	6.09
TD 方向平均(kgf/mm ²)	4.05	3.3	3.88	3.8	3.93	3.83	4.06	4.72	3.7

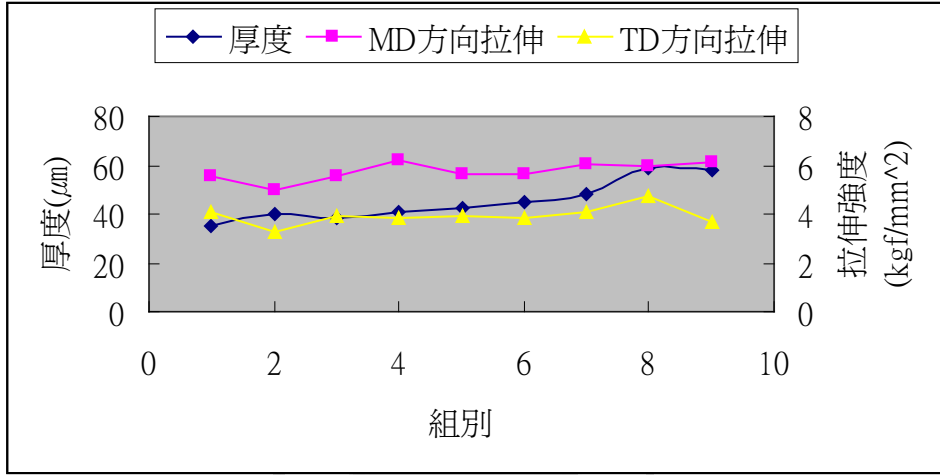


圖 5-12 PET/PMMA 拉伸強度與厚度關係圖



圖 5-13 PMMA 1kg/hr 吹袋比 1.15

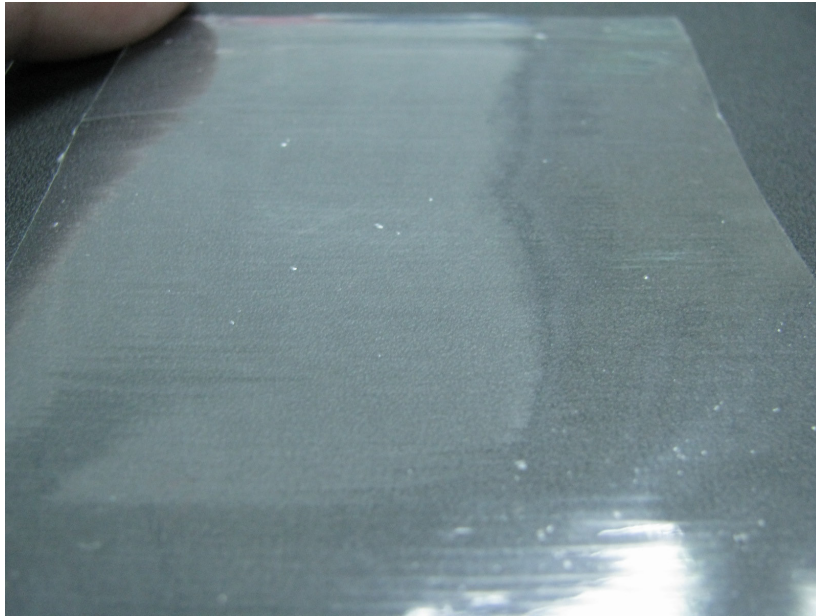


圖 5-14 PMMA 1.4kg/hr 吹袋比 1.15



圖 5-15 PMMA 1.8kg/hr 吹袋比 1.15

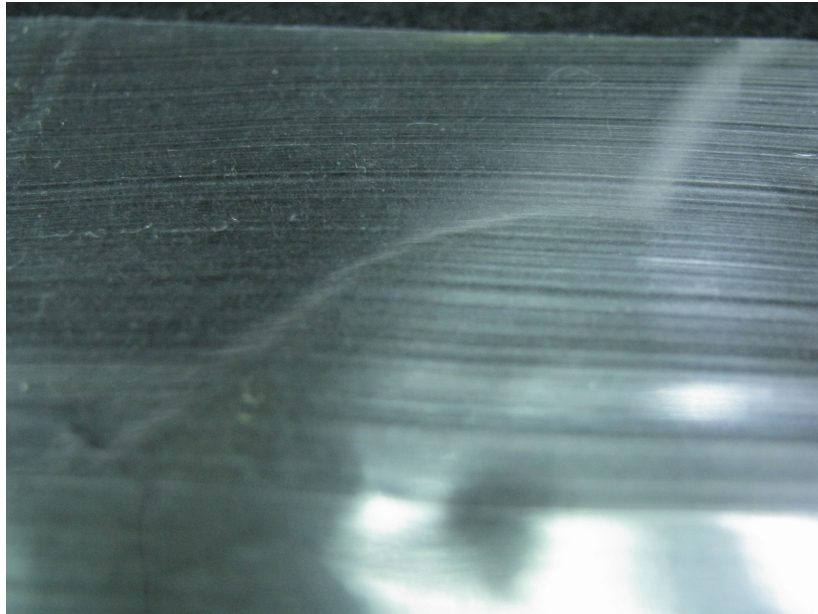


圖 5-16 純 PMMA 膜

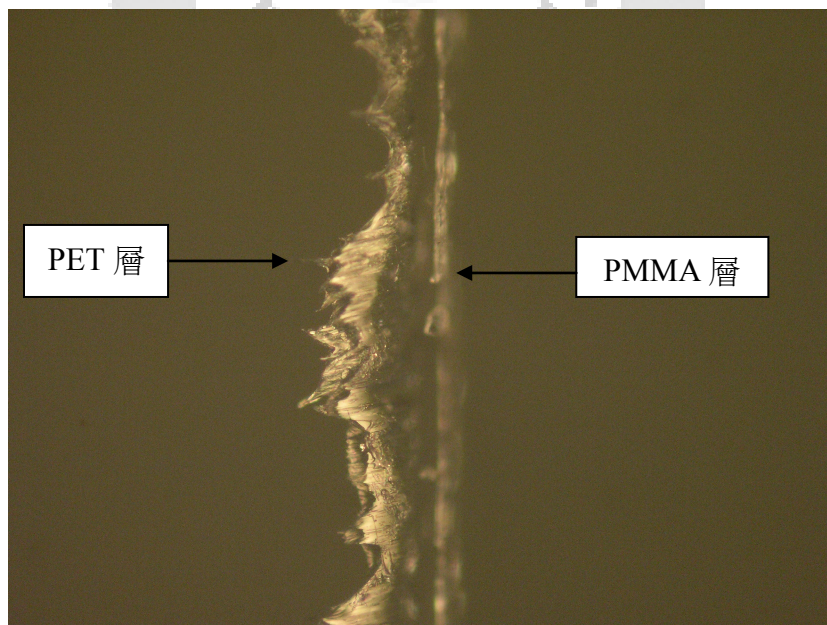


圖 5-17 PMMA/PET 顯微鏡下之雙層膜

第 6 章、 結論與未來展望

6.1 結論

本研究利用吹膜製程探討 PET/PMMA 光學膜共擠押成形。首先利用模擬軟體 FLOW2000 模擬螺桿、模頭與共押匯流段的塑化及流動特性，並製作熔膠壓力損失分佈圖，了解黏度差異大之熔膠在製程中的流動行為。其次進行共擠押吹膜製程實驗，以 LDPE 作為支撐製備 PET 與 PET/PMMA 薄膜，並探討不同製程條件對於透明度、霧度與清晰度及機械強度的影響，依照其分析與實驗結果，得到以下之結論：

1. PET 與 PMMA 本身熔體強度不足，皆無法獨立以吹膜製程成形，故以 LDPE 作為 carrier，將 PET 與 PMMA 帶出，使其共擠押成形。
2. PMMA 層在共押匯流段與 LDPE 層接觸後流速受其影響。再與 PET 匯流後，熔膠擠壓造成 PET 層流速加快，厚度因而受此影響。
3. 在壓力降方面，模唇段壓力損失最大，PET 層與 PMMA 層流動性佳，模頭段幾乎無壓力損失。
4. 單層 PET 或是雙層 PET/PMMA 的霧度主要受到 PET 層上的微小顆粒影響，當微小顆粒愈多時，霧度愈高。
5. 押出實驗受到 PET 塑化溫度影響，若押出量高則整體溫度高，但過高的溫度導致整體冷卻過慢，LDPE 熔體強度性不足無法以引取滾輪引取及吹脹破裂。

6.2 未來展望

稜鏡片增亮膜除了製程技術困難外還有光學性質的門檻，加上國內對於 PET 光學級薄膜成形技術不純熟，PET 膜還需仰賴日本廠商，使得稜鏡片增亮膜完全由國內生產還有一大段路要努力。而本研究所使用的共擠押技術利用替代材料做出稜鏡片基材，屬於可行性的替代製程。未來需先在模頭做改善，提升薄膜表面性質。其次是材料改質，選取適當光學級材料及雙層材料可勞固貼合。最後是在捲取的流程上製作微結構，可在押出完後做微結構加工，並直接引取成卷。如此的製程流程不僅可減少加工時間，更減少加工設備的使用，以多層共押的優勢來看，即使是複合式稜鏡片，都是指日可待的。



參考文獻

- [1] E.Bare , G..Pollock , S.Nazarenko , A.Hiltner , 1994 , Interdiffusion in Microlayers Polymer Composites of Polycarbonate and a Copolyester , Journal of Applied Polymer Science , vol.**52** , P163-176.
- [2] A.Hiltner et al , 1997 , Novel Structures by Microlayer Coextrusion --Talc-Filled PP , PC/SAN , and HDPE/LLDPE , polymer engineering and science , vol.**37** , pp355-362 , February.
- [3] D.Jarus , A.Hiltner , and E.Bare , 2001 , Microlayer Coextrusion as a Route to Innovative Blend Structures , Polymer Engineering and science , vol.**41** , P2162-2171 , December.
- [4] M.S.Hedenqvist , U.W.Gedde , 1999 , Prediction of Permeability of laminate film; new method for ultra-thin layers and system with solute concentration dependent diffusivity , Packaging Technology and Science , vol.**12** , p131 –141.
- [5] T.Schuman et al , 1999 , Solid state structure and melting behavior of interdiffused polyethylenes in microlayers , polymer , vol.**40** , p 7373 -7385.
- [6] J.C.Ven Dar Hoeven et al , 2001 , Homogeneity of Multilayers Produced With a Static Mixer , polymer engineering and science , vol.**41** , P32-42.
- [7] D.Jarus et al , 2002 , Barrier properties of polypropylene/polyamide blends produced by microlayer coextrusion , polymer , vol.**43** , p2401-2408.
- [8] 陳明達 , 2004 , 平面式螺旋模頭之設計與可視化研究 , 國立高雄應用科技大學 , 碩士論文。
- [9] 黃俊欽 , 2004 , 利用多層化技術提升高分子薄膜的功能 , 化工技術 , 12卷 , 1期 , 頁1-16 , 1月。
- [10] 黃俊欽 , 1999 , 單軸押出機螺桿設計實務 , 塑膠資訊 , 32期 , 頁1-24 , 7月。
- [11] 黃品翰 , 2007 , 共擠押發泡膜之模頭分析與製程研究 , 國立高雄應用科技大學 , 碩士論文。
- [12] 蔡耀葳 , 2005 , LCD 背光模組中稜鏡片之結構設計 , 國立中山大學 , 碩士論文。
- [13] 美商 3M公司 , <http://www.3m.com/>