

國立高雄應用科技大學  
模具工程系碩士班  
碩士論文

**LDPE-EVOH-LDPE 高阻氣性薄膜  
開發與特性之研究**

Study on Development Characteristics of  
LDPE-EVOH-LDPE High-barrier Gas Multi-layer  
Polymeric Film

研究生：顏裕峰

指導教授：黃俊欽 教授

中華民國 九十九 年 七 月

# LDPE-EVOH-LDPE 高阻氣性薄膜開發與特性之研究

Study on Development Characteristics of LDPE-EVOH-LDPE high-barrier gas  
multi-layer Polymeric Film

研 究 生：顏裕峰  
指 導 教 授：黃俊欽 教授

國立高雄應用科技大學  
模具工程系碩士班  
碩士論文

A Thesis

Submitted to

Institute of Mold and Die Engineering

National Kaohsiung University of Applied Sciences

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

In

Mold and Die Engineering

July 2010

Kaohsiung, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 七 月

## 博碩士論文電子檔案上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之論文為授權人在 國立高雄應用科技大學 模具工程系 不分 組 98 學年度第二學期取得 碩士學位之論文。

論文題目：LDPE-EVOH-LDPE高阻氣性薄膜開發與特性之研究

指導教授：黃俊欽

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

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

授權人：顏裕峰

簽名：顏裕峰

中華民國 99 年 08 月 13 日

國立高雄應用科技大學研究所學位論文考試審定書

本校                      模具工程系碩士班

研究生                      顏裕峰                      所提之論文

                     PE-EVOH-PE高阻氣性薄膜開發與特性之研究

合於            碩士 資格水準，業經本委員會評審認可。

學位考試委員會

召集人

                     黃厚杰

簽章

委員

                     李根敏

                     黃厚杰

                     黃俊欵

指導教授

                     黃俊欵

簽章

系所主管

                     吳政憲

簽章

中華民國 99 年 1 月 20 日

# LDPE-EVOH-LDPE 高阻氣性薄膜開發與特性之研究

學生：顏裕峰

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

由於單一種塑料很難滿足商品應用的多功能要求，例如食品包裝膜在阻隔水氣及氧氣方面都必須達到一定的規格要求，因此將不同塑料進行多層結合，使其具有加成各層膠料特性的功能，是未來非常重要的加工技術。以包裝膜為例，多層化的技術主要有共擠押方式及積層方式，前者效率高但技術門檻亦高，後者須要多道加工程序，亦容易有溶劑污染，但技術門檻較低，因此本研究選用共押製程進行探討。

共押製程可依產品功能選擇適當的塑料來組合，但其最大的問題在於界面的不穩定性，在共押製程中介面不穩定現象將使薄膜外觀、各層的厚度均勻性、甚至產能(kg/hr)等受到嚴重的影響，尤其界面的變動將會導致造成薄膜失去了原有的性質或喪失其特殊功能。

本論文使共擠押製程開發 LDPE/EVOH/LDPE 多層高阻氣性薄膜 (利用 LDPE 做為阻濕層，EVOH 做為阻氣層)，高阻氣性薄膜主要定義為厚度在 40-50 $\mu\text{m}$  時，滿足下列功能指標:水氣穿透速率 $< 5\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hr} \cdot \text{atm}$ ，氧氣穿透速率 $< 10\text{cc}/\text{m}^2 \cdot 24\text{hr} \cdot \text{atm}$ 。

由於 LDPE 與 EVOH 互不相融，需要以黏著層作為介質，研究內容包括下列重點：(1) 篩選適當的黏劑(TIE)添加量及添加方式。將黏劑個別混煉於 LDPE 層

或 EVOH 層，以 LDPE+TIE/EVOH/LDPE+TIE 三層結構取代 PE/TIE/EVOH/TIE/PE 五層結構，達到降低層數、降低設備投資成本的優點。

(2) 進行模頭內部的流道設計及熔膠流動分析，並探討影響介面不穩定現象產生原因如剪切、黏度差，建立共擠吹膜製程的穩定操作視窗。

本研究最大的優點在於降低層數(由傳統的五層結構降至三層結構)、降低設備投資成本，及製程控制較簡單，並將 EVOH 阻氣功效發揮到極致。

由模擬與實驗結果得知，黏著劑的含量，會對 EVOH 層之光學性質產生劇烈影響，且當高黏度材料介於低黏度材料中間，雖然在模頭溫度 240°C 有較相近之黏度，但材料黏度低造成該流體融體強度相對較低，因此在模頭內受到黏度較高之融體衝擊造成不穩定，使界面不穩定，會造成層與層之間呈現不平滑波浪狀態，而導致膜厚不均勻，會使光偏離入射光的方向，將會對薄膜霧度、清晰度、氧氣穿透造成影響，要改善界面不穩定方法，最好使用黏度相近之塑料或者調節其模具溫度使界面黏度較一致，則會消除不穩定之界面，並改善其光學性質。

關鍵字：阻隔性、共擠押、界面穩定、多層薄膜

Study on Development Characteristics of PE-EVOH-PE High-barrier  
Gas Multi-layer Polymeric

Student : Yu-Feng, Yen      Advisors : Professor Chung-Ching, Huang

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

**Abstract**

To satisfy the multi-application requirement of product is very difficult for single-plastic material, for example, food packaging films must meet certain isolation specification on moisture and oxygen; therefore, the combination of multiple layers of different plastics is a vital processing technique in the future that can bring synergistic characteristics of each plastic material to layers. For packaging films, the technology of multi layers comes into co-extrusion and laminated forms. The former is high efficiency but high technology required. The later needs not only one more processing procedure but also likely to produce solvent pollution; however, it is low technology required. Based on the above reason, the purpose of current research is to discuss the use of custody process.

For co-extrusion, the selection of appropriate plastic for combination is based on product features. The most difficult problem is the instability of interface. It will lead to some negative effect such as unstable size, uniformity of thickness, and even productivity. Nevertheless, the most serious problem is that it contributes to loss of initial characteristics or special functions because of the change of interface.

The current research develops the high-air resistance PE-EVOH-PE multi-layer film by using three-helix axis. In detail, PE is the layer of wet resistance whereas EVOH is used to air resistance. The definition of high air resistance is that the thickness of films between 40-50  $\mu\text{m}$  and it must achieve following function indicators: moisture transmission rate  $< 5\text{g} / \text{m}^2.24\text{hr.atm}$ , oxygen transmission rate  $< 0.2\text{cc} / \text{m}^2.24\text{hr.atm}$ . In order to solve the problem that PE and EVOH can not merge together, they need adhesive layer to be a medium. Therefore, the purpose of current study as following: First, choose the appropriate resin type of tie and the determination of dosage. Second, reduce the number of layers and the cost of equipment investment. The current study

mixes the glue into PE layer or EVOH layer individually, and adopts PE + TIE / EVOH + TIE / PE + TIE three-tier structure rather than PE / TIE / EVOH / TIE / PE five-story structure. Third, conduct the design of inside flow path of die head, melting flow analysis, and discuss the causes of interface instability such as shearing or poor viscosity. This research is going to build up a stable operating window for co-extrusion manufacturing process. Finally, discuss the content of EVOH, the dosage of adhesives, structural configuration (also called the thickness ratio), and other factors which can influence on the machine or isolation characteristics of thin films.

All in all, the current study is to reduce the number of layers and the cost of equipment investment. Moreover, simplify the process control and take the extremely advantage of air isolation are the contribution of this paper. By the simulation and experimental results, the content of adhesives, will EVOH layer optical properties have a dramatic impact, and when high viscosity materials ranging from low viscosity materials, intermediate, although the die temperature of 240 °C in a more similar viscosity, but materials of low viscosity of the fluid caused by the relatively low financial body strength, so by the viscosity in the die within the body of the impact of higher financial instability, the interface instability, will cause the layers are not smooth between the present wave state, cause uneven thickness, will deviate from the incident light direction, the film will be haze, clarity, impact of oxygen penetration, to improve the interface instability can best use the viscosity of plastic or similar adjustment of its mold temperature make the interface more consistent viscosity, the interface will eliminate uncertainty and to improve its optical properties

**KEYWORD:** Co-extrusion 、 Barrier 、 intersurface instability 、 multi-layer film

## 誌 謝

在研究所兩年時光裡，我首先要感謝我的指導教授 黃俊欽教授，指導我在生活、課業和專業領域等方面，讓我在各個方面受益良多，充實我在未來工作職場的態度、知識及能力。本論文的完成必需感謝口試委員成功大學黃聖杰教授與本校機械所王珉玟教授的指導與建議，使得本論文能夠更加的完整及嚴謹。接著感謝研究室裡的學長、同學及學弟：益嘉學長、建智學長、威斑、阿達、昆霖、耀竣、還有研究室所有學弟妹，感謝這各位的指導及幫忙，在做研究時彼此相互的討論，過程中瞭解各領域的知識。此外也感謝吳博士、張成功博士，幫助我了解許多有關實務經驗，以及相關資料的提供。最後感謝我的家人，謝謝你們任勞任怨的幫我完成碩士學業，不管是在物質上及精神上的支持，而我總是以我自己想法對你們碎碎念，不過你們還是原諒我這無知的行爲，再次謝謝我的家人，今天你們以我爲榮，日後我必定會加以回報。



# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	III
<b>誌謝 .....</b>	<b>V</b>
<b>第 1 章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1. 前言 .....	1
1.2. 高阻氣性包裝膜簡介 .....	2
1.3. 製造方式 .....	4
1.4. 多層共擠押吹膜模頭種類簡介 .....	4
1.4.1. 管型押出模頭 .....	4
1.4.2. 多層共擠押吹膜模頭 .....	5
1.5. 文獻回顧 .....	6
1.6. 研究動機 .....	10
<b>第 2 章 基本原理 .....</b>	<b>16</b>
2.1. 黏著原理 .....	16
2.2. 阻隔原理 .....	17
2.3. 介面不穩定產生原因 .....	17
2.4. 押出原理 .....	18
2.4.1. 螺桿基本原理 .....	18
2.4.2. 固體塑料熔化過程 .....	19
2.5. 平行板間之流動 .....	20
2.6. 圓管內之流動 .....	21
2.7. 以雙層共擠為例之熔膠流動行爲 .....	23
<b>第 3 章 三層共擠押螺旋吹膜模頭分析 .....</b>	<b>31</b>
3.1. 分析流程 .....	31
3.2. 建立分析材料庫 .....	31
3.3. 螺桿分析模擬 .....	31
3.3.1. 螺桿模擬參數與製程條件設定 .....	31
3.4. 模頭分析模擬 .....	32
3.5. 模擬結果與討論 .....	39

3.5.1. 螺桿分析結果 .....	39
3.5.2. 螺旋段分析結果 .....	40
3.5.3. 匯流段分析結果 .....	41
<b>第 4 章 高阻隔性薄膜實驗 .....</b>	<b>64</b>
4.1. 實驗目的與流程 .....	64
4.2. 實驗材料與設備 .....	64
4.2.1. 實驗材料 .....	64
4.2.2. 實驗設備 .....	65
4.3. 實驗方法 .....	66
4.3.1. 評估黏著劑添加量與添加方式 .....	66
4.3.2. PE、EVOH 及 PE+TIE 黏度曲線建立 .....	66
4.3.3. 功能性檢測 .....	67
<b>第 5 章 實驗結果與討論 .....</b>	<b>78</b>
5.1. 黏著劑含量以及其添加方式對光學性質之影響 .....	78
5.2. 黏著劑種類及含量對剝離強度影響 .....	78
5.3. 界面穩定對成品影響 .....	79
<b>第 6 章 結論與未來展望 .....</b>	<b>90</b>
6.1. 結論 .....	90
6.2. 未來研究方向 .....	92
<b>參考文獻 .....</b>	<b>93</b>

## 表目錄

表 1-1 不同膠料組合之多層膜的性質及用途.....	10
表 2-1 LDPE、聚乙烯接枝馬來酸酐、EVOH 材料各性質.....	26
表 3-1 螺桿製程參數.....	33
表 3-2 模擬分析組別規畫.....	34
表 4-1 亞聚低密度乙稀(LDPE)物性表.....	68
表 4-2 乙烯-烯醇共聚物(LDPE)物性表.....	69
表 4-3 PE 接枝馬來酸酐物性表.....	70
表 4-4 押出機規格.....	70
表 5-1 各種黏著劑之剝離強度.....	81
表 5-2 熔膠在匯流段黏度分析界面黏度比.....	81
表 5-3 各熔膠組配在不同模頭溫度以及押出量之變化下對剪切應力影響.....	82
表 5-4 薄膜均勻性比較.....	83
表 5-5 界面不穩定對於阻隔性質影響.....	83

## 圖目錄

圖 1-1 多層阻隔性薄膜結構.....	12
圖 1-2 多層吹膜製程示意圖 .....	12
圖 1-3 側向進料模頭.....	13
圖 1-4 中央進料模頭.....	13
圖 1-5 螺旋軸心模頭.....	14
圖 1-6 外部貼合式共擠押模頭.....	14
圖 1-7 巢穴式螺旋共擠押模頭.....	15
圖 1-8 堆砌式側向進料共擠押模頭.....	15
圖 2-1 黏著原理.....	27
圖 2-2 阻隔性薄膜阻隔原理.....	27
圖 2-3 介面包覆現象.....	27
圖 2-4 黏度差異對介面影響.....	27
圖 2-5 螺桿示意圖.....	28
圖 2-6 拖曳流與壓力流之流線示意圖.....	28
圖 2-7 膠料融化過程示意圖.....	29
圖 2-8 兩平板間流場示意圖.....	29
圖 2-9 圓管內流場示意圖.....	29
圖 2-10 兩種熔膠共押之流動行爲.....	30
圖 3-1 共擠押模擬流程圖.....	34
圖 3-2 LDPE(H0105)黏度曲線圖.....	35
圖 3-3 LDPE(F2201)黏度曲線圖.....	35
圖 3-4 EVOH 黏度曲線圖.....	36
圖 3-5 內外層供料螺桿示意圖.....	36
圖 3-6 中間(EVOH)層螺桿示意圖.....	37
圖 3-7 混合元件示意圖.....	37
圖 3-8 三層共押螺旋吹膜模頭.....	38
圖 3-9 匯流段幾何圖.....	38
圖 3-10 外、內層固體床分佈.....	42
圖 3-11 外、內層固體床分佈.....	42
圖 3-12 外、內層固體床分佈.....	43
圖 3-13 中間層固體床分佈.....	43
圖 3-14 中間層固體床分佈.....	44

圖 3-15 中間層固體床分佈.....	44
圖 3-16 外、內層壓力分佈.....	45
圖 3-17 外、內層壓力分佈.....	45
圖 3-18 外、內層壓力分佈.....	46
圖 3-19 中間層壓力分佈.....	46
圖 3-20 中間層壓力分佈.....	47
圖 3-21 中間層壓力分佈.....	47
圖 3-22 外層螺旋段流量分佈.....	48
圖 3-23 外層螺旋段流量分佈.....	48
圖 3-24 外層螺旋段流量分佈.....	49
圖 3-25 內層螺旋段流量分佈.....	49
圖 3-26 內層螺旋段流量分佈.....	50
圖 3-27 內層螺旋段流量分佈.....	50
圖 3-28 中間層螺旋段流量分佈.....	51
圖 3-29 中間層螺旋段流量分佈.....	51
圖 3-30 中間層螺旋段流量分佈.....	52
圖 3-31 在模溫 200°C 情況下外層螺旋段溫度分佈.....	52
圖 3-32 在模溫 220°C 情況下外層螺旋段溫度分佈.....	53
圖 3-33 在模溫 240°C 情況下外層螺旋段溫度分佈.....	53
圖 3-34 在模溫 200°C 情況下內層螺旋段溫度分佈.....	54
圖 3-35 在模溫 220°C 情況下內層螺旋段溫度分佈.....	54
圖 3-36 在模溫 240°C 情況下內層螺旋段溫度分佈.....	55
圖 3-37 在模溫 200°C 情況下中間層螺旋段溫度分佈.....	55
圖 3-38 在模溫 220°C 情況下中間層螺旋段溫度分佈.....	56
圖 3-39 在模溫 240°C 情況下中間層螺旋段溫度分佈.....	56
圖 3-40 在模頭溫度 200°C 下對匯流段黏度分佈影響.....	57
圖 3-41 匯流段在模溫 220°C 材料 F2201 黏度分佈.....	57
圖 3-42 匯流段在模溫 240°C 材料 F2201 黏度分佈.....	58
圖 3-43 匯流段在模溫 200°C 材料 H0105 黏度分佈.....	58
圖 3-44 匯流段在模溫 220°C 材料 H0105 黏度分佈.....	59
圖 3-45 匯流段在模溫 240°C 材料 H0105 黏度分佈.....	59
圖 3-46 匯流段在溫度 200°C 材料 F2201 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分佈.....	60
圖 3-47 匯流段在溫度 220°C 材料 F2201 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分佈.....	60
圖 3-48 匯流段在溫度 240°C 材料 F2201 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分佈.....	61

圖 3-49 匯流段在溫度 200°C 材料 H0105 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布 .....	61
圖 3-50 匯流段在溫度 220°C 材料 H0105 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布 .....	62
圖 3-51 匯流段在溫度 240°C 材料 H0105 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布 .....	62
圖 3-52 匯流段在溫度 240°C 材料 H0105 流量(2.3/1.11/2.3)剪切力分布 .....	63
圖 3-53 匯流段在溫度 240°C 材料 H0105 流量(1.8/0.92/1.8)剪切力分布 .....	63
圖 4-1 實驗流程 .....	71
圖 4-2 參層共押吹膜成形機 .....	71
圖 4-3 齒輪幫浦設備 .....	72
圖 4-4 毛細管流變儀 .....	72
圖 4-5 霧度計 .....	73
圖 4-6 水蒸氣穿透儀 .....	73
圖 4-7 氣壓式氣體穿透測試儀 .....	74
圖 4-8 剝離測試試片尺寸 .....	74
圖 4-9 熱封法 .....	75
圖 4-10 剝離試驗示意圖 .....	75
圖 4-11 剝離試驗實驗圖 .....	76
圖 4-12 清晰度檢測 .....	77
圖 5-1 黏著劑添加量對霧度影響 .....	84
圖 5-2 黏著劑添加量對霧度影響 .....	84
圖 5-3 影響黏著劑貼合之因素 .....	85
圖 5-4 剝離強度測試 .....	85
圖 5-5 黏著劑含量對剝離強度影響 .....	86
圖 5-6 界面穩定對清晰度影響 .....	86
圖 5-7 剪切應力對霧度影響 .....	87
圖 5-8 F2201 模溫 240°C 表面性質 .....	87
圖 5-9 H0105 模溫 240°C 表面性質 .....	88
圖 5-10 薄膜厚度分佈 .....	88
圖 5-11 界面性質對霧度影響 .....	89

## 符號說明

$v$  : velocity

$T$  : temperature

$Q$  : flow quantity

$\tau$  : shear stress

$\eta$  : viscosity

$P$  : pressure

$\theta$  : angle

$B$  : die wide

$H$  : restrictor gap



# 第1章 緒論

## 1.1. 前言

近年來利用共擠押技術所製成的多層薄膜成長迅速，其特殊且變化多端的性質大幅提升了薄膜的經濟價值，而且與傳統的積層加工(laminating)相比成本亦降低許多。多層薄膜的結構組態依功能大致可分為三類原料:(1)支撐性原料(support material):(2)連接層原料(bonding agent):(3)功能性原料(functional material)。支撐性原料(如 LDPE、HDPE、LLDPE；EVA、PC)必須有合理價位、良好加工性、融合性及印刷性。連接層原料厚度約 3~5 $\mu\text{m}$ ，做為連接層原料(如聚乙烯接枝馬來酸酐、改質 EVA)其特性必須對組合層有良好的黏著性及較廣的熔融流動指數(MFI)適用範圍。作為功能性原料則必須具有良好的使用功能，功能性原料一般厚度要求為總厚度 20%，例如用於食品、藥品或芳香物品包裝膜，其氧氣穿透速率一般要求在 5ml/m<sup>2</sup>/24hr/atm，因此其功能性原料及必須有良好阻氣性，常見原料如 PA、Polyester、EVOH 其阻氣性功能皆很好。圖 1-1 為一種典型 9 層膜結構，其中 EVOH 與 PVDC 為功能性原料，bonding layer(黏著層)可以用聚乙烯接枝馬來酸酐，外層可以使用聚乙烯，可以達到阻濕功能，也利於表面印刷。表 1-1 為常見多層膜結構以及其用途。

為了達到上述各種特殊功能、機械強度及加工性等，因此在工業上常以共押或積層複合製成多層膜，或以混煉技術直接摻合(blending)不同塑料及黏著劑如多層膜或混煉等方式達到功能互補的要求。而共押多層膜製程又分平膜及吹膜兩種，平膜製程是以多岐管式 T 型模頭(或餵給塊式 T 型模頭)將多種塑

料在模頭內形成多層平面狀的流動方式，押出後藉輥輪組引取冷卻而得，是屬於單軸延伸的製程，雖然亦可採用如 BOPP 方式製得雙軸延伸膜，但製程設備昂貴且頗佔空間。吹膜製程是以多層螺旋模頭將多種塑料在模頭內形成多層環狀的流動方式，押出後藉由吹脹、輥輪引取及風環冷卻而得多層薄膜，是屬於雙軸延伸的製程，可得縱向及橫向強度較均勻的薄膜，且製程設備的投資及空間需求都較低。如圖 1-2 所示。本研究將以吹膜製程來製備多層膜，並進行一連串的相關研究。

## 1.2. 高阻氣性包裝膜簡介

一般 EVOH 之高阻氣性生鮮食品包裝膜 (阻氣層佔 20%、阻濕層佔 80%) 厚度在 40-50 $\mu\text{m}$  時，滿足下列功能指標：其氧氣透過速率在 10ml/m<sup>2</sup>/24hr/atm 以下(適用於一般食品包裝)，濕氣透過速率在 5g/m<sup>2</sup>/24hr/atm 以下，拉伸強度在 300kgf/cm<sup>2</sup> 以上

多層膜結構依功能大致可分為三類原料：(1)支撐性原料(support material)，(2)連接層原料(bonding agent)，(3)功能性原料(functional material)。高阻氣性原料的定義是指厚度為 25.4 $\mu\text{m}$  以下之材料，在 22.8 $^{\circ}\text{C}$  下，氣體之穿透速率小於 0.4 ml/m<sup>2</sup>/24hr/atm。EVOH (乙烯乙醇共聚物) 和 PVDC (聚偏二氯乙烯) 兩種材料皆屬之。多層高阻氣性包裝薄膜係指材料結構中具有一種以上的材料，對氧氣、水氣或芳香揮發性成份等穿透物具有較高阻隔作用，如防止氧氣滲入以避免食品氧化劣變，防止水氣透入以避免食品發霉，防止二氧化碳溢出以避免飲料的口感風味喪失等，因此高阻隔性包裝可確保產品品質、鮮度、風味以及延長貨架展售期。隨著便利性食品成長迅速，以滿足生活節奏快的現代人，食品對於高阻氣性

包裝的需求亦會日趨增加。

一般運用於阻氣性包裝的樹脂，主要為聚乙烯醇(PVA)、乙烯乙烯醇共聚物(EVOH)、聚偏二氯乙烯(PVDC)、聚奈二甲酸乙二醇酯(PEN)、特殊尼龍、聚乙烯對苯二甲酸酯(PET)等，其中 PVA、EVOH、PVDC、PEN 屬於高阻氣性包裝。PVA、EVOH 具有較佳的阻氧性，其減少分子鏈的羥基可提高阻水氣性；特殊尼龍也具有較低的吸水性；PVDC 則具有最佳阻氧性與阻水氣性，但因材質含氯受環保人士反對；PEN 是一種綜合的高阻氣包材、但價格昂貴。EVOH 是一種鏈狀結構的結晶性聚合物，集乙烯聚合物良好的加工性和乙烯醇聚合物的極高的氣體阻隔性於一體，是一種新型的無色、透明的阻隔材料，與聚二氯乙烯(PVDC)和聚醯胺(PA)並稱為世界上三大阻隔樹脂。其阻氣性比 PA(聚醯胺)高 100 倍，比 PE、PP 高 10,000 倍，比目前常用的高阻隔性材料 PVDC(聚偏二氯乙烯)高數十倍以上。在乾燥或相對溼度(RH < 60% = 狀態下，它的滲透率非常低，其氣體阻隔性能較尼布優 10~50 倍甚至更大。EVOH 的透明性、光澤性、機械強度、伸縮性、耐磨性、耐寒性和表面強度都非常優異，在高性能阻氣樹脂中熱穩定性最高。它還具有優良的耐油和耐有機溶劑性，其抗靜電性能極好，同時它也能夠再生，被譽為綠色環保材料。就軟包裝用途而言，考慮材料的加工性、物理性，選用 EVOH 作阻隔層，既能有效地阻止氧氣及水蒸汽進入包裝物內；又能有效地阻隔內容物的香味、液汁、溶劑外滲，從而解決了內容物(液、氣)溶解復合層膠水的問題。某些領域有逐步取代金屬化薄膜、鋁箔和剛性容器的趨勢，正日益受到各國重視，顯示出最有市場潛力的增長趨勢。由於在 EVOH 樹脂的分子結構中存在著羥基，EVOH 樹脂具有親水性和吸溼性。當吸附溼氣後，氣體的阻隔性能會受到影響。因此一般用作中間層，通常與吸溼性小的聚烯烴組成

復合材料。阻隔層中的水氣含量可以精心地控制，使用多層技術將如聚烯烴(PE)等強阻溼樹脂把 EVOH 樹脂層包裹起來，例如 PE/EVOH/PE 多層高阻氣性薄膜，但 PE 與 EVOH 不互溶，所以須以黏著劑(TIE)將兩者黏著起來，即 PE/TIE/EVOH/TIE/PE。

### 1.3. 製造方式

多層高分子薄膜的共押製程可分平膜及吹膜兩種，平膜共押是將不同的塑料各別由押出機塑化後，進入共押模頭，在模頭內先經T-型流道導引成平膜狀之後，在模唇區的入口相互接觸，並一起流經模唇區，而後押出成平面狀的膠膜。平膜共押時若各層熔膠黏度的差異過大，容易產生界面的包覆現象。吹膜(blowing film)製程具有雙軸延伸的特性，不同的塑料經押出機塑化後，進入共押模頭，在模頭內先經螺型流道導引成圓形膜管之後，在模唇區的入口相互接觸，並一起流經模唇區，而後押出成圓形膜管，經由膜管內的空氣吹脹及引取滾輪向上引取行成圓管狀的膠膜。多層結構的品質穩定取決於各層塑料的厚度均勻性，而其關鍵技術則在於模頭內部流道的設計。

### 1.4. 多層共擠押吹膜模頭種類簡介

#### 1.4.1. 管型押出模頭

##### 1. 側向進料模頭(Side-Fed Mandrel Die)：

這是一種傳統的押出模頭如圖 1-3，一般模頭軸向以 90°角與押出機相接，此種模頭目前已較少人在使用，主要是因為熔膠進入模頭內之流道時會分成兩股波

前流動到軸心之另一側會合，而在熔膠入口側背面產生明顯之結合線，不只造成產品外觀之缺陷之外也影響薄膜之機械性質，此種模頭主要應用於吹瓶成型。

## 2. 中央進料模頭(Center-Fed Mandrel Die)：

此種模頭如圖 1-4 利用多個蜘蛛角(Spider)支撐住軸心，使熔膠流經蜘蛛腳區後均勻的徑向分配，有利於提高膜厚之均勻度，並且可以改善結合線對產品強度之影響，因為這些優點所以此種模頭比側向進料模頭更具適用性，故目前仍廣泛的被使用在工業上；但蜘蛛腳之分流作用會使多股熔膠分離與會合後在產品表面產生許多微小之結合線，導致薄膜之強度下降與表面性質不佳，此種模頭主要應用於圓管成型。

## 3. 螺旋軸心模頭(Spiral Mandrel Die)：

在模頭軸心上刻有數個螺旋溝如圖 1-5 與軸心漸縮角，讓熔膠從押出機進入模頭時經過螺旋溝的導引成軸向與橫向流動，並由圓管流動形成環狀流動，可以使熔膠相互混合而有效的消除熔膠結合線與得到均勻的薄膜厚度，因熔膠在模頭之流動行為成軸向與橫向流動，故在熔膠之溫度與塑化方面則較為均勻，而此種螺旋模頭為目前吹膜成型中最常使用之模頭種類。

### 1.4.2. 多層共擠押吹膜模頭

#### 1. 外部貼合式共擠押模頭(Externally Combining Coextrusion Die)：

此種模頭內如圖 1-6 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 1-7，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之缺點。

## 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 1-8，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押出多層膠膜。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。

## 1.5. 文獻回顧

包裝是薄膜重要用途之一，隨包裝物的不同，薄膜的功能要求亦不同，例如對食品而言其主要特性是藉由薄膜的阻氣(濕氣及氧氣)性質達到阻濕、防潮及防氧化

的目的。但單一塑料很難同時滿足上述需求，因此在工業上常以共擠或積層複合製成多層膜，或以混煉技術直接摻合(blending)不同塑料及黏著劑如LDPE/EVOH/或LDPE/PA-6 等方式達到功能互補的要求。以下將以吹膜製程來製備具有多層化結構的高分子薄膜，並進行相關文獻探討。

MAVRIDIS 【1】利用平模共擠實驗並搭配電腦計算模擬，探討三層薄膜之介面情況以及影響薄膜光學性質原因，文中指出層與層之間黏度差異以及相鄰層之剪切應力為影響介面以及其光學性質的主要因素，在共擠製程中減少界面剪切應力和相鄰層黏度匹配，可有效提高薄膜清晰程度和光學性質。

CHANG 【2】使用平模共擠實驗，主要探討熔膠在模具內流動，黏度對於模壁剪切力的影響，文中提到當高黏度材料介於低黏度材料中間，由於模壁內剪切力減少，可使產量增加，但在一開始會有不規則之介面，反之在低黏度材料介於高黏度材料中間，對導致模壁剪切力增加，當剪切應力過大會造成熔融破裂，熔融破裂是分子因剪切過大導致斷裂導致表面粗糙或產生擠出扭曲的表面，使得膜面不平整。

黃啟賢 【3】LDPE、EVOH及黏著劑三者混煉進行吹膜，其結果指出具有極性端的黏著劑本質上比較容易進入EVOH相，當黏著劑含量增加時，有助於降低EVOH 的表面張力而將EVOH 分散，並使EVOH 與LDPE 結合，在加工過程中藉由黏著劑的作用LDPE 得以將EVOH展開成平板狀增加阻隔面積，可以使氧氣透過速率降低，存在著最佳量LDPE- g - MAH的同時，可以兼顧阻氣性、拉伸及撕裂等性質。

ZHANG 【4】利用EVOH薄膜在不同相對濕度以及溫度下做氧氣穿透檢測，從EVOH的阻隔性能的薄膜被發現主要依賴於乙烯醇含量以及方向性，隨著乙烯醇

含量增高氧氣阻隔也會提高，在研究結果可知，在低境濕度強況下EVOH的薄膜具有最低的氧氣和水氣滲透率。

W. J. SCHRENK 【5】多層共擠薄膜和板材，不穩定的發生在某些共擠條件會產生一個波浪型畸變的界面。在穩定條件下，流體界面模具內與固體界面的最後多層膜呈現光滑，平整，平行。在文中指出當黏度差異大且押出量不穩定的情況下容易導致層與層之間的分佈不均勻，但在小的押出量時此現象並不明顯，隨著熔膠輸出量越大失真情況越嚴重，並且在多層膜的模具內，不穩定的押出量會導致多層堆疊，使膜面不佳。

Henk Lourens 【6】提到低密度聚乙烯和線性低密度聚乙烯擠出過程中殘膠形成，主要歸類於下列幾種因素：(1).由原料的生產或加工環境造成的汙染，(2).原料在螺桿、流道或是模頭中的死角，加熱時間一久或是加工溫度不正確亦或是原料中的低分子部分過多而造成的。(3).未熔融的原料：成因有螺桿與原料的不適合、加工條件不正確、原料不佳、設備不良等。(4).氧化的原料：高溫或是與空氣接觸再加熱，這類的gel會呈現黃褐色，若是停留的時間過長會變成黑色的gel跑出來，成因跟交鏈很像，一般用顏色來區分。

M. S. PUCCI 【7】等人利用五種不同性質低密度聚乙烯(LDPE)來進行吹膜成形，結果發現結晶速率對於光學性質未必會造成影響，由實驗結果表明，熔體彈性與吹塑薄膜的光學性質有相關性。

D.Jarus等人 【8】以射出與押出所形成之多層化結構 (PP/PP-g-MAH/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。

黃俊欽【9】在LDPE/EVOH/LDPE結構中，隨著黏著劑含量的不同，三層薄膜的層與層之間剝離強度的變化情形。隨著黏著劑含量的增加，由於黏著效果逐漸顯現，所以剝離強度亦逐漸增加，但在低黏著劑含量的時候，黏著劑浸於LDPE相中，出現在LDPE/EVOH界面的量非常有限，所以黏結效果尚未充分顯現。但當含量增加至12.5wt% 時，剝離強度明顯的急劇上升，表示此時黏著劑出現在LDPE/EVOH 界面的量以有明顯增加。當含量增加至15wt% 時，由實驗觀察中發現，層與層之間不再只是單純的剝離，還伴隨著各層之間的延伸，甚至造成各層的斷裂。由此實驗的觀察，應可找出最適量之黏著劑含量。但撕裂強度隨著黏著劑含量的增加而呈下降的趨勢，這是由於EVOH的撕裂強度非常的差所導致。其原因可能是隨著黏著劑含量的增加，層與層之間的鍵結也增加，因此也使得EVOH 的破壞成長較容易傳遞至LDPE層，所以導致了多層膜的撕裂強度反而較差。

2004年 黃俊欽【10】顯示EVA/HDPE/LDPE 的系統在流量比為50/90/10 時的界面特性，可以發現當HDPE的速度分佈曲線大致維持水平等速(類似塞狀流plug flow)，這主要是低黏度的LDPE 在模壁附近扮演著類似潤滑劑的角色。當LDPE流量減低時，在HDPE與LDPE的界面上，剪切率差異、黏度差異及界面應力均逐顯增加，例如在HDPE 與LDPE 流量比為50/50 時，界面應力約50 MPa，當HDPE與LDPE 流量比為90/10 時，界面應力約115 MPa，但其值與EVA/HDPE/LDPE50/50/50相比，可以發現剪切率差異相近，黏度差異及界面應力均比EVA/LDPE/HDPE 的系統小，低黏度與高黏度材料在進行共擠實驗時之流量比相差很大時，將高黏度的熔膠置於中間層，而兩旁以較低黏度的塑料進行共擠將是一種比較穩定的組合。

## 1.6. 研究動機

由於EVOH具有良好的阻隔性、高透明性、溶劑阻氣性、保香性、加工穩定性，主要應用於生鮮食品、醫藥、化粧品、農業及工業之包裝上。但EVOH屬於親水性樹脂，對濕度相當敏感，暴露至大氣中，樹脂會持續吸濕平衡含水率。因此本研究是以EVOH作為阻氣層並搭配LDPE做為阻濕層，但由於LDPE與EVOH屬於非極性材料，因此需要黏著劑作為介質，故利用多層共押技術製備高阻隔性薄膜，將傳統之一般高阻氣性薄膜LDPE/Tie/EVOH/Tie/LDPE的五層結構，縮減為三層，評估將Tie分別依不同比例混練至LDPE以及EVOH之可行性，改變為LDPE/EVOH/LDPE三層結構，將可大幅降低模頭設計的複雜度。除了依產品功能選擇適當的塑料來組合之外，共押製程最大的問題在於製程的不穩定性。不穩定現象將使薄膜外觀尺寸、各層的厚度均勻性、甚至產能(kg/hr)等受到嚴重的影響，尤其界面的變動使膜的性質失去了均勻性甚至喪失其特殊的功能，因此實驗將討論界面不穩定對高阻氣性薄膜影響。

表 1-1 不同膠料組合之多層膜的性質及用途

混合膠料	特殊性質	主要用途
二層膜		
1. LDPE/LDPE	無針孔(多色加工)	牛奶包裝袋、運輸袋、一般包裝袋
2. LDPE/EVA	熔合性佳、有殺菌能力	荷重袋、拉伸包裝、醫學物品
3. HDPE/EVA	有殺菌能力	血漿、麵包食品、食物
4. HDPE/LDPE	強度佳	麵包食品、食物、蕃茄汁
5. LDPE/ionomer	熔合性佳、可抵抗刺穿	乾燥產品、食物、醫學儀器、

		一般包裝
6. LLDPE/LDPE or LLDPE/EVA	彈性佳、表面黏著性佳	伸張膜
7. Ionomers/EVA	阻油性高	椰子油製品
8. Ionomers/PA	阻氣性高	肉、香腸、魚、火腿、乳酪、食品
三層膜(對稱)		
9. LDPE/HDPE/LDPE	兩面均可熔合、降低捲縮趨勢	同(4)、點心、零食(玉米片)
10. EVA/PP/EVA	同(9)	同(9)
11. EVA/HDPE/EVA	同(3)	同(9)
二層+連接層(TL)		
12. LDPE/TL/PA	阻氣性及阻水性均佳	肉、香腸、魚、火腿、乳酪、蛇麻草
13. EVA/TL/PA	同(12)	同(12)
14. Mod. EVA/TL/PA		同(12)、火腿的真空收縮包裝
三層膜		
15. LDPE/HDPE/EVA	熔合性佳、剛性佳	麵包食品、食物
16. LDPE/EVA/PP	同(15)	同(15)
五層膜		
17. LDPE/TL/PA/TL/LDPE or LDPE/TL/PA/TL/LLDPE	不捲縮、阻氣性及阻水性均佳	同(12)
18. EVA/TL/PA/TL/EVA	同(17)	同(12)
19. LDPE/TL/EVAL/TL/LDPE	同(17)	同(12)、魚、肉、奶粉、葡萄酒包裝
20. EVA/TL/EVAL/TL/EVA	同(19)	同(19)
21. LDPE/TIE/EVOH/TIELDPE	阻氣性及阻水性均佳	電路板、醫學、塗料

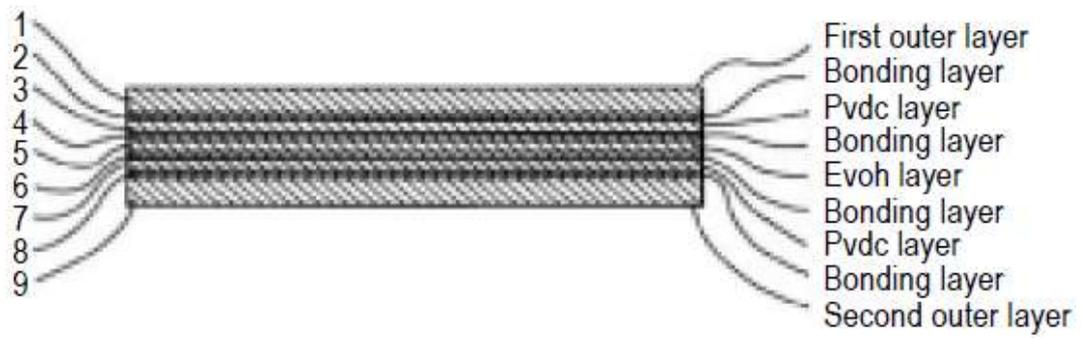


圖 1-1 多層阻隔性薄膜結構



圖 1-2 多層吹膜製程示意圖

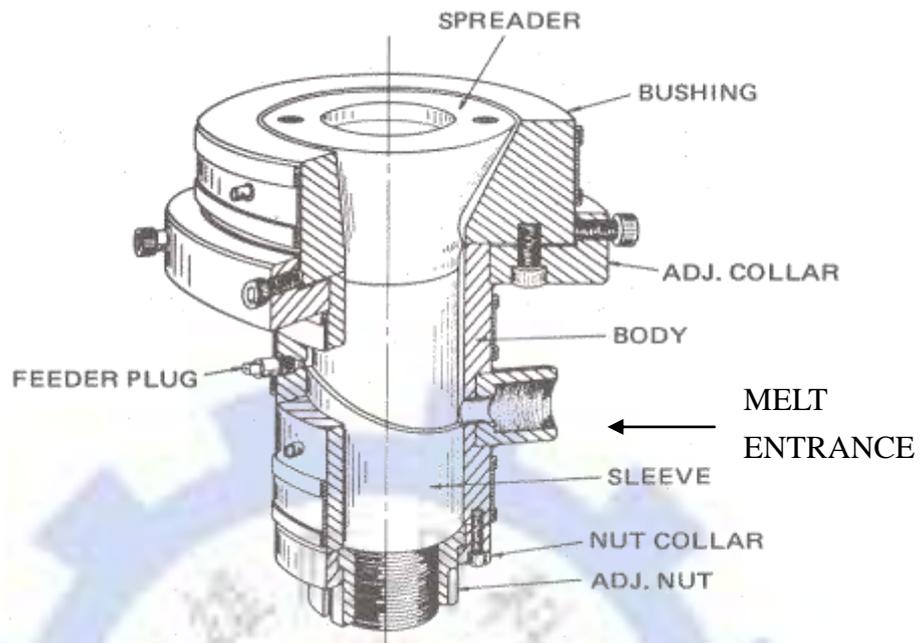


圖 1-3 側向進料模頭

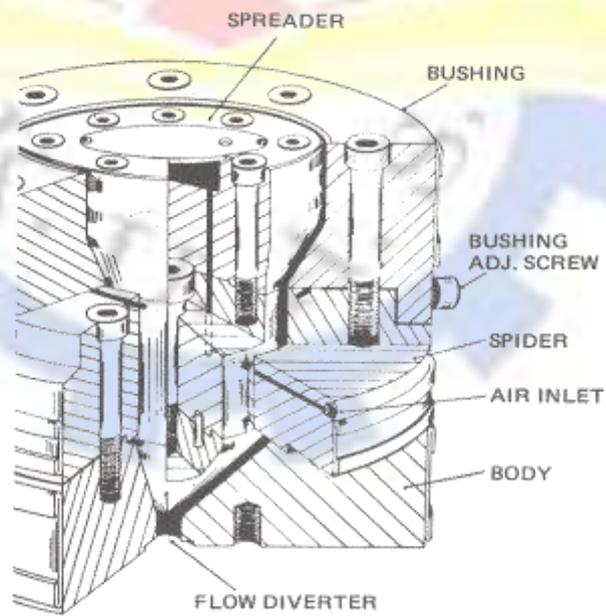


圖 1-4 中央進料模頭

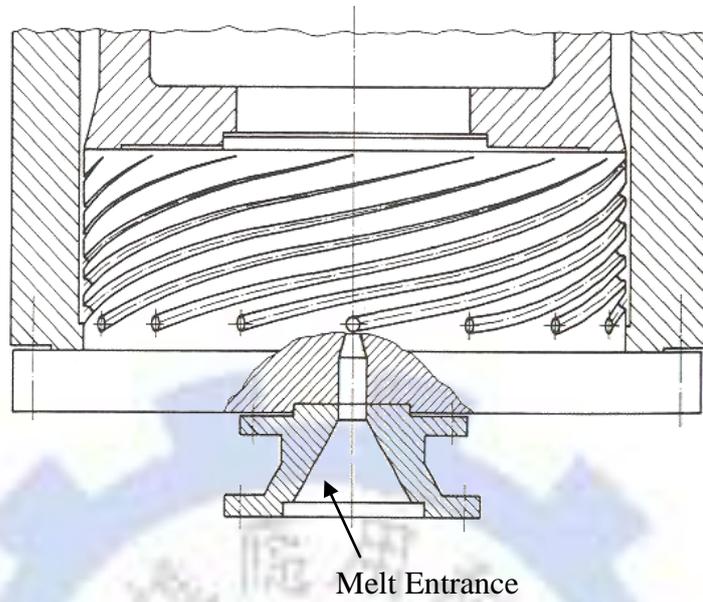


圖 1-5 螺旋軸心模頭

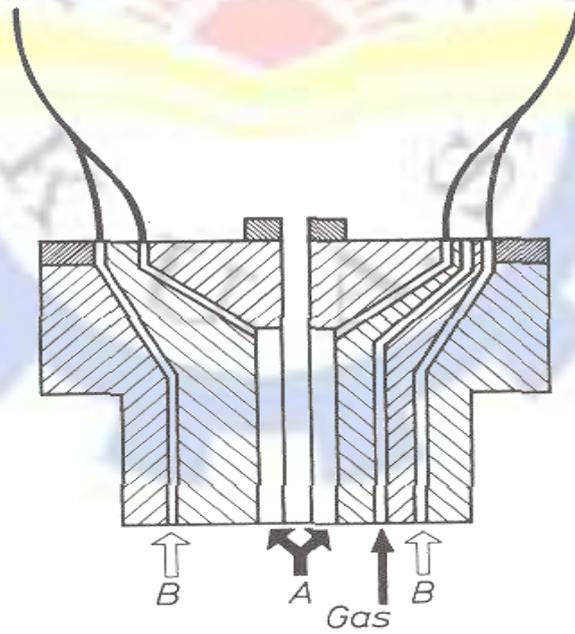


圖 1-6 外部貼合式共擠押模頭

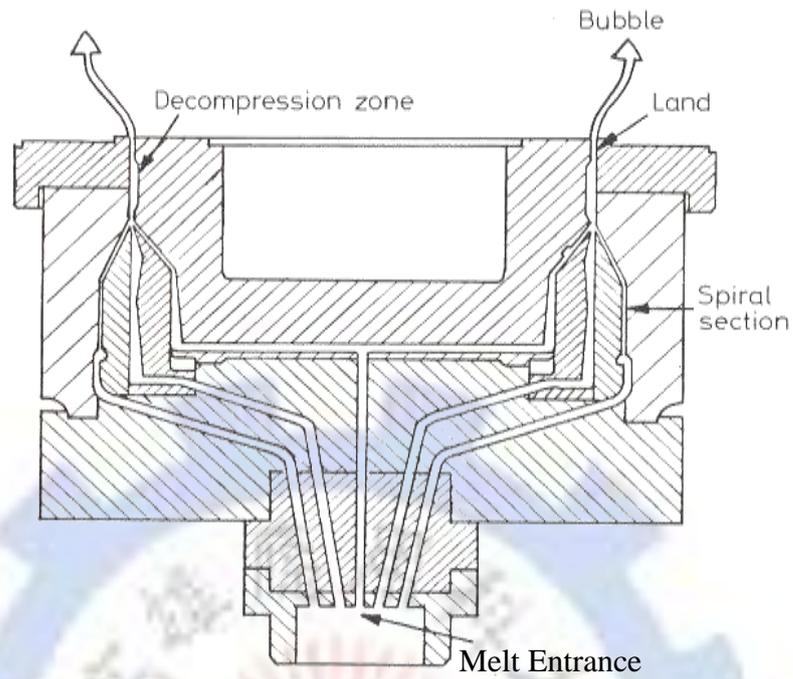


圖 1-7 巢穴式螺旋共擠押模頭

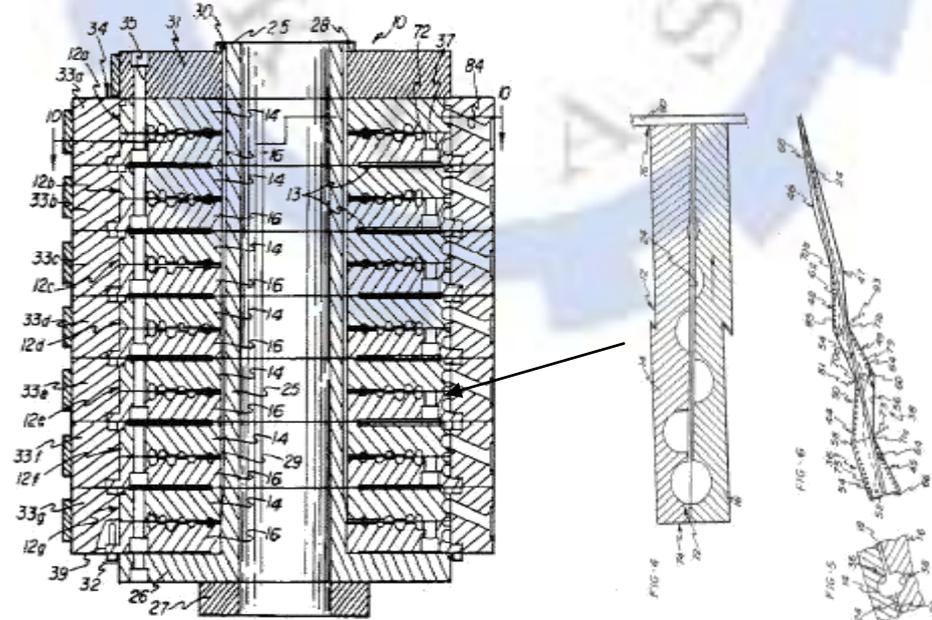


圖 1-8 堆砌式側向進料共擠押模頭

## 第2章 基本原理

### 2.1. 黏著原理

在多層結構中常因不同塑料的互溶性不佳而必須加入黏著劑，藉由黏著劑的鍵結作用生黏著性，但是黏著層的加入會使層數增加，例如在 LDPE/Tie/EVOH/Tie/LDPE 的結構中，黏著層(Tie)的加入使總層數增加到5層，將造成模頭設計更複雜且體積龐大。因此若能將黏著劑(LDPE接枝馬來酸酐)混參於LDPE中，形成LDPE(+黏著劑)/EVOH/LDPE(+黏著劑)參層結構，將可大幅降低模頭設計的複雜度。本節將以上述系統來說明黏著劑所扮演的角色以及EVOH/LDPE不同組成比例下的多層膜性質。表2-1列出了低密度聚乙烯(LDPE)、黏著劑(低密度聚乙烯接枝馬來酸酐，LDPE-g-MAH)及乙烯乙醇共聚物(EVOH)之單層薄膜的各種性質，包含了縱向和橫向的拉伸強度、斷點伸長率、彈性係數、撕裂強度和氧氣穿透率和水蒸汽穿透率。MD及TD分別表示塑料製成薄膜之後，在縱向及橫向的物性。由低密度聚乙烯(LDPE)接枝馬來酸酐所製成的黏著劑，是利用酸酐基與EVOH中的氫氧基產生酯化鍵結反應，扮演黏著的功能。黏著劑的加入會使得EVOH中的氫氧基和黏著劑的酸酐基產生更多的酯化反應，因此隨著黏著劑含量的增加，界面上EVOH的氫氧基減少，且增加了酯基鍵結的產生，如此即增加了層與層之間的黏著性增加樹脂之間的相容性，其黏著原理以及分子式如圖2-1所示。

## 2.2. 阻隔原理

本研究利用共擠壓多層吹膜製程技術發展高阻氣性薄膜，使用 EVOH 做為阻氣層，但因 EVOH 屬於親水性材料，能透過氫鍵與水形成短暫鍵結的性質，因此須以 LDPE 做為阻濕層，LDPE 屬於疏水性物質，作為最外層可有效將水氣阻隔在外，可避免 EVOH 因吸水而影響到氧氣阻隔性質，將兩者擁有不同性質之材料進行多層結構之組合以提升高分子薄膜的阻隔性質，發揮其阻隔效果，如圖 2-2 所示。

## 2.3. 介面不穩定產生原因

多層高分子薄膜的共押製程可分平膜及吹膜兩種，吹膜（blowing film）製程具有雙軸延伸的特性，不同的塑料經押出機塑化後，進入共押模頭，在模頭內先經螺旋型流道導引成圓形膜管之後，在模唇區的入口相互接觸，並一起流經模唇區，而後押出成圓形膜管，經由膜管內的空氣吹脹及引取滾輪向上引取行成圓管狀的膠膜，平膜製程是以多岐管式 T 型模頭(或餵給塊式 T 型模頭)將多種塑料在模頭內形成多層平面狀的流動方式，押出後藉輥輪組引取冷卻而得，是屬於單軸延伸的製程。兩種製程之多層結構的品質穩定取決於各層塑料的厚度均勻性以及界面性質控制，在模頭內若各層融膠黏度差異過大，容易產生界面包覆現象(如圖2-3)，會導致黏度低塑料將高黏度塑料包覆，導致界面的變動使的薄膜失去其均勻性甚至喪失其特殊功能，左圖為黏度差異大、右圖黏度差異小(如圖2-4)。

以共押製程而言，造成不穩定的現象有下列幾種原因:

- (1) 層與層之間黏度差異。
- (2) 介面應力太高。
- (3) 熔膠在模壁上剪切應力太大導致熔融破裂。
- (4) 製程條件。

## 2.4. 押出原理

### 2.4.1. 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 2-5 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 2-6。一般爲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上分成分配式混合元件(Distributive mixing element)與分散式混合元件(Dispersive mixing element)2 種。

#### 2.4.2 固體塑料熔化過程

固體塑料熔化起始於進料區之末端，而因爲高分子爲絕佳的熱絕緣體，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 2-7，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。爲了解決此一問題通常會在熔化區加一障壁螺牙(Barrier channel)，可以避免固體床崩潰的現象。

## 2.5 平行板間之流動

流體在兩平板間之流動行為如圖 2-8，兩平板相隔距離  $H$ ，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， $\tau_{yx}$  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：

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

代入其邊界條件(Boundary condition)：

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

所以式(2)成爲：

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

假設流體爲牛頓流體(Newtonian)，其剪切應力變爲：

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

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：

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

## 2.6 圓管內之流動

圓管內之流體流動行爲如圖 2-9，以半徑爲  $R$  之圓管， $Z$  方向爲軸向，而流體在圓管內爲完全發展流(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)：

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

$$\therefore C_1=0$$

假設流體為牛頓流體(Newtonian)，式(12)成爲：

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

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)：

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

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：

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

圓面積為  $\pi R^2$ ，所以其平均速度( $\bar{V}_z$ )為：

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

而由式(13)可得知模壁上剪切應力：

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

## 2.7 以雙層共押為例之熔膠流動行爲

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 2-10 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

並代入其邊界條件(Boundary condition)：

$$y = \alpha, \quad \tau_{yz}^{(1)} = 0, \quad \text{得 } C_1 = \alpha$$

$$y = \beta, \quad \tau_{yz}^{(2)} = 0, \quad \text{得 } C_2 = \beta$$

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：

$$-m_1 \left( \frac{dV_z^{(1a)}}{dy} \right)^{n_1} = \xi(y - \alpha) \quad \text{for } \frac{dV_z^{(1a)}}{dy} > 0, \quad 0 < y < \alpha$$

$$m_1 \left( -\frac{dV_z^{(1b)}}{dy} \right)^{n_1} = \xi(y - \alpha) \quad \text{for } \frac{dV_z^{(1b)}}{dy} < 0, \quad \alpha < y < \beta$$

$$m_1 \left( -\frac{dV_z^{(2)}}{dy} \right)^{n_2} = \xi(y - \alpha) \quad \text{for } \frac{dV_z^{(2)}}{dy} > 0, \beta < y < h \quad (25)$$

對式(25)作積分可得到：

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

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：

$$\begin{aligned} V_z^{(1)} &= \left( \frac{\xi}{m_1} \right)^{S_1} \left( \frac{n_1}{n_1+1} \right) \left[ \alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} - |y - \alpha|^{\frac{n_1+1}{n_1}} \right] \\ V_z^{(2)} &= \left( \frac{\xi}{m_2} \right)^{S_1} \left( \frac{n_2}{n_2+1} \right) \left[ \alpha^{\frac{n_2+1}{n_2}} - (y - \alpha)^{\frac{n_2+1}{n_2}} \right] \end{aligned} \quad (27)$$

而流量(Q)可由速度函數積分得到：

$$\begin{aligned} Q^{(1)} &= w \left( \frac{\xi}{m_1} \right)^{S_1} \left( \frac{n_1}{n_1+1} \right) \times \left\{ \int_0^\alpha \left[ \alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} - (\alpha - y)^{\frac{n_1+1}{n_1}} \right] dy + \int_\alpha^\beta \left[ \alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} - (y - \alpha)^{\frac{n_1+1}{n_1}} \right] dy \right\} \\ &= w \left( \frac{\xi}{m_1} \right)^{S_1} \left( \frac{n_1}{n_1+1} \right) \left[ \left( \frac{n_1+1}{2n_1+1} \right) \alpha^{\frac{2n_1+1}{n_1}} + \alpha^{\frac{n_1+1}{n_1}} (\beta - \alpha) - \frac{n_1(\beta - \alpha)^{\frac{2n_1+1}{n_1}}}{2n_1+1} \right] \end{aligned}$$

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

(28)

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

而界面位置  $\alpha$ 、 $\beta$  可由下式求得：

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

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

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。

表 2-1 LDPE、聚乙烯接枝馬來酸酐、EVOH 材料各性質

性質	材料		
	LDPE (130 $\mu$ m)	LDPE-g-MAH (130 $\mu$ m)	EVOH (20 $\mu$ m)
拉伸強度 MD/TD(MPa)	24.2/21.4	23.6/20.6	63/45
斷點強度 MD/TD(%)	670/720	690/750	280/210
彈性係數 MD/TD(%)	205/220	220/235	1590/1610
撕裂係數 MD/TD(%)	9.9/12	10.3/12.4	<0.1/<0.1
氧氣穿透率 (ml-mm/m <sup>2</sup> -24hr-atm) $\times 10^2$	1300	1250	11
水蒸汽穿透率 (g-mm/m <sup>2</sup> -24hr) $\times 10^2$	9	8.7	700



圖 2-1 黏著原理

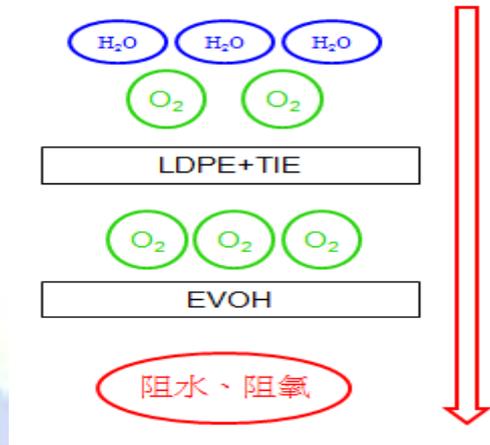


圖 2-2 阻隔性薄膜阻隔原理

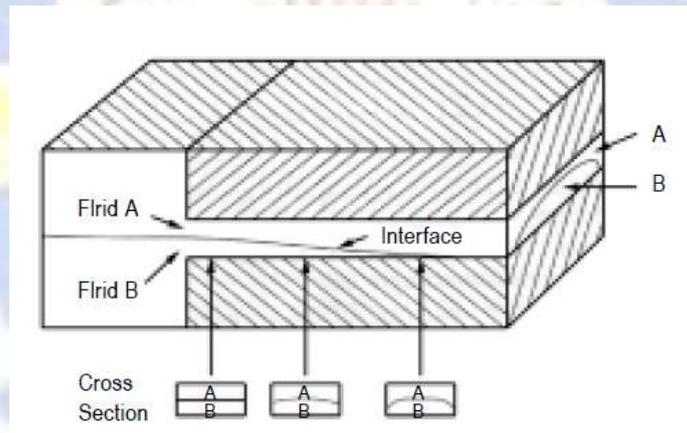


圖 2-3 介面包覆現象



圖 2-4 黏度差異對介面影響

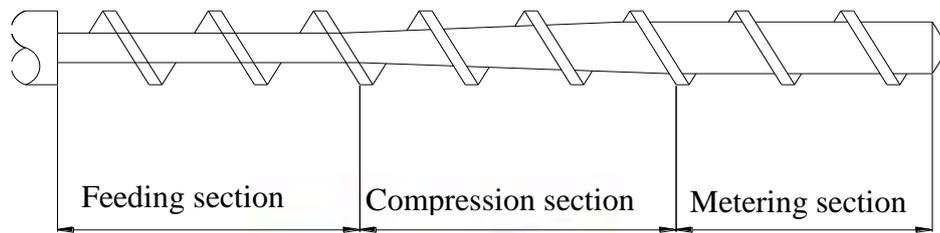


圖 2-5 螺桿示意圖

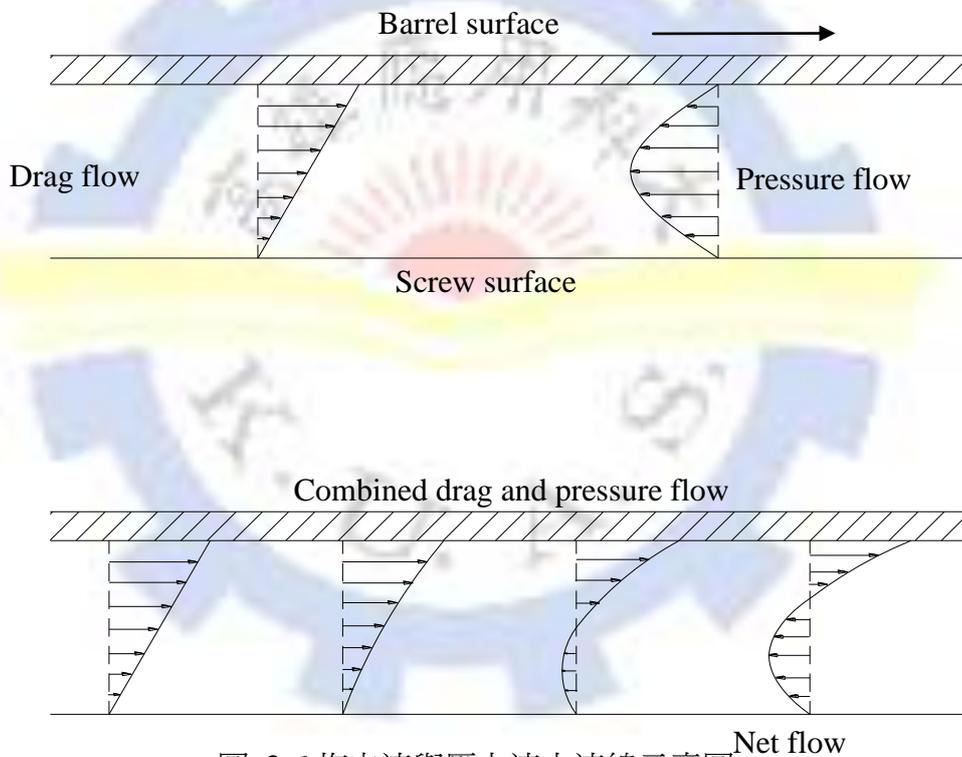


圖 2-6 拖曳流與壓力流之流線示意圖

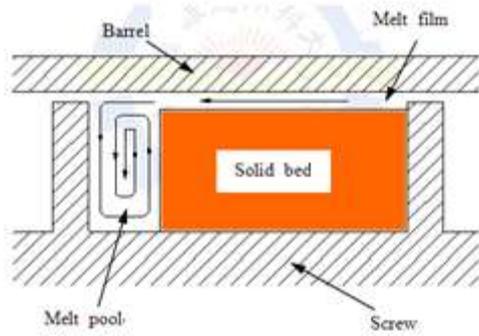


圖 2-7 膠料融化過程示意圖

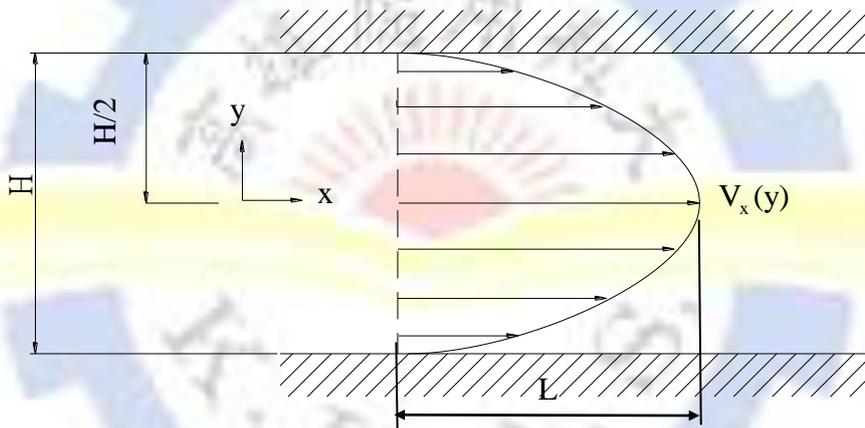


圖 2-8 兩平板間流場示意圖

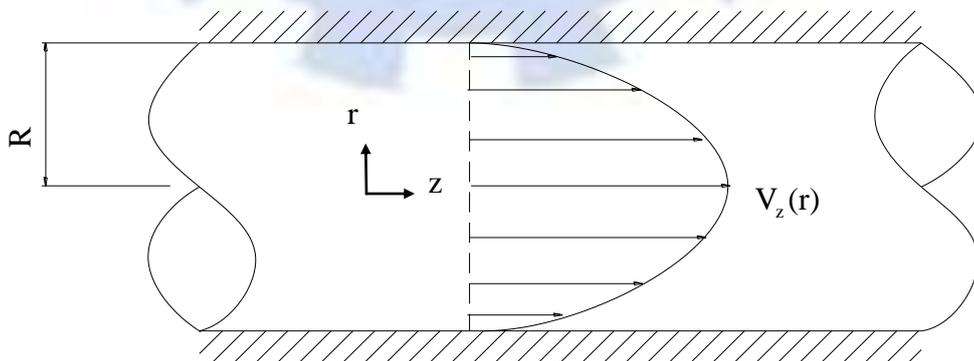


圖 2-9 圓管內流場示意圖

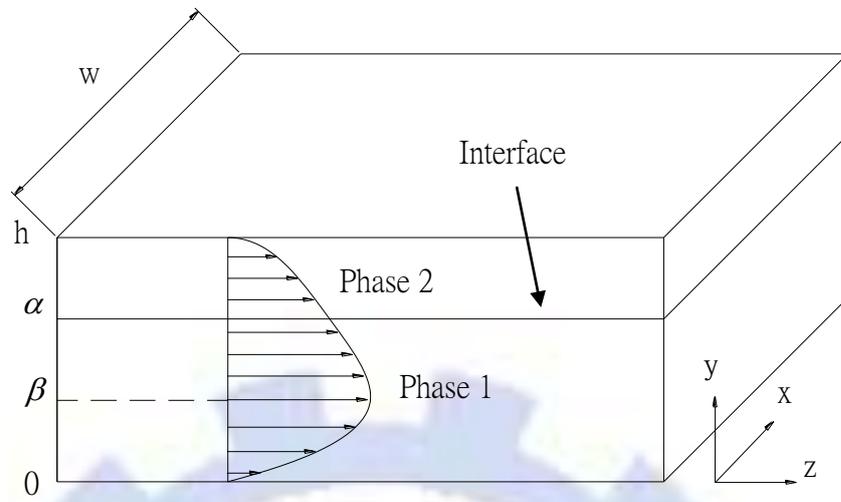


圖 2-10 兩種熔膠共押之流動行為

## 第3章 三層共擠押螺旋吹膜模頭分析

### 3.1 分析流程

本研究使用 VEL/FLOW2000 模流分析軟體進行共擠製程模擬，模擬熔膠在製程中之螺桿內固體床分佈、平均壓力、溫度分佈、模頭之流量均勻度、熔膠壓力降與熔膠界面之流變性質，分析流程如圖 3-1 所示，首先建立分析所使用之塑料流變性質包括黏度曲線、固體性質、熱性質、密度等，接下來進行螺桿、模頭流道、共擠模唇段之幾何模型設定，最後給予製程條件即可進行分析與結果判讀，並經模擬無誤後，再實際進行實驗。

### 3.2 建立分析材料庫

在分析過程使用 MI 值為 0.5 和 2.0 低密度聚乙烯(LDPE)為支撐性原料，黏著劑溶解在熔膠中之過程會影響熔膠之流變性質，故先利用毛細管流變儀 (Göttfert Capillary Rheotester , Model Rheo-Tester 1000) 量測含有黏著劑之低密度聚乙烯 (LDPE)與乙烯-乙醇共聚物(EVOH)之黏度曲線，並且以 Log-polynomial 來描述其流變性質，量測之黏度曲線如圖 3-2、圖 3-3、圖 3-4 所示。

### 3.3 螺桿分析模擬

#### 3.3.1 螺桿模擬參數與製程條件設定

##### 1. 螺桿幾何外形：

(1) 外層與內層(A、B)螺桿：

基本上阻隔性薄膜之外層與內層使用同一幾何外形之螺桿，螺桿外形如圖 3-5 所示，外層螺桿屬於傳統螺桿但其之特色為有較長之壓縮段，可適當降低摩擦熱量的產生，避免熔膠在融化過程中因為過高的剪切熱量而升溫；為了增加螺桿混合效果與避免未熔融之膠料(gel)被押出至模頭中，故在計量段後端增加一混合元件，利用不斷分割原有的流場以改變熔膠之流動方向使其達到混合效果，螺桿長度為 1032mm，螺桿直徑為 42mm。

(2) 中間層功能性原料(C)螺桿：

此螺桿在幾何外形較上述螺桿簡單如圖 3-6 所示，屬於較傳統型之三段螺桿，除原有之壓縮段與計量段外並在計量段後端加裝一混合元件如圖 3-7 所示，以改善螺桿混合效果，螺桿長度為 654mm，螺桿直徑為 25mm。

2. 製程條件：

傳統押出機所產生之螺桿背壓會隨著螺桿轉速變化而改變，本研究使用之押出機在模頭與螺桿間加裝齒輪幫浦，可以精確的控制螺桿背壓與熔膠流量，無論流量如何改變押出機之背壓恆為定值，其各螺桿之製程條件如表 3-1 所示。

### 3.4 模頭分析模擬

押出機為整個製程上的供料系統，使膠料塑化、混合而輸送至模頭，然而模頭扮演之腳色則是把從押出機送出之熔膠經由不同幾何形狀之流道導引成最後所期望之環狀外形，以本模擬所使用之模頭為例，為三層共押螺旋吹膜模頭如圖 3-8 所示，熔膠進入模頭後經過螺旋段形成軸向與橫向流動，最後在匯流段互相接觸形成疊層狀流動，匯流段幾何外型如圖 3-9 所示，再由模頭出口共押出多層結構薄

膜，而熔膠在模頭內溫度分布以及界面剪切應力為影響界面主要因素，因此本節主要目的為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，表 3-2 為模擬分析之組別規劃。

表 3-1 螺桿製程參數

組別	外層與內層參數			中間層參數		
	1	2	3	1	2	3
螺桿轉速 RPM (1/min)	7.88	6.04	4.8	15.26	12.91	10.57
熔膠流量 Q (kg/hr)	2.7	2.3	1.8	1.38	1.115	0.92
螺桿背壓 P (MPa)	6.00			6.00		
套筒摩擦係數 $f_b$	0.45			0.45		
螺桿摩擦係數 $f_s$	0.25			0.25		
加熱段(1)溫度(°C)	165			180		
加熱段(2)溫度(°C)	185			215		
加熱段(3)溫度(°C)	180					

表 3-2 模擬分析組別規畫

模擬組別	外層/內層/中間層 押出量	模溫
1	2.7/1.38/2.7	200°C
2	2.7/1.38/2.7	220°C
3	2.7/1.38/2.7	240°C
4	2.3/1.15/2.3	240°C
5	1.8/0.92/1.8	240°C

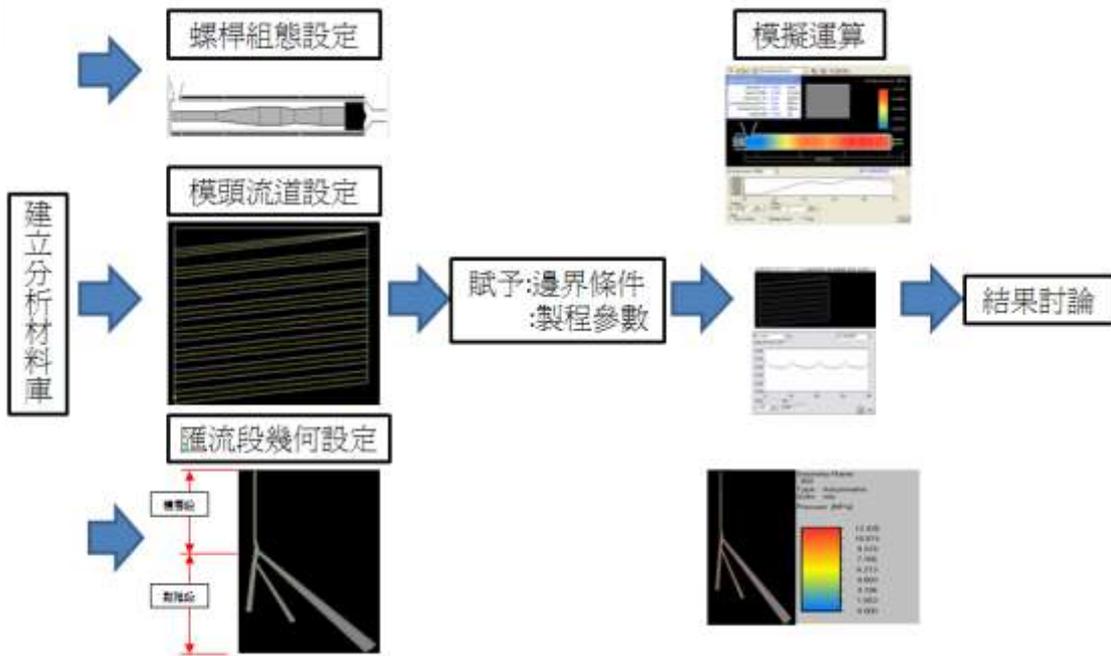


圖 3-1 共擠押模擬流程圖

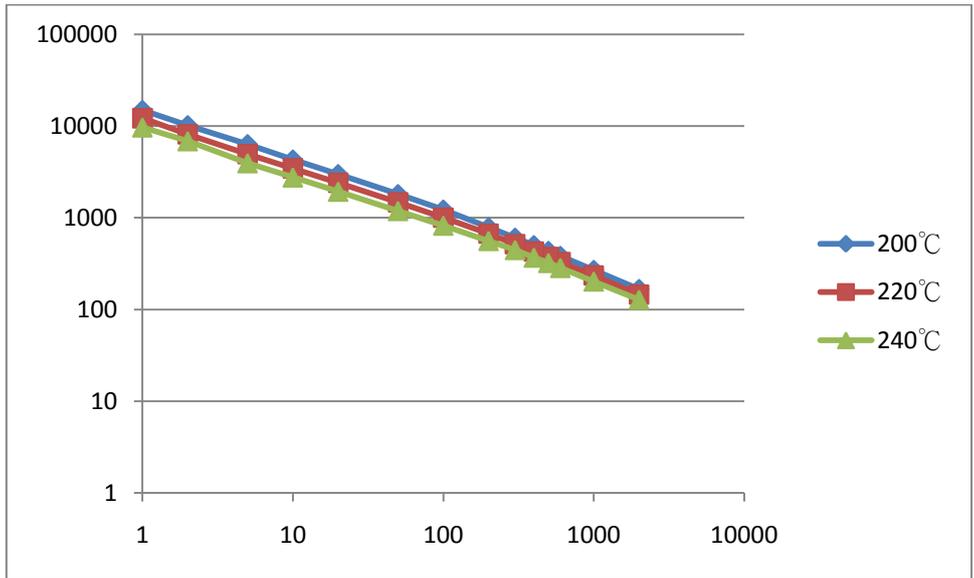


圖 3-2LDPE( H0105)黏度曲線圖

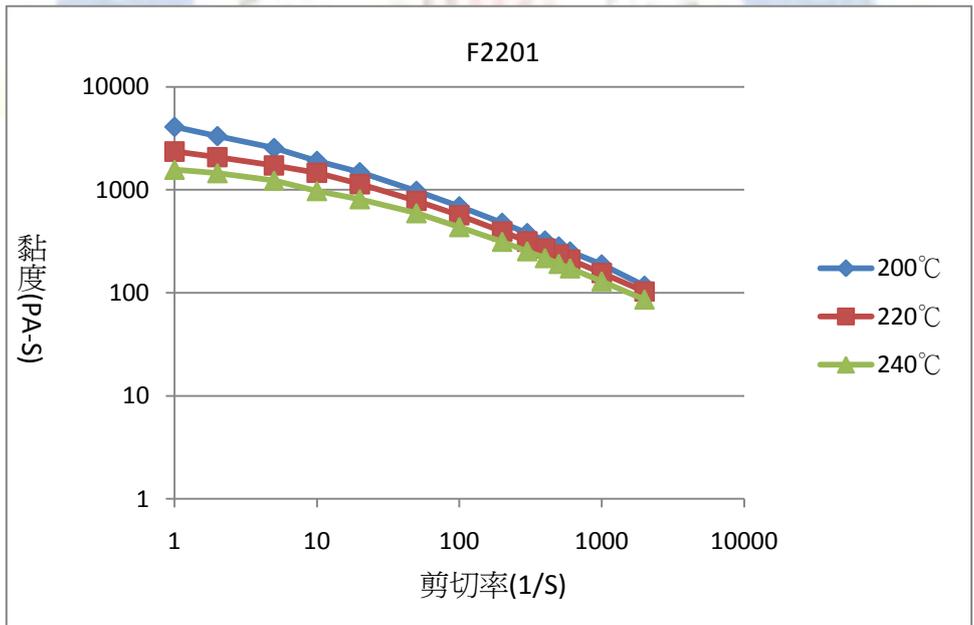


圖 3-3 LDPE(F2201)黏度曲線圖

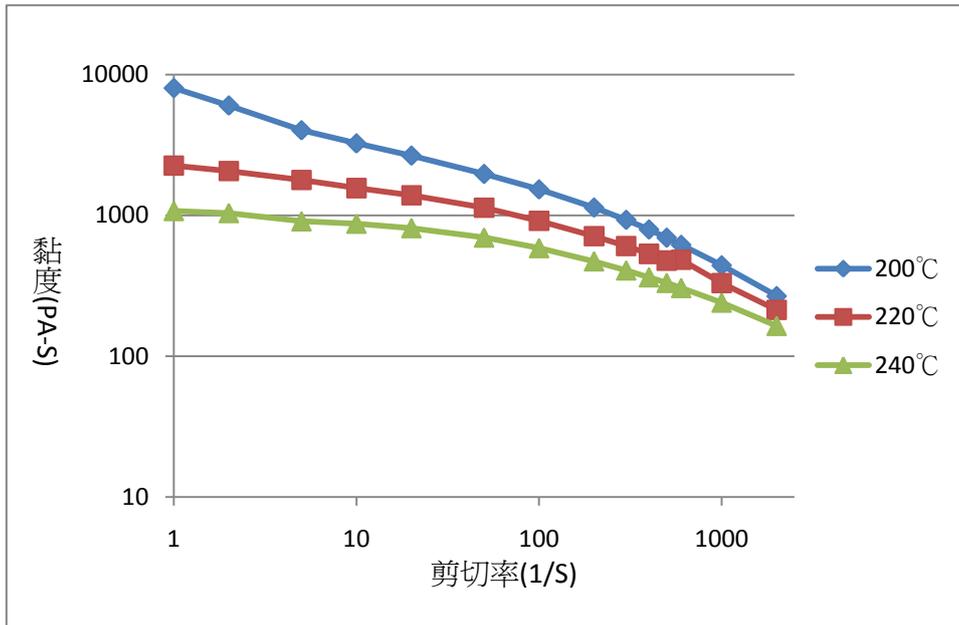
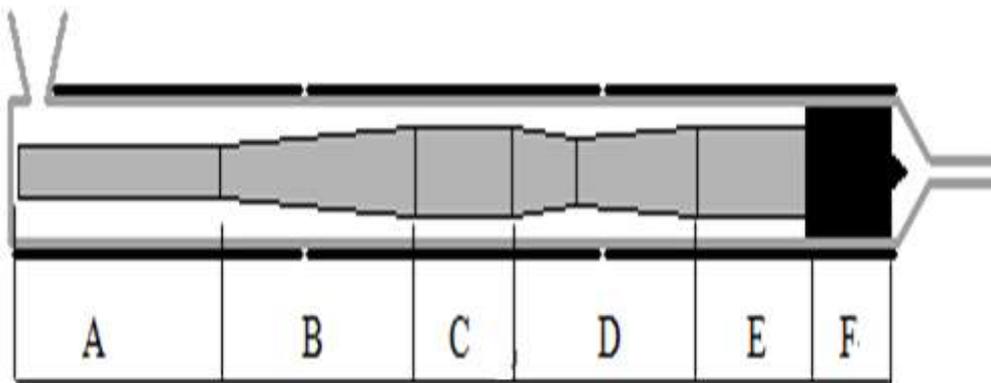
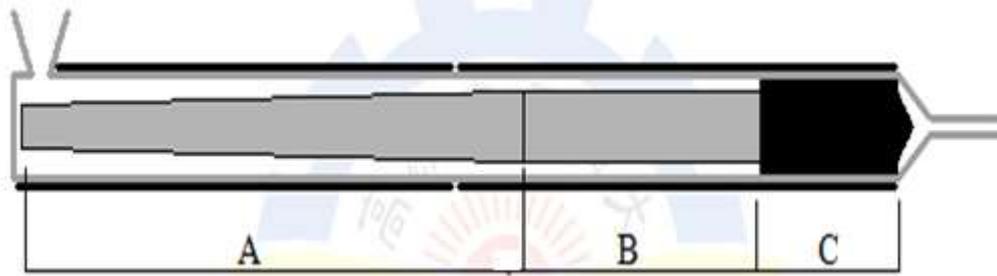


圖 3-4 EVOH 黏度曲線圖



※註 (A)：進料段 (B)：壓縮段 (C)：計量段 (D)：第二壓縮段  
(E)：第二計量段 (F)：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(EVOH)層螺桿示意圖

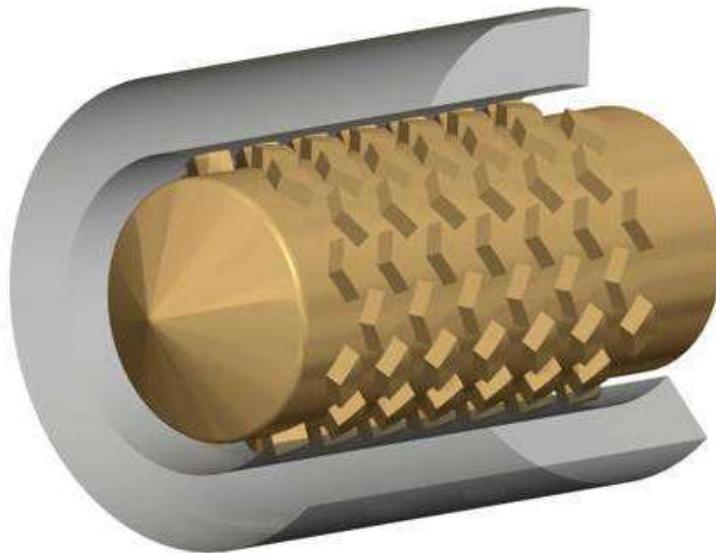


圖 3-7 混合元件示意圖

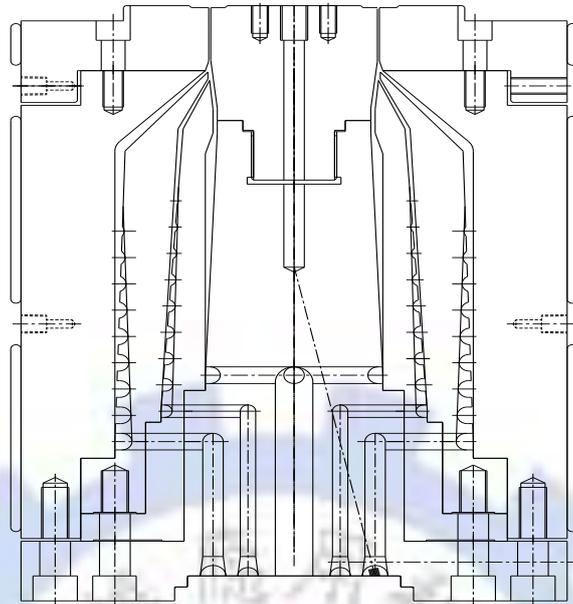


圖 3-8 三層共押螺旋吹膜模頭

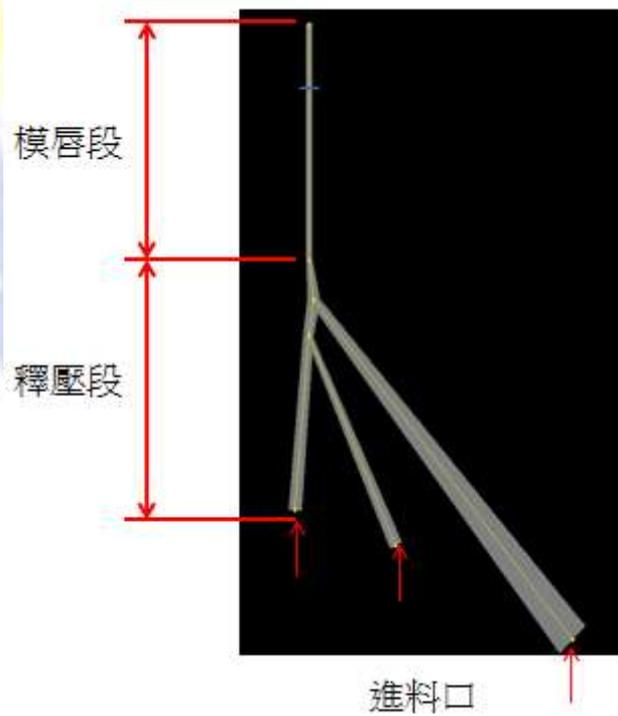


圖 3-9 匯流段幾何圖

## 3.5 模擬結果與討論

### 3.5.1. 螺桿分析結果

螺桿主要是把固態塑膠原料自進料漏斗進入螺桿螺槽(screw channel)內，由於螺桿旋轉而與熔膠筒(barrel)產生剪切效應作用，使塑膠原料混煉並沿著螺桿螺槽輸送，使固態塑膠原料受到熔膠筒外側之電熱片加熱與螺桿產生的剪切熱作用下，使熔膠筒內部升溫而熔成熔體態。由固體床分析結果可看出外、內層(LDPE)螺紋溝道中不同流量分佈之塑化程度，圖 3-10 為 2.4kg/hr，圖 3-11 為 2.3kg/hr，圖 3-12 為 1.8kg/hr，而中間層(EVOH)螺紋溝道中不同流量之固體床分布，圖 3-13 為 1.38 kg/hr、圖 3-14 為 1.15kg/hr、圖 3-15 為 0.92 kg/hr，兩種材料於溝道中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，在計量段末端極熔融完全，沒有固體顆粒進入計量段，倘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，因模頭無塑化能力，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，會對薄膜表面性質以及強度產生影響，並在進行吹膜實驗時，易因為 gel 的殘留造成引取不易，易斷裂。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 3-16、圖 3-17、圖 3-18 為外、內層(LDPE)再三種不同流量情況下沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖，圖 3-19、圖 3-20、圖 3-21 為中間層(EVOH)在三種不同流量情況下沿螺桿方向熔膠平均壓力分佈圖，兩者在 Gear pump 控制流量下，外、內層熔膠壓力隨著螺桿長度上升而增加，且螺桿明顯因較長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。而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。

### 3.5.2. 螺旋段分析結果

圖 3-22、圖 3-23、圖 3-24 為外層在不同溫度情況下出口流量分佈圖，圖 3-25、圖 3-26、圖 3-27 為內層在不同溫度情況下出口流量分佈圖，圖 3-28、圖 3-29、圖 3-30 為中間層在不同溫度情況下出口流量分佈圖，由分析結果來看，溫度對於出口流量分布圖來看，並無明顯影響，出口流量分佈愈平均則所得到的薄膜徑向的厚度均勻度愈佳，受到螺旋溝內部熔膠曳流之影響，在螺旋段出口端出現 4 個波峰，這是因為模頭心軸刻有 4 條螺旋溝，每條螺旋溝之曳流量各產生一股波峰而造成此種現象，待熔膠通過鬆弛段與模唇段後薄膜均勻度便會提高。

在溫度分佈方面，由於每一個套層都有其獨立流道以及供料押出機，在押出機部分外層與中間層在螺桿末端的溫度不同，模頭內之塑料基本上由GearBump加壓送至各套層，塑料基本上由中央進料經徑向流道引入螺旋溝，熔膠在螺旋溝內部，一方面沿著螺旋溝內部流動，使其展開成環狀的流動，一方面則洩流至相鄰套層之間間隙，並朝模頭軸向流動。而螺旋溝的適當設計將使熔膠的洩流量沿著螺旋溝維持一穩定值，亦即，熔膠在螺旋溝內部的流量將成線性遞減，使得來自於不同螺旋溝的熔膠彼此具有良好的混合效應，以避免產生熔合痕，同時在整個圓週方向具有均勻的流量分布以及讓塑料達到模具所設定之溫度，這是模頭最主要的設計重點，圖3-31、圖3-32、圖3-33為外層螺旋段在不同模頭溫度下溫度分佈，圖3-34、圖3-35、圖3-36為內層螺旋段在不同模頭溫度下溫度分佈，圖3-37、圖3-38、

圖3-39為中間層螺旋段在不同模頭溫度下溫度分佈，在三者分析結果比較之下，外層與中間層之模頭溫度較趨近於實驗中所設定之溫度，而內層螺旋段在接近匯流段前，溫度高於預先設定之模頭溫度，主要是在螺旋段末端流道突然變窄，高摩擦熱所導致。

### 3.5.3. 匯流段分析結果

#### (1) 黏度差異：

由毛細管流變儀檢測結果可看出，LDPE(F2201)與EVOH層整體黏度相差較遠，LDPE(H0105)整體黏度與EVOH較相近，但由分析結果可以明顯可以看出中間EVOH層之熔膠黏度較內、外兩層(LDPE F2201)之熔膠黏度差距較大，最大黏度比約3.95左右如圖3-40所示，差異甚大，故會導致於因黏度差異過大而使界面呈現不穩定的狀態，隨著模頭溫度越高，其黏度比越接近，圖3-41黏度比為2.01、圖3-42黏度比為1.18，反之LDPE(H0105)與EVOH在模頭溫度200℃時黏度較相近，圖3-43黏度比為1.2，隨著模頭溫度越高其黏度比相差越遠，圖3-44黏度比為0.57、圖3-45黏度比為0.32，由黏度分析結果來看，LDPE(F2201)最適當模頭溫度為240 °C，而LDPE(H0105)最適當模頭溫度為200 °C，在共押實驗中，會有較佳之界面。

#### (2) 剪切應力：

界面的剪切應力過高導致正向應力的不平衡，造成的熔膠滾動的不穩定。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，由圖3-46、圖3-47、圖3-48可發現LDPE(F2201)有著較低剪切應力，主要是由於黏度較低，而圖3-49、圖3-50、圖3-51之界面剪切應力較高，主要是LDPE(H0105)之黏度高於LDPE(F2201)，但兩種會隨著模溫升高界面剪切力會隨著降第，流量越低

剪切力均逐漸減少，因此可獲得比較穩定之共押流動。

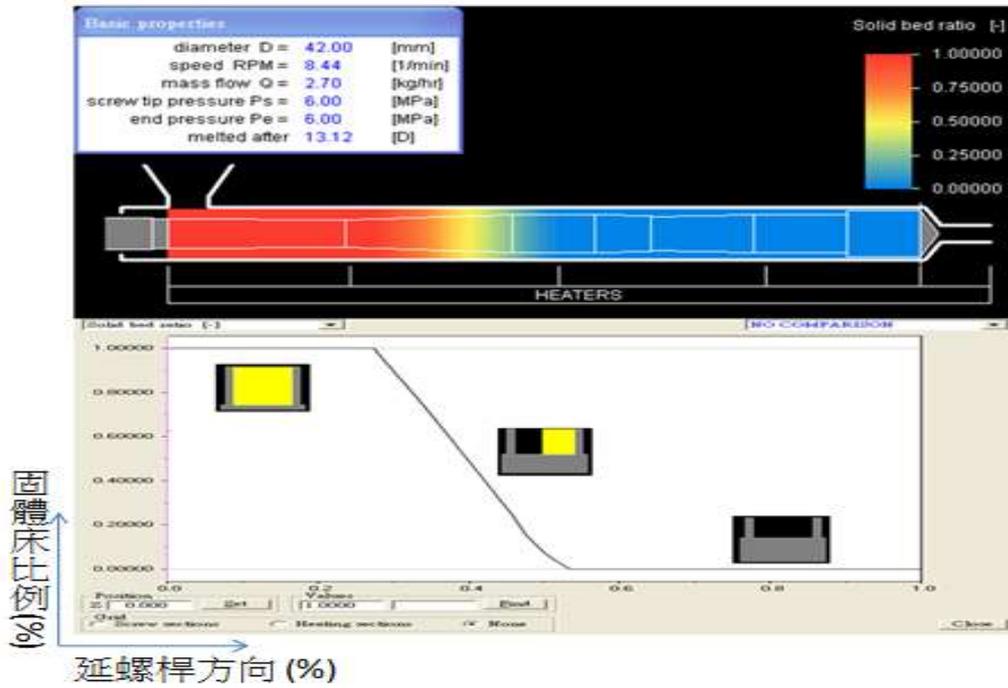


圖 3-10 外、內層固體床分佈

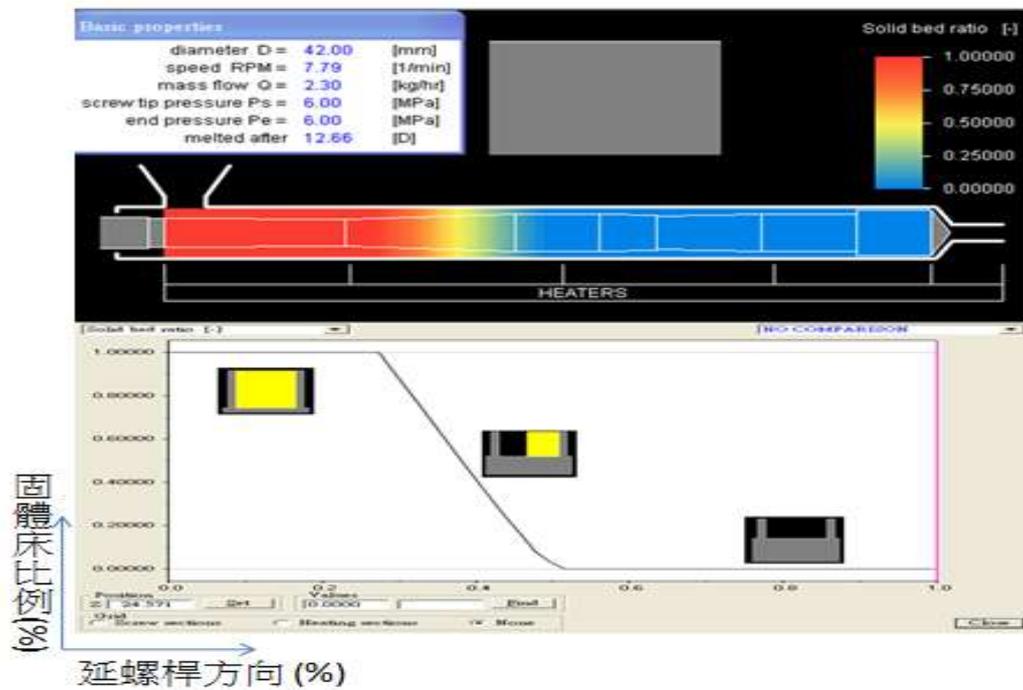


圖 3-11 外、內層固體床分佈

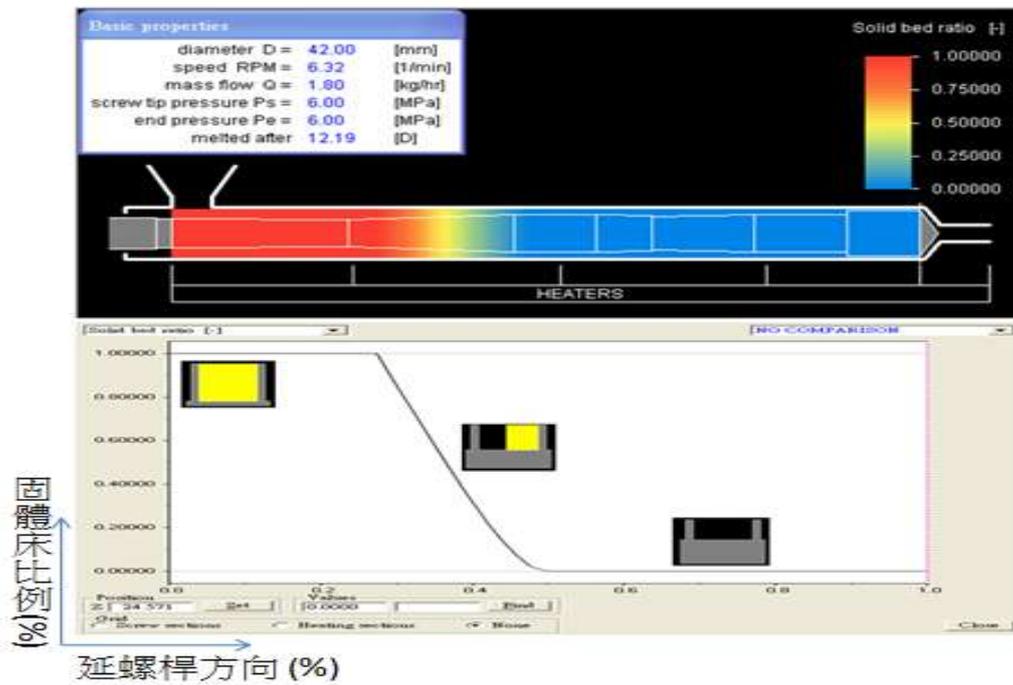


圖 3-12 外、內層固體床分佈

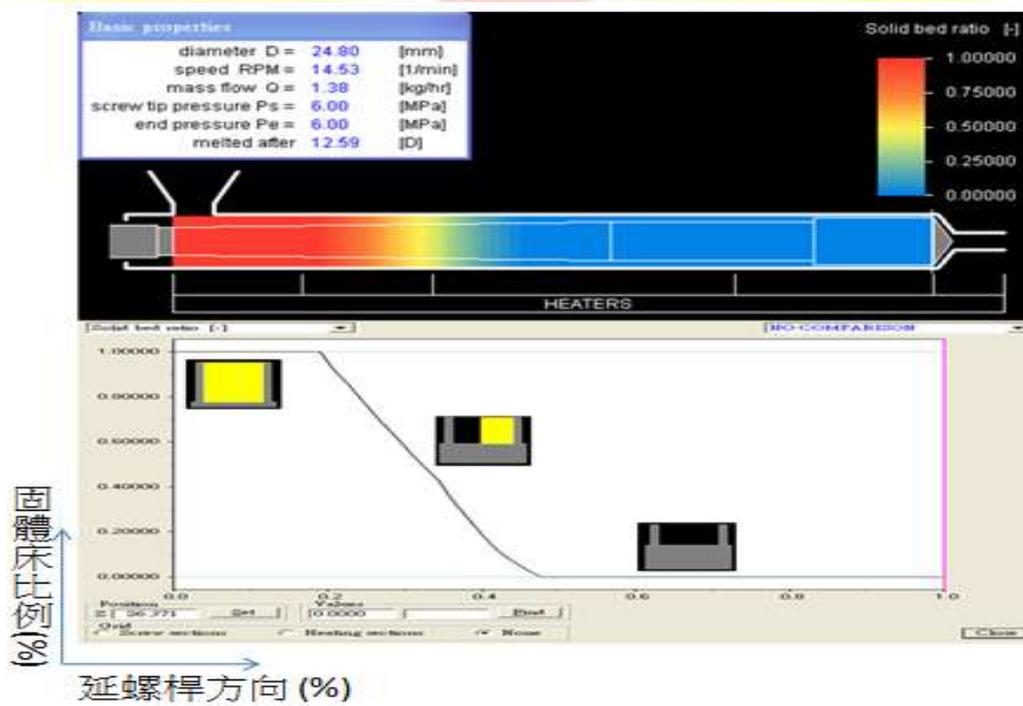


圖 3-13 中間層固體床分佈

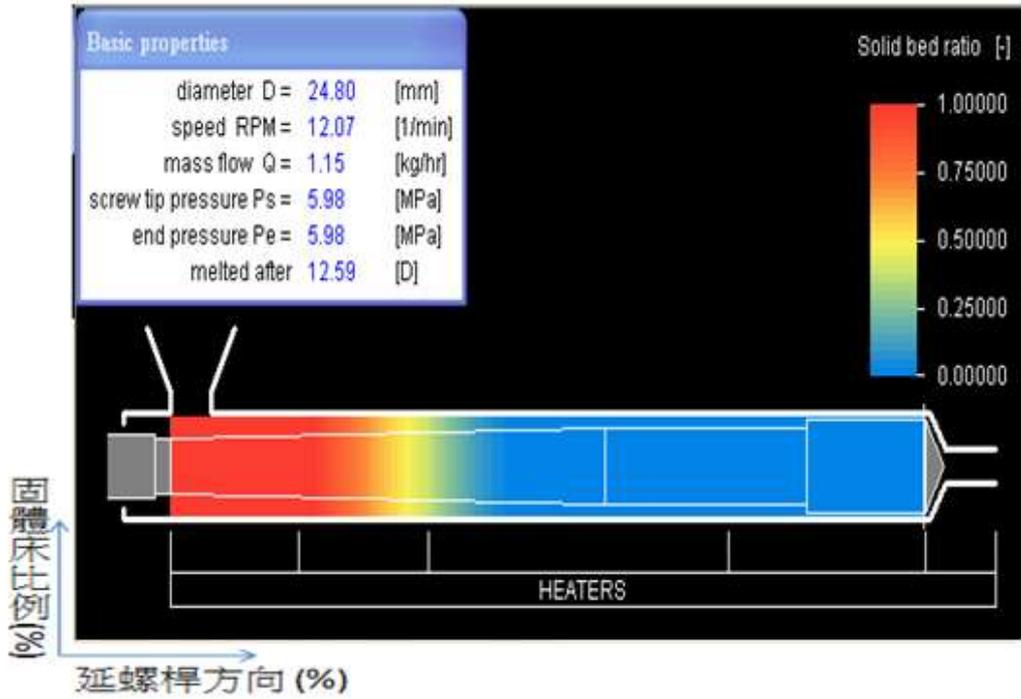


圖 3-14 中間層固體床分佈

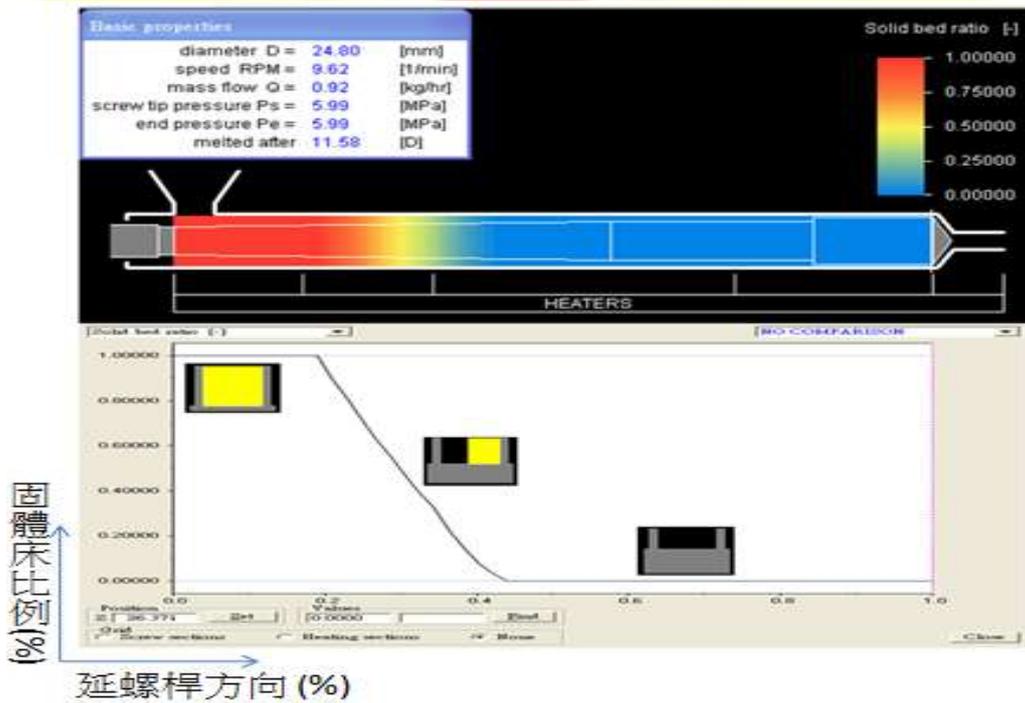


圖 3-15 中間層固體床分佈

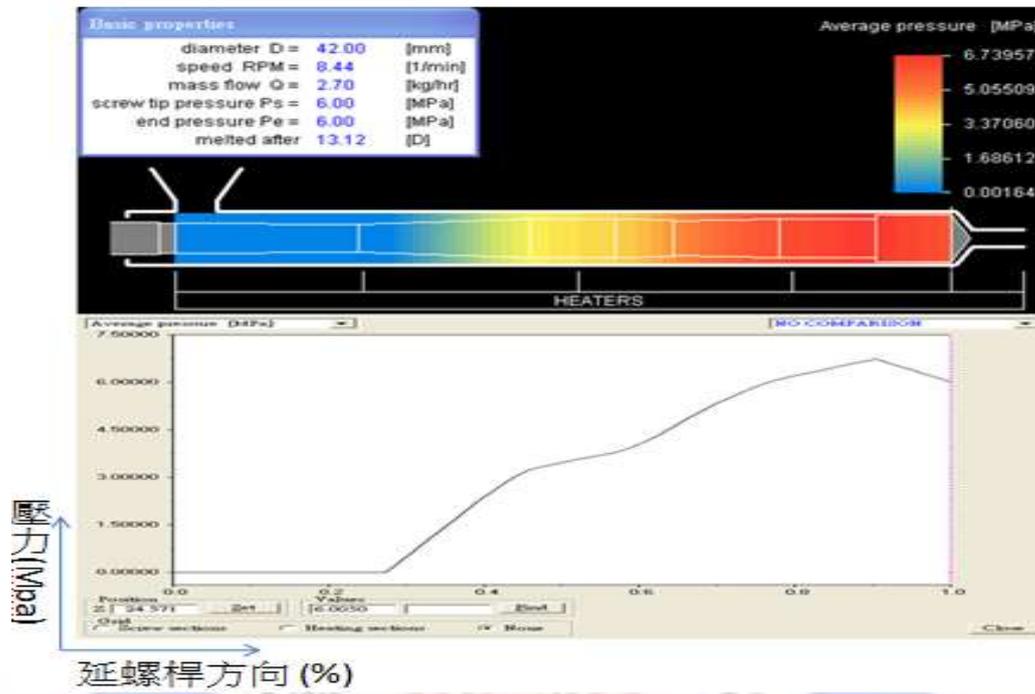


圖 3-16 外、內層壓力分佈

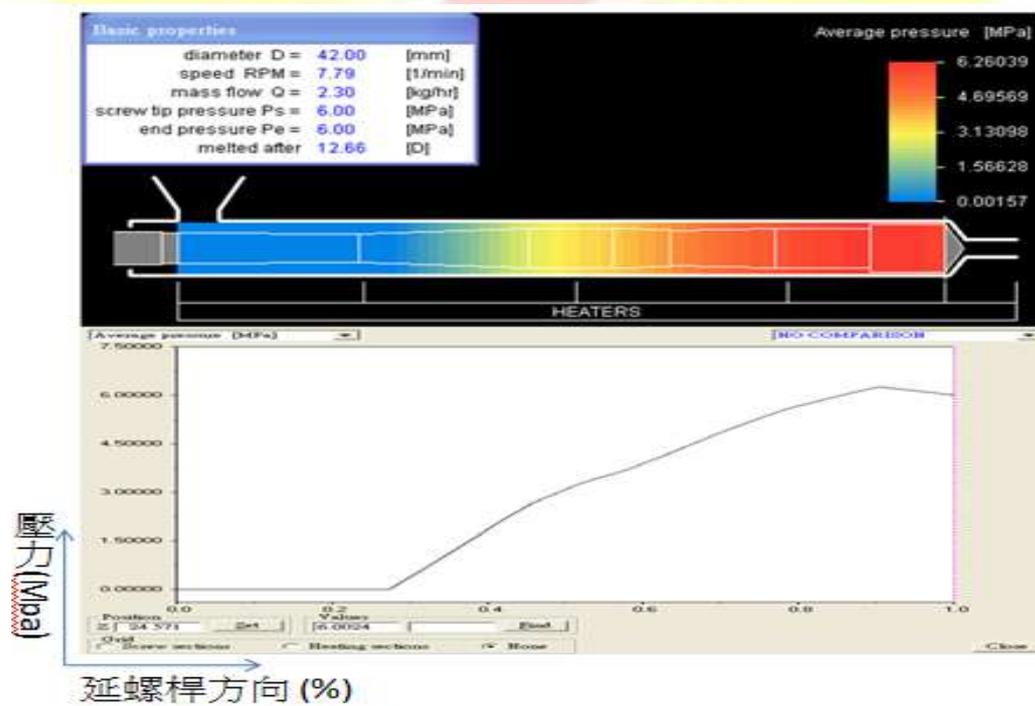


圖 3-17 外、內層壓力分佈

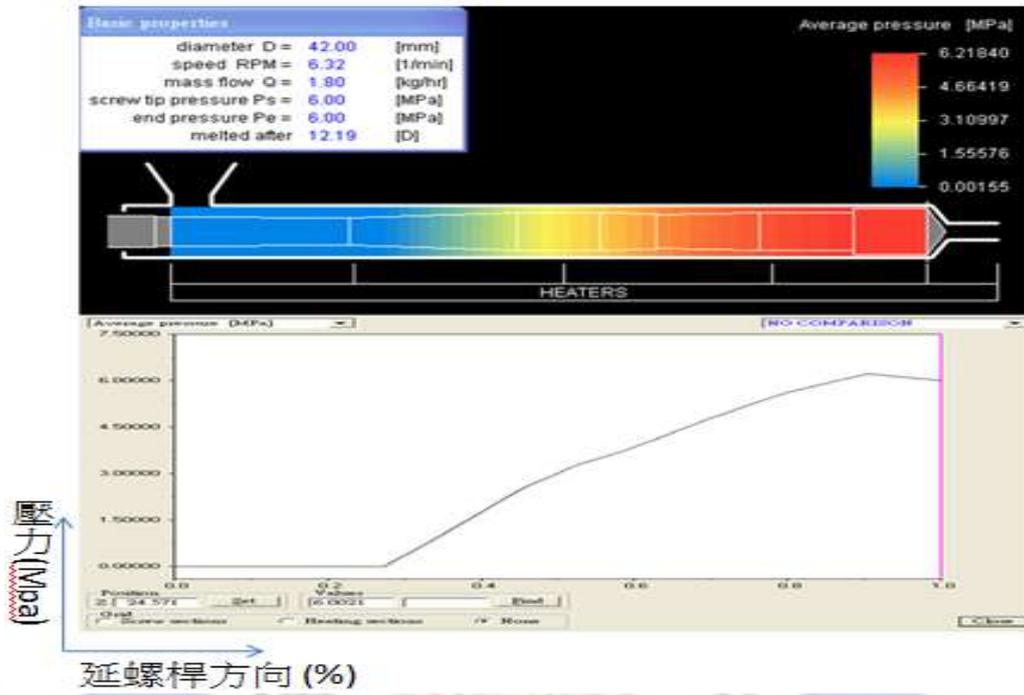


圖 3-18 外、內層壓力分佈

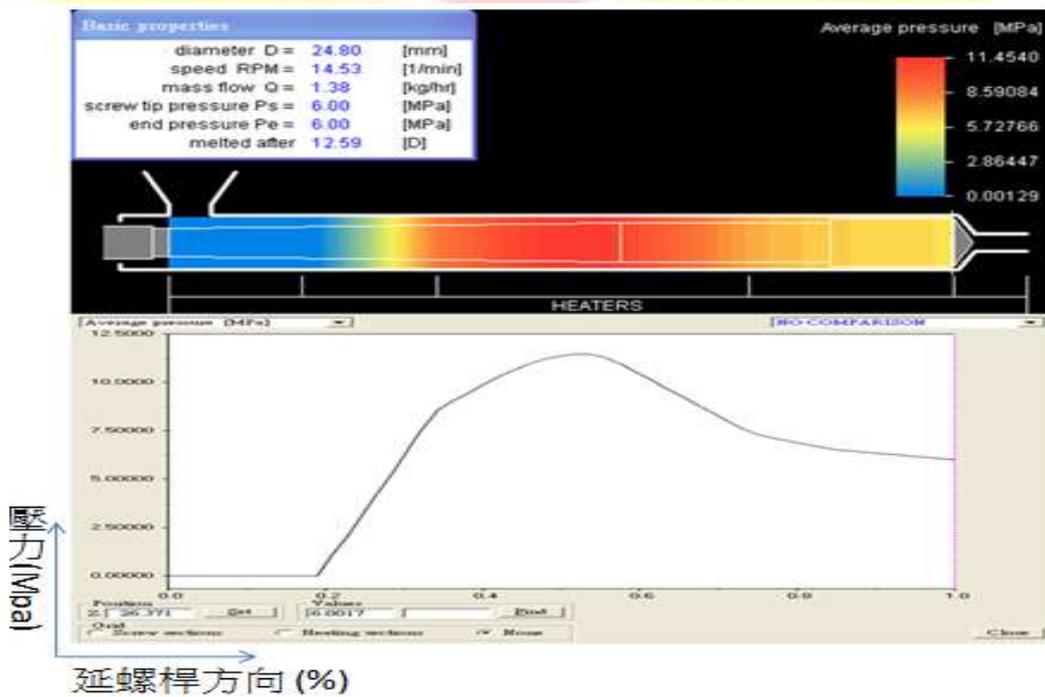


圖 3-19 中間層壓力分佈

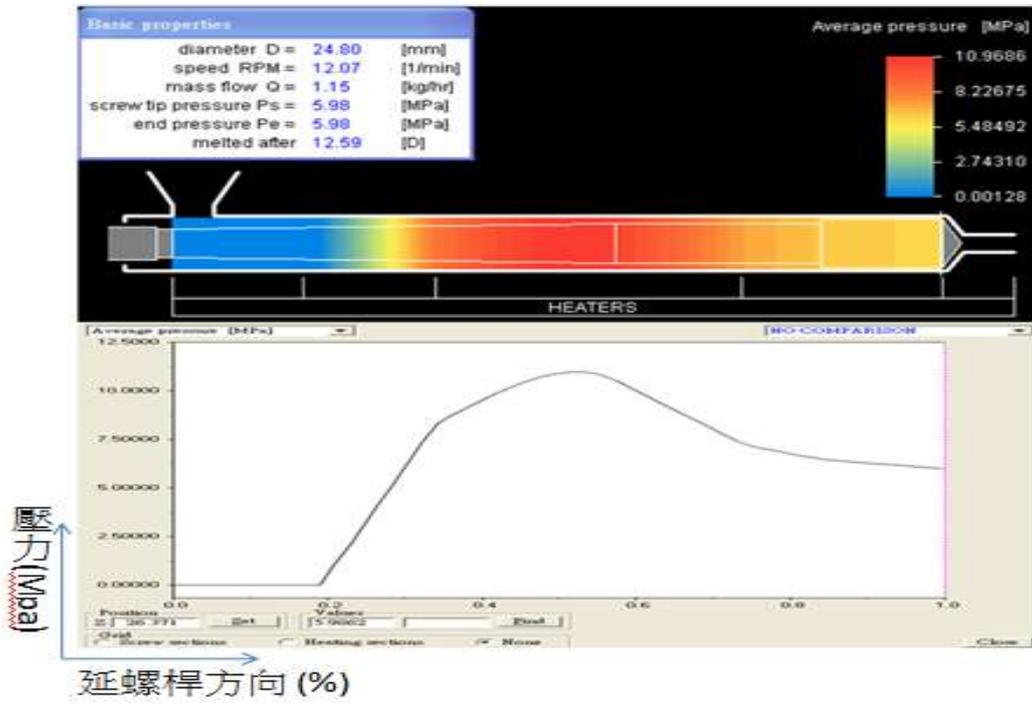


圖 3-20 中間層壓力分佈

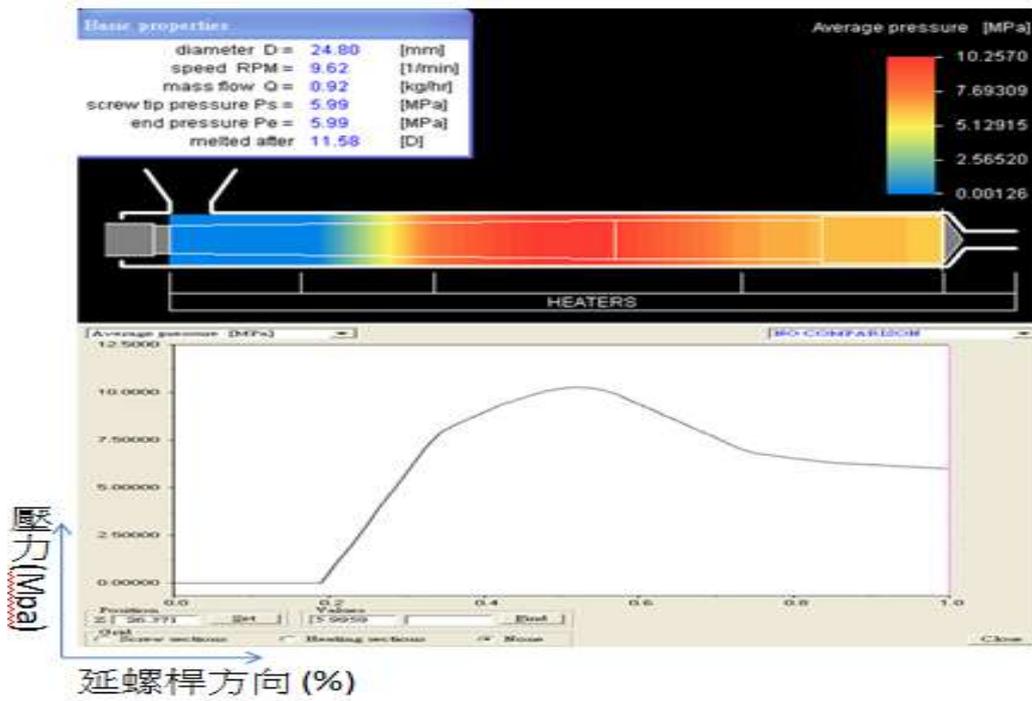
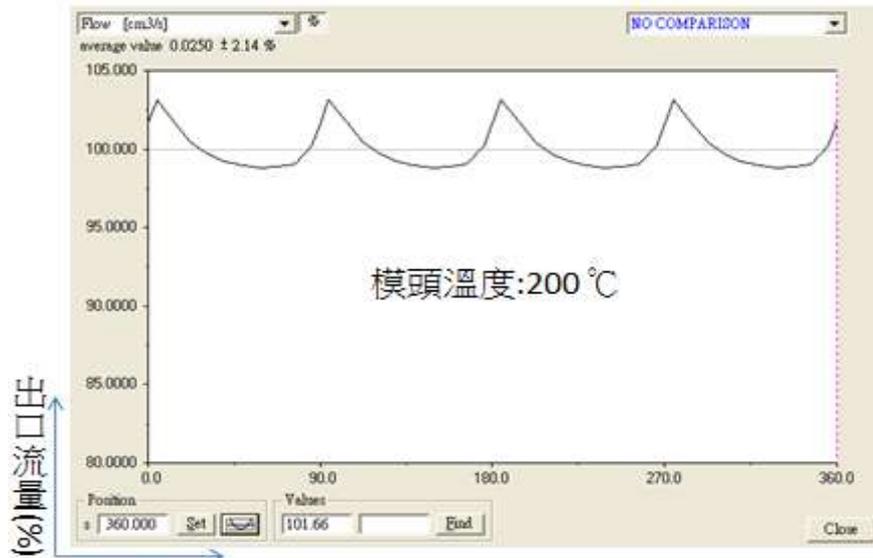
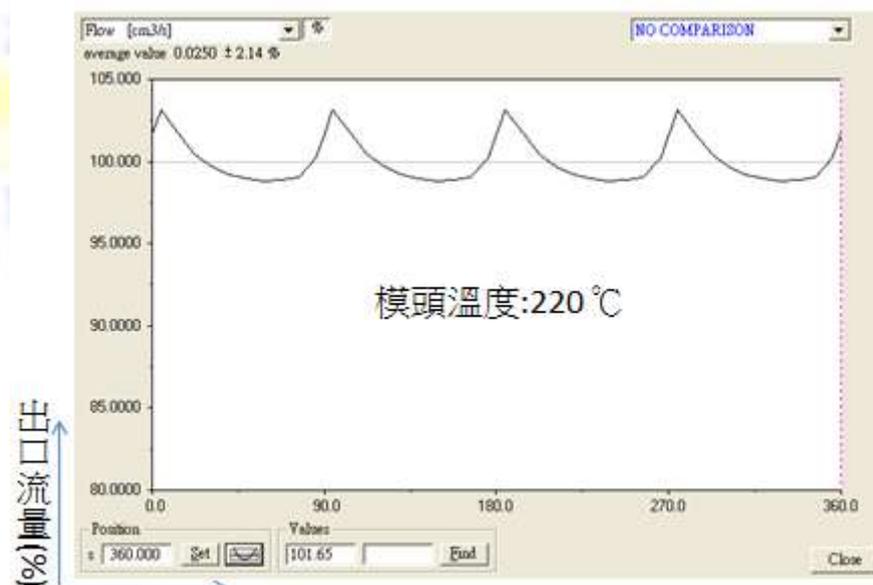


圖 3-21 中間層壓力分佈



延模頭圓周方向( $\theta^\circ$ )

圖 3-22 外層螺旋段流量分佈



延模頭圓周方向( $\theta^\circ$ )

圖 3-23 外層螺旋段流量分佈

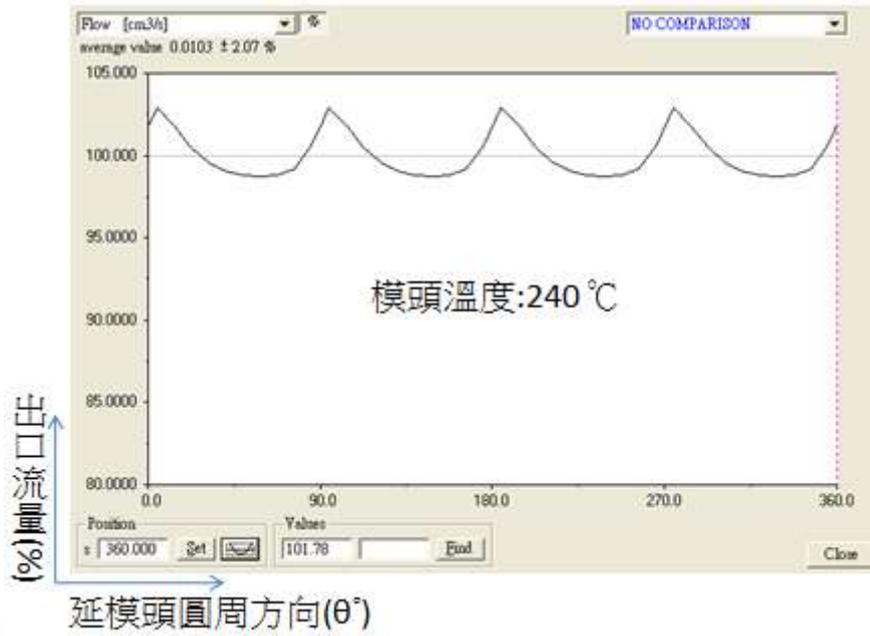


圖 3-24 外層螺旋段流量分佈

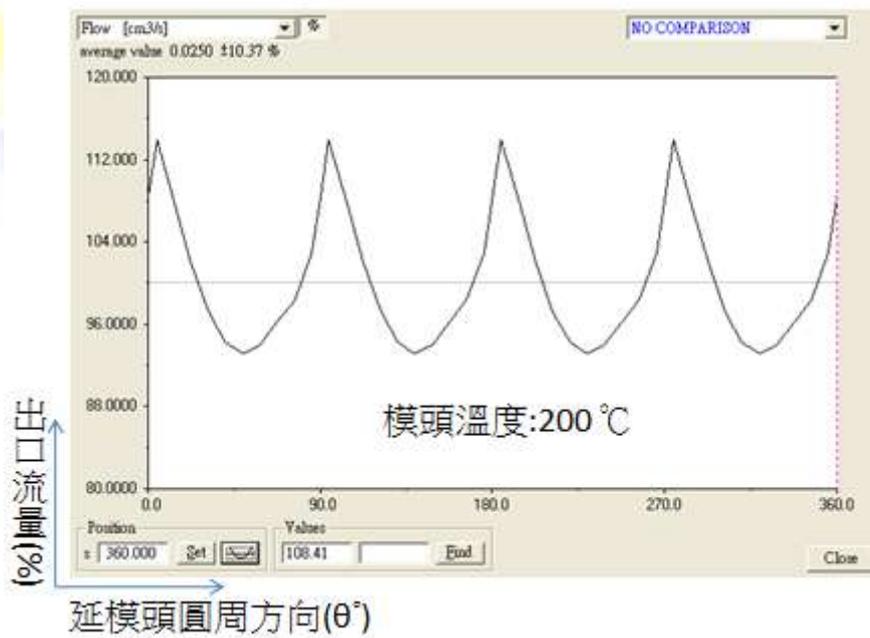


圖 3-25 內層螺旋段流量分佈

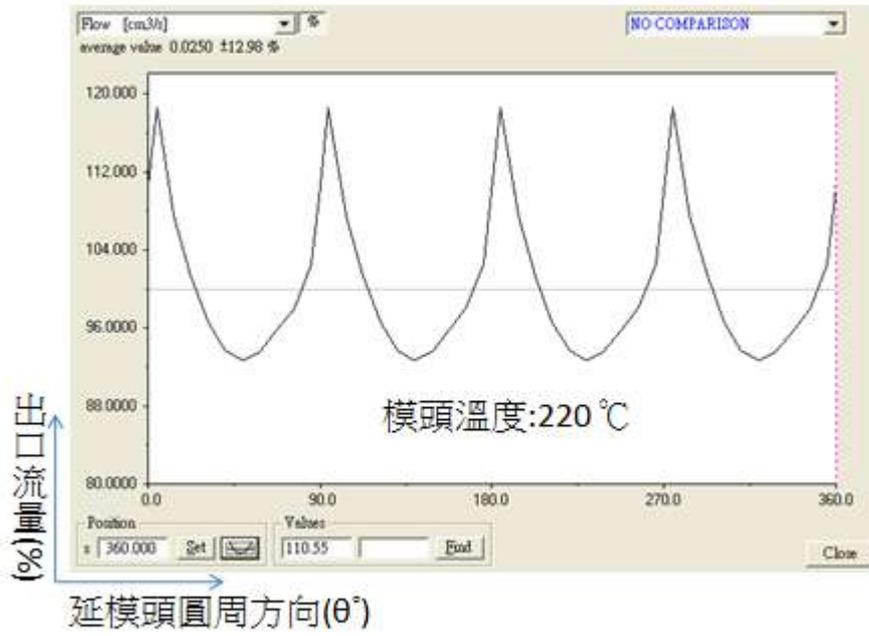


圖 3-26 內層螺旋段流量分佈

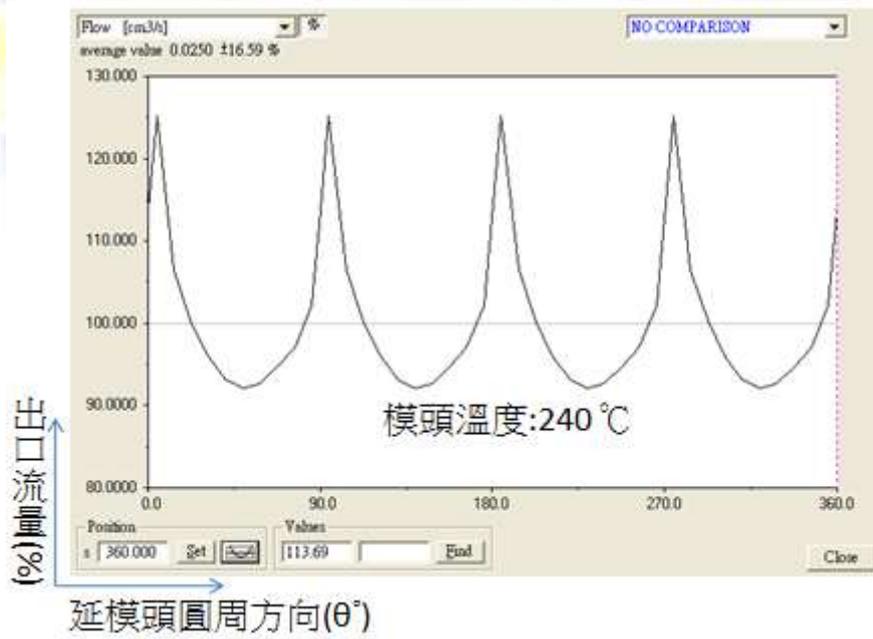


圖 3-27 內層螺旋段流量分佈

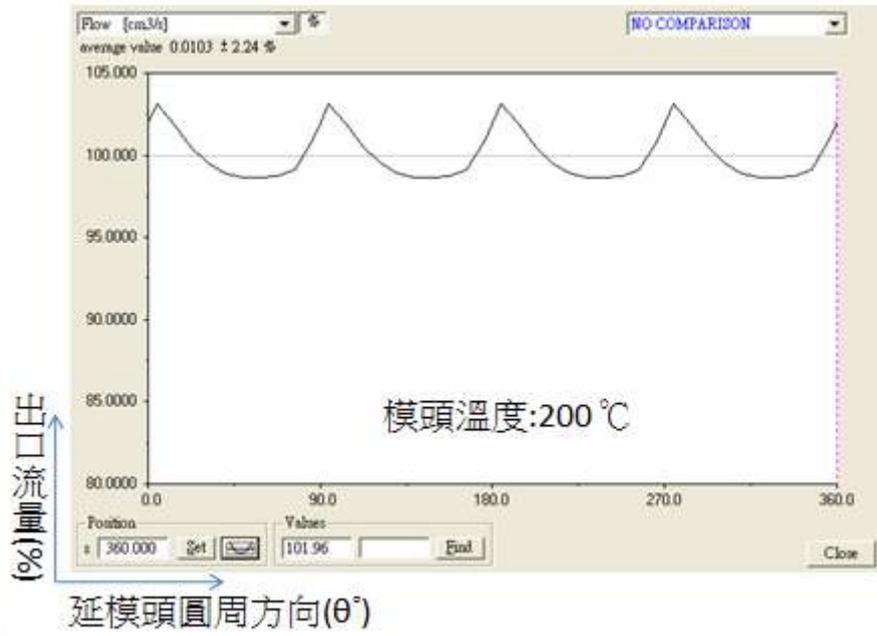


圖 3-28 中間層螺旋段流量分佈

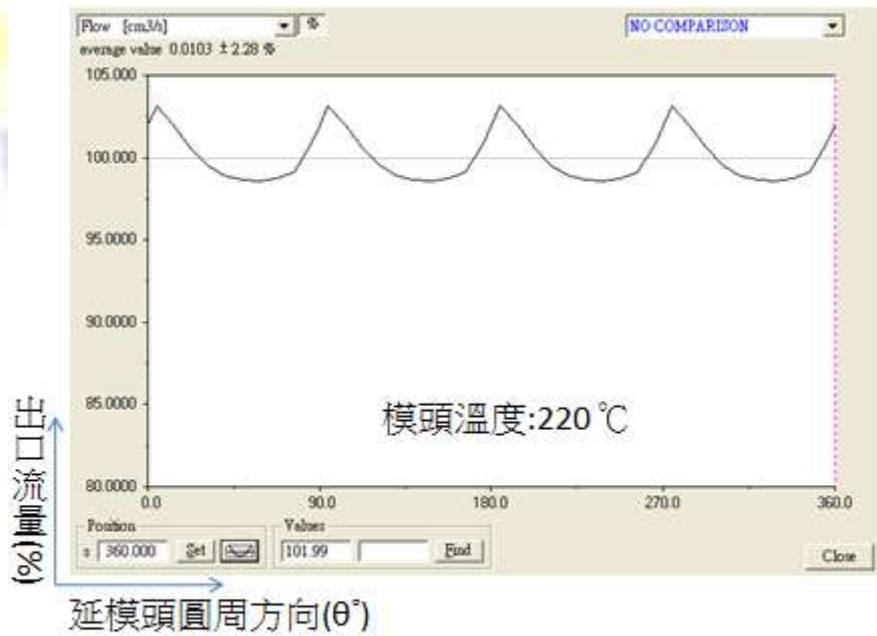


圖 3-29 中間層螺旋段流量分佈

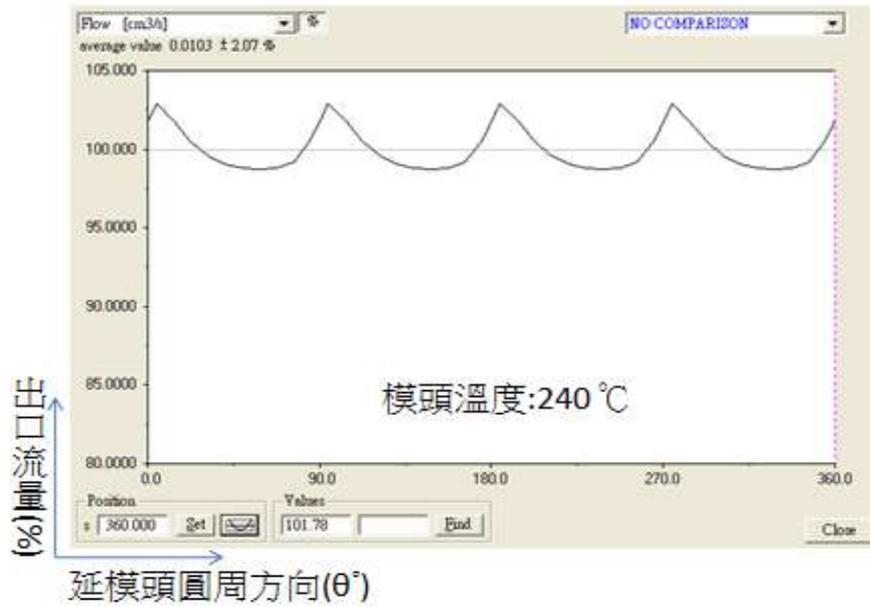


圖 3-30 中間層螺旋段流量分佈

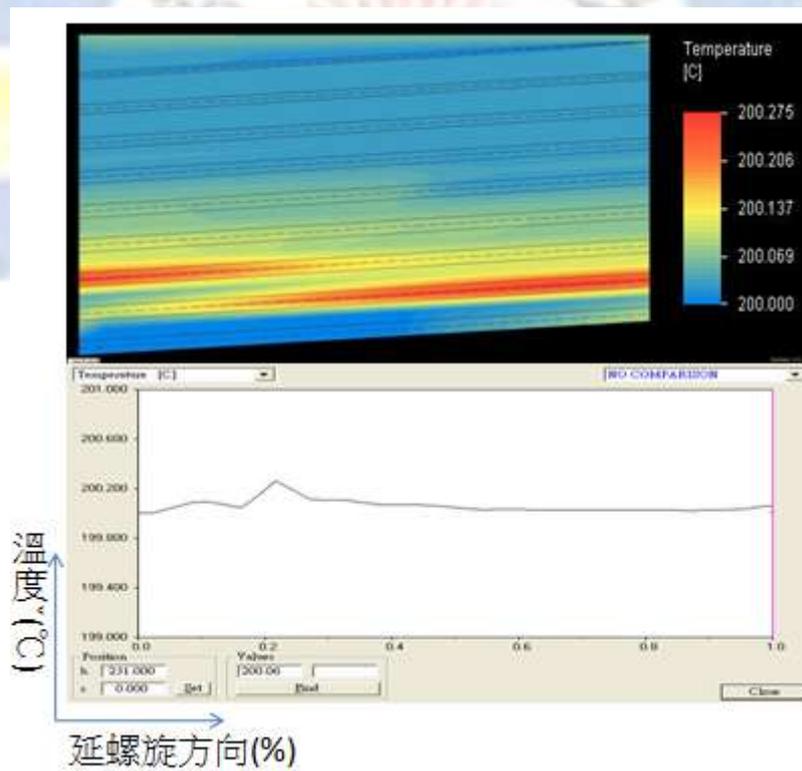


圖 3-31 在模溫 200°C 情況下外層螺旋段溫度分佈

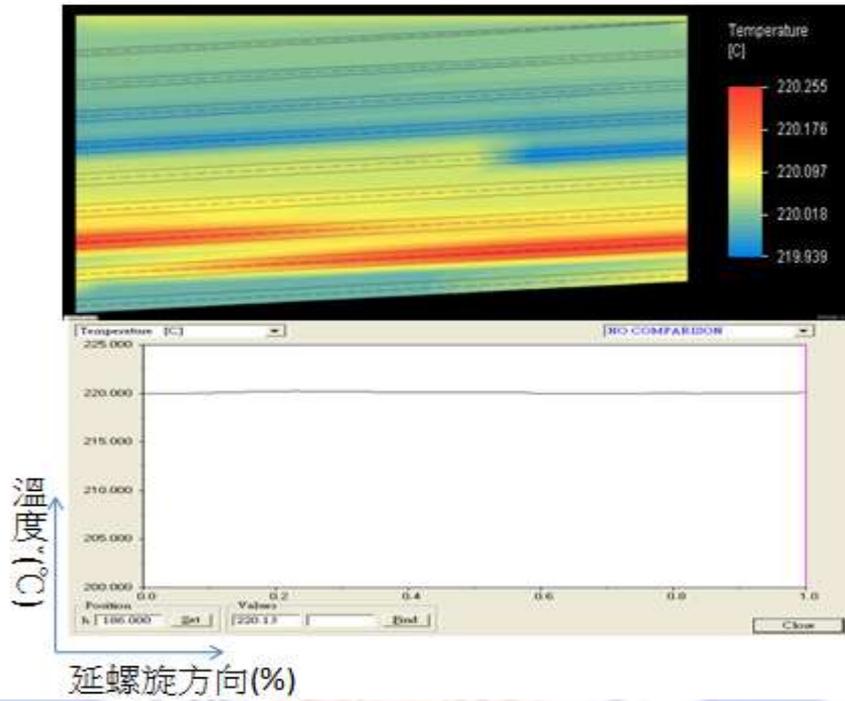


圖 3-32 在模溫 220°C 情況下外層螺旋段溫度分佈

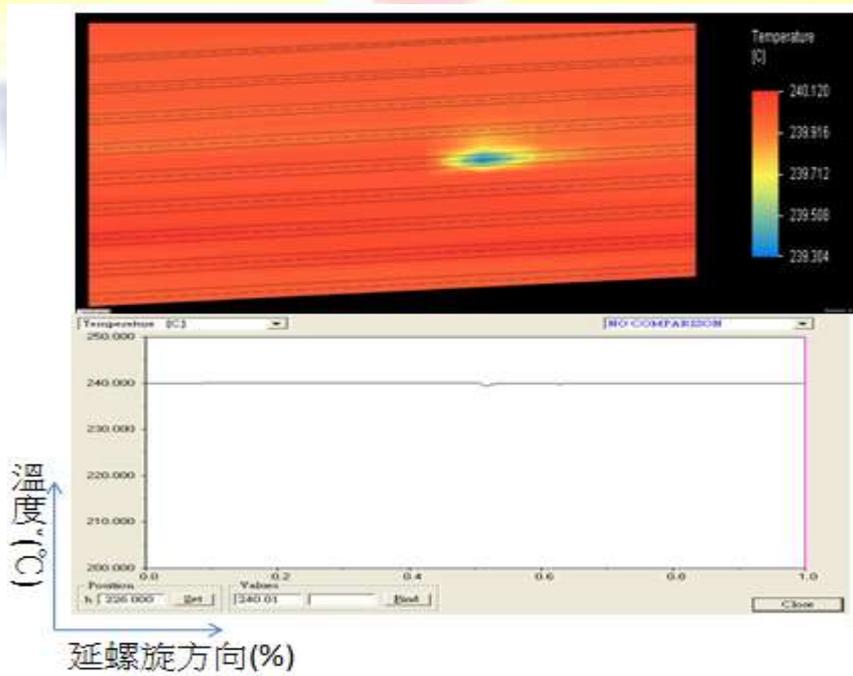


圖 3-33 在模溫 240°C 情況下外層螺旋段溫度分佈

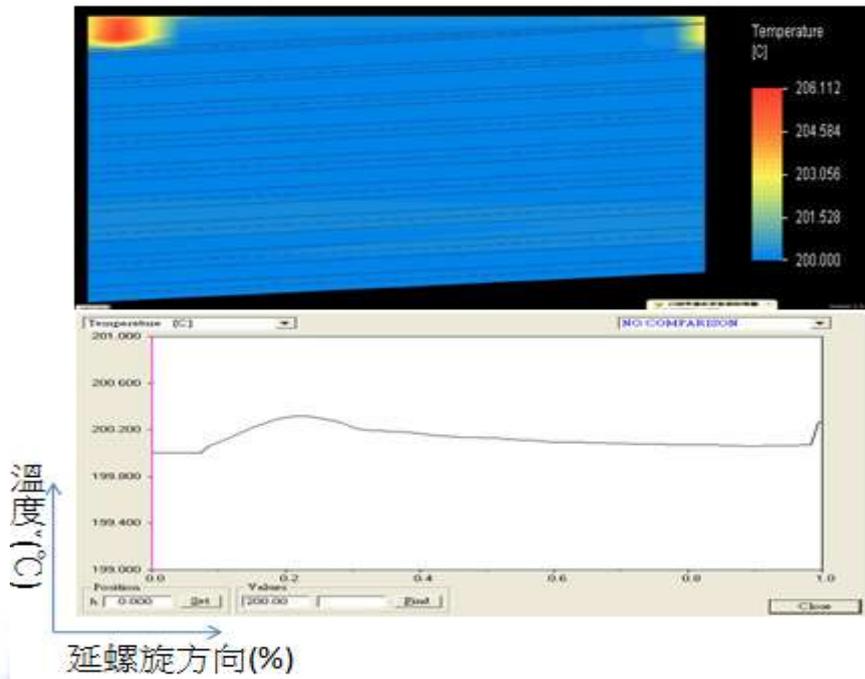


圖 3-34 在模溫 200°C 情況下內層螺旋段溫度分佈

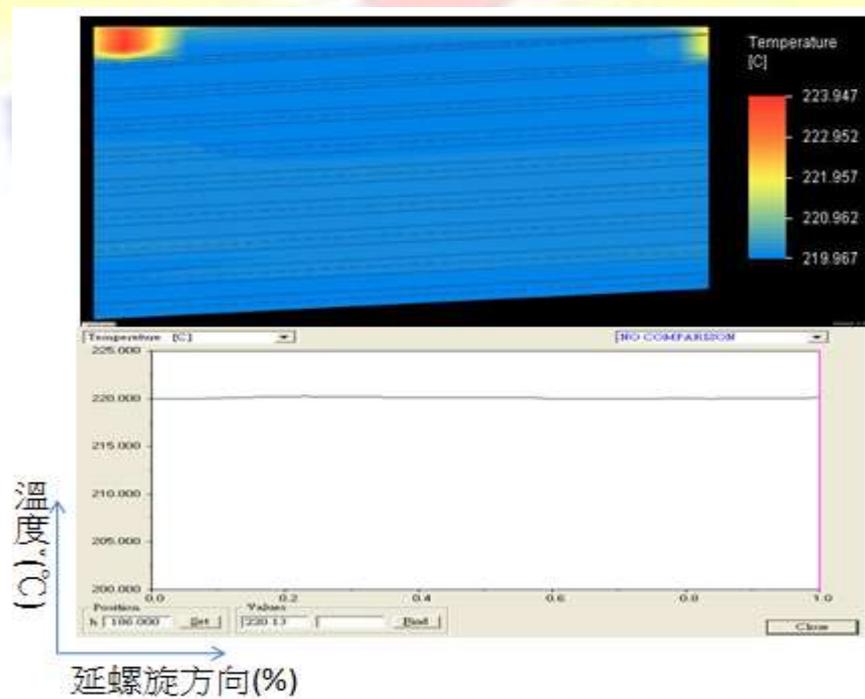


圖 3-35 在模溫 220°C 情況下內層螺旋段溫度分佈

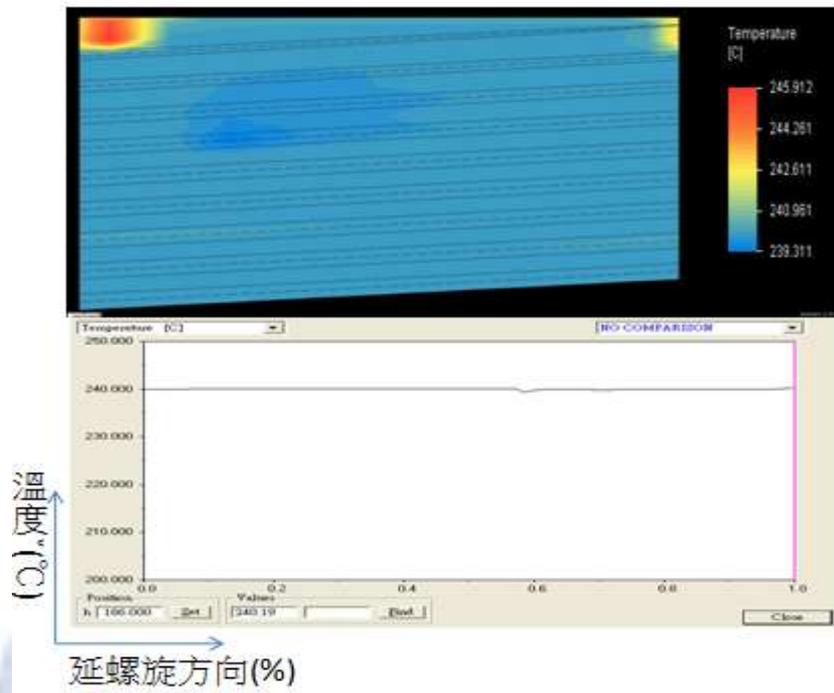


圖 3-36 在模溫 240°C 情況下內層螺旋段溫度分佈

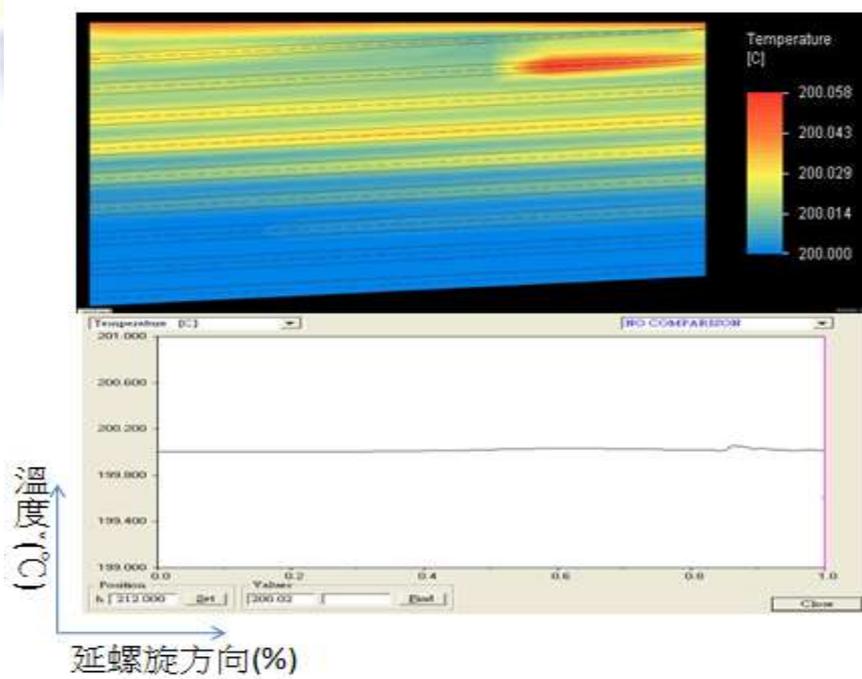


圖 3-37 在模溫 200°C 情況下中間層螺旋段溫度分佈

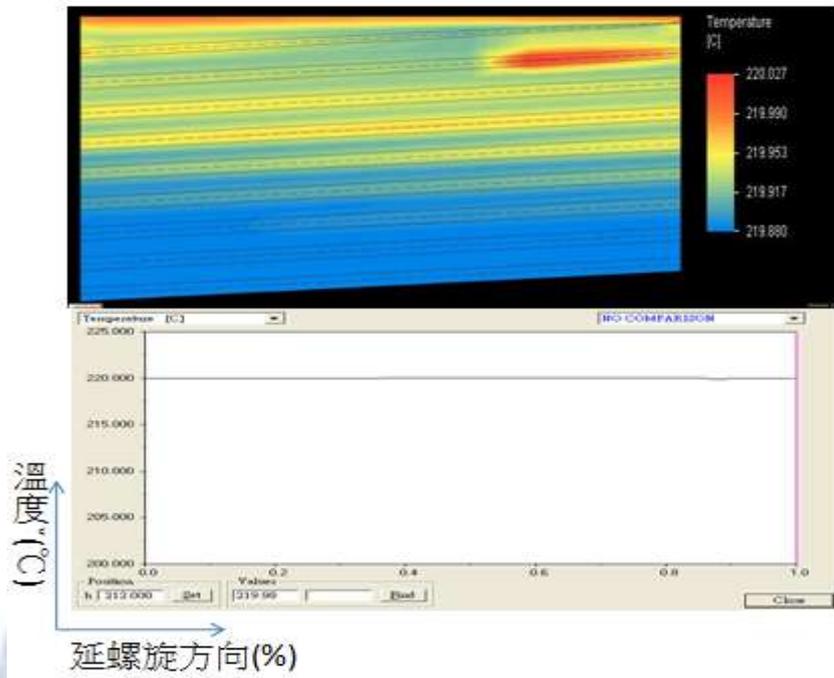


圖 3-38 在模溫 220°C 情況下中間層螺旋段溫度分佈

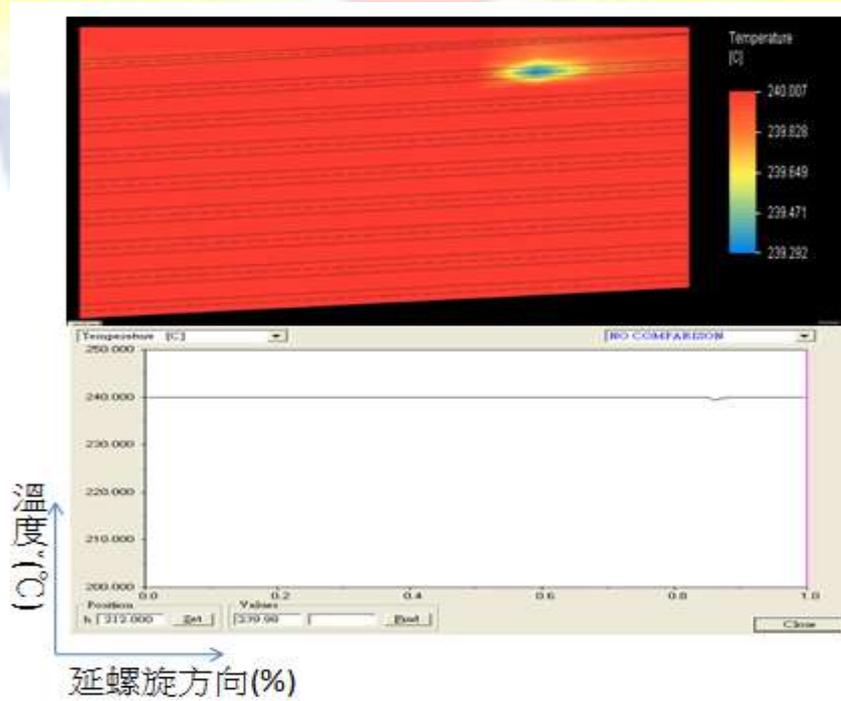


圖 3-39 在模溫 240°C 情況下中間層螺旋段溫度分佈

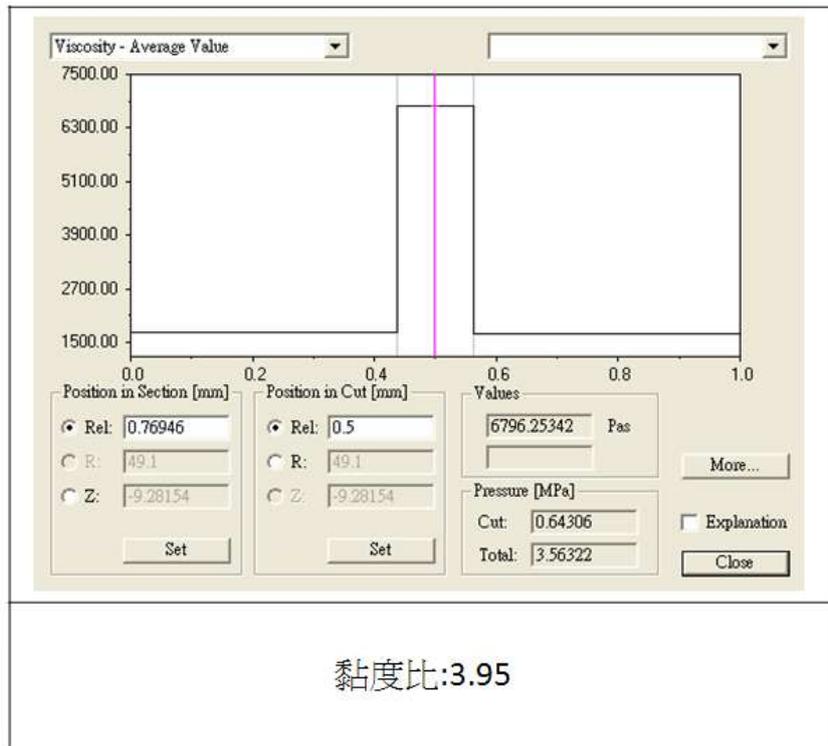


圖 3-40 在模頭溫度 200°C 下對匯流段黏度分佈影響

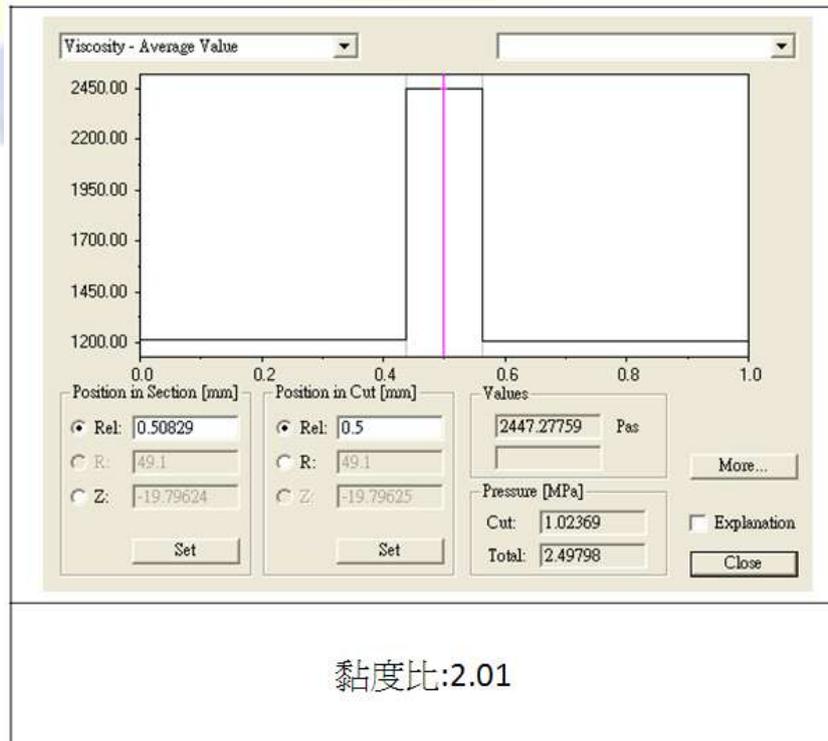


圖 3-41 匯流段在模溫 220°C 材料 F2201 黏度分佈

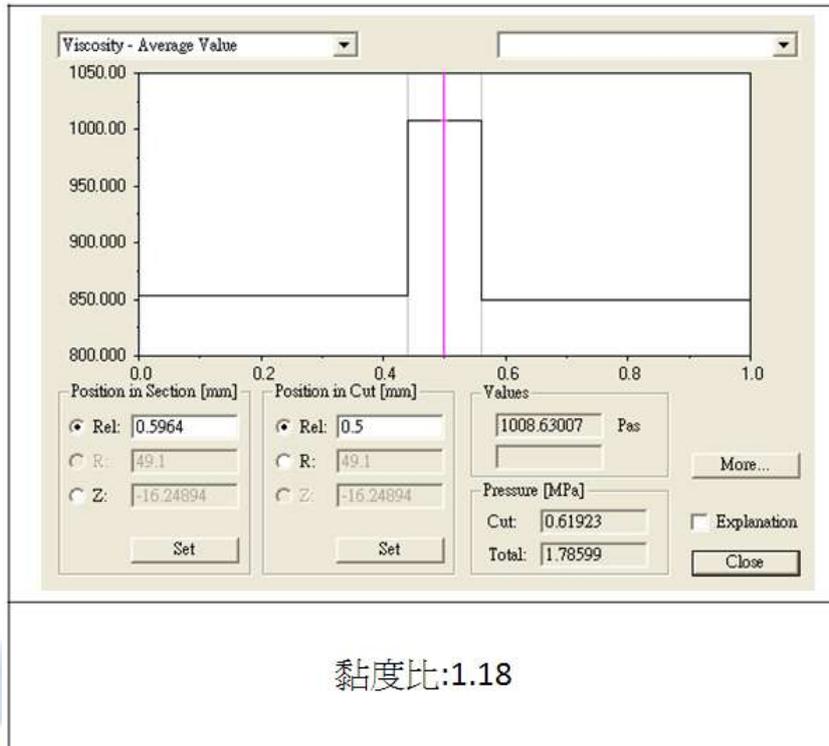


圖 3-42 匯流段在模溫 240°C 材料 F2201 黏度分布

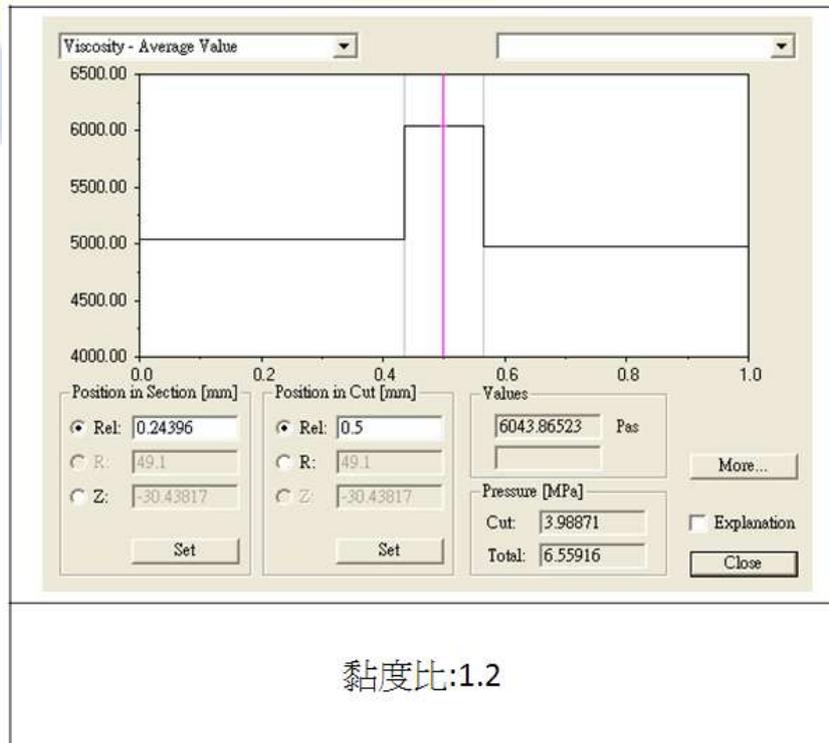


圖 3-43 匯流段在模溫 200°C 材料 H0105 黏度分布

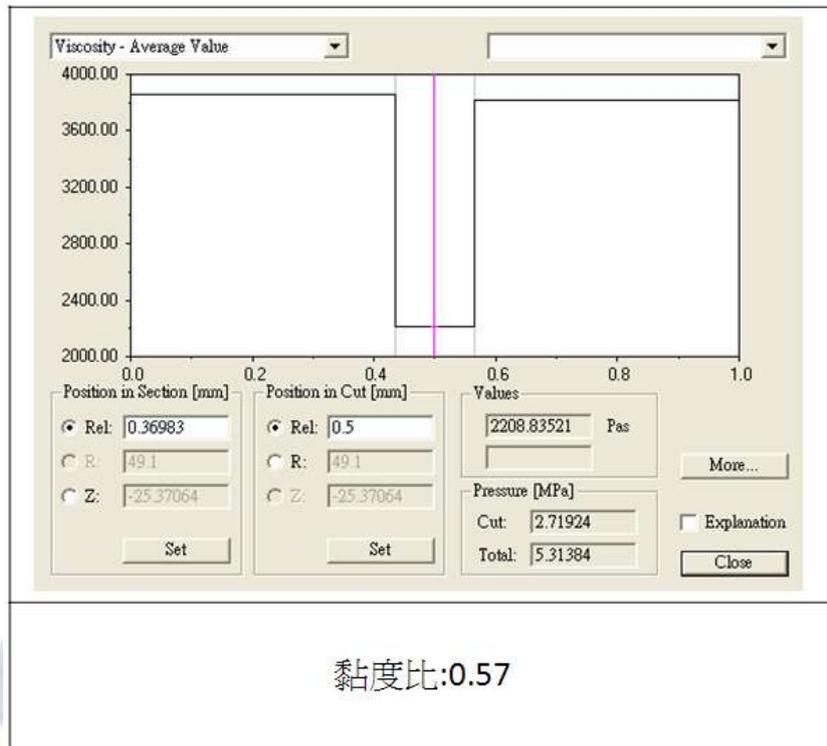


圖 3-44 匯流段在模溫 220°C 材料 H0105 黏度分布

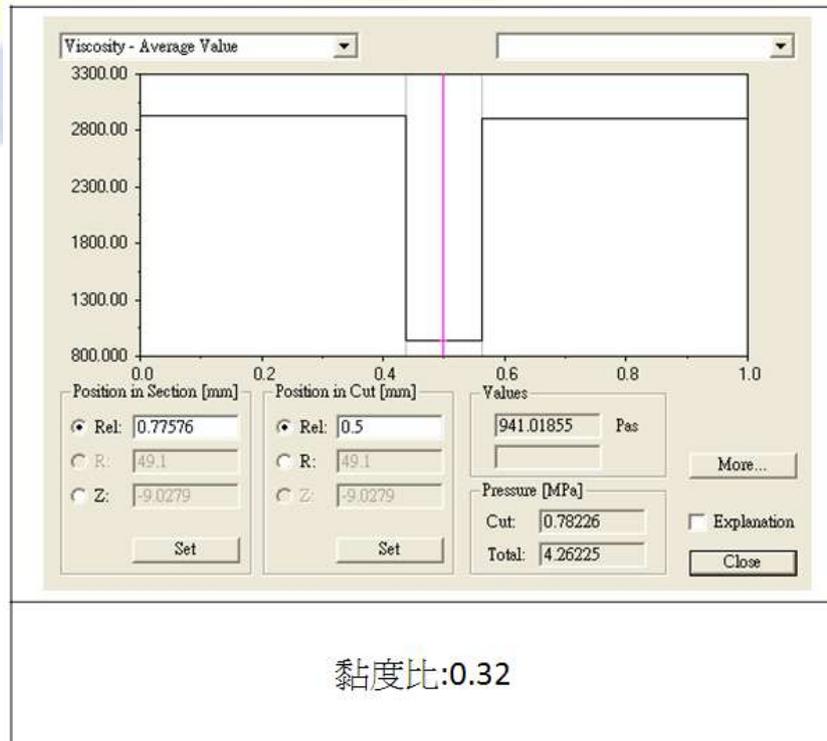


圖 3-45 匯流段在模溫 240°C 材料 H0105 黏度分布

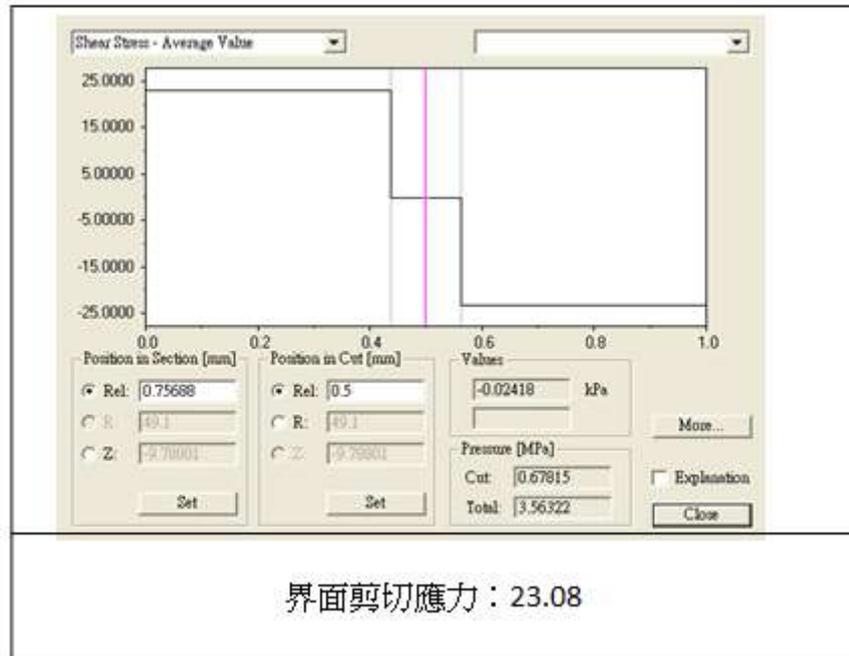


圖 3-46 匯流段在溫度 200°C 材料 F2201 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布

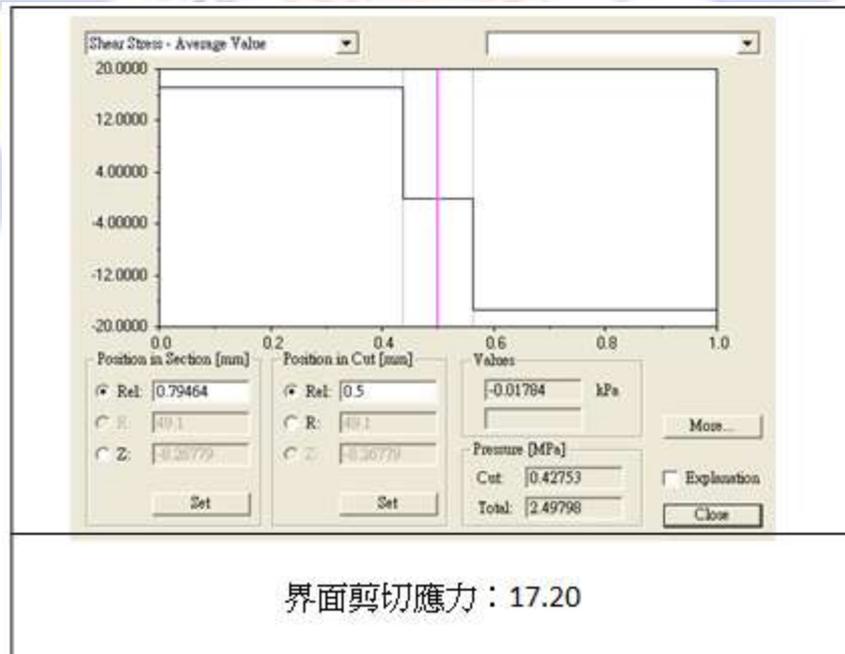


圖 3-47 匯流段在溫度 220°C 材料 F2201 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布

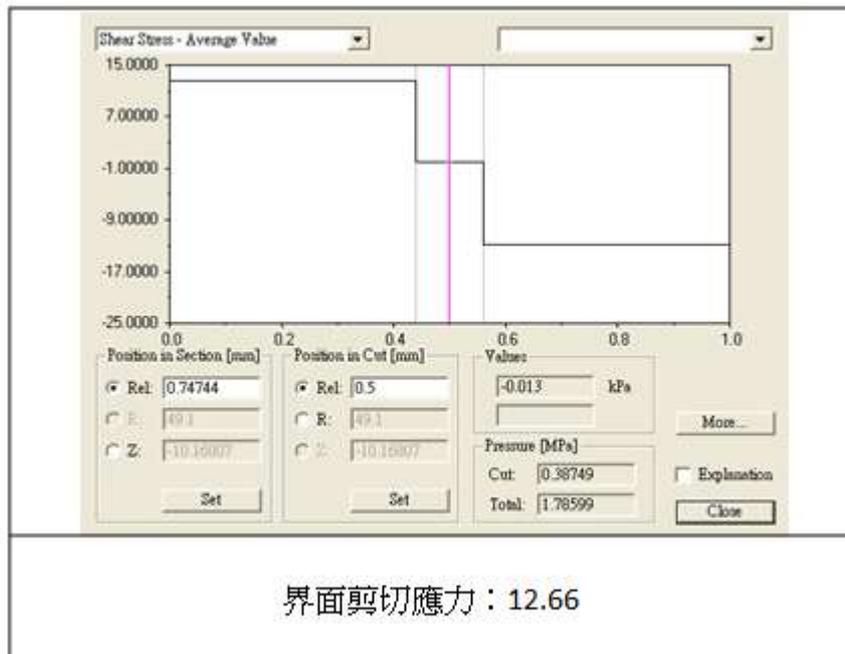


圖 3-48 匯流段在溫度 240°C 材料 F2201 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布

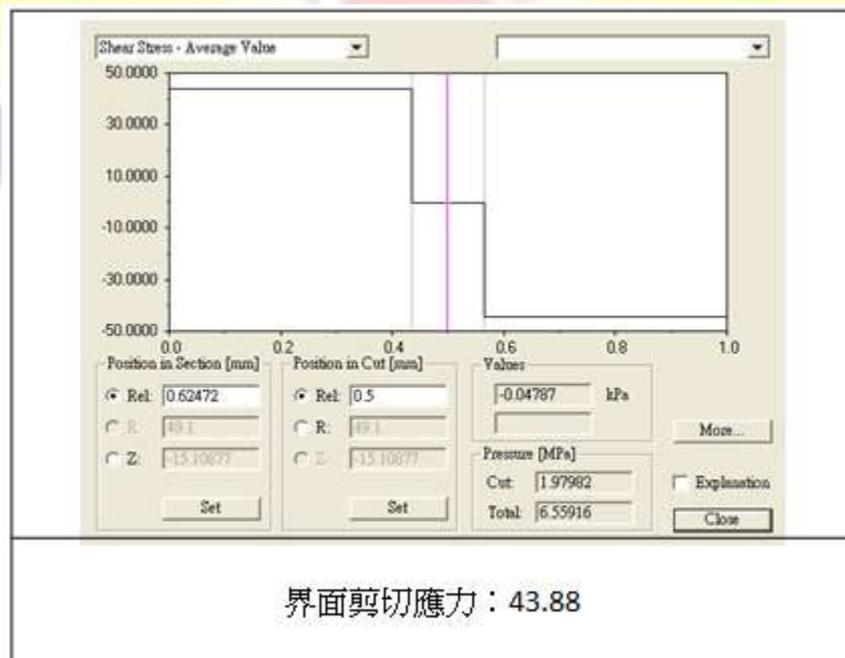


圖 3-49 匯流段在溫度 200°C 材料 H0105 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布

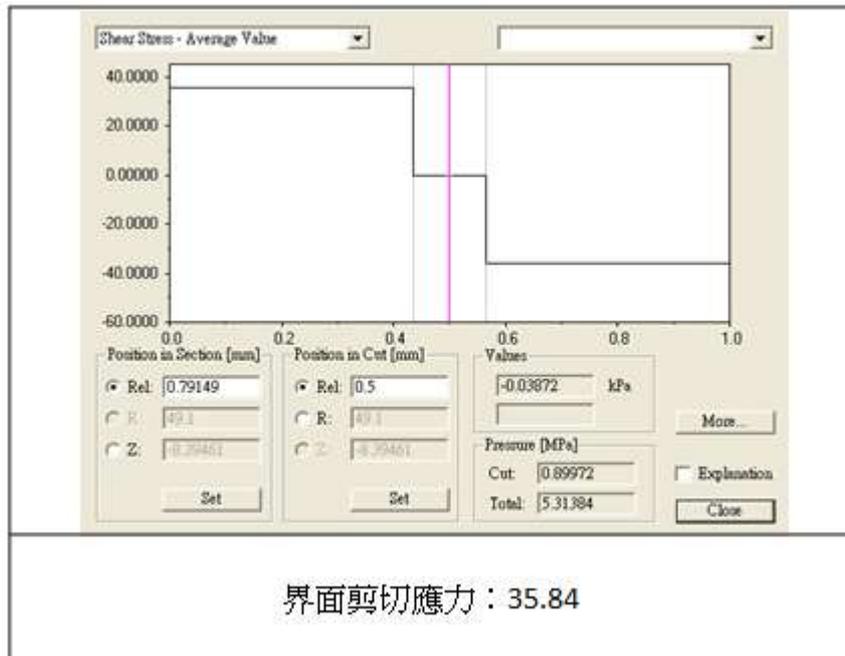


圖 3-50 匯流段在溫度 220°C 材料 H0105 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布

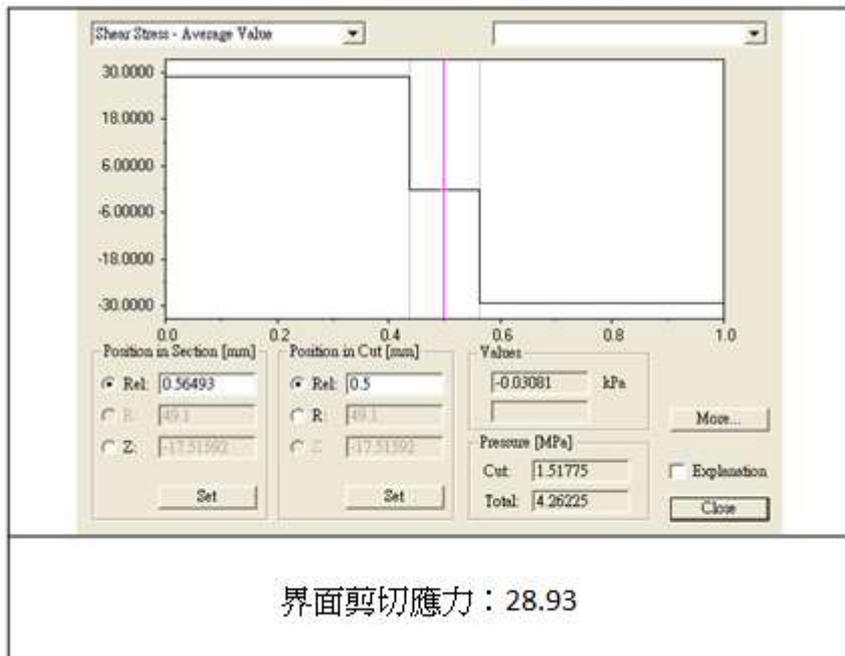


圖 3-51 匯流段在溫度 240°C 材料 H0105 流量(2.7/1.38/2.7)剪切力分布

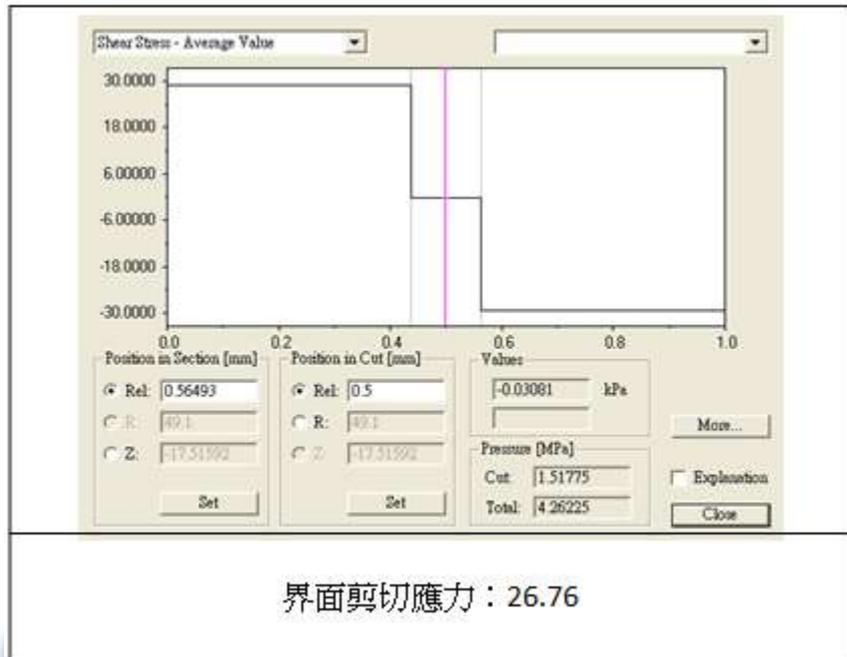


圖 3-52 匯流段在溫度 240°C 材料 H0105 流量(2.3/1.11/2.3)剪切力分布

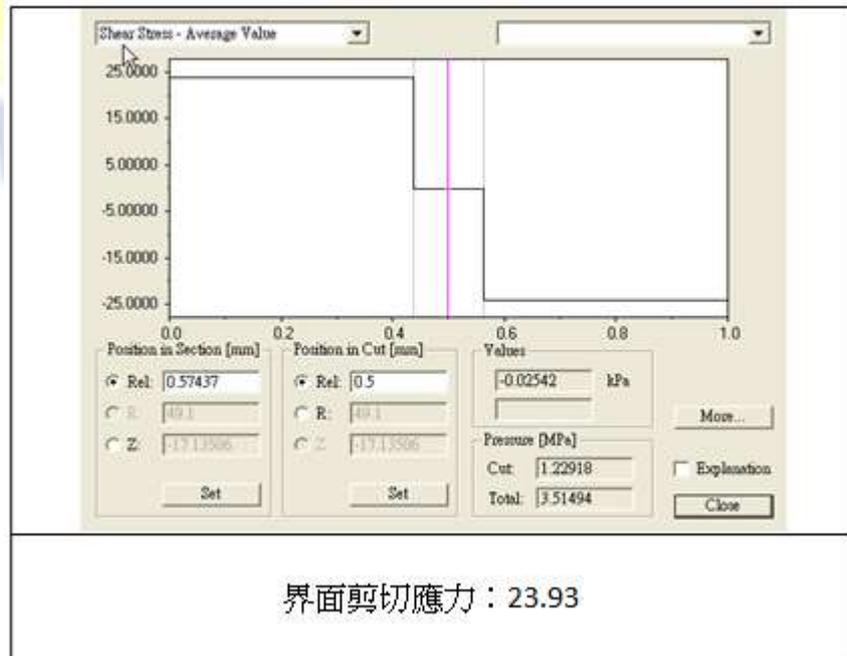


圖 3-53 匯流段在溫度 240°C 材料 H0105 流量(1.8/0.92/1.8)剪切力分布

## 第4章 高阻隔性薄膜實驗

### 4.1. 實驗目的與流程

本研究主要針對共擠押吹膜製程進行高阻氣性薄膜研發，主要探討在共擠製程中影響界面穩定性的原因以及界面穩定性對膜品質的影響。實驗流程如圖4-1所示，首先篩選適當的黏劑(TIE)添加量，個別混煉於LDPE層或EVOH層，再將混合均勻之塑料經由吹膜製程，吹製成雙層結構薄膜，並且利用霧度劑觀察黏著劑與EVOH層或LDPE層混煉後，對其光學性質的影響，在利用ASTM-1876剝離強度試驗法檢測其黏著力。接下來再利用毛細管流變儀進行黏度曲線的建立，主要是在吹膜過程中，利用不同模溫去控制其黏度來與EVOH做配合，針對不同模溫以及押出量下所形成之薄膜利用光學顯微鏡去觀察其界面性質，並探討界面的穩定性對於光學性質以及阻隔性的影響。

### 4.2. 實驗材料與設備

#### 4.2.1. 實驗材料

本研究使用塑料包括 (1)亞聚-聚乙烯LDPE、(M. I. = 0.5 (g/10mins, 190°C, 2.16kg), density (g/cm<sup>3</sup>) =0.923)，(2)長春-乙烯-乙醇共聚物(M. I. = 1.6~2.6 (g/10mins, 190°C, 2.16kg), density (g/cm<sup>3</sup>) =1.17)，黏著劑為PE接枝馬來酸干(型號DuPont-Bynel 41E710)。

#### 4.2.2. 實驗設備

##### 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，押出機規格如表 4-1 所示，經由齒輪幫浦(Gear pump)精密計量，圖 4-3 所示，將材料導入共擠螺旋模頭(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，如圖 4-4 所示。

##### 3. 霧度計

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，如圖 4-5 所示。

##### 4. 水蒸氣穿透儀(Water Vapour Permeability Tester)

主要根據 ASTM E398-03 方法進行檢測，儀器架構由圖 4-6 所示，其檢測方式如下

- (1). 乾燥測量槽至限定值並關閉閥。
- (2). 依樣品的水蒸氣滲透率而增加測量槽中的濕度。

(3).量測一小量，且由兩組限定值之相對濕度的預定增加量所需的時間。

#### 5.氣壓式氣體穿透率測試儀(LyssyManometric Gas Permeability Model L100-5000)

將欲測量之樣品薄膜水平至於測量槽中，在薄膜上方為大氣壓下之氣體，槽體較低部分以真空幫浦抽真空，將真空到底限時，閥即將關閉。薄膜滲透率可讓下方壓力逐漸增加，壓力的變化由真空儀表監控並顯示滲透率的測量，如圖4-7所示。

#### 6.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 D1876 之標準規範進行測試，剝離之試片規格為 寬 25mm、高 241mm、缺口 76mm、如圖 4-8 所示，拉伸速度(Cross-Head speed)為 254mm/min。

### 4.3. 實驗方法

#### 4.3.1. 評估黏著劑添加量與添加方式

高阻隔性薄膜主要使用LDPE做為阻濕層、EVOH做為阻氣層，由於LDPE與EVOH皆為非極性材料，因此需要馬來酸酐做為介質，本文使用五種黏著劑來進行測試，選用一種接著力最佳黏著劑，之後再個別與LDPE和EVOH做混練，製成LDPE+TIE/EVOH或者LDPE/EVOH+TIE雙層膜，在利用ASTM1876 進行剝離試驗，在進行剝離試驗時，薄膜試片需有缺口提供拉伸試驗機夾持，因此本實驗使用熱封方法如圖4-9所示，由於LDPE與EVOH熔點差異甚大(LDPE:108°C、EVOH:180°C)，因此利用其特性，額外使用一LDPE單層膜與LDPE+TIE/EVOH或者LDPE/EVOH+TIE雙層膜進行熱封對接，再藉由拉伸試驗機來進行剝離強度測試，剝離過程如圖4-10所示，在剝離測試過程，在LDPE層塗上色母做為區分，可避免在剝離試驗過程中所檢測到的為額外熱封之LDPE之延伸，如圖4-11所示。

#### 4.3.2. PE、EVOH 及 PE+TIE 黏度曲線建立

利用毛細管流變儀建立黏度曲線(剪切率介於 5~2000 1/sec 之間)，從中可以選

擇剪切率在 5~20(1/sec)時，黏度與 EVOH 較相近的 LDPE 作為共押的組合，黏度相近的塑料在共擠押時較易控制界面的穩定性。而且由溫度對黏度的影響也可決定出適當的加工溫度。

#### 4.3.3. 功能性檢測

在功能性檢測分為光學性質檢測以及阻隔性質檢測、薄膜厚度均勻性檢測，光學性質檢測主要以霧度以及清晰度檢測，清晰度的檢測主要是使用小紙卡利用薄膜做為遮蔽物，觀看紙卡上字體的清晰程度，如圖 3-12 所示。



表 4-1 亞聚低密度乙稀(LDPE)物性表

物性 Physical properties		單位 unit	檢驗方法 (ASTM)	H0105	F2201
特性 characteristics				高抗粘性 High Antiblock	高抗粘性 High Antiblock
熔融指數/Melt Index		g/10min	D1238	0.5	2
密度/Density		g/cm <sup>3</sup>	D1505	0.923	0.923
混濁度/Haze		%	D1003	10	5.0
光澤度 (60°)/Gloss(60°)		%	D523	75	120
抗衝擊強度/ Impact Strength		g/50%Failure	D1709	300	90
摩擦係數/ Coefficient of Friction		-	D1894	<0.55	<0.11
斷裂點抗張強度 (薄膜) Ultimate Tensile (Film)	MD TD	Kg/cm <sup>2</sup>	D882	260 220	240 180
1%伸長彈性係數 (薄膜) 1% Secant Modulus (Film)	MD TD	Kg/cm <sup>2</sup>	D882	2000 2200	1970 2250
伸長率 (薄膜) Elongation (Film)	MD TD	%	D882	330 500	320 540
抗撕裂強度 (薄膜) Tear Strength (Film)	MD TD	Kg/cm	D1922	52 75	90 70
低溫脆裂溫度 Low Temperature Brittleness		°C	D746	<-70	<-70
韋氏軟化點 Vicat Softening Point		°C	D1525	101	97
硬度 Hardness		蕭氏 D	D2240	54	52
熱變溫度(66psi) Heat Deflection Temp.(66psi)		°C	D648	52	49
熔點/Melting Point		°C	APC Method	108	110

表 4-2 乙烯-乙醇共聚物(LDPE)物性表

物性 Physical properties	單位 unit	檢驗方法 (ASTM)	3801-V
熔融指數/Melt Index	g/10min	D1238	1.6~2.6
密度/Density	g/cm <sup>3</sup>	D1505	1.17
Tensile strength(yield)	Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D638	615
Tensile strength(break)	Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D638	495
Tensile modulus	Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D638	3.52E+04
Elongation(yield)	%	ASTM D638	5.85
Elongation(break)	%	ASTM D638	205
Elongation(break)	%	ASTM D638	1052
Bending modulus	Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D790	3.64E+04
Bending modulus	Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D790	1.5
Shore Surface hardness	M	ASTM D2240D	80
熔點/Melting Point	°C	APC Method	175

表 4-3 PE 接枝馬來酸酐物性表

物性 Physical properties	單位 unit	檢驗方法 (ASTM)	3801-V
熔融指數/Melt Index	g/10min	D1238	2.7
密度/Density	g/cm <sup>3</sup>	D1505	0.91
熔點/Melting Point	°C	APC Method	115
Freezing Point	°C	ASTM D3418	98°
Vicat Softening Point	C	ASTM D1525	103°

表 4-4 押出機規格

規格 押出機	螺桿直徑	L/D
A 螺桿 (外層)	42mm	28
B 螺桿 (內層)	42mm	28
C 螺桿 (中間層)	24.8mm	30



圖 4-1 實驗流程



圖 4-2 參層共押吹膜成形機



圖 4-3 齒輪幫浦設備



圖 4-4 毛細管流變儀

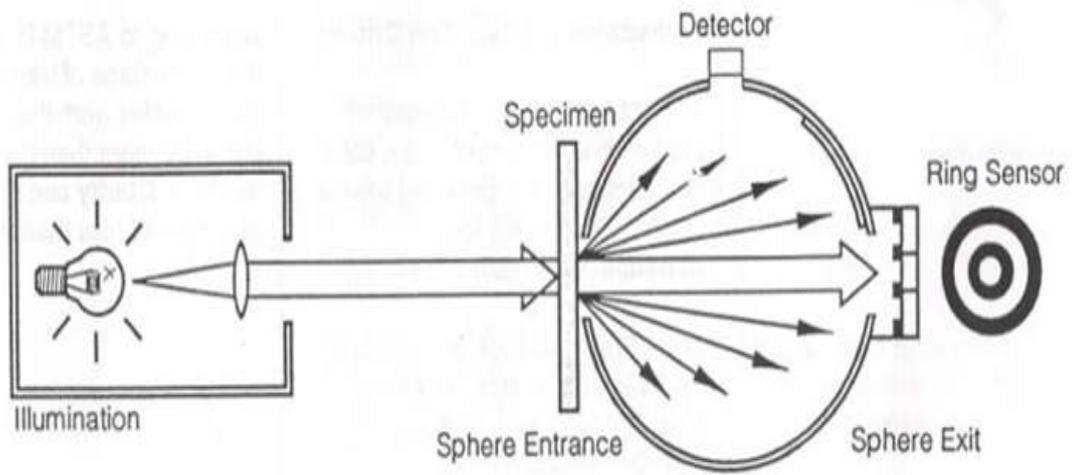


圖 4-5 霧度計

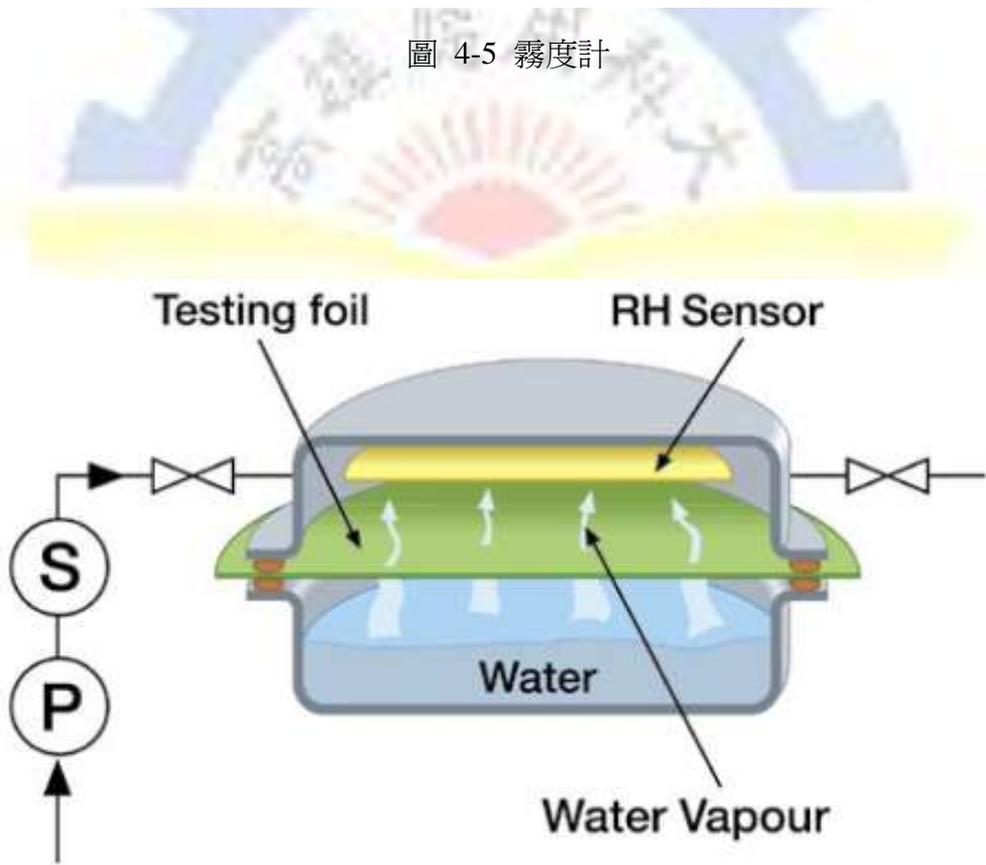


圖 4-6 水蒸氣穿透儀

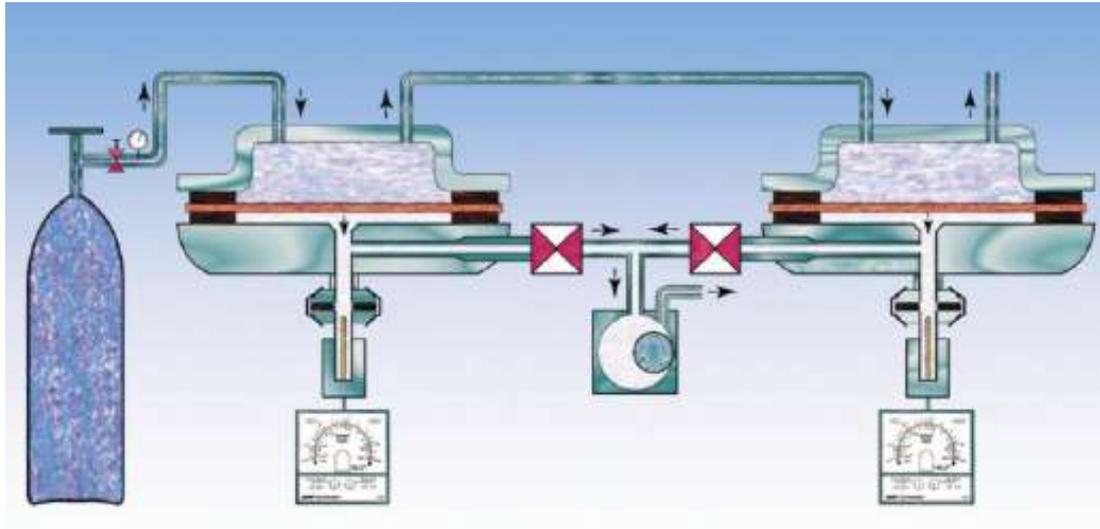


圖 4-7 氣壓式氣體穿透測試儀

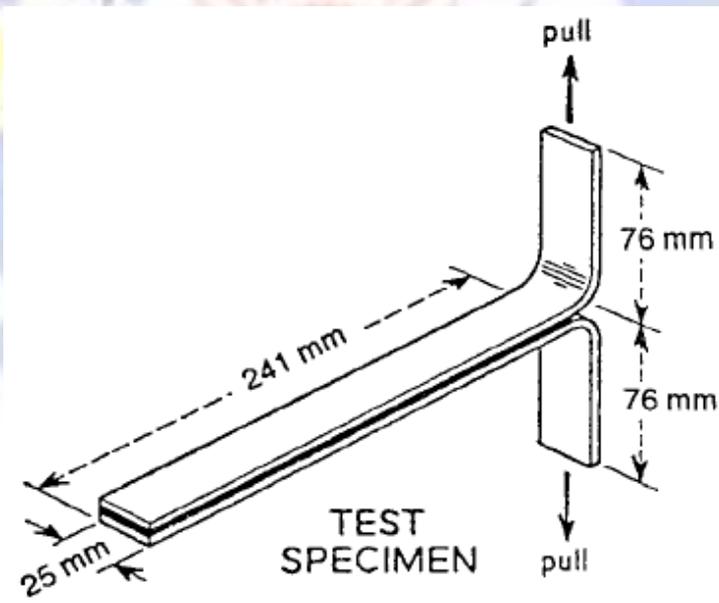


圖 4-8 剝離測試試片尺寸

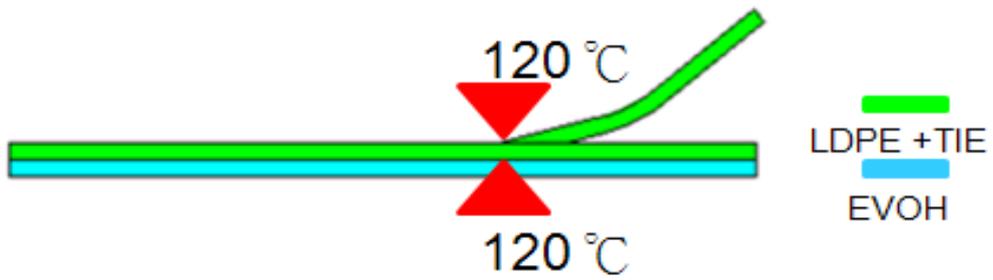


圖 4-9 熱封法

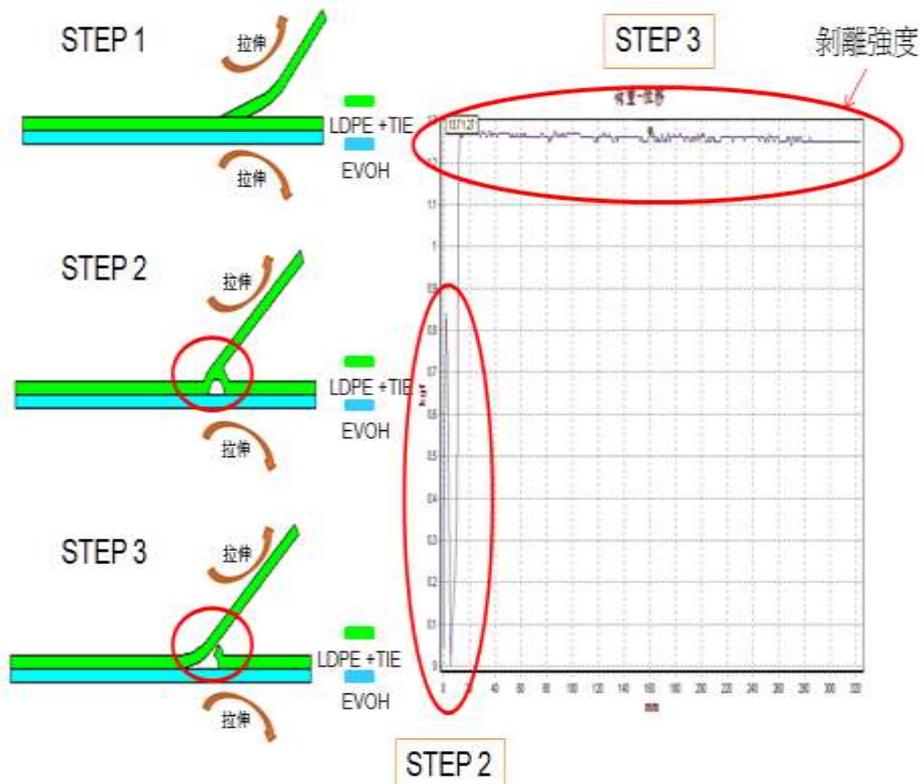


圖 4-10 剝離試驗示意圖

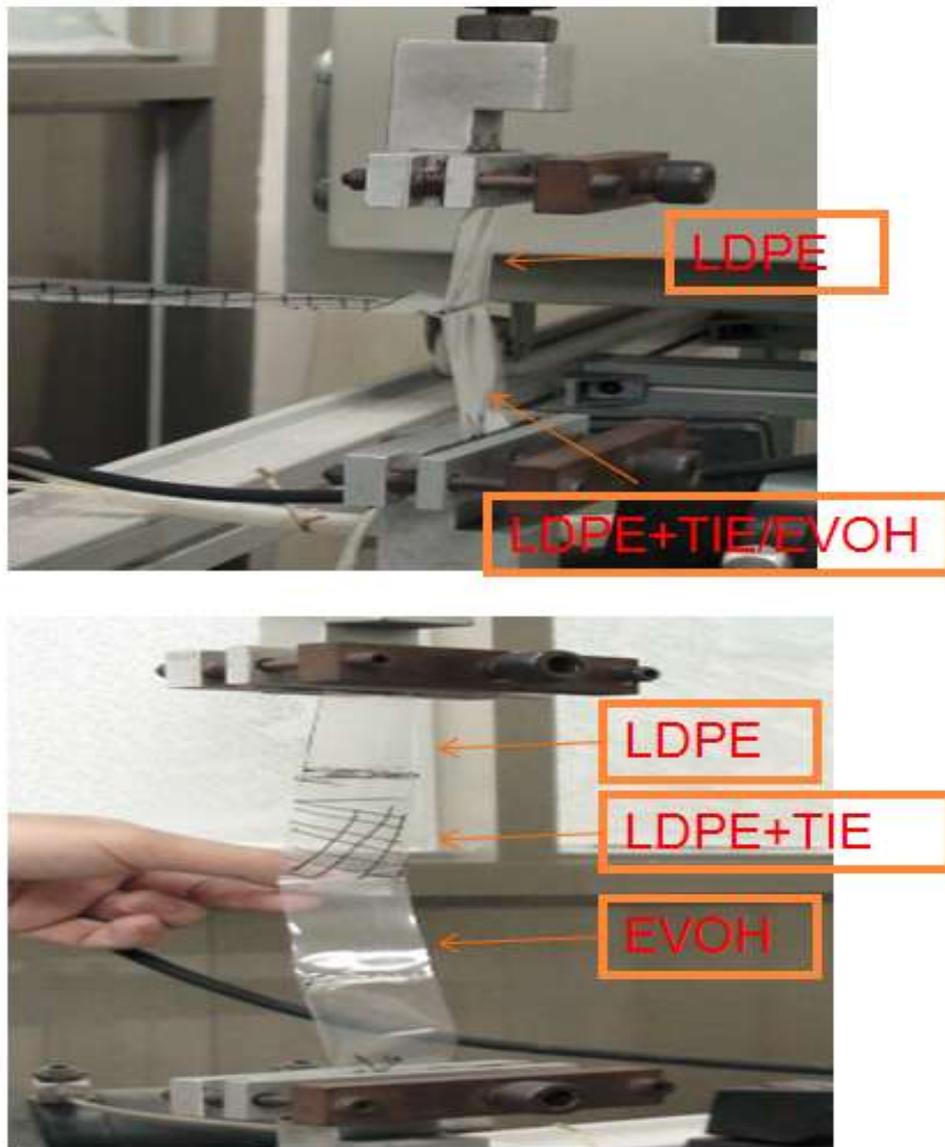


圖 4-11 剝離試驗實驗圖

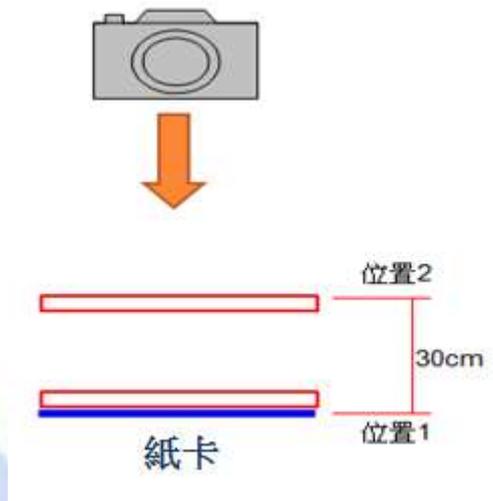


圖 4-12 清晰度檢測

## 第5章 實驗結果與討論

### 5.1. 黏著劑含量以及其添加方式對光學性質之影響

圖5-1、圖5-2為LDPE+TIE/EVOH、LDPE /EVOH+TIE霧度量測結果可看出黏著劑的含量會對EVOH層之光學性質產生劇烈影響，主要是由於黏著劑為PE接枝馬來酸酐，EVOH無法與黏著劑互融，會產生明顯分層，會使光源穿透薄膜產生偏離入光方向情況產生，反之LDPE+TIE隨著黏著劑含量增高其霧度隨著降低，主要是LDPE+TIE中之酸酐基與EVOH之OH基產生反應，貼合程度越佳，代表黏著劑可完全熔於PE相中，因此LDPE+TIE為較適當之組合。

### 5.2. 黏著劑種類及含量對剝離強度影響

表5-1為多種黏著劑置於中間層(LDPE/TIE/EVOH)所測試之剝離強度，由測試結果可知，當不同黏著劑置於中間層，會有完全貼合以及貼合程度不佳兩種情況，影響層與層之間結合強度，主要有兩種因素：(1)由於黏著劑之PE端與外層LDPE分子方向不同，產生立體障礙，立體障礙越大，反應的進行越不容易，因此接合強度不佳。(2)黏著劑主要為PE接枝馬來酸酐，但由於PE端太短，造成黏著劑之PE端無法有效與外層之PE完全接合，因此以Bynel 41E710作為本研究使用之黏著劑。接下來再將黏著劑根據不同含量混煉於LDPE層(LDPE+TIE/EVOH)，再利用熱封方法再外層(LDPE)與另一LDPE對接來進行剝離強度測試，由圖5-3顯示，在黏著劑含量測試方法由圖5-4荷重/位移圖來看，很明顯可看出兩個波峰，主要是由於在剝離試驗前，需用120°C進行熱封，製造缺口，因此第一個波峰是由接合段斷裂

所產生，而第二個波峰才是黏著劑之黏著力測試，如圖5-5顯示，當黏著劑的含量增加到某一程度時，多層膜的剝離強度有著明顯的增加，在黏著劑含量達到15%時，其黏著力大於LDPE之強度，無法進行剝離強度測試，因此就以15%為建議之黏著劑含量。

### 5.3. 界面穩定對成品影響

表5-2為塑料在模具內流動之界面黏度分析結果以及其界面性質，由表5-2可看出不同黏度LDPE置於外層之差異，利用高黏度之EVOH介於較低黏度之LDPE (F2201)搭配，由界面性質可見，F2201隨著模溫升高，其黏度越接近，但界面性質卻無好轉，反而有波浪狀情況產生，主要是材料黏度低造成該流體融體強度相對較低，導致在模頭內受到另一黏度較高之融體衝擊造成不穩定。反之利用高黏度之EVOH在高黏度之LDPE(H0105)在界面穩定情況較佳，無論在何種黏度比的情況下，當界面出現不平整之波浪狀，會導致薄膜之清晰度受到影響，由圖5-6顯示，利用LDPE(H0105)/EVOH/LDPE(H0105)與LDPE(F2201)/EVOH/LDPE(F2201)兩種薄膜來進行檢測，當兩種薄膜與紙卡重疊時，紙卡上字體清晰可見，當兩種薄膜距離紙卡30cm時，LDPE(F2201)/EVOH/LDPE(F2201)薄膜會開始產生模糊字體不清晰，主要原因是當一光束穿透薄膜由於界面不平整關係導致偏離入光方向而產生清晰度降低情況，表5-3為各熔膠組配在不同模頭溫度以及押出量之變化下對界面剪切應力影響，由圖5-7可知界面剪切應力對於產品霧度影響。但由圖5-8與圖5-9表面性質來看，在LDPE(F2201)/EVOH/LDPE(F2201)表面性質中有缺陷的情況產生，產品表面具有粗糙情況，破壞表面美觀，主要是高分子在模具滑動中失去黏著性而產生一種滑動或是跳躍式的移動現象所導致，且LDPE F2201層黏度較EVOH層

低，進而造成界面不平整之波浪狀，而導致膜厚不均勻。並且膜的均勻性也受影響，圖5-10為薄膜厚度分佈，表5-4為薄膜均勻度。

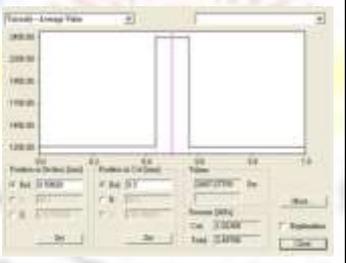
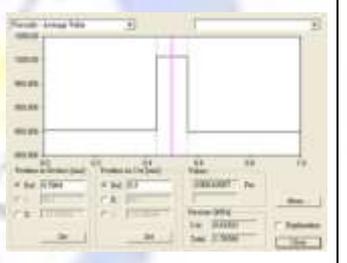
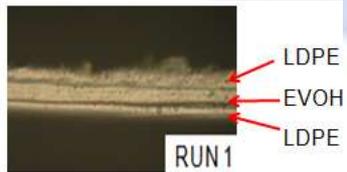
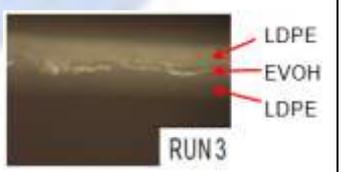
在三層共擠押中，多層膜的製品，光學性質的穩定取決於層與層之間的界面，圖5-11為LDPE+TIE/EVOH/LDPE+TIE三層膜之霧度檢測，界面不穩定，會使得層與層之間界面呈現波浪狀態，會使光偏離入射光的方向，將會對薄膜霧度、清晰度造成影響。

在阻隔性質方面，由表5-5阻隔性質可見，由於薄膜結構組態基本上還是以LDPE+TIE/EVOH/LDPE+TIE為主，因此界面不穩定對於水氣阻隔無明顯之影響，但在氧氣阻隔方面，由顯微鏡觀看其界面性質所量測出中間層厚度，在外層為低黏度之LDPE (F2201)與EVOH層之界面呈現波浪狀產生分佈不均，厚度介於 $25\mu\text{m}$ ~ $10\mu\text{m}$ 之間，因其厚度分佈不均，會導致阻隔性質產生不一致情況，當EVOH厚度分佈較厚則會有較高氧氣阻隔性，反之厚度較薄則氧氣阻隔性質較差。反之高黏度之LDPE (H0105)與EVOH之界面穩定較平整，因此厚度比較一致，氧氣阻隔性質較穩定。

表 5-1 各種黏著劑之剝離強度

	剝離強度(Kgf)	結合強度
degussa 935 X35	0.469	不佳
degussa 955	0.431	不佳
41E710	✕	無法剝離
50E806	0.048	不佳
CA100	0.18	不佳

表 5-2 熔膠在匯流段黏度分析界面黏度比

※ 材料：F2201、押出量(2.7/1.38/2.7)		
模溫 200°C	模溫 220°C	模溫 240°C
		
界面黏度比：3.95	界面黏度比：2.01	界面黏度比：1.18
		
※ 材料：H0105、押出量(2.7/1.38/2.7)		
模溫 200°C	模溫 220°C	模溫 240°C

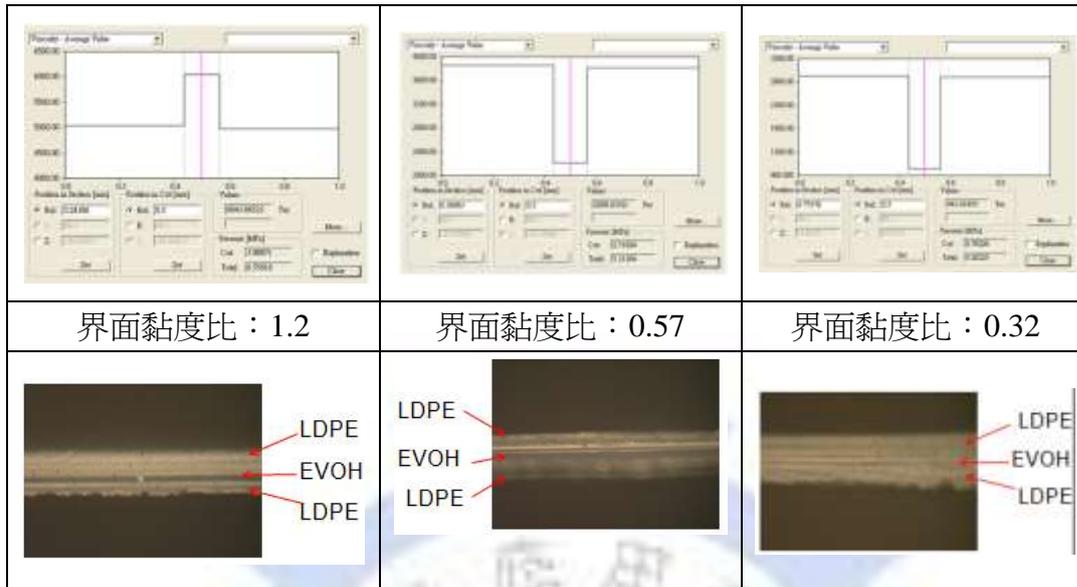


表 5-3 各熔膠組配在不同模頭溫度以及押出量之變化下對剪切應力影響

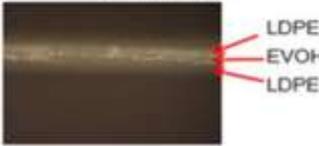
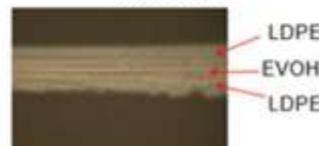
材料/模頭溫度/流量	界面剪切應力 (Kpa)	霧度(%)
F2201/200°C 2.7/1.38/2.7	23	25.16
F2201/220°C 2.7/1.38/2.7	17.2	23.95
F2201/240°C 2.7/1.38/2.7	12.6	26.47
H0105/200°C 2.7/1.38/2.7	43.88	18.55
H0105/220°C 2.7/1.38/2.7	35.10	17.7
H0105/240°C 2.7/1.38/2.7	28.93	16.09
H0105/240°C 2.3/1.1	26.78	15.5

5/2.3		
H0105/240°C 1.8/0.9 2/1.8	23.93	15.2

表 5-4 薄膜均勻性比較

熔膠組態	均勻度
LDPE(H0105)/EVOH/LDPE(H0105)	4.440362709
LDPE(F2201)/EVOH/LDPE(F2201)	17.41453447

表 5-5 界面不穩定對於阻隔性質影響

材料/模頭溫度	阻水 g/m <sup>2</sup> .day	阻氧 ml/m <sup>2</sup> .day
F2201/240°C 	2.48	1.92
	2.26	3.93
	1.35	4.32
H0105/240°C 	2.48	2.58
	2.43	2.74
	2.9	3.09

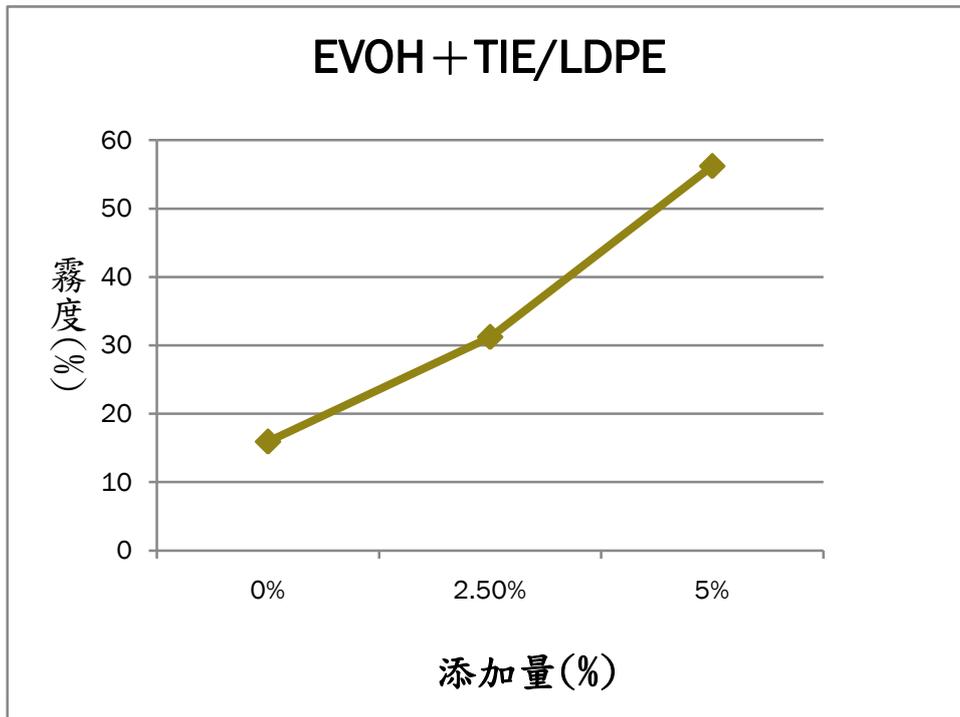


圖 5-1 黏著劑添加量對霧度影響

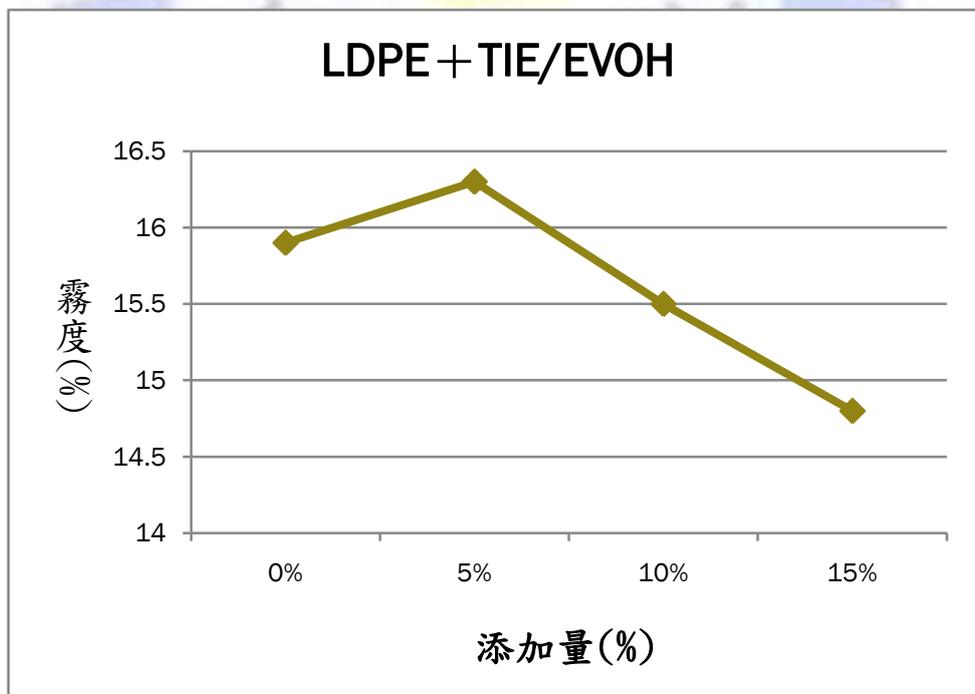


圖 5-2 黏著劑添加量對霧度影響

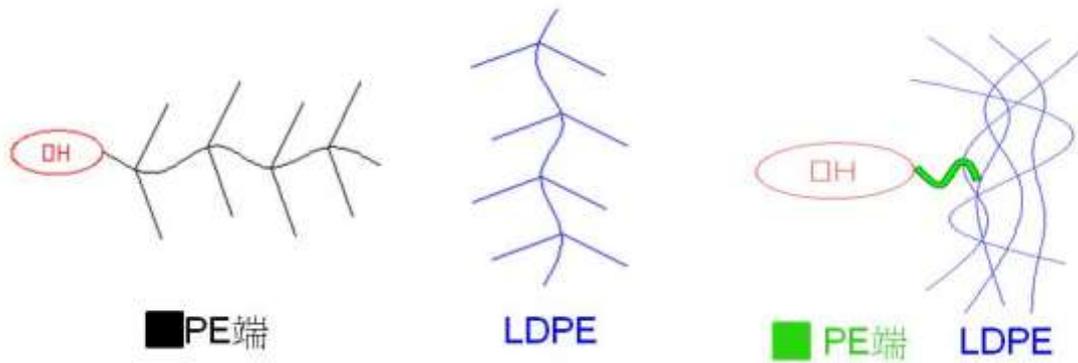


圖 5-3 影響黏著劑貼合之因素

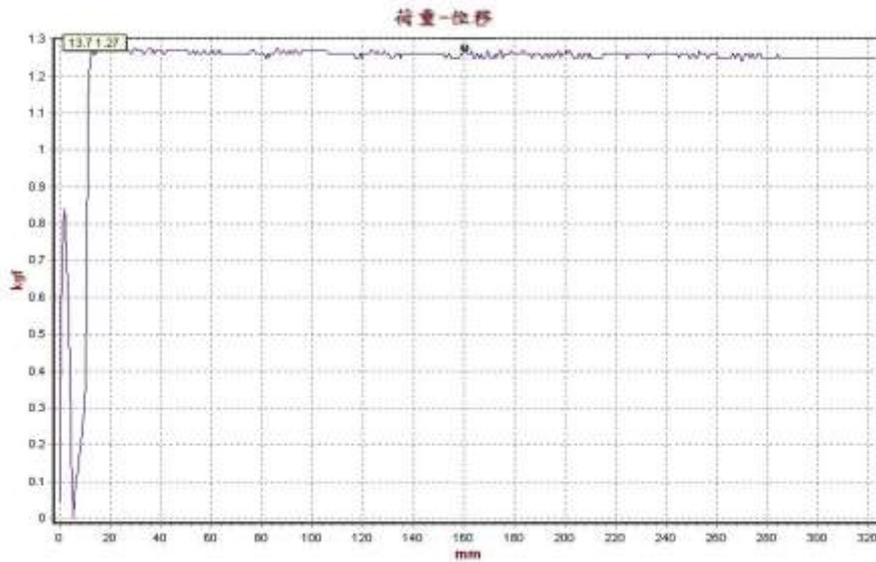


圖 5-4 剝離強度測試

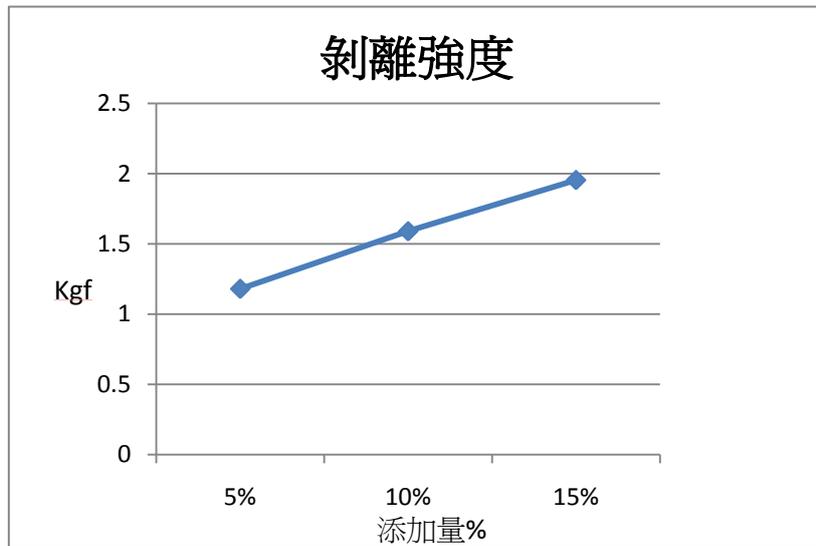
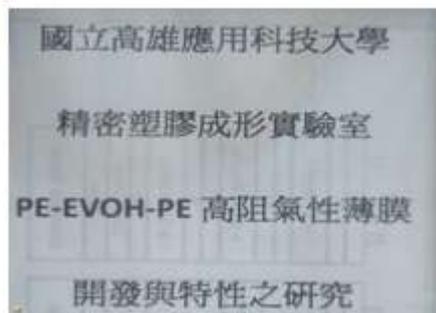
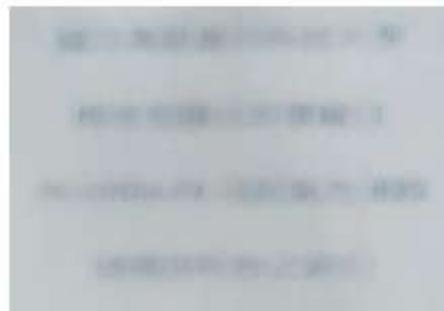


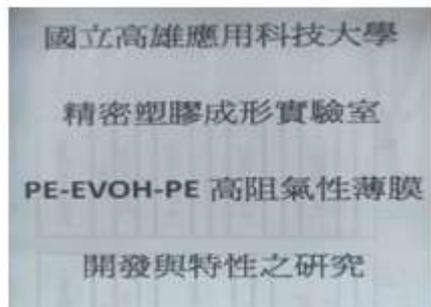
圖 5-5 黏著劑含量對剝離強度影響



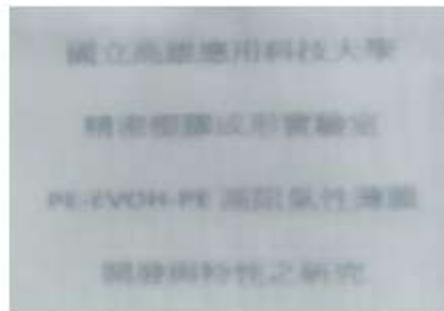
F2201 模溫240°C (位置1)



F2201 模溫240°C (位置2)



H0105 模溫240°C (位置1)



H0105 模溫240°C (位置2)

圖 5-6 界面穩定對清晰度影響

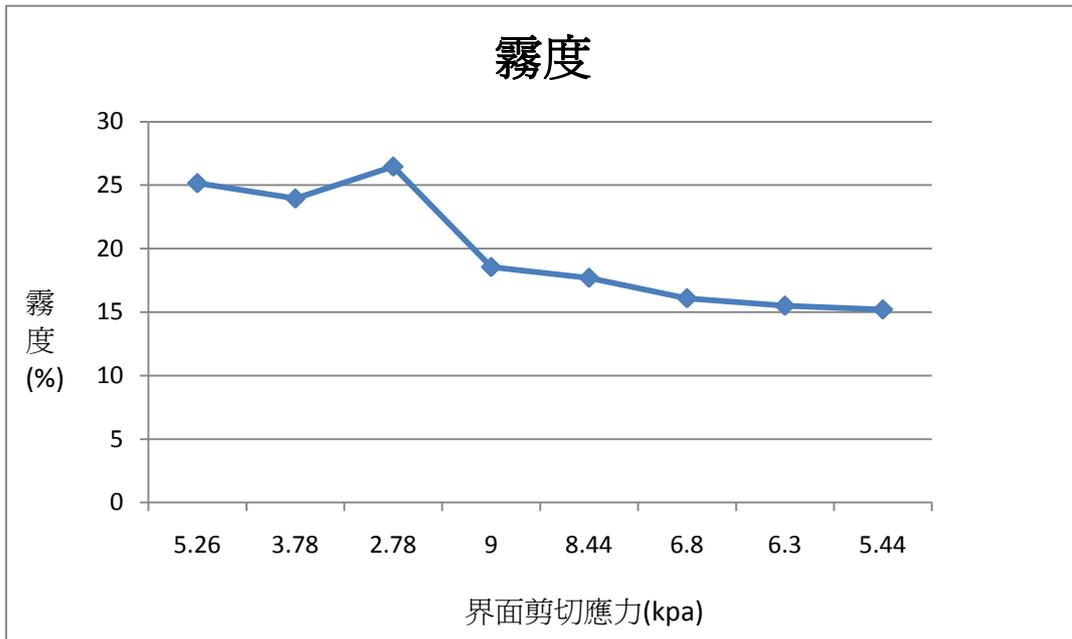
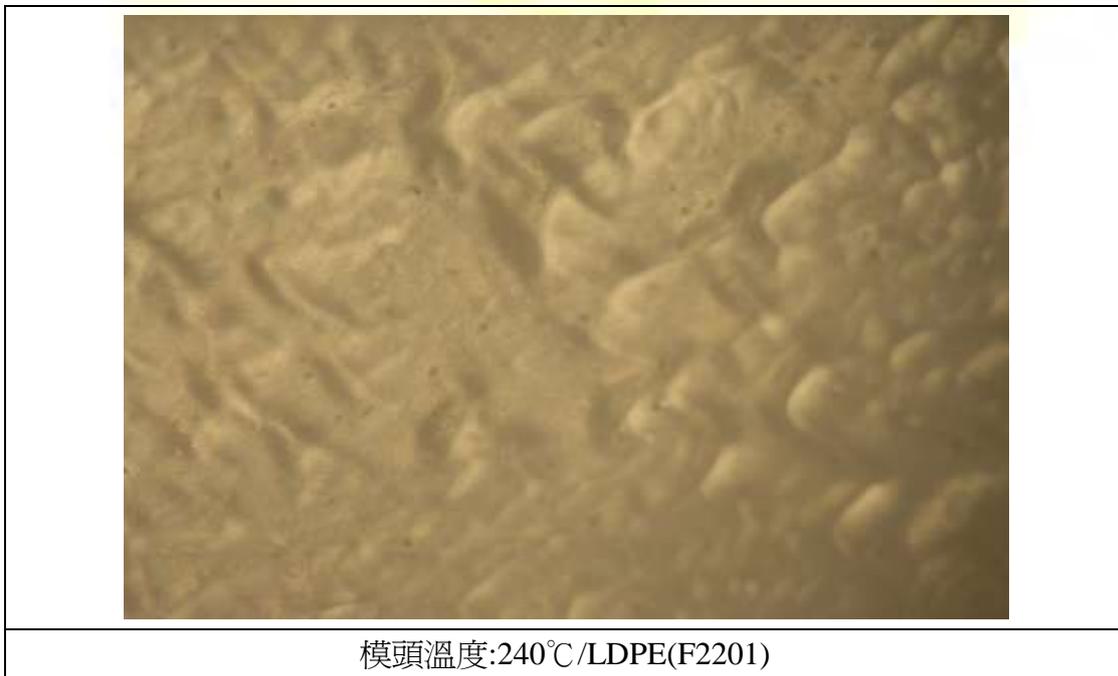


圖 5-7 剪切應力對霧度影響



模頭溫度:240°C/LDPE(F2201)

圖 5-8 F2201 模溫 240°C 表面性質



圖 5-9 H0105 模溫 240°C 表面性質

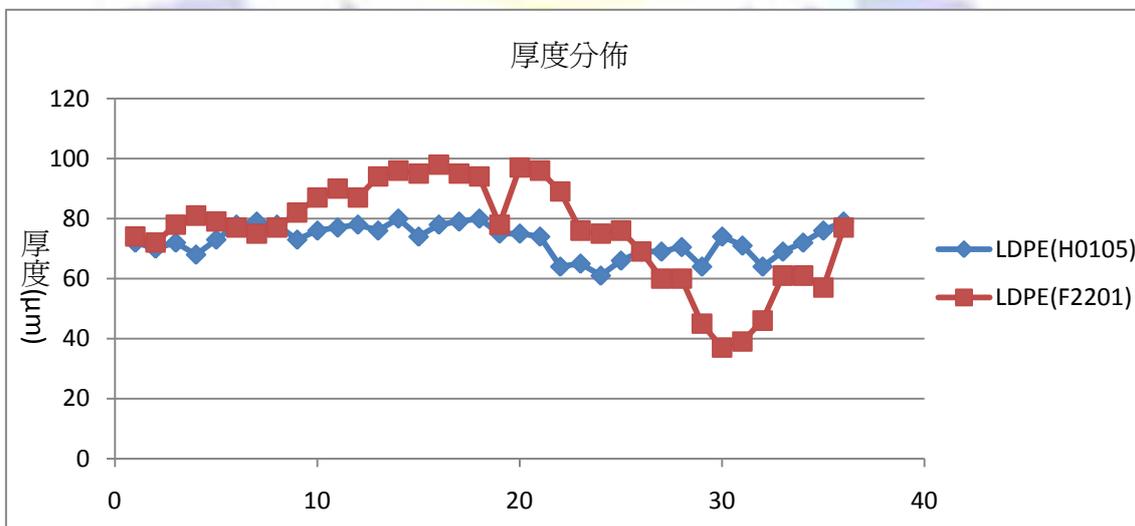


圖 5-10 薄膜厚度分佈

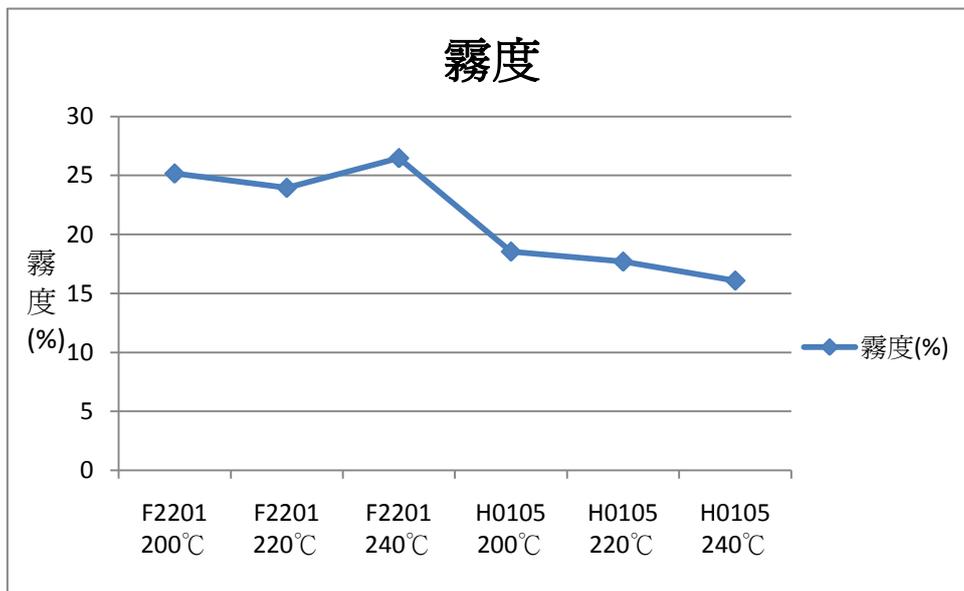


圖 5-11 界面性質對霧度影響



## 第6章 結論與未來展望

### 6.1. 結論

本研究利用共押製程探討高阻氣性薄膜中其界面穩定對於薄膜光學性質與阻隔性質影響。首先利用模流分析軟體 FLOW2000 進行分析模擬，以了解塑料在製程中之流動行爲，其中包含:螺桿分析模擬、螺旋模頭分析模擬、多層膜分析模擬，其次進行雙層模共押實驗，主要探討其剝離強度影響以及黏著劑添加方式對於光學性質影響，最後再進行三層模共押實驗，並且探討製程條件對界面影響，並依照其分析與實驗結果，得到以下結論:

- (1) 黏著劑(聚乙烯接枝馬來酸酐)添加於EVOH對EVOH/LDPE雙層膜的光學性質會產生劇烈影響，因此將黏著劑(聚乙烯接枝馬來酸酐)與外層LDPE共混煉，來進行共押實驗。
- (2) 在共押製程中，多層膜的製品，光學性質取決於界面不穩定，界面不穩定會使得層與層之間呈現波浪狀態，會使光偏離入光方向，將會對薄膜霧度、清晰度造成影響。
- (3) 當黏度高材料介於黏度低材料中間，會導致界面不穩定，由於融膠與模壁剪切應力低，因此可以使產量增加，但是由於表層黏度較低，因此在表面會導致多層堆疊，膜面不佳。

- (4) 當高黏度材料介於高黏度材料中間，層與層之間剪切應力較大，分子拉伸較嚴重，但黏度高材料融體強度高，作為外層能穩定融膠在模頭內流動，讓層與層之間呈現平滑狀態，使薄膜有較佳光學性質。
- (5) 要改善界面不穩定方法，最好使用黏度相近之塑料或者調節其模具溫度使界面黏度較一致，會消除不穩定之界面，並改善其光學性質。



## 6.2. 未來研究方向

高阻氣性包裝薄膜主要指標為水氣穿透速率: $5\text{g}/\text{m}^2\cdot 24\text{hr}\cdot \text{atm}$ 、氧氣穿透速率: $10\text{ml}/\text{m}^2\cdot 24\text{hr}\cdot \text{atm}$ ，霧度10%以下，在未來可針對EVOH材料特徵，建立專屬螺桿，另外再針對PE+TIE混煉後的塑料性質設計模具內部之流道，來控制製程條件如各層之流量、溫度，使其每一層具有均勻的厚度分布，並且維持層與層之間的穩定性，確保薄膜品質可達到上述指標。



## 參考文獻

- [1]. H. MAVRIDIS and R N. SHROFF,1994, Multilayer Extrusion: Experiments and Computer Simulation, Quantum Chemical Corp, USI Division Allen Research Center, Cincinnati, Ohio 45249.
- [2]. CHANG DAE HAN, R. SHETTY,1978, Studies on Multilayer Film Coextrusion II. Interfacial Instability in Flat Film Coextrusion, Department of Chemical Engineering Polytechnic Institute of New York Brooklyn,, New York 11201.
- [3]. 黃啓賢，2003，「阻隔性多層膜之製程研究」，國立交通大學，應用化學系。
- [4]. ZHONGBIN ZHANG, IAN J. BRITT, MARVIN A. TUNG,2000, Permeation of Oxygen and Water Vapor Through EVOH Films as Influenced by Relative Humidity, National Food Processors Association, Washington, DC 20005.
- [5]. W. J. SCHRENK, N. L. BRADLEY, T. ALFREY,1978, Interfacial Flow Instability in Multilayer Coextrusion, Dow Chemical Company Midland, Michigan.
- [6]. Henk Lourens, Gel formation during extrusion of LDPE and LLDPE, Polythene Business, Sasol Polymers.
- [7]. M. S. PUCCL, R. N. SHROFF,1986, Correlation of Blown Film Optical Properties with Resin Properties, Norchem Rolling Meadows, ZLLinois 60008
- [8]. D.Jarus,A.Hiltner,E.Baer,2002,Barrier properties of polypropylene/polyamide blends produces by microlayer coextrusion,Department of Macromolecular

Science,Center for Applied Polymer Research,Case Western Reserve  
University 10900 Euclid Ave,Cleveland,OH44106-7202,USA

- [9]. 黃俊欽，2003，共擠押多層吹膜模頭的設計與分析，高分子加工專刊，，第50捲第一期。
- [10].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。
- [11].黃啓賢，2003，多層化結構高分子薄膜之製備與特性分析之研究，國立交通大學，碩士論文。
- [12].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。
- [13].郭益嘉，2009，PET/PMMA光學膜之共押製程分析與研究，國立高雄應用科技大學，碩士論文。
- [14].陳劉旺，丁金超，高分子加工，高立圖書有限公司，2005年第四版。
- [15].孫志強，1994，押出成型機手冊，塑膠世界雜誌社，台北。
- [16].范樂陽，1999，塑膠檢驗法，專上圖書有限公司出版社，板橋。
- [17].劉士榮，1999，塑膠押出成型，滄海書局，台中。

## 作者簡介

※ 個人基本資料			
姓名	顏裕峰		
性別	男		
出生年月日	74 年 04 月 18 日		
E-Mail	yenyufeng@gmail.com		
通訊處	台南縣永康市大灣五街 47 號	電話	0921220933
學歷	國立高雄應用科技大學模具工程研究所 國立高雄應用科技大學模具工程系 私立長榮中學電腦製圖科		