

高分子功能性薄膜開發與應用 產學技術合作聯盟

多層膜的關鍵—共擠押技術

國立高雄應用科技大學

模具工程系 塑膠精密加工研究室 黃俊欽 教授

2014.07.30

E-mail: cchuang@cc.kuas.edu.tw

Tel: 07-3814526-5418、5445

內容

以軟包材爲例(進行下列各步驟的說明及考量重點)

- 多層膜的應用
- 如何進行各層塑料的搭配選擇
- 多層膜的層厚設計
- 如何進行共擠押加工
- 界面特性分析
- 界面不穩定現象的發生原因解析

食品包裝膜

食品包裝



保鮮膜



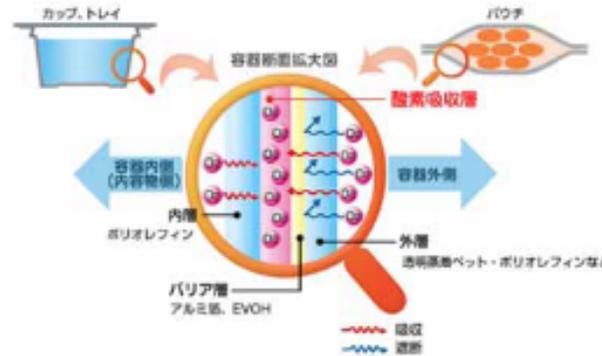
易撕膠膜



易切膠膜



防霧膠膜



吸氧膠膜

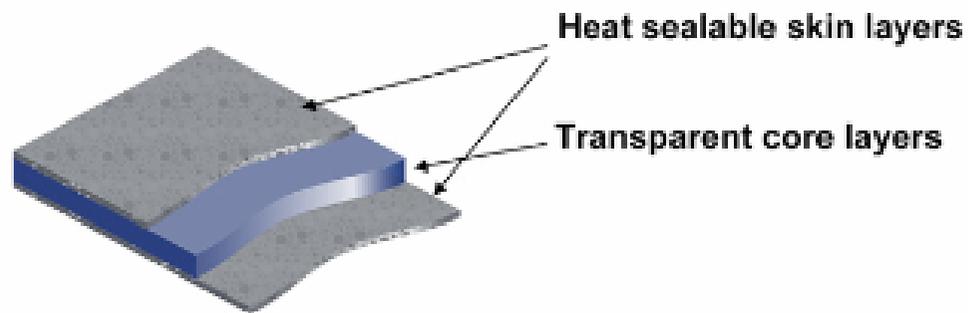


有視窗的包裝

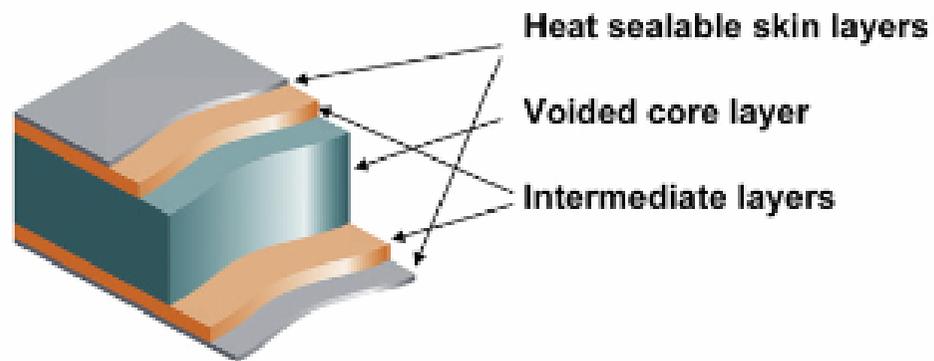
食品包裝膜

Typical Structures of BOPP - Films

3-Layer Transparent Film



5-Layer Cavitated Film

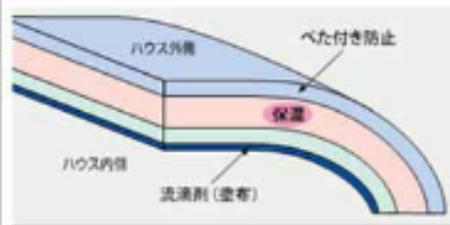
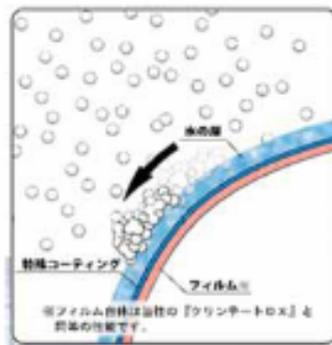
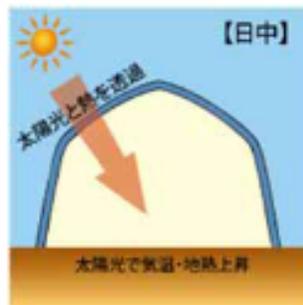


其它食品包裝多層膜種類與用途

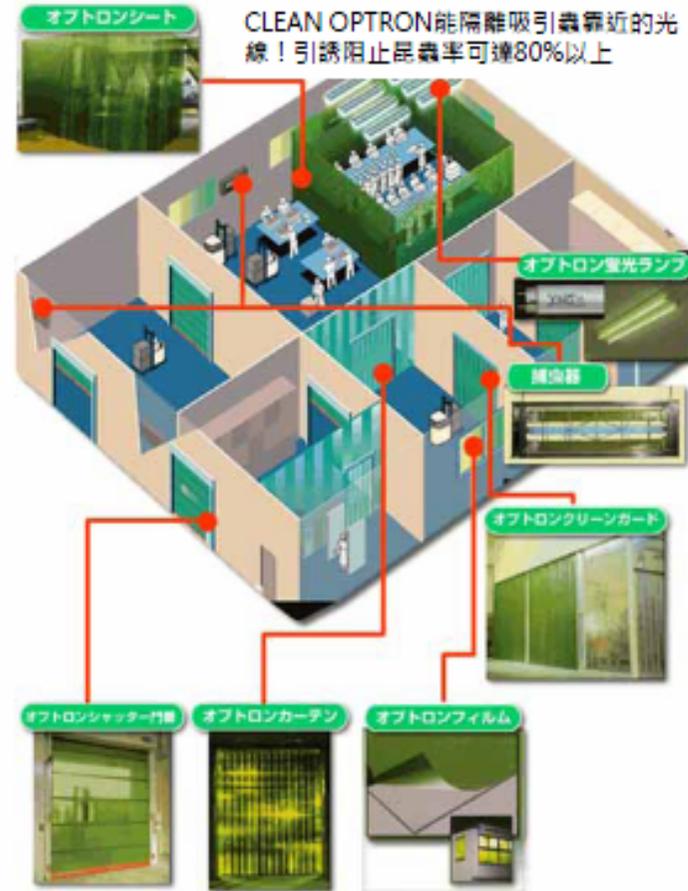
混合膠料	特殊性質	主要用途
LDPE/EVA、HDPE/EVA	熔合性佳、有殺菌能力	荷重袋、拉伸包裝、醫學物品、保護膜
HDPE/LDPE	強度佳	麵包食品、食物、蕃茄汁
LDPE/ionomer	熔合性佳、可抵抗刺穿	乾燥產品、食物、醫學儀器、一般包裝
LLDPE/LDPE or LLDPE/EVA	彈性佳、表面黏著性佳	伸張膜
LDPE/HDPE/LDPE	兩面均可熔合、降低捲縮趨勢	麵包食品、食物、蕃茄汁、點心、零食(玉米片)
EVA/PP/EVA	兩面均可熔合、降低捲縮趨勢	麵包食品、食物、蕃茄汁、點心、零食(玉米片)
EVA/HDPE/EVA	有殺菌能力	麵包食品、食物、蕃茄汁、點心、零食(玉米片)
LDPE/TL/PA	阻氣性及阻水性均佳	肉、香腸、魚、火腿、乳酪、蛇麻草
LDPE/HDPE/EVA	熔合性佳、剛性佳	麵包食品、食物
LDPE/EVA/PP	熔合性佳、剛性佳	麵包食品、食物
LDPE/TL/PA/TL/LDPE	不捲縮、阻氣性及阻水性均佳	肉、香腸、魚、火腿、乳酪、蛇麻草
EVA/TL/PA/TL/EVA	不捲縮、阻氣性及阻水性均佳	肉、香腸、魚、火腿、乳酪、蛇麻草
LDPE/TL/EVAL/TL/ LDPE	不捲縮、阻氣性及阻水性均佳	肉、香腸、魚、火腿、乳酪、蛇麻草、奶粉、葡萄酒包裝
EVA/TL/EVAL/TL/EVA	不捲縮、阻氣性及阻水性均佳	肉、香腸、魚、火腿、乳酪、蛇麻草、奶粉、葡萄酒包裝

農業用膜

農業



- 農業温室内の保温、隔離紫外線，避免雪、霜傷害



- 防蟲膜可讓農業温室、工廠內保持潔淨

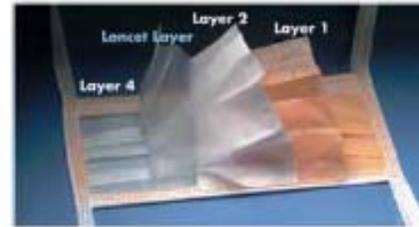
醫療用膜



放射線滅菌膠膜



輸液袋



護膜

口罩



保



高阻隔膜
(附封口)



拋棄式手套



銀髮族尿布

具有通氣性膠膜

- 為了因應少子高齡化社會的來臨，超高齡者使用、個別包裝、高度阻隔、高機能性方向發展

內容

以軟包材爲例(進行下列各步驟的說明及考量重點)

- 多層膜的應用
- 如何進行各層塑料的搭配選擇(以食品包材爲例)
- 多層膜的層厚設計
- 如何進行共擠押加工
- 界面特性分析
- 界面不穩定現象的發生原因解析

高性能軟包裝材的關鍵性能

- **Barrier properties** (阻隔性)
- **Selective permeability**(選擇性的滲透)
- **Abuse resistance**(避免損壞；如耐穿刺、抗撕裂強度、衝擊強度和模量、良好的低溫韌性)
- **Sealability**(熱封性)
- **Machinability** (在高速包裝下的機械加工性；如薄膜彈性係數、膜厚度、密封性能好、摩擦係數低)
- **Consumer appeal** (對消費者的吸引力)

以apple sauce cups爲例

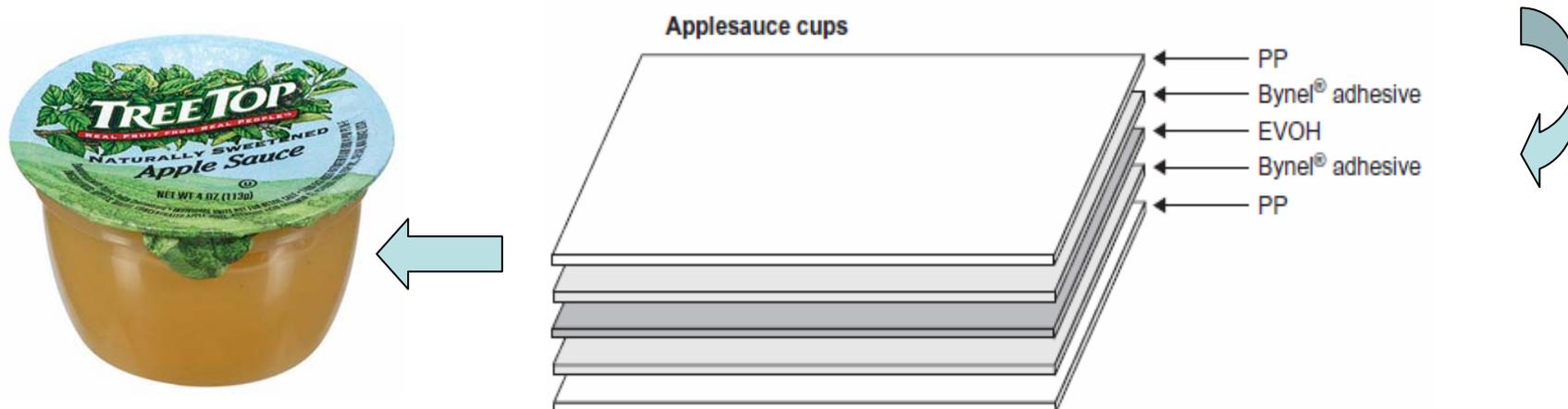
塑料的搭配選擇重點

- tensile strength(拉伸強度)
- permeation resistance(穿透阻力：阻隔性)
- adhesion(黏著性，與其他塑料薄膜的貼合)
- optics(光學性；透明度、表面光澤)
- formability(成型性；加工性)
- machinability(機械性；耐磨、耐刮、耐衝擊(落摔))
- economics.(經濟性；成本)



多層膜基本組態及塑料選擇

要求	功能	塑料種類
支撐性原料(support material)	必須具有合理的價位、良好的加工性、機械強度、耐熱性、熔合性及印刷性等	PP、HDPE、EVA
阻隔性原料(barrier material)	具有良好的阻隔性功能，如阻隔氧氣、阻隔濕氣	EVOH、PA、PVDC
連接層原料(bonding agent)	有良好的黏著性及加工性(流動性)，而且黏著後的撕裂強度必須大於500g/15mm。	PP-g-MAH、PE-g-MAH



Why ?

- PP：耐熱、耐摔、安全、阻濕性佳、與EVOH加工溫度相近、加工性佳
- EVOH：阻氧氣性特優，與PP加工溫度相近
- PP-g-MAH：因PP與EVOH不相溶，必須加入黏著層，選擇 PP-g-MAH能黏著PP層與EVOH層

內容

以軟包材爲例(進行下列各步驟的說明及考量重點)

- 多層膜的應用
- 如何進行各層塑料的搭配選擇
- 多層膜的層厚設計
- 如何進行共擠押加工
- 界面特性分析
- 界面不穩定現象的發生原因解析

層厚設計思考的重點

- permeation resistance(穿透阻力是否夠?阻隔性)
- machinability(機械性性質是否足夠?耐摩、耐刮、拉伸強度、穿刺、衝擊(落摔))
- economics.(經濟性;成本)

層厚設計

1. 收集塑料物性資料

物性	PP	EVOH
密度(g/cm ³)	0.89	1.15
氧氣滲透係數(oxygen permeation coefficient) (cm ³ × mil/100 in. ² × day × atm)	150	0.02
濕氣滲透係數 (moisture permeation coefficient) (g × mil/100 in. ² × day)	0.7	3
降伏拉伸強度(Mpa)	37.2	70
彈性係數(GPa)	1.53	2.4
衝擊強度(J/cm) (Izod impact Notched)	0.27	0.65
售價(NT\$/KG)	60	250

層厚設計

2.計算適當厚度

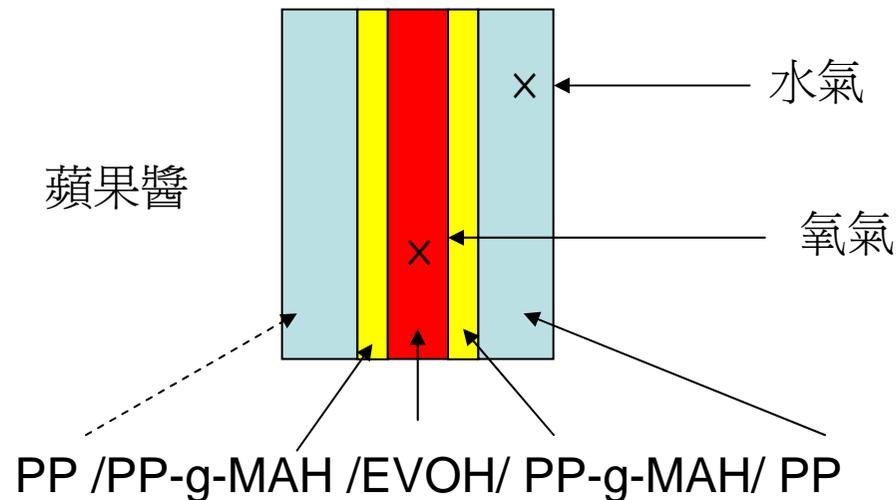
- 假設
 - 膜的氧氣穿透率(OTR)要求 $<0.02(\text{cm}^3/100\text{in}^2/\text{day}/\text{atm})$
 - 膜的濕氣穿透率(MVTR)要求 $<0.5(\text{g}/100\text{in}^2/\text{day}/\text{atm})$
 - 膜的衝擊強度 0.025J

功能要求	厚度(μm)	說明
滿足膜的氧氣穿透率(OTR)	EVOH : 20	因為阻隔氧氣主要是EVOH，因此以EVOH為計算基礎
滿足膜的濕氣穿透率(MVTR)	EVOH : 20 PP : 30.4	在EVOH : $20\mu\text{m}$ 下，可計算須要多少PP厚度才能達到要求
滿足膜的衝擊強度	EVOH : 20 PP : 42.6	雖然EVOH有較高的衝擊強度，但因單價昂貴，故以增厚PP層來達到要求。

層厚設計

3.決定膜的各層厚度

由於共擠押每層膜厚會有偏差約3~5%，且EVOH吸水性太高，不宜放在外層，故採A/B/A方式設計，由於PP與EVOH不相溶，須加上黏著層TL(PP-g-MAH)，因此以PP/TL/EVOH/TL/PP為膜的主結構，層厚設計為30/10/20/10/30，總厚度為100 μm 。



原料成本概算

塑料	層厚 (μm)	密度 (g/cm^3)	kg用量 /1m ²	單價(元 /kg)	原料成本 (元/m ²)	成本(%)
PP	30×2	0.89	0.0534	60	3.2	29.2%
EVOH	20	1.15	0.023	250	5.75	52.5%
PP-g-MAH	10×2	1.0	0.02	100	2.0	18.3%

$\text{kg用量}/1\text{m}^2 = \text{層厚}(\mu\text{m})/10000 \times \text{面積}(\text{m}^2) \times 10000 \times \text{密度}(\text{g}/\text{cm}^3)/1000$

多層膜的滲透係數及氣體透過率估算

多層膜滲透係數

$$\frac{1}{P} = \frac{f_1}{P_1} + \frac{f_2}{P_2} + \dots + \frac{f_n}{P_n}$$

where

P = coextruded film permeation coefficient,

f_n = polymer n layer thickness ratio,

P_n = polymer n permeation coefficient.

多層膜的氣體透過率

$$TR = P \cdot \frac{A}{100} \cdot \frac{1}{t}$$

where

TR = transmission rate of a gas through film ($\text{cm}^3/(\text{day} \times \text{atm})$),

P = permeability coefficient of a gas through polymer ($\text{cm}^3 \times \text{mil}/(100 \text{ in}^2 \times \text{day} \times \text{atm})$),

t = thickness of polymer (mill),

A = surface area of polymer exposed to a gas (in.^2).

多層膜的機械性質預估

$$M = \frac{(t_1 \cdot M_1) + (t_2 \cdot M_2) + \sum_{i=3}^n t_i \cdot M_i}{t_1 + t_2 + \sum_{i=3}^n t_i}$$

M = estimate of coextruded film mechanical property,

t_i = polymer layer thickness of layer i ,

M_i = polymer mechanical property/unit thickness of layer i ,

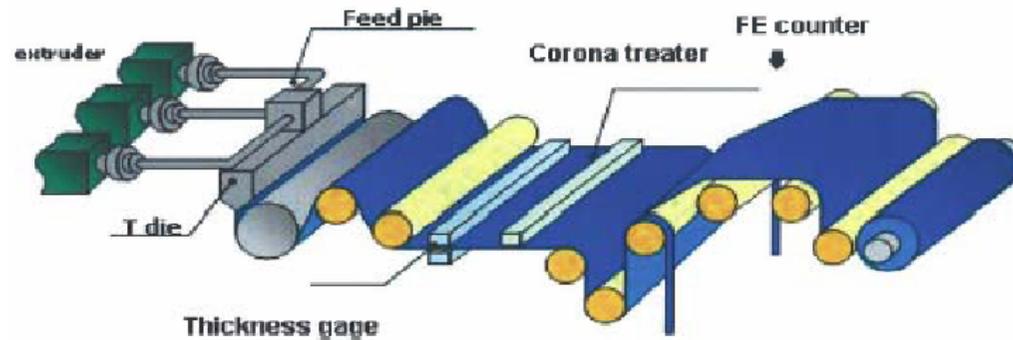
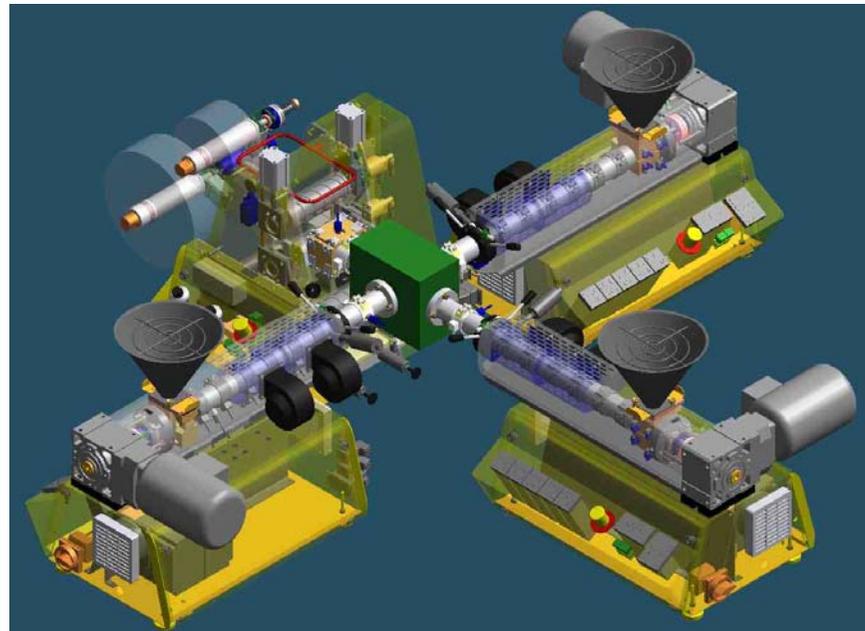
n = number of layers.

內容

以軟包材爲例(進行下列各步驟的說明及考量重點)

- 多層膜的應用
- 如何進行各層塑料的搭配選擇
- 多層膜的層厚設計
- 如何進行共擠押加工
- 界面特性分析
- 界面不穩定現象的發生原因解析

共擠押製程-流延(die casting)法



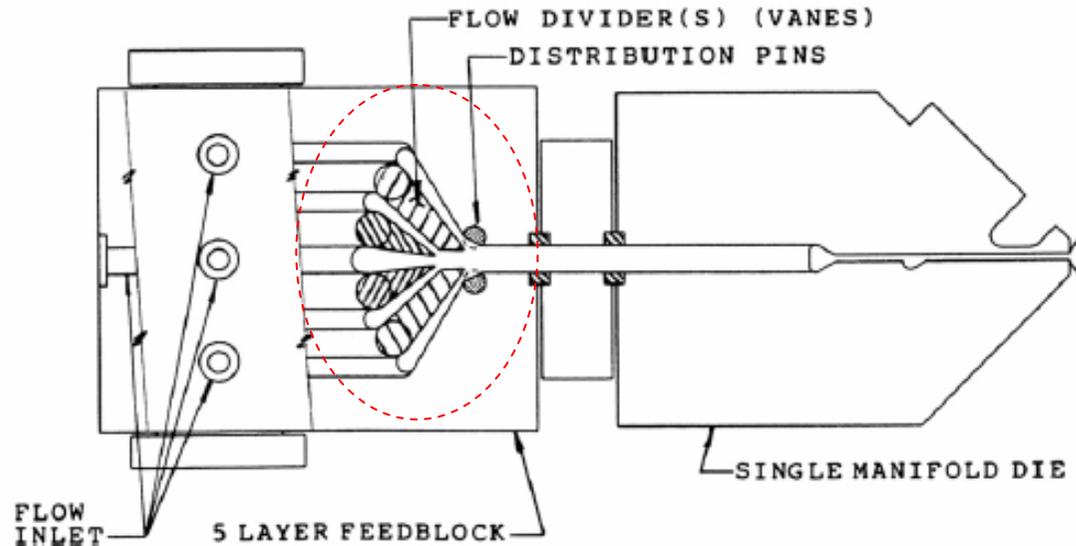
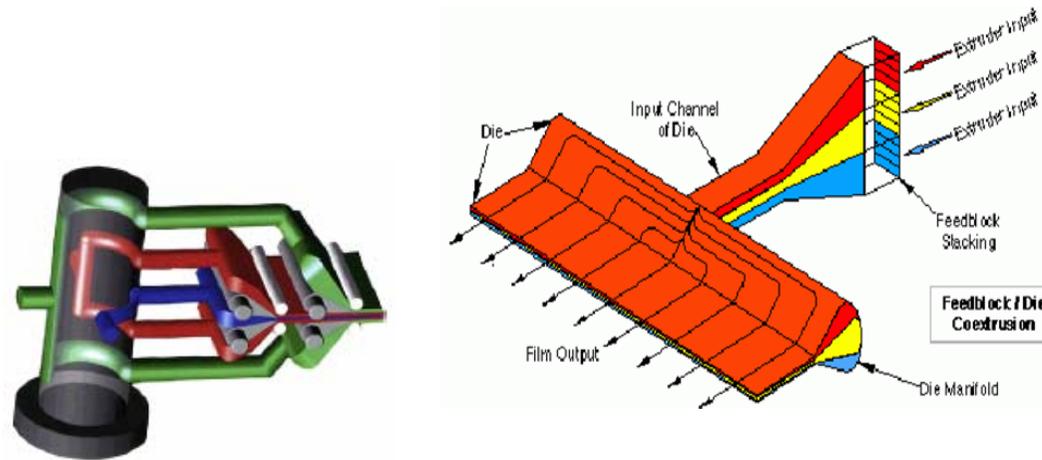
加工條件與薄膜特性的關係

Table 4.1.3 Relationship Between Processing Conditions and Film Properties

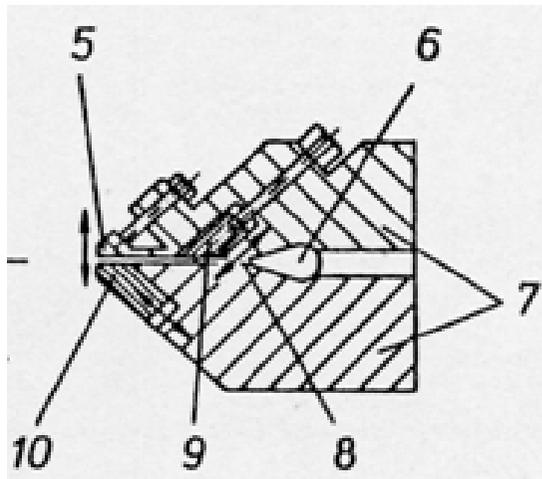
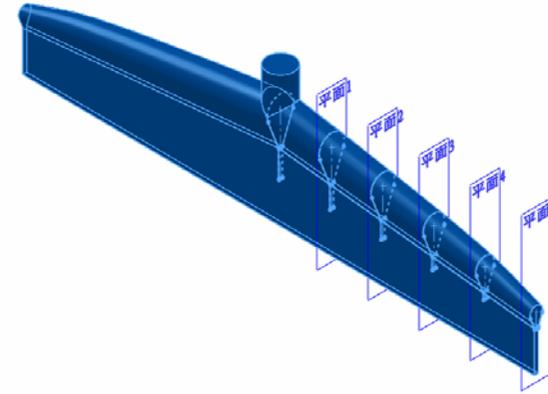
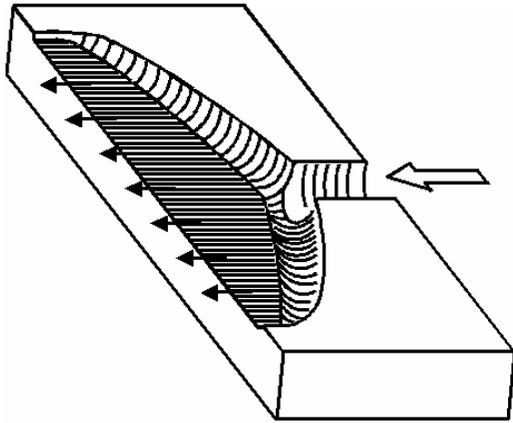
Conditions	Direction	Tensile modulus		Tensile strength (at yield point)		Tensile strength (at break)		Heat-sealing temperature	Haze	Gloss	Impact strength	Slipperiness
		MD	TD	MD	TD	MD	TD					
Polymer temp. (180 to 280°C)	↗	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↗	↗	↗
Output (10 to 80kg/h)	↗	→	→	→	→	↘	→	→	↪	↪	→	↪
Roll temp. (20 to 80°C)	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↗	↘	↘	↘
Thickness (10 to 40 μm)	↗	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↪	↗	↘	↪	↘

進料塊式(Feed Block)模頭

來自各押出機的熔膠先經由**Feed Block**形成多層結構，且相互接觸，再進入一**T型模頭**，在模頭內各層熔膠同步擴展形成膜狀，最後由模頭出口一起押出。



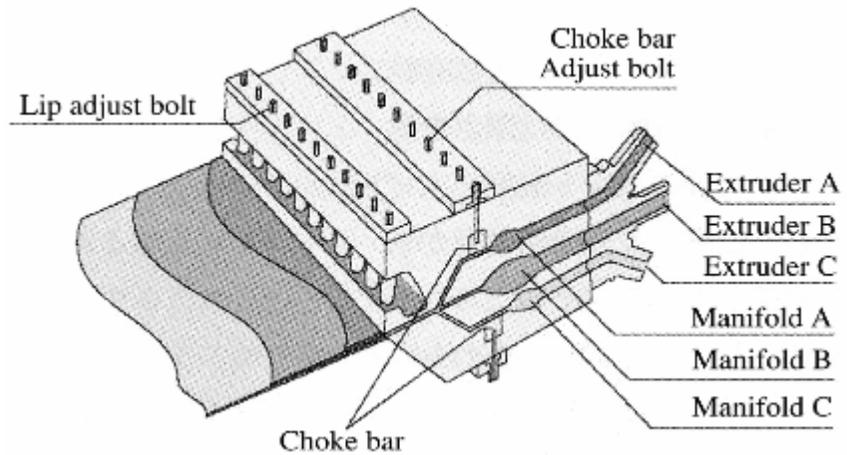
T型模頭(單岐管)



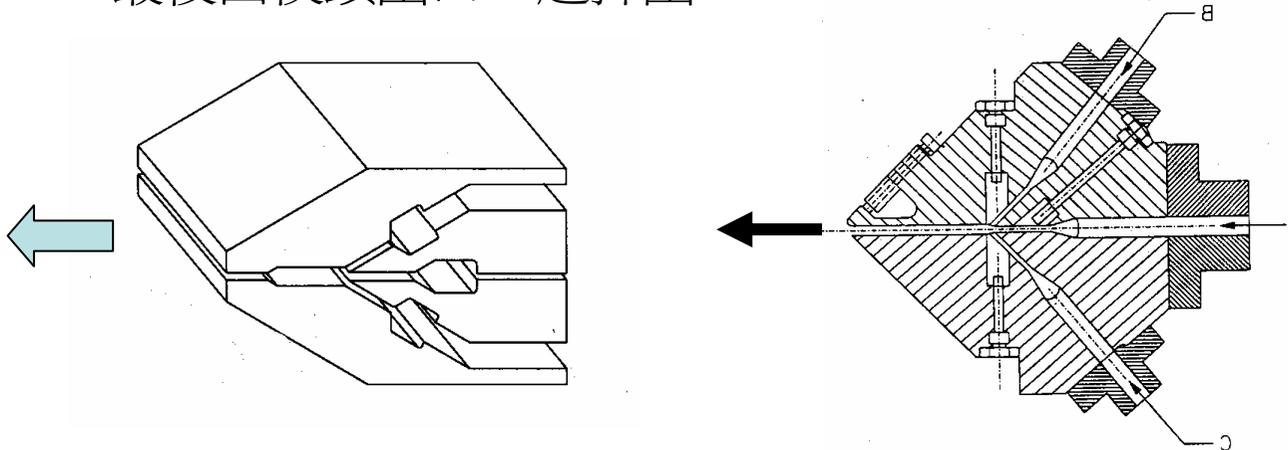
6進料岐管，8狹縫區，7模頭本體，9調節棒，5、10模唇調節機構



多岐管式模頭



■多岐管式：各熔膠先經由個自獨立的T型模頭，形成膜狀流場之後再匯流，最後由模頭出口一起押出。



特色

■ 進料塊式：

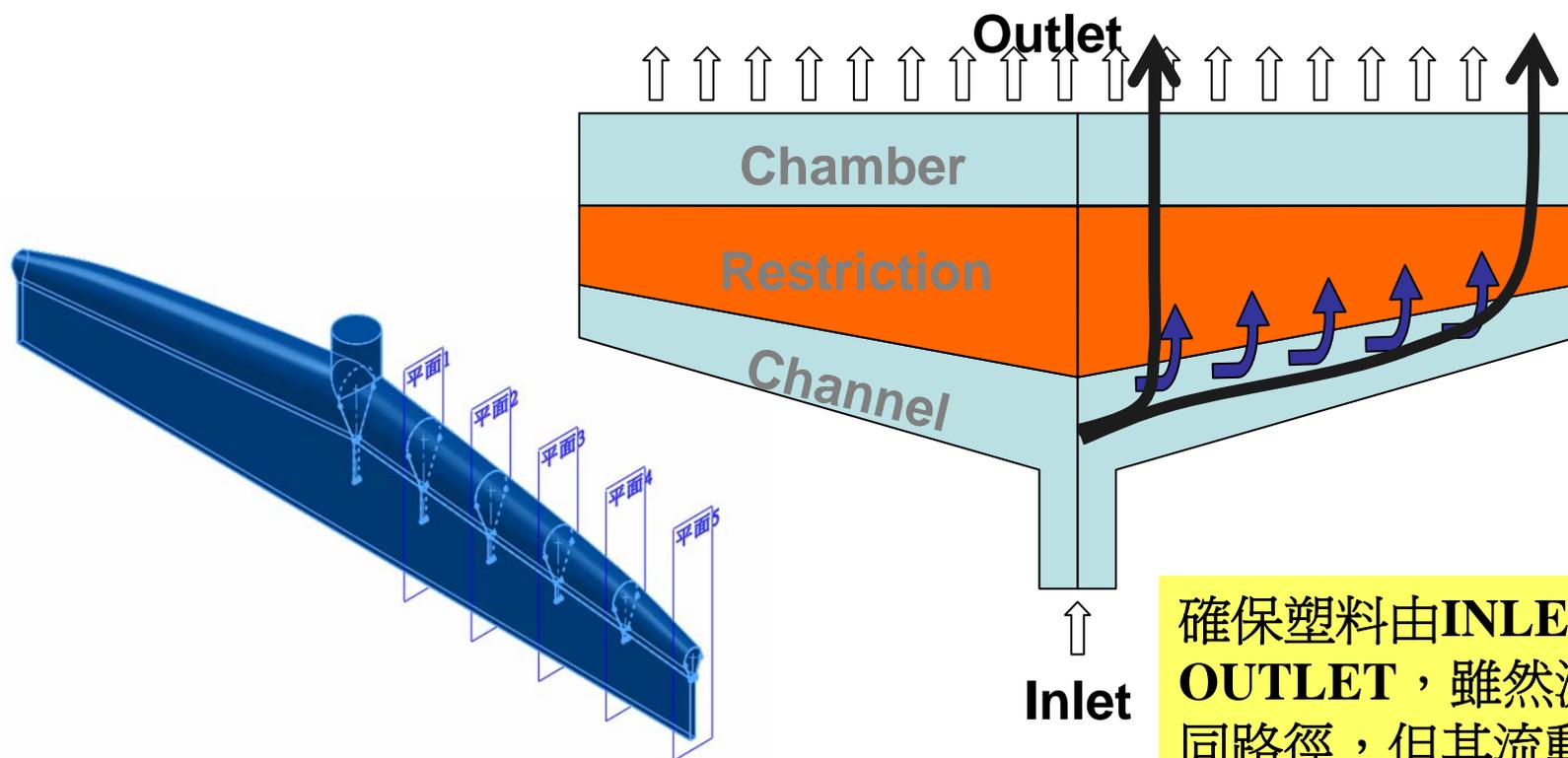
- 成本低，容易操作
- 容易增加層數
- 容易進行熔膠的混合更換(combination change)

■ 多岐管式：

- 適用於黏度及溫度差異較大的熔膠共押出
- 各層厚度比較可以精密控制
- 可適用於提高產能

設計重點:分配岐管與狹縫區的幾何形狀要配合適當，滿足出口具有均勻流量的分佈

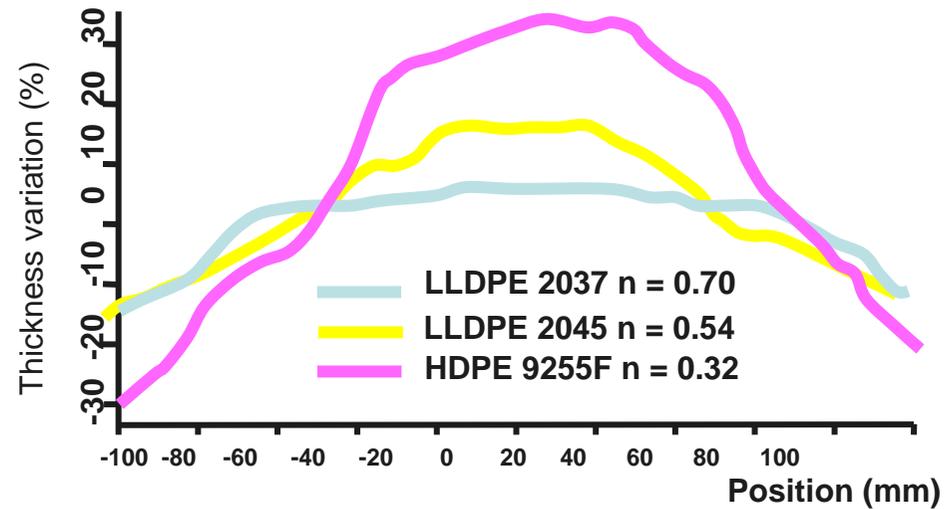
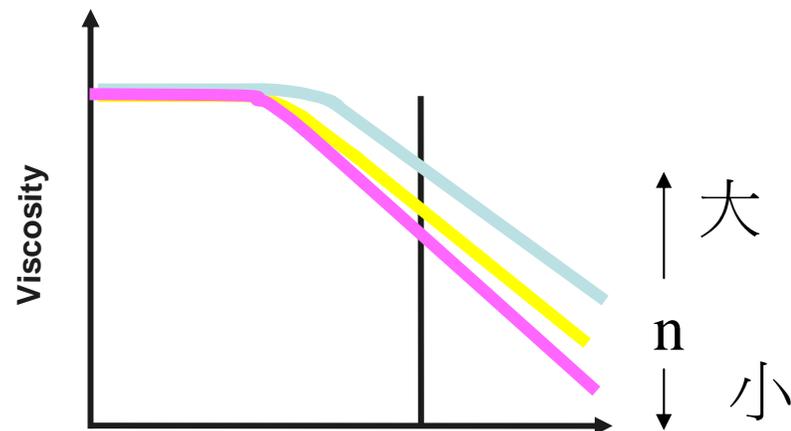
滿足均勻流量的條件 $\longrightarrow \Delta P1 = \Delta P2$



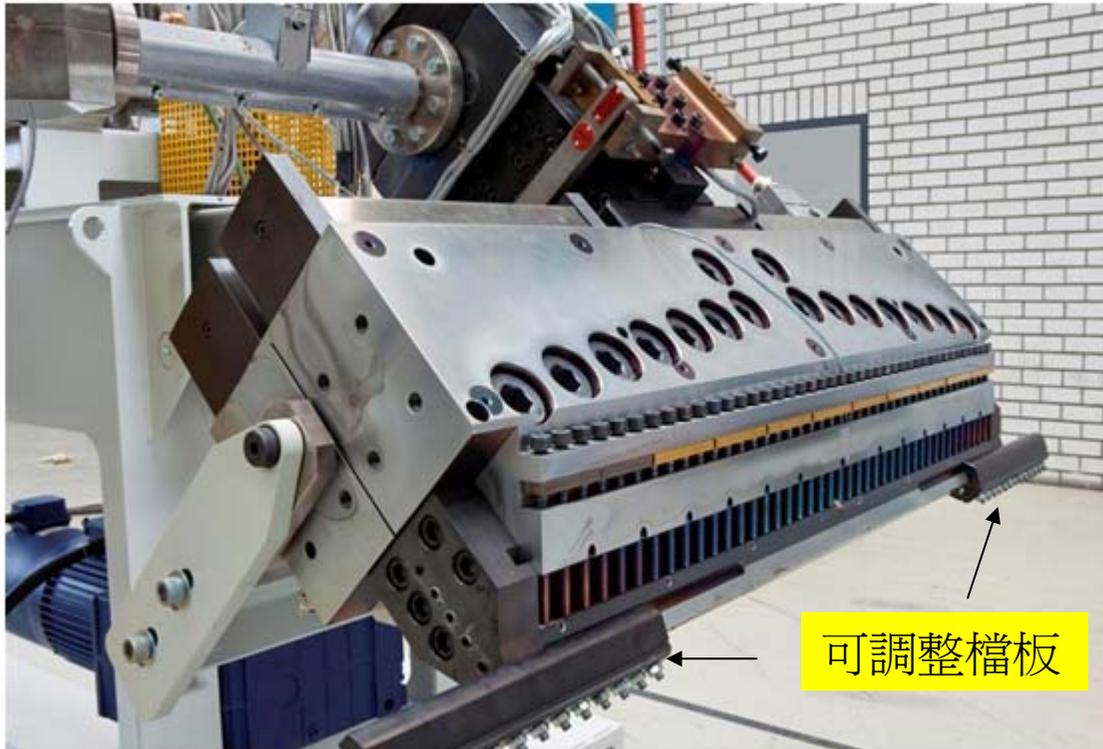
確保塑料由INLET到OUTLET，雖然流經不同路徑，但其流動阻力(壓力損失)均相同。

T型模頭的特性

- 同一付模頭對不同塑料的適用性不同，且對塑料的流變性質非常敏感。

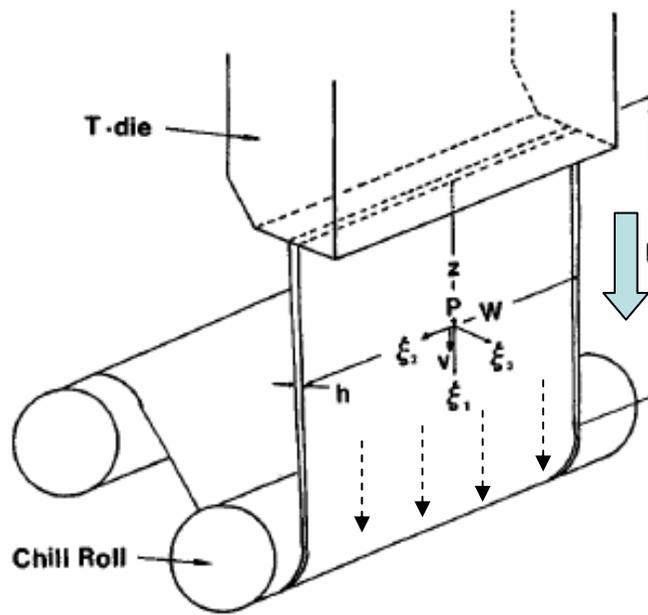


可調整出口寬度的檔板設計



T-型模頭的寬度可藉由檔板設計來調整。

薄膜速度、溫度、厚度之變化



屬於單軸延伸，易產生分子配向。故一般需配置雙向延伸。

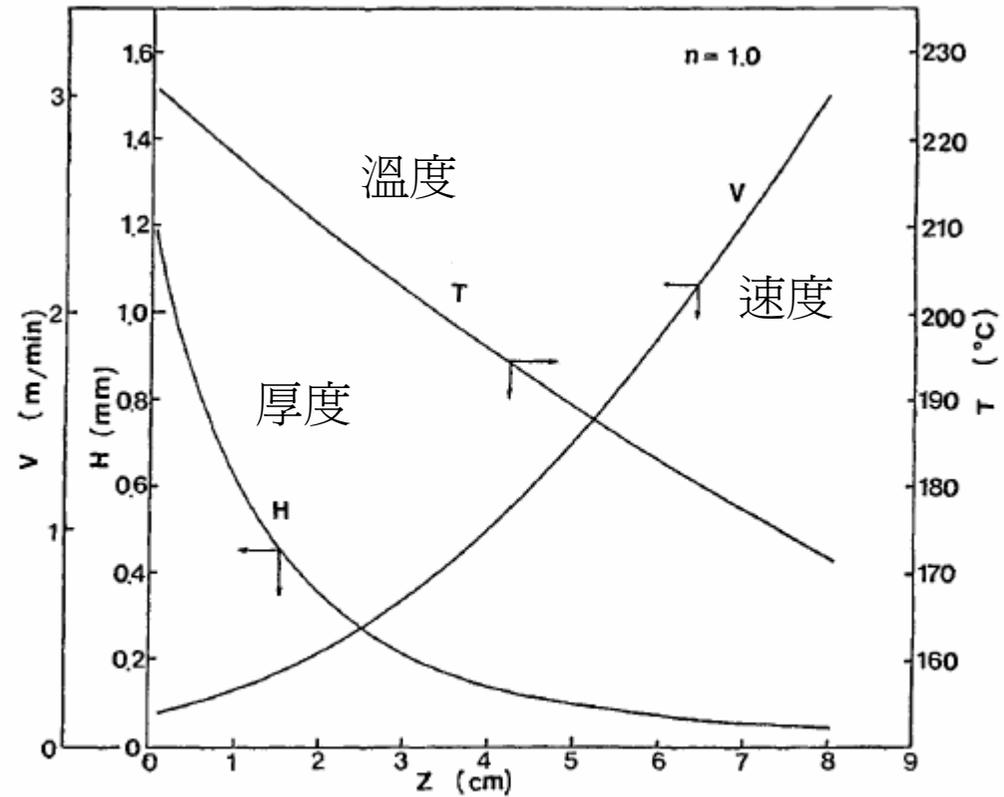
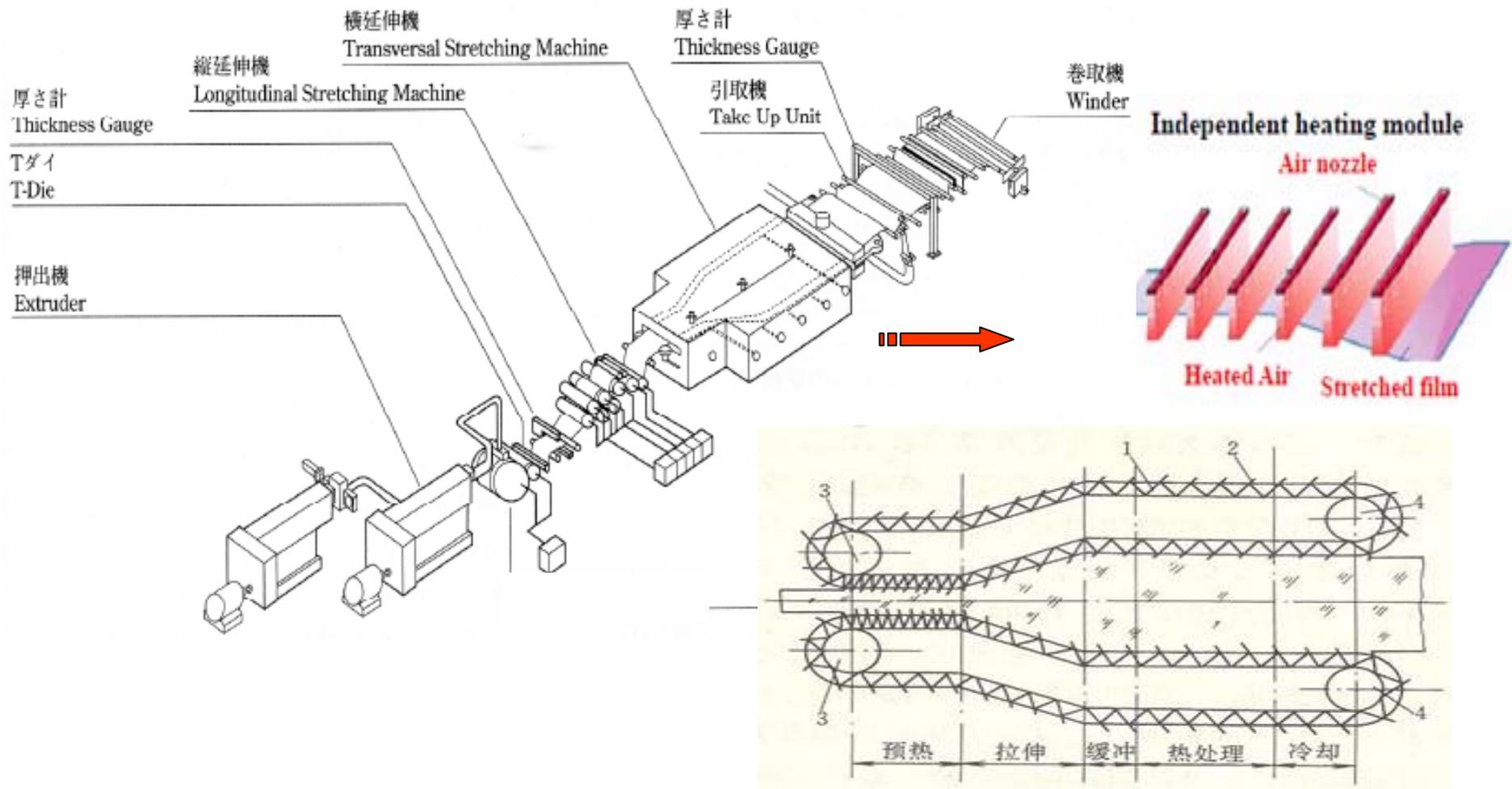


Figure 4.1.2 Predicted velocity, sheet thickness, and temperature along the length of flat sheet for PP with $Q = 1 \text{ kg/h}$, $V_L = 3 \text{ m/min}$, $W = 155 \text{ mm}$, $H_0 = 1.26 \text{ mm}$, $T_0 = 227^\circ\text{C}$, air gap = 80 mm

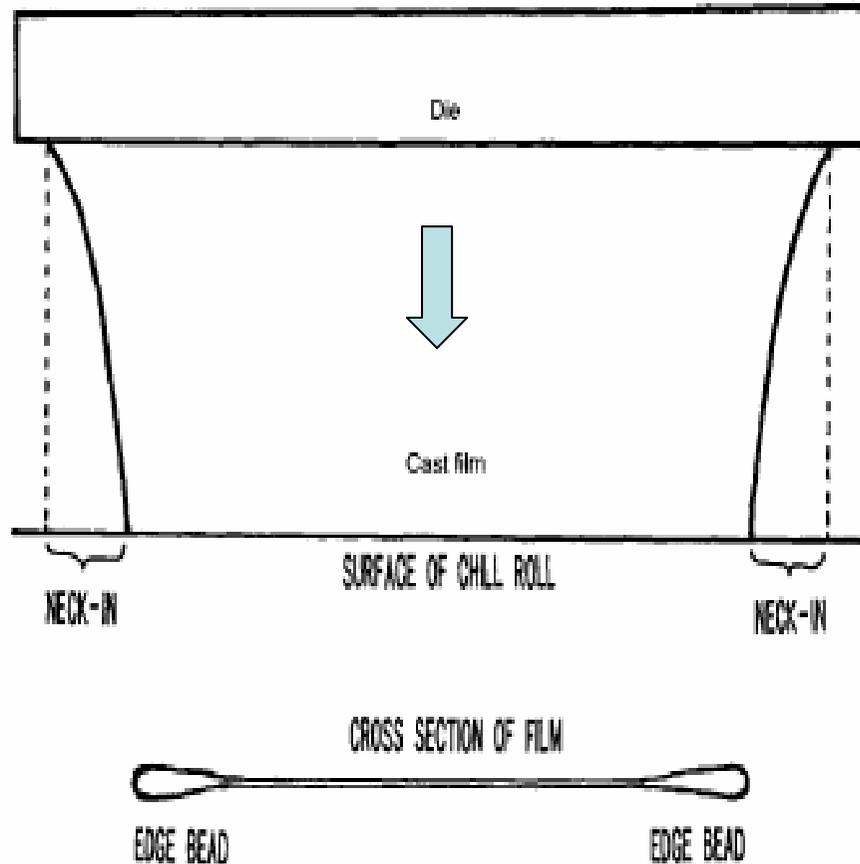


Casting film的雙向延伸

- 可用斜向引取裝置進行二次延伸，使拉伸方向與橫斷方向物性差異縮小

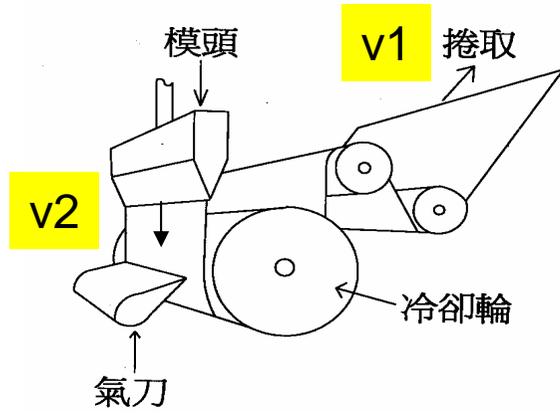


流延法的問題：縮頸現象

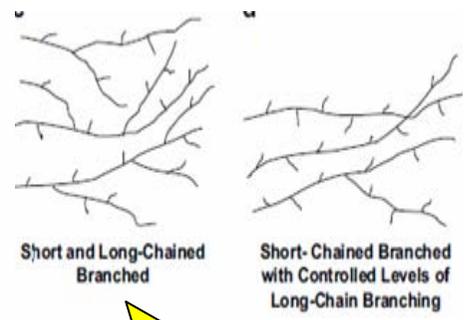
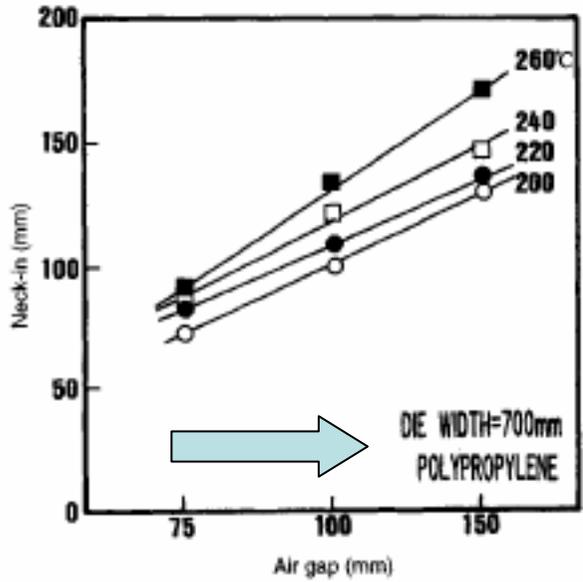


- 縮頸現象是指膜的寬度隨著押出的距離，逐漸縮小。
- 縮頸現象會造成薄膜寬度縮小，且邊兩側端厚度增加。

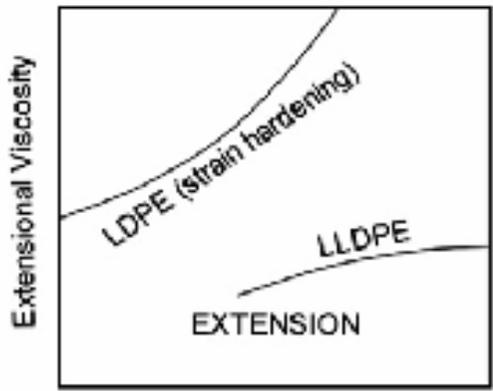
影響縮頸現象的因素



拉伸比($v1/v2$)增加，縮頸程度增加



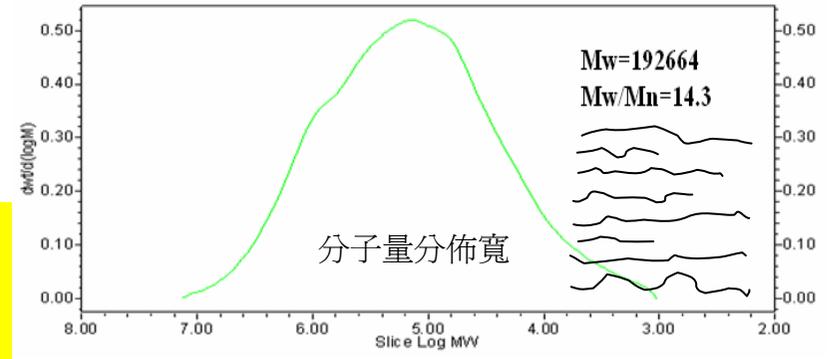
具有長鏈分支的塑料，延伸黏度高，可抑製縮頸成度



伸長黏度曲線

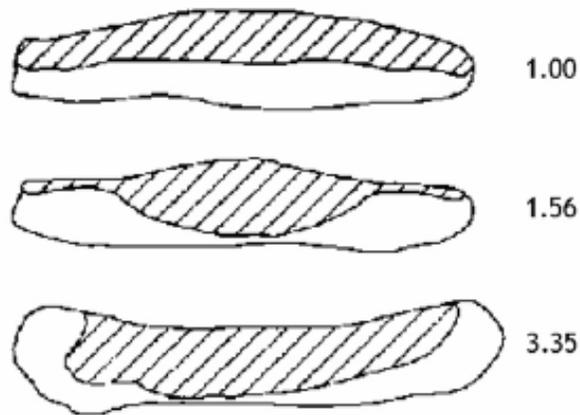
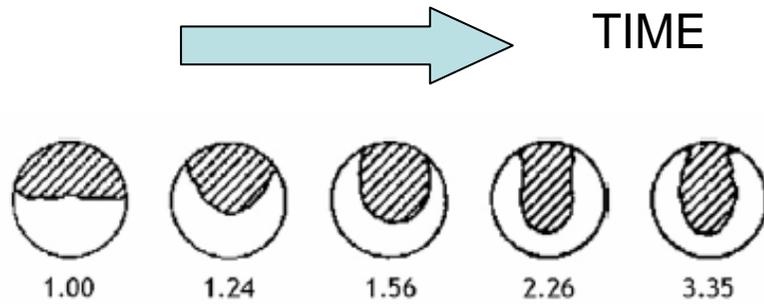
延伸黏度高的塑料，縮頸現象較小，反之亦然。

分佈寬：分子長度有長有短，其中大分子會抑製縮頸。



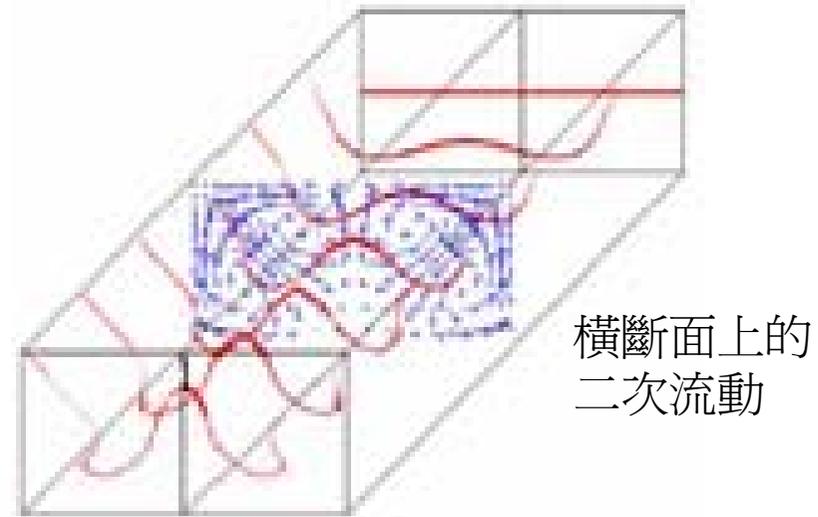
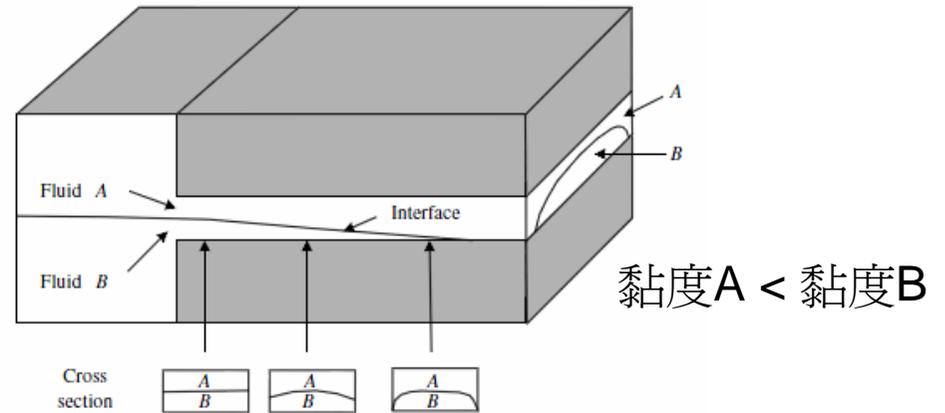
Gel permeation chromatography (GPC) 35

流延法的問題：層厚變化



A
 B

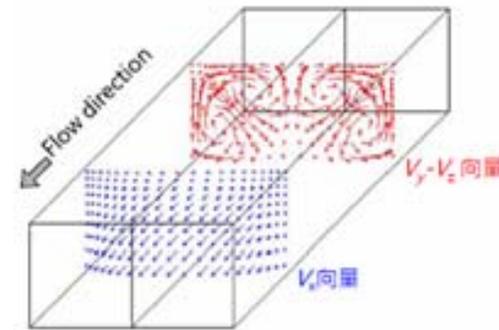
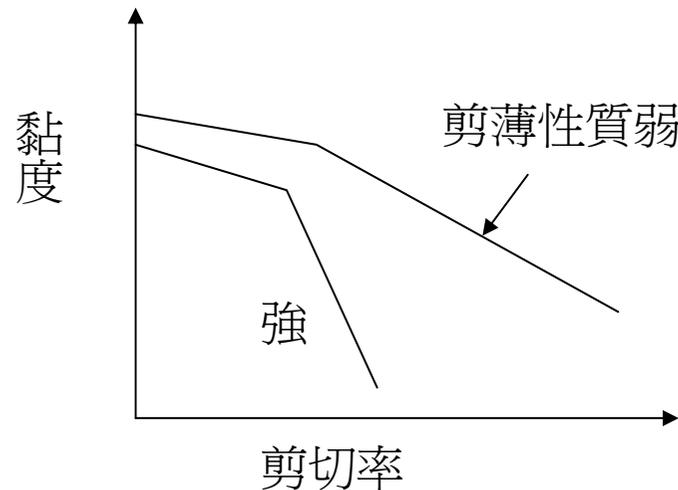
$\eta_A < \eta_B$



Layer-to-layer flow rearrangement as a function of time.

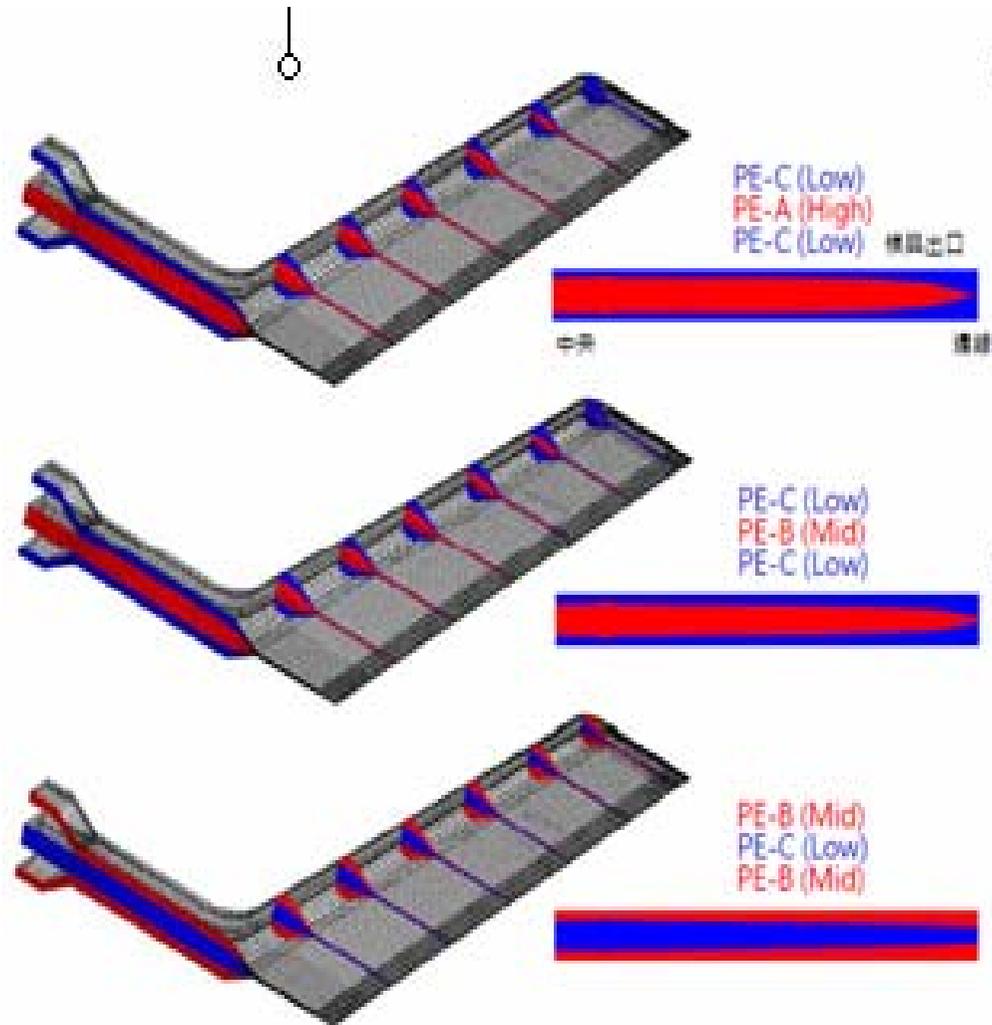
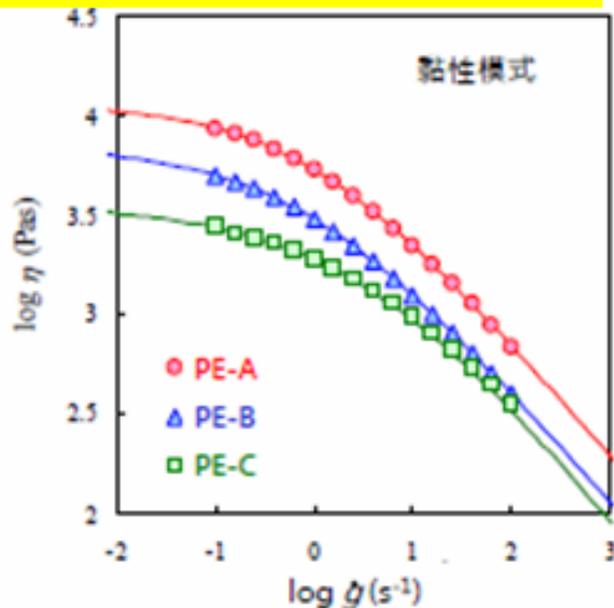
造成層厚變動的原因

- 黏度差愈多，厚度比愈不均
- 黏性類似，但第二法線應力差($S_{yy}-S_{zz}$)愈大，造成橫斷面上的二次流動，則厚度比愈不均
- 剪薄性質差愈大，厚度比愈不均
- 從岐管到模唇如果流道壓縮愈強烈，厚度比愈不均

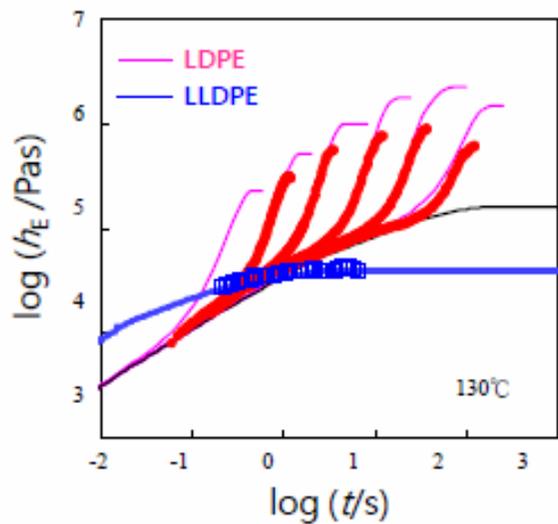
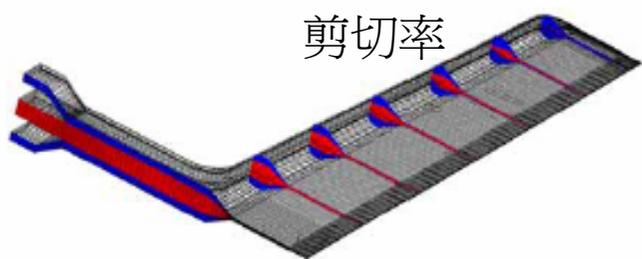
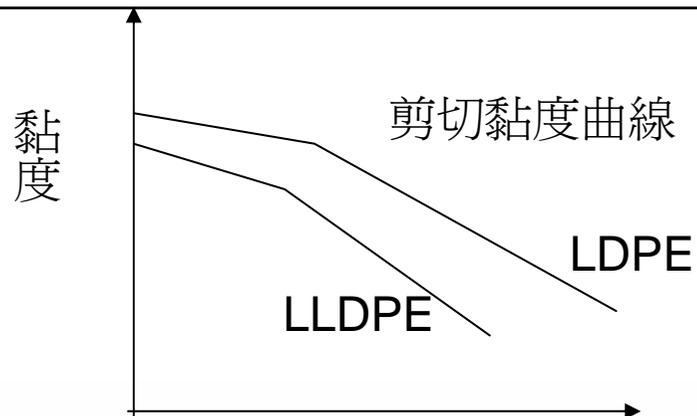


黏度差異造成邊端層厚比改變

- 當低黏度熔膠在上下兩層，而高黏度熔膠在中間層時，在模頭邊端會發生包覆現象，兩者黏度差愈大，包覆現象愈明顯。
- 當高黏度熔膠在上下兩層時，邊端的層厚比會較穩定。



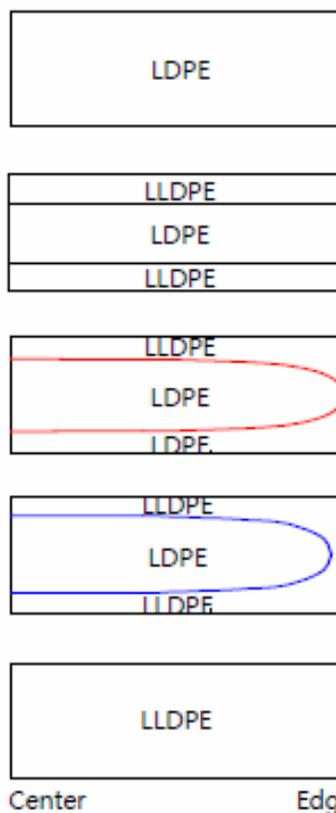
模頭邊端的有包覆及縮頸現象



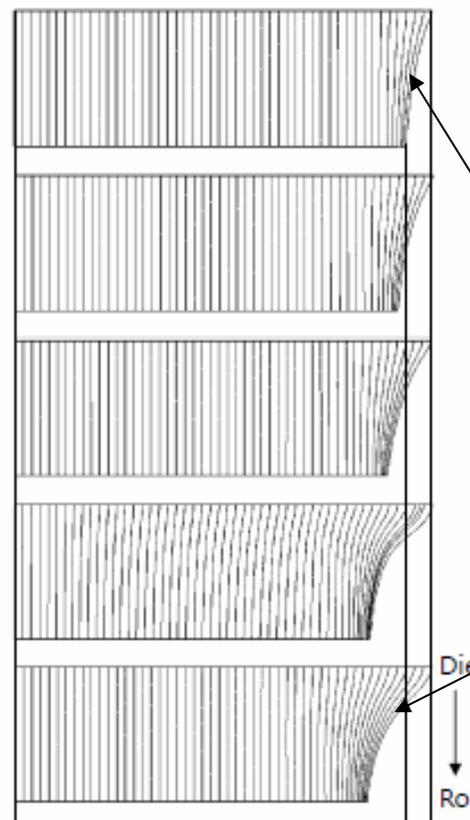
伸長黏度曲線

●硬化性較強

模頭出口的層間比



膠膜形狀 (流線)

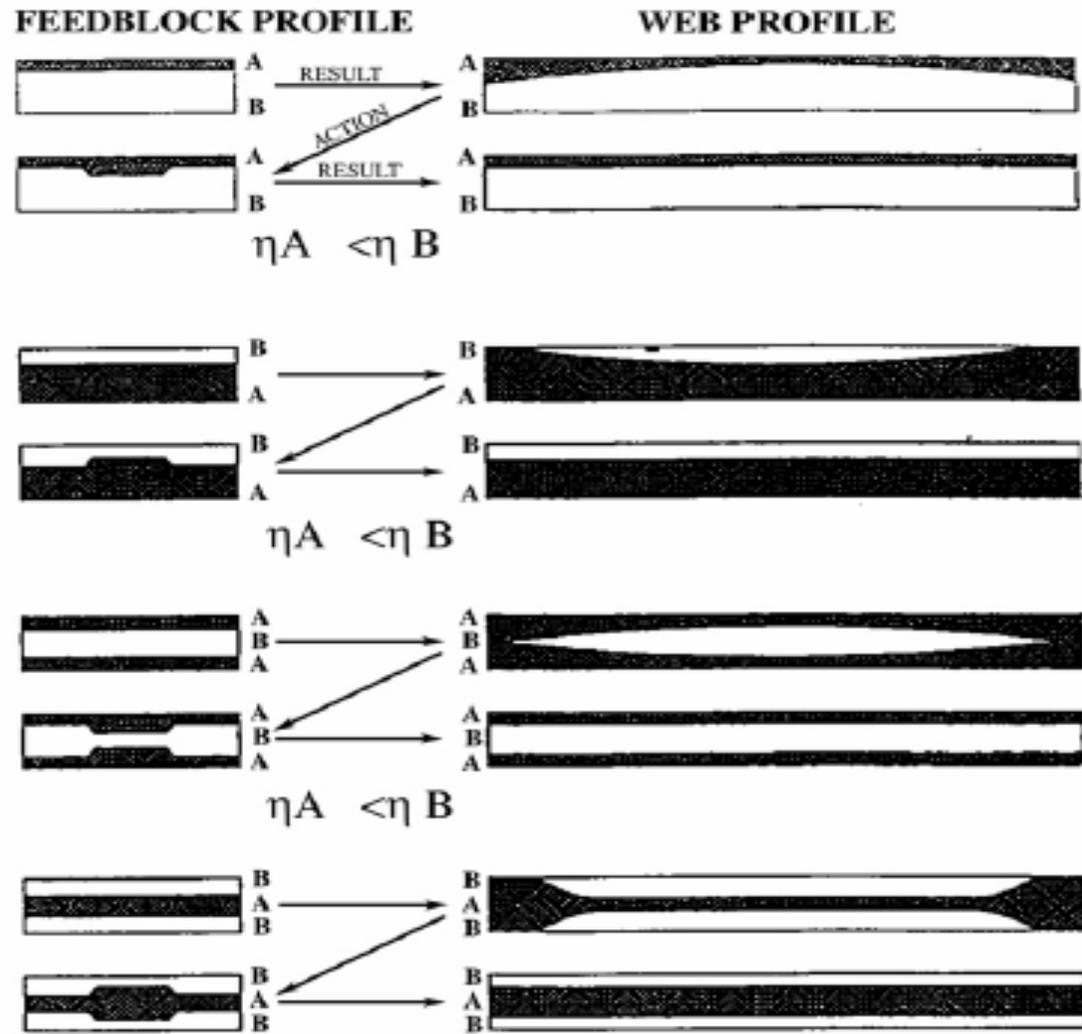


LDPE—但伸長則黏度增加，不易變形，故縮頸現象較不明顯，LLDPE則反之亦然。

當延伸黏度較高的塑料在邊端被包覆時，縮頸現象會比較嚴重。

調整FEED BLOCK輪廓修正界面均勻性

利用FEED BLOCK輪廓修正及適當的模頭長度，才能剛好得到均勻的層厚比例。

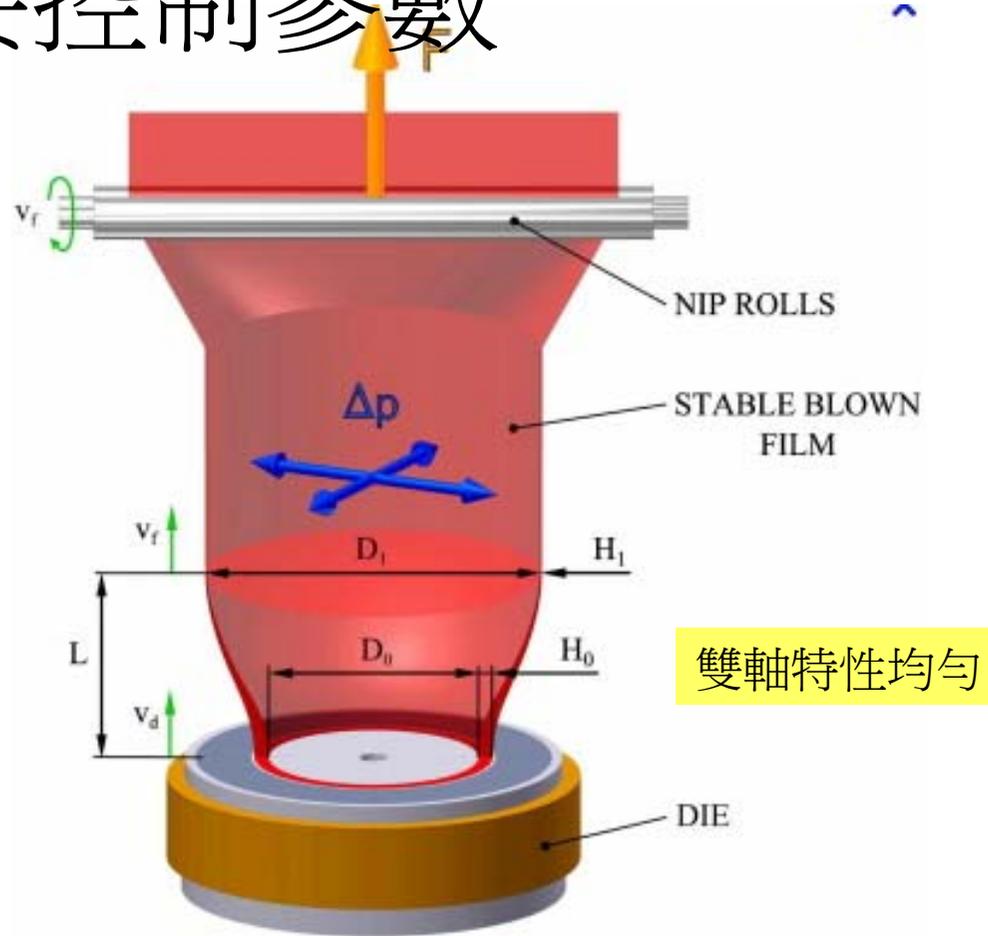


Feedblock profiling and the resultant effects.

共擠押製程-吹膜(blowing film)法



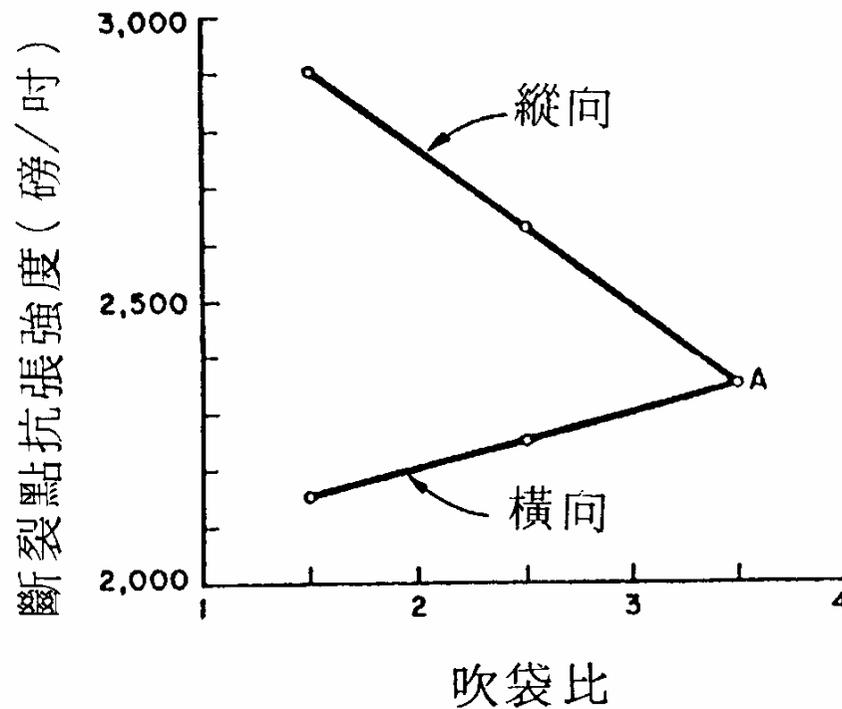
重要控制參數



- 冷線高度： L ， L 高，冷卻慢， L 低，冷卻快。可控制膜的結晶程度或透明度。
- 吹袋比= D_1/D_2 ，吹袋比大，膜管直徑大。可控制膜的幅寬。
- 拉伸速度比= v_f/v_d ，拉伸速度比大，膜厚度變薄。可控制膜的厚度。

- 塑料經押出機塑化後，進入模頭，在模頭內先經螺型流道導引成圓形膜管之後，經模唇區押出成圓形膜管，經由膜管內的空氣吹脹、引取滾輪向上引取、外圍冷卻風的冷卻作用，而形成圓管狀的膠膜。
- 滾輪對膜管向上引取的速度(V_1)與熔膠自模頭出口湧出的速度(V_2)不同，一般拉伸速度比(V_f/V_d)約為10~20倍，因此對膜產生強烈的拉伸，使膜的厚度變薄。
- 膜管的直徑與模頭出口直徑的比值稱為吹袋比，吹袋比一般約2~4，愈大則膜管直徑愈大。若吹袋比為1，表是沒有橫向延伸。
- 冷卻風量增加，膜管冷卻快，冷線低。反之亦然。冷卻快慢對膠膜的透明度及結晶成度會有影響。

膜的雙軸強度比較

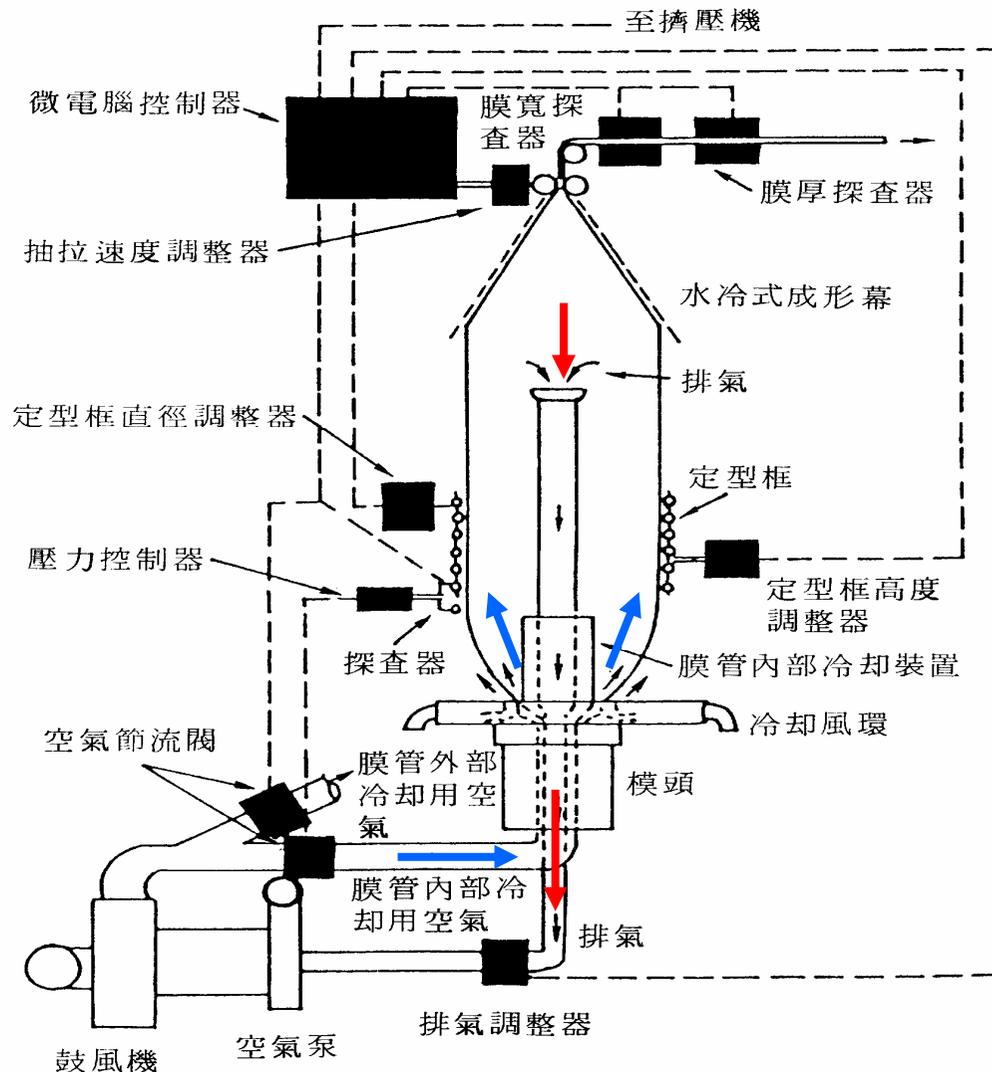


■吹袋比愈大，則橫向強度增加。

■吹袋比愈小，則縱向強度增加。

■配合拉伸速度，適當地調整吹袋比，可以得到橫向強度和縱向強度較一致的薄膜。

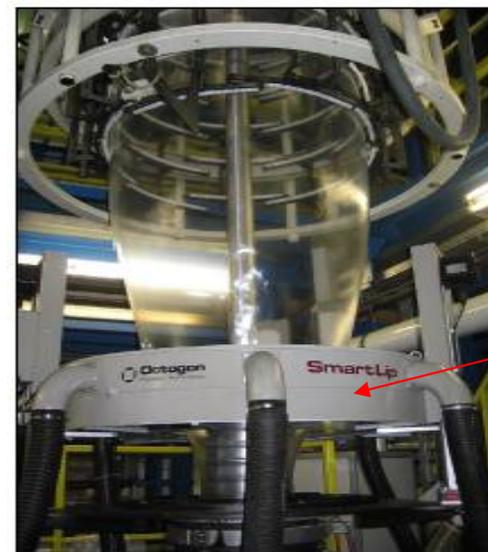
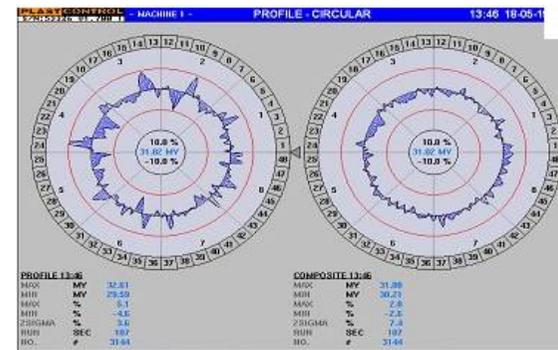
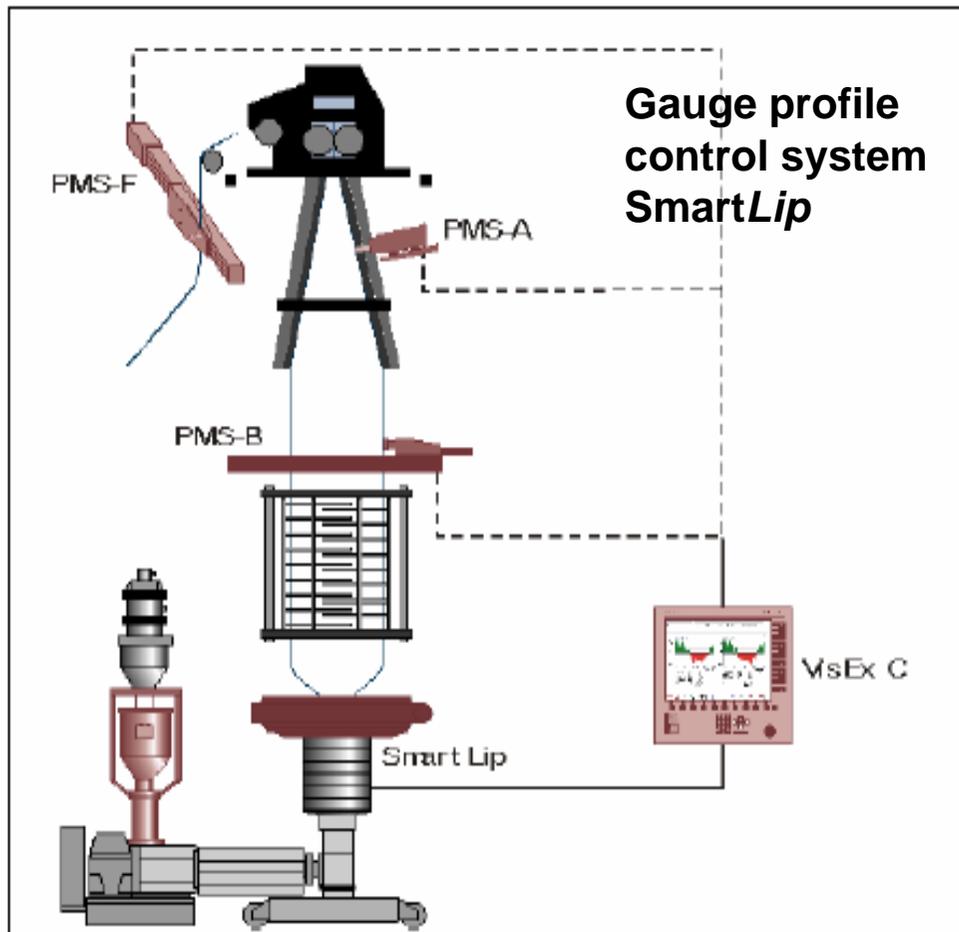
內部冷卻系統(IBC)



1. 膜管內的空氣是密閉的，會隨操作時間增長而逐漸升溫。
2. 安裝內部冷卻系統(IBC)可以將內部空氣頂部抽出，進行熱交換之後再由膜管底部注入，達到膜管內部冷卻的目的。
3. 膜管愈大或產能提高時，內部冷卻系統(IBC)將可以明顯改善膜管的冷卻速度。

膜厚自動監控及調整系統

利用膜厚自動監測及風環風量及溫度的自動調整，來修正薄膜厚度，達到厚度均勻($\pm 3\%$)的目標。



HDPE膜沿膜泡長度方向的特性變化

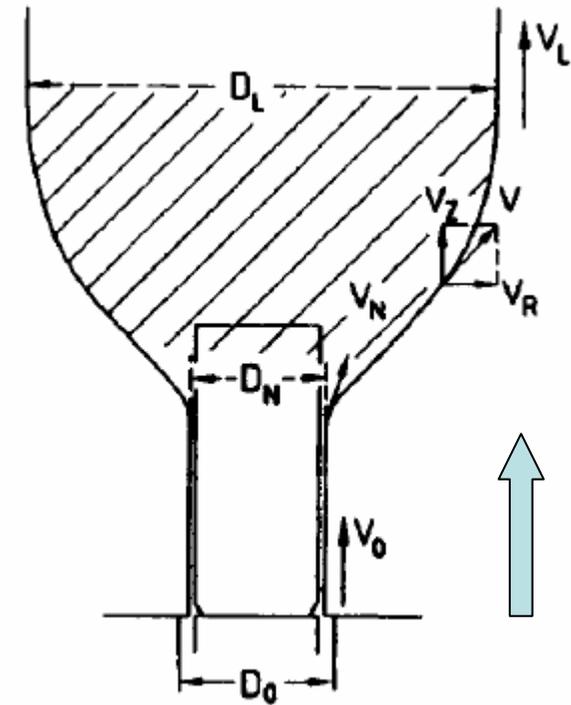
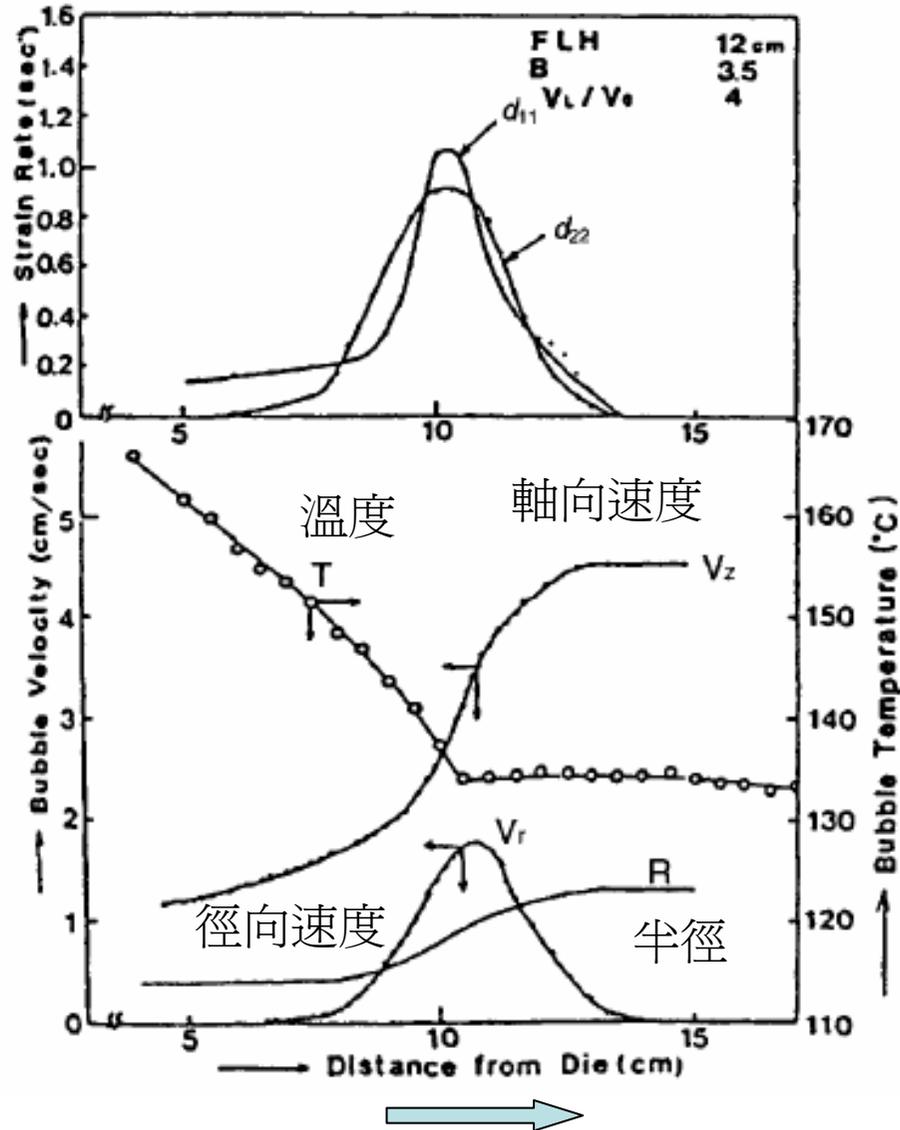
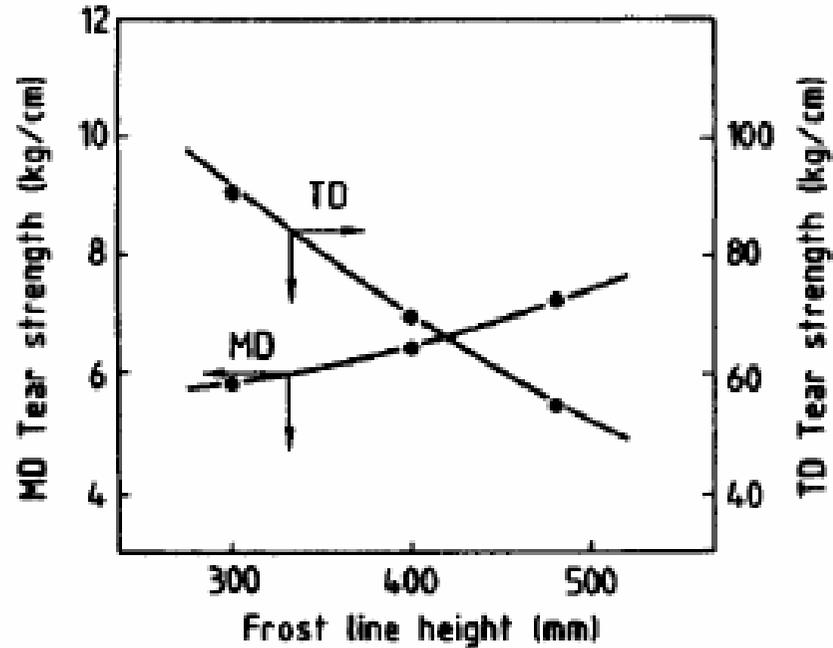


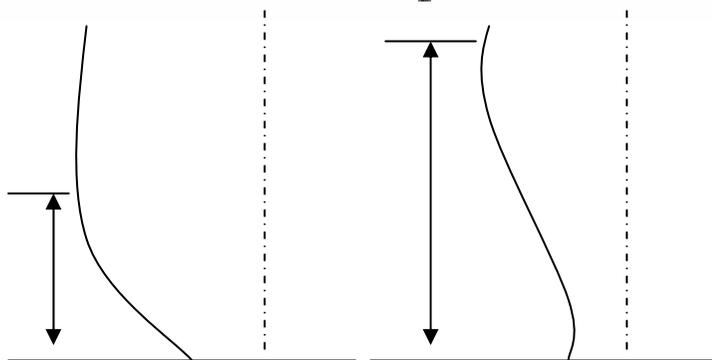
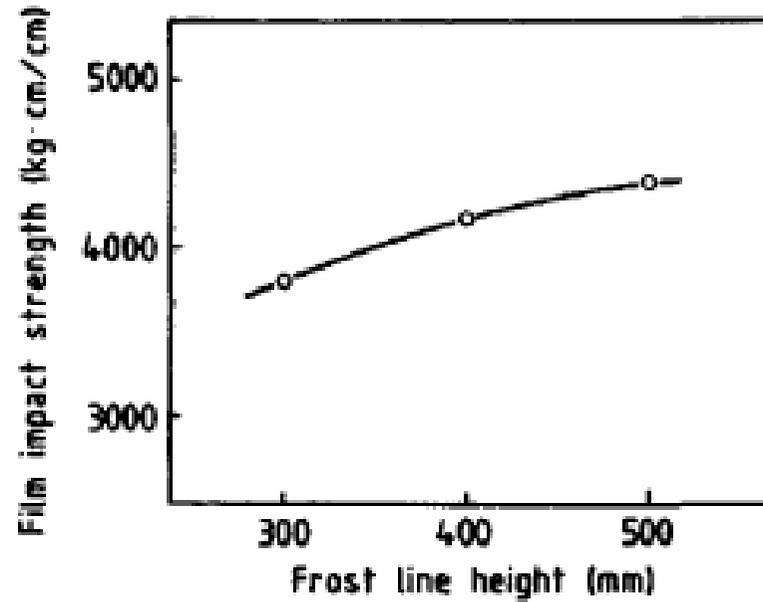
Figure 3.1.8 Local velocities v_1 , v_2 , deformation rates d_{p11} , d_{22} , and temperature T along the length of the bubble for HDPE with $v_L/v_0 = 4$, $B = 3.5$, $z_F = 12$ cm

冷線高度對HDPE薄膜機械性質的影響

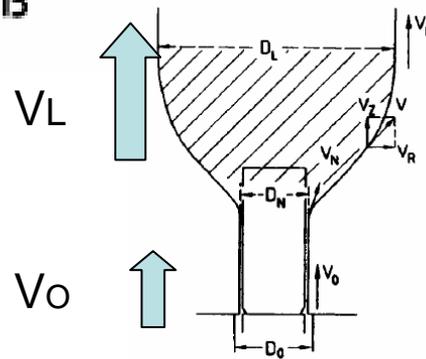
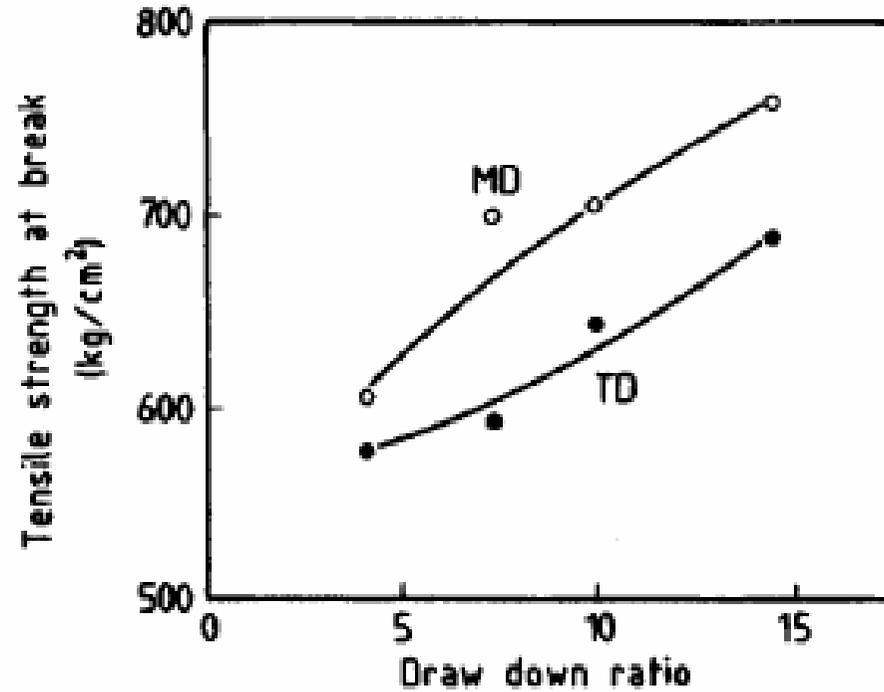
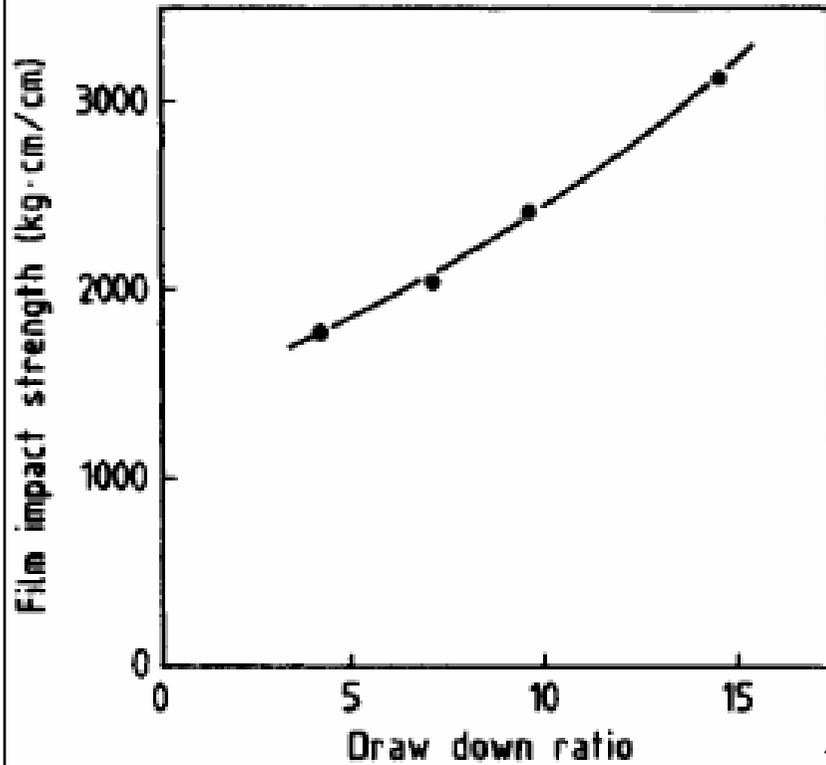
撕裂強度



衝擊強度

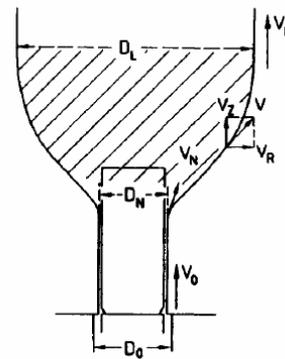
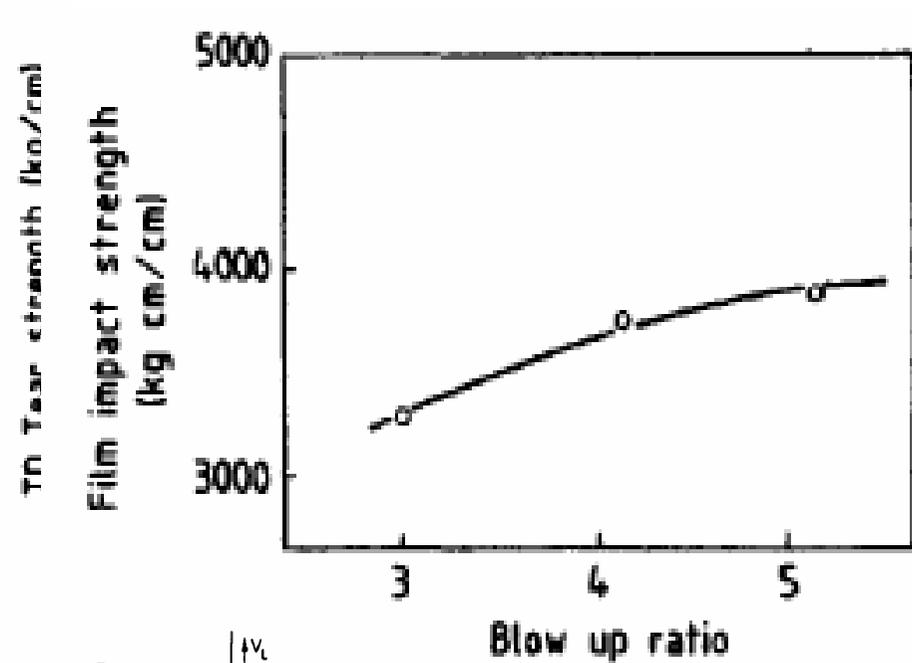
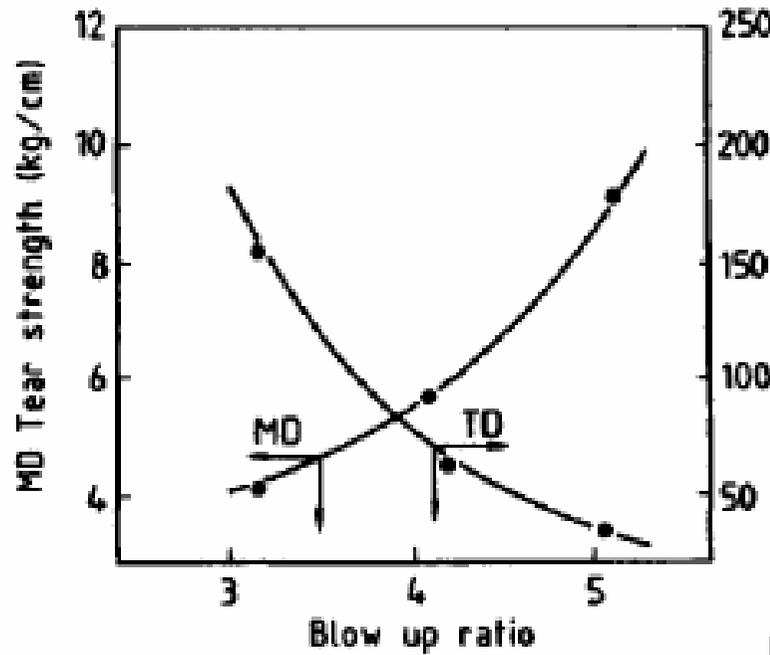


拉伸比對HDPE薄膜機械性質的影響



$$DDR = V_L / V_0$$

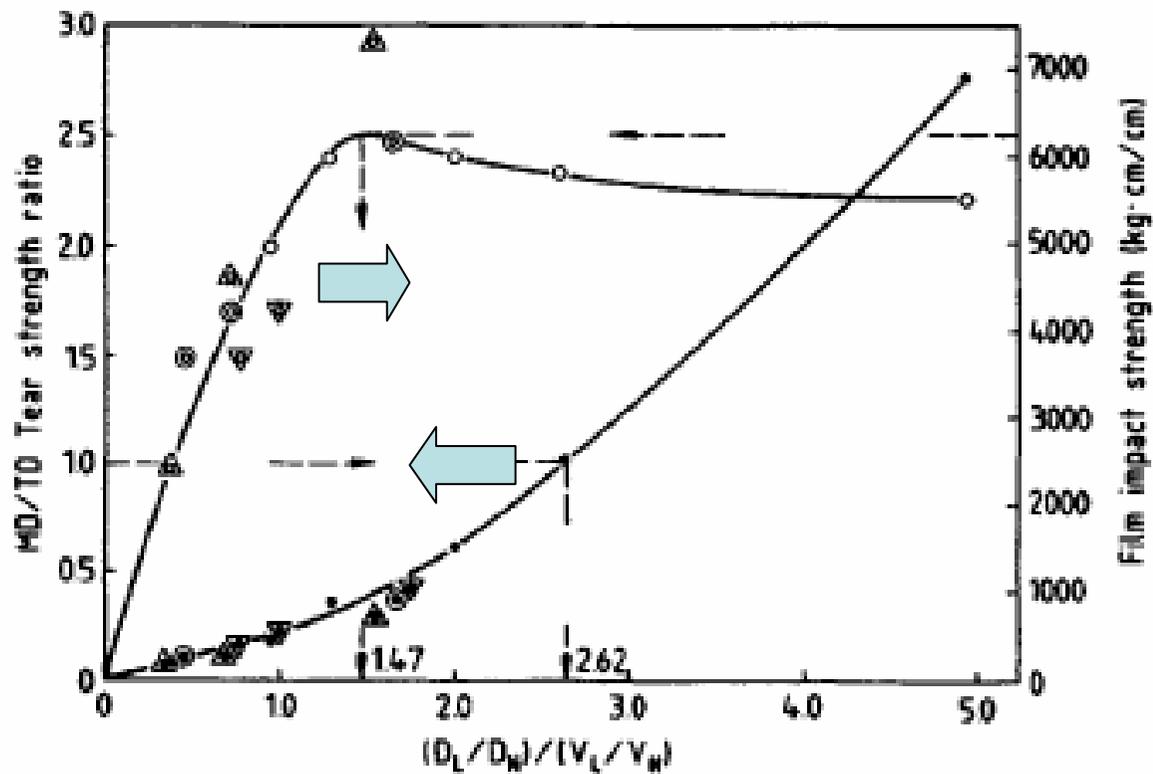
吹脹比對HDPE薄膜機械性質的影響



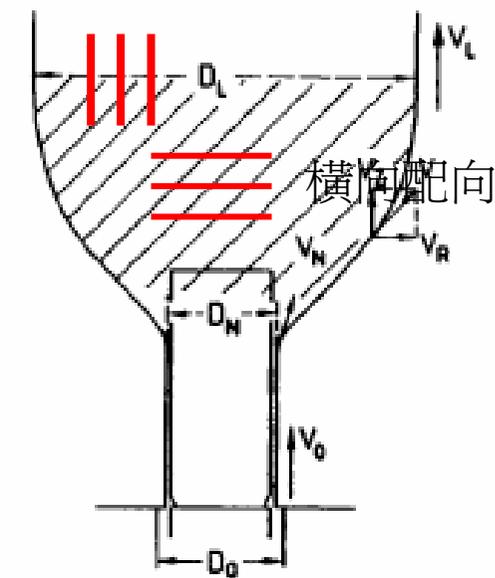
$$BUR = D_L / D_0$$

薄膜配向性對撕裂及衝擊強度的影響

配向性~吹袋比/拉伸比



縱向配向



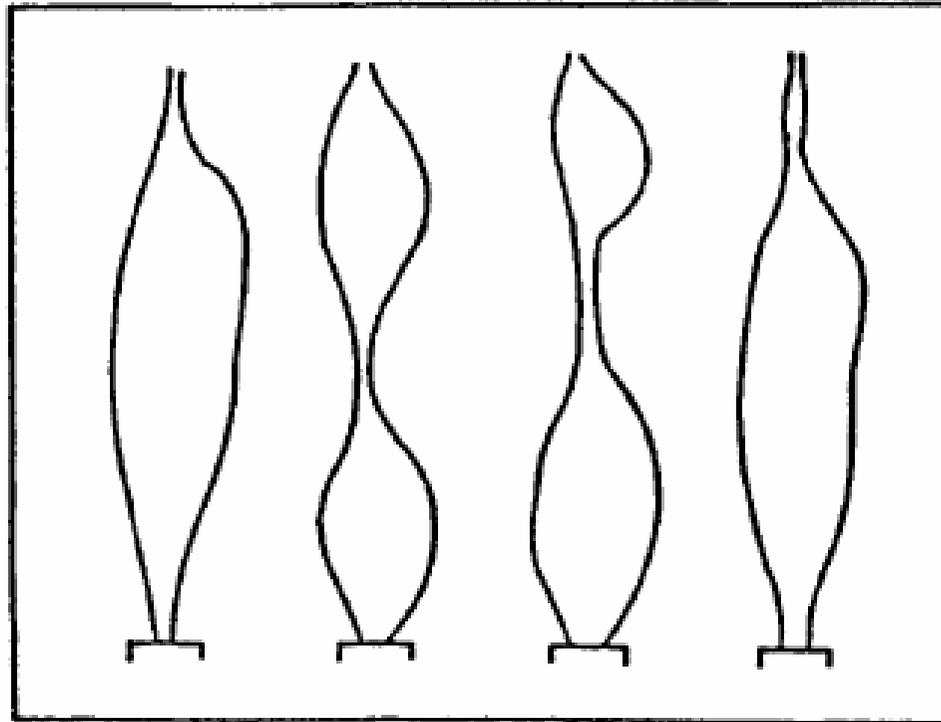
橫向配向

縱向配向較明顯

配向性

橫向配向較明顯

膜泡的不穩定性



不同塑料的穩定性比較

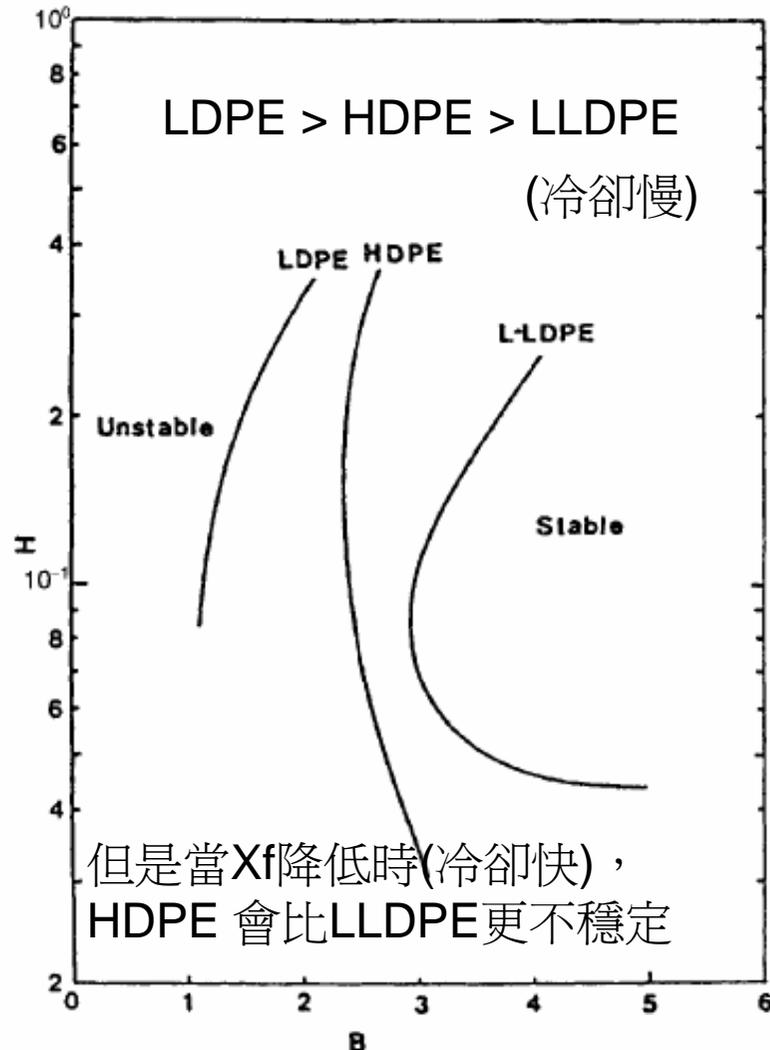
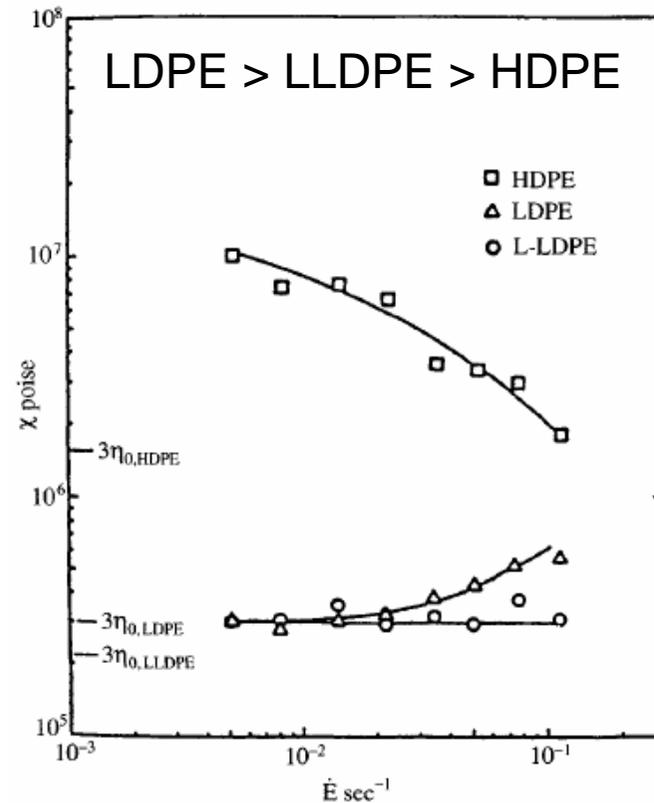


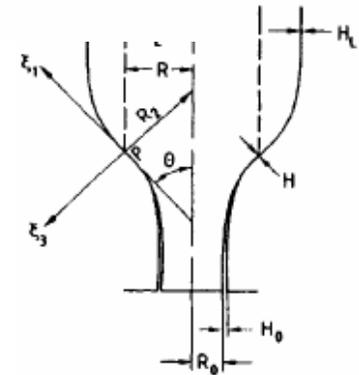
Figure 3.148(a) Plot of $H = H_L/H_0$ versus $B = R_L/R_0$ showing regions of stable and unstable behavior for LDPE, LLDPE, and HDPE, $X_f = 16$

延伸黏度



Deformation-rate hardening should be stabilizing

$$H^* = \frac{H_L}{H_0} \quad B^* = \frac{R_L}{R_0} \quad X_F = \frac{z_F}{R_0}$$



吹膜模頭-巢穴式與堆砌式之比較

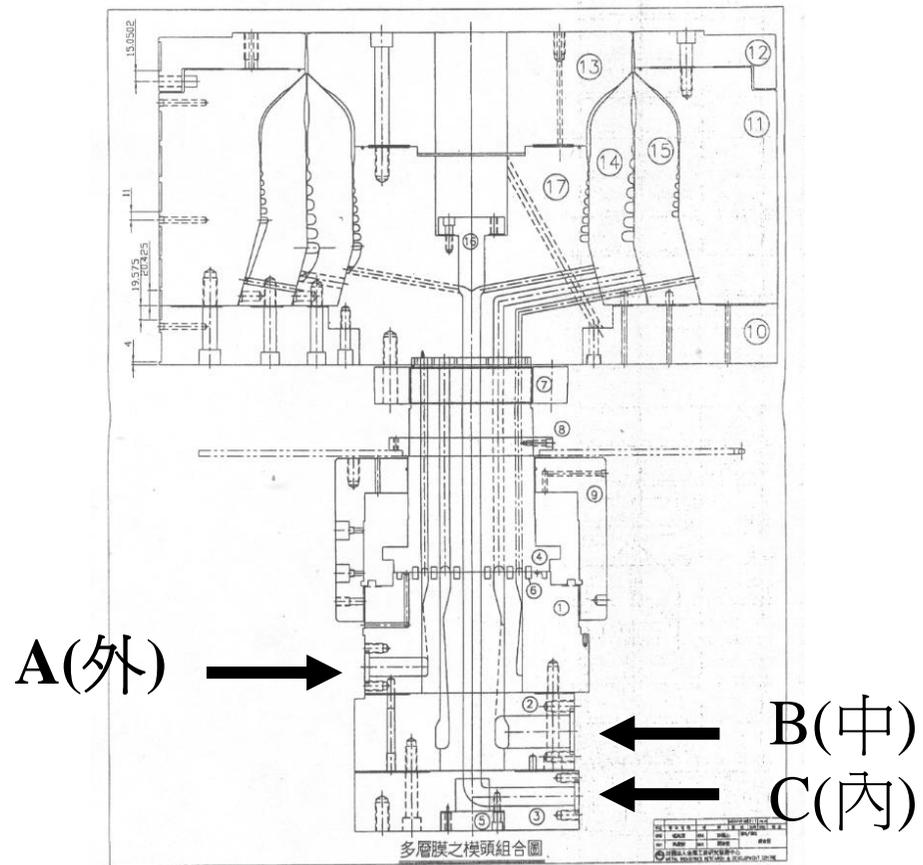
■ 巢穴式共押模頭（2~4層）

- 層數的變換較沒有彈性。
- 內外層滯流時間差異大，因此易造成外層熔膠發生熱劣解。
- 各層相互間的熱阻不佳，將造成各層熔膠相互影響。

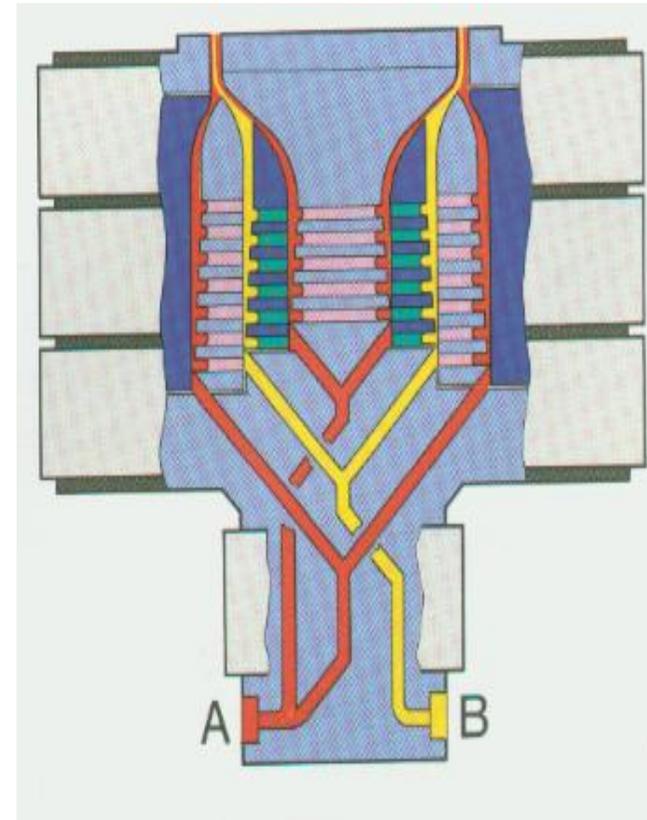
■ 堆砌式共押模頭（5層以上）

- 每層熔膠有各別的進料塊，且層數改變時模頭修改容易。
- 每個進料塊有相同的直徑。
- 側向進料，利用分配管將熔膠均勻分散至整個圓周。
- 每個進料塊可獨立控溫，且組塊間可作適當的隔熱設計。

巢穴式共押多層吹膜模頭

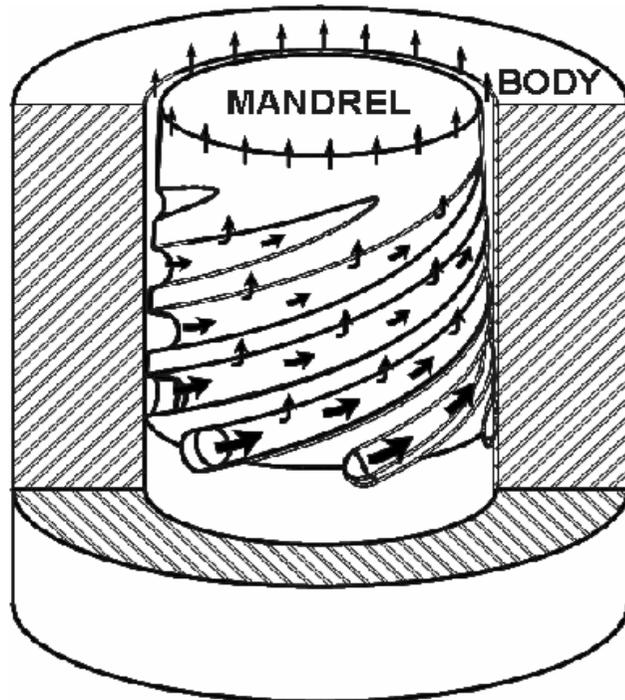


A/B/C三層結構



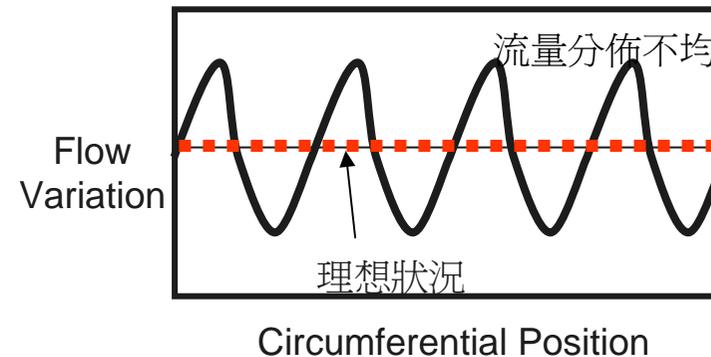
A/B/A三層結構

利用螺旋軸心導引|熔膠流動



設計適當
厚度均勻

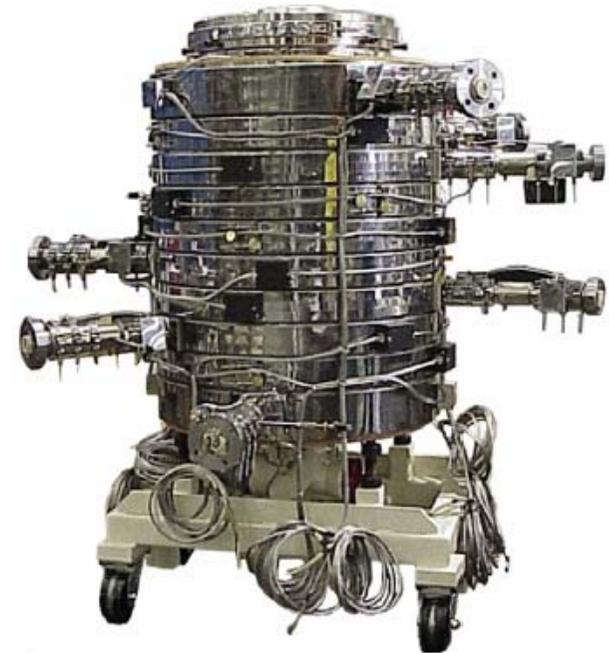
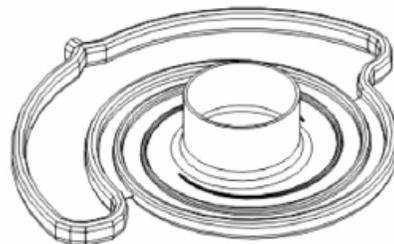
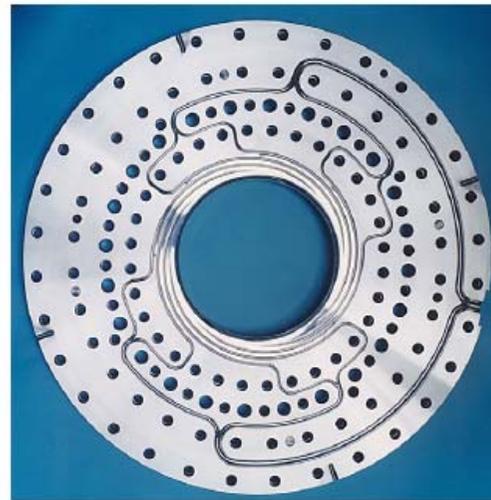
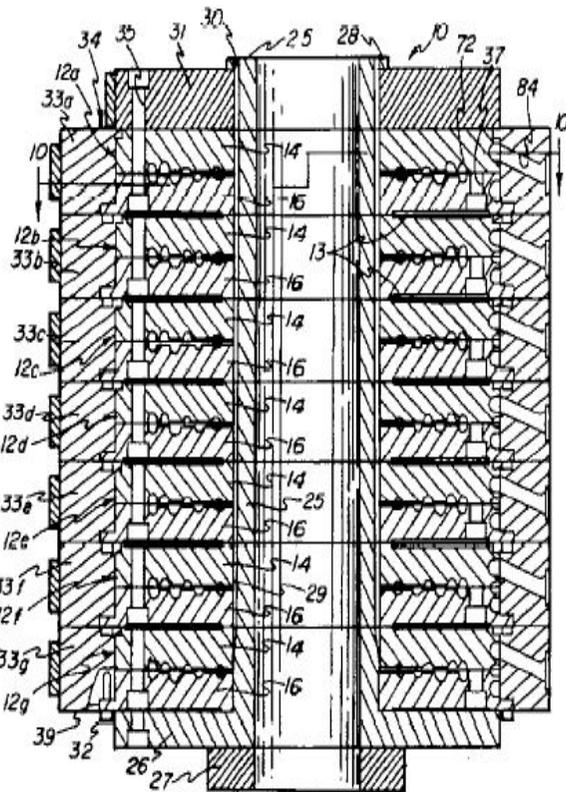
設計不當
厚度的週
期等於螺
旋溝數目



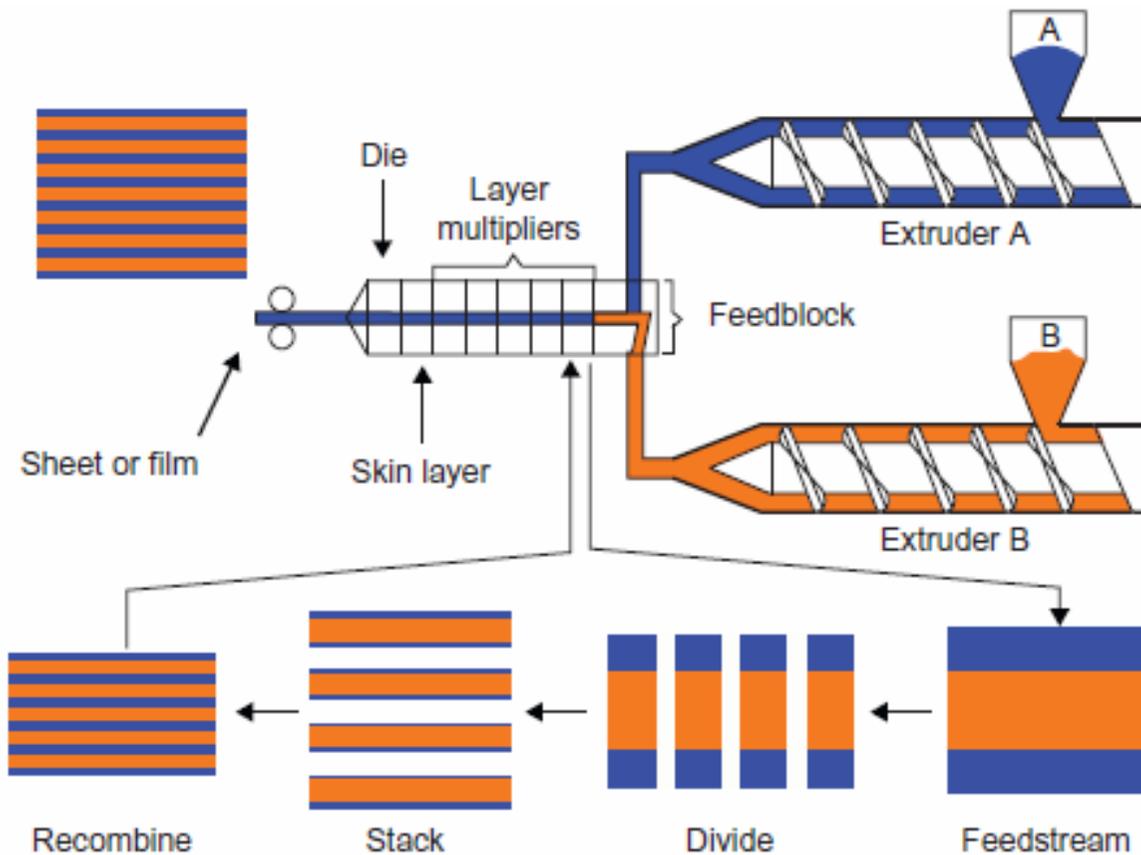
■熔膠進入螺旋軸心模頭，是經螺旋溝將熔膠導引成環形流場，各螺旋溝的熔膠會互相混合，使熔膠在螺旋段出口沒有結合痕，這是最大的優點。但螺旋溝如果沒有設計得很好，熔膠在螺旋段出口的流量分佈，會呈週期性波動，且流量高峰的數目會與螺旋溝的數目相等。

堆砌式側向進料共擠押吹膜模頭

- 使用多個具有平面螺旋溝槽之進料塊堆疊而成
- 適合較多層之結構薄膜共押，一般五層以上。

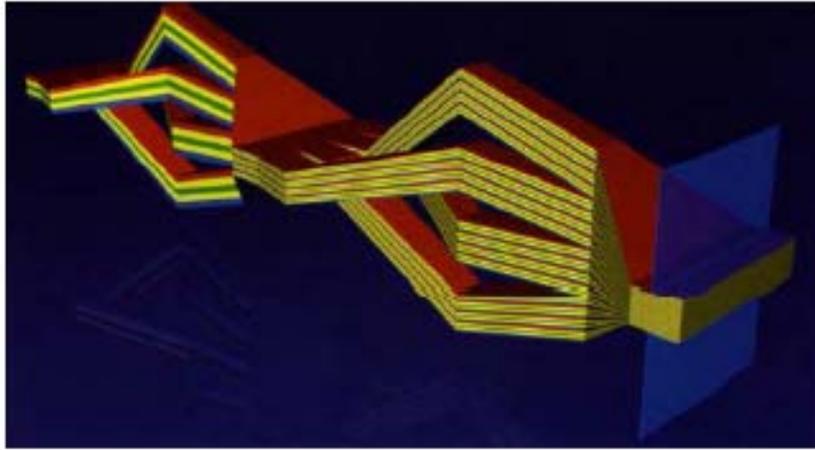


層數倍增(>200層)的技術原理

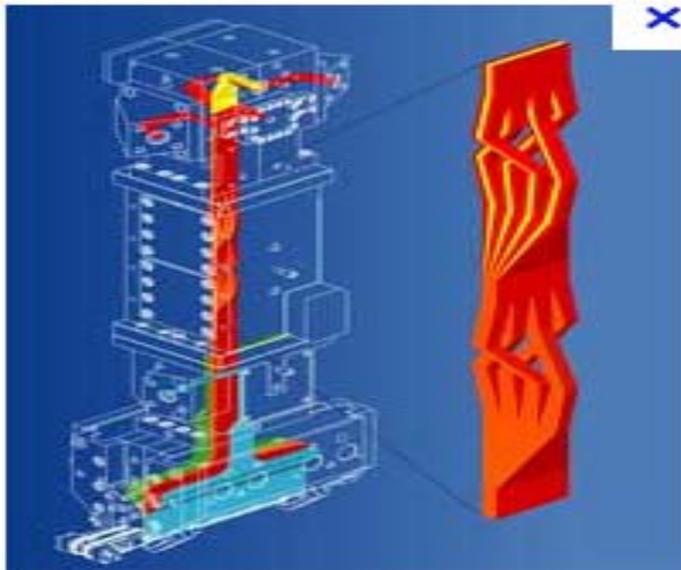


Schematic of layer multiplication technology. Source: Taken from Dooley et al. (2011).

層數倍增的進料塊



Multi-layer feed-block concept



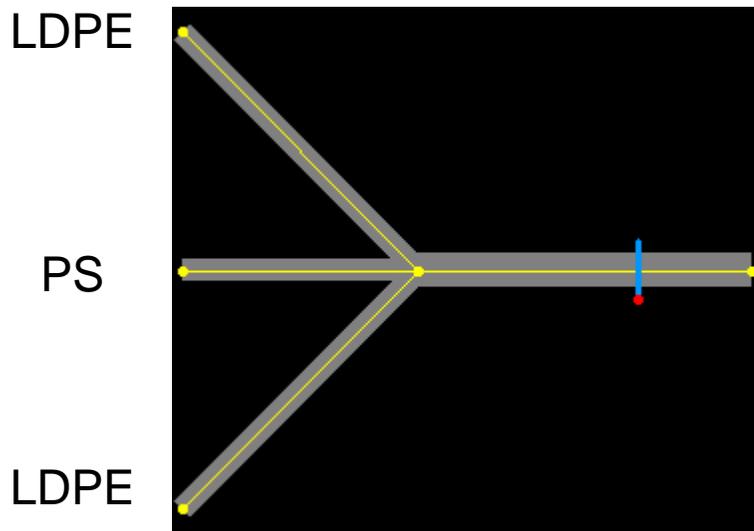
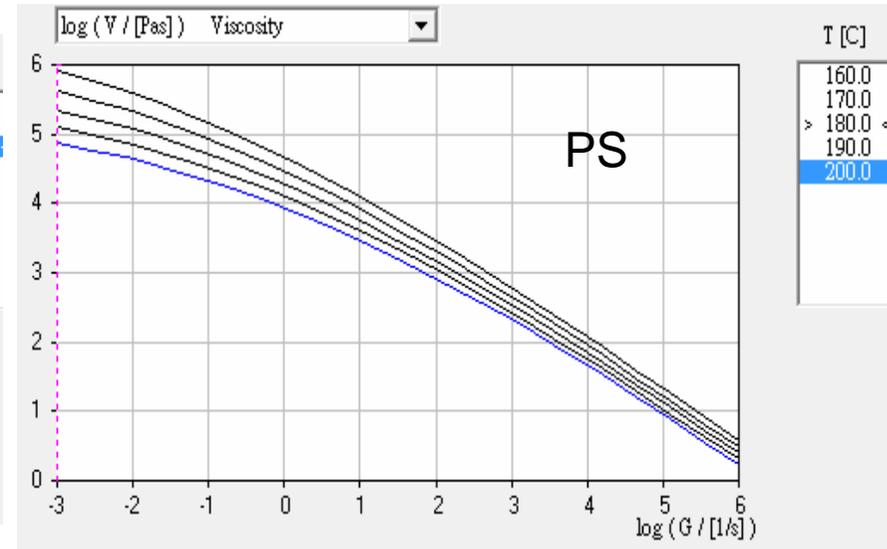
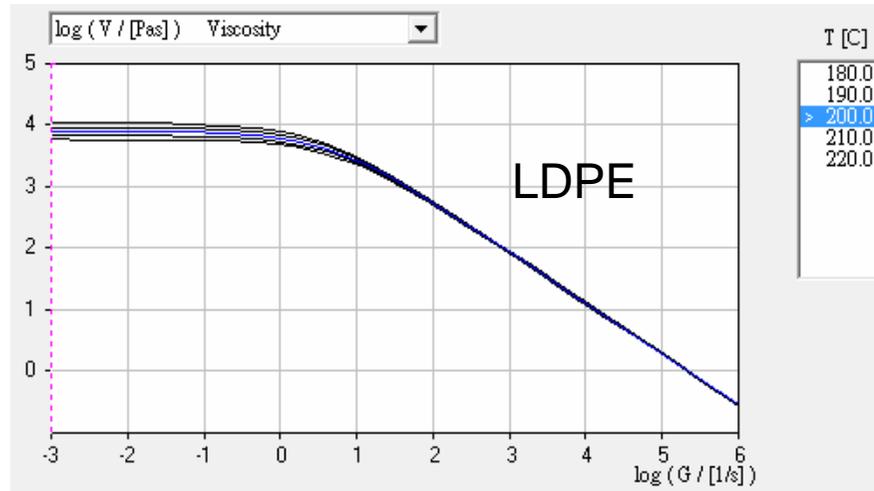
Feed-block/dies for producing 514 layered film (Cloeren, NPE 2009)

內容

以軟包材爲例(進行下列各步驟的說明及考量重點)

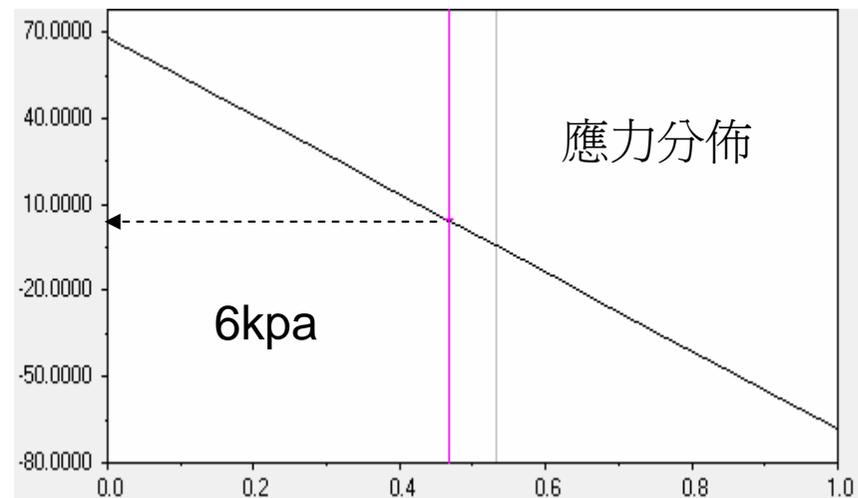
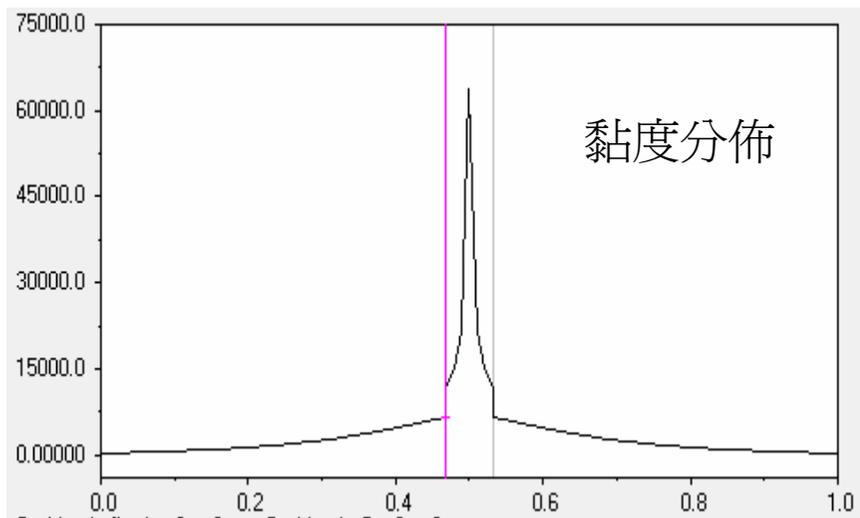
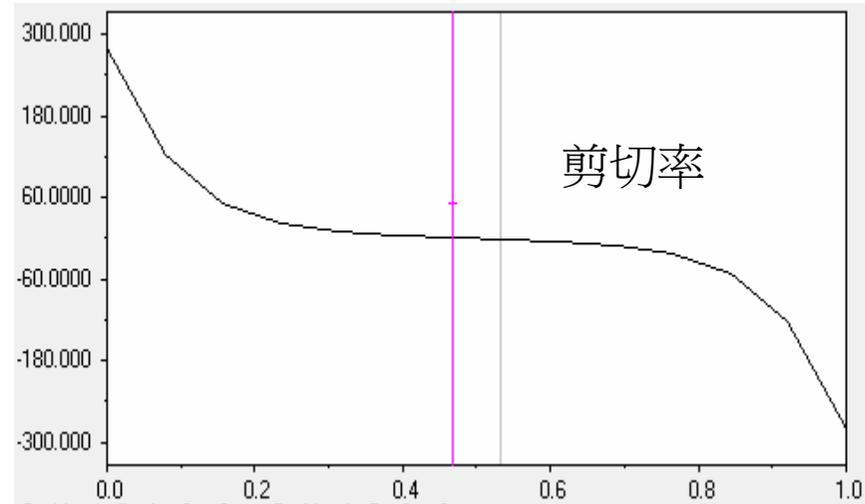
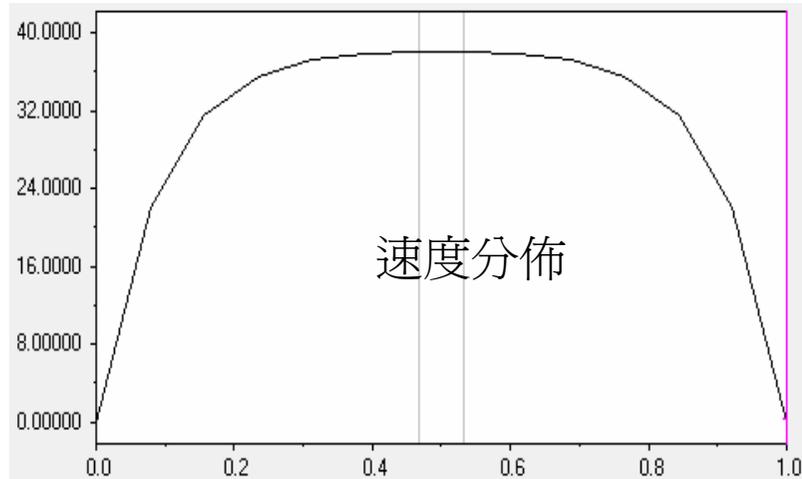
- 多層膜的應用
- 如何進行各層塑料的搭配選擇
- 多層膜的層厚設計
- 如何進行共擠押加工
- 界面特性分析
- 界面不穩定現象的發生原因解析

LDPE/PS/LDPE共押出

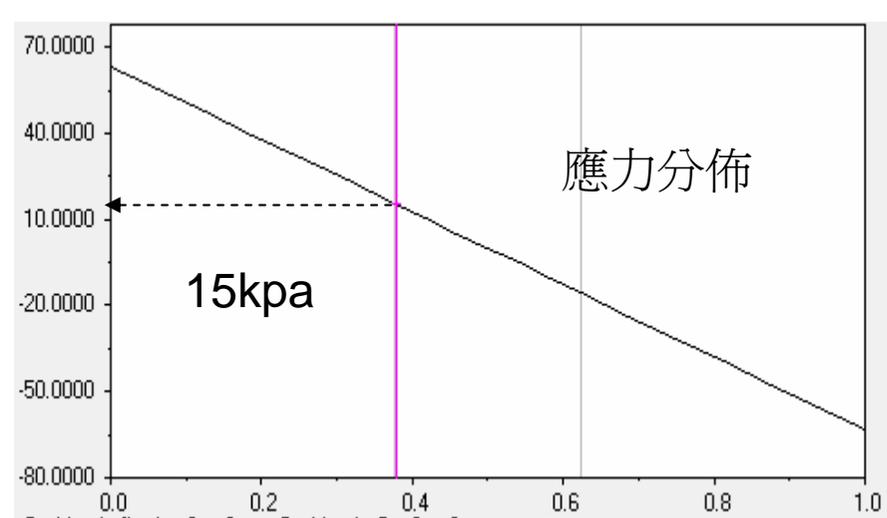
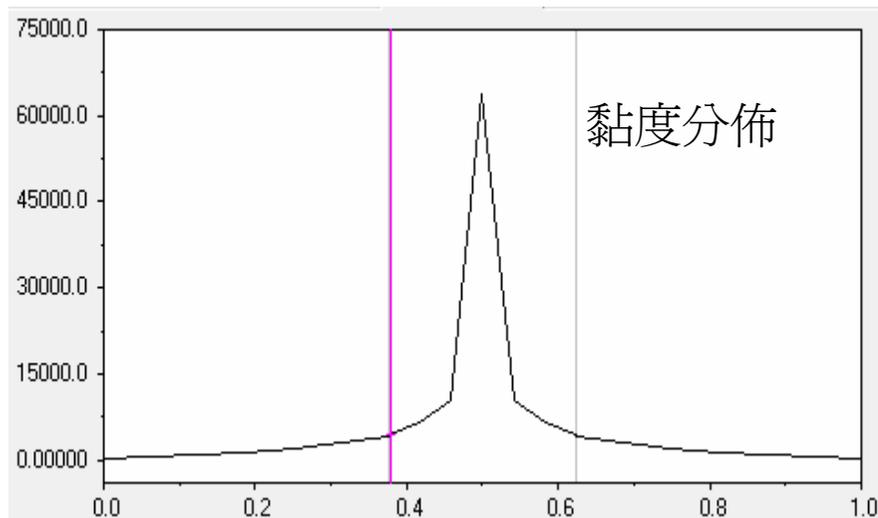
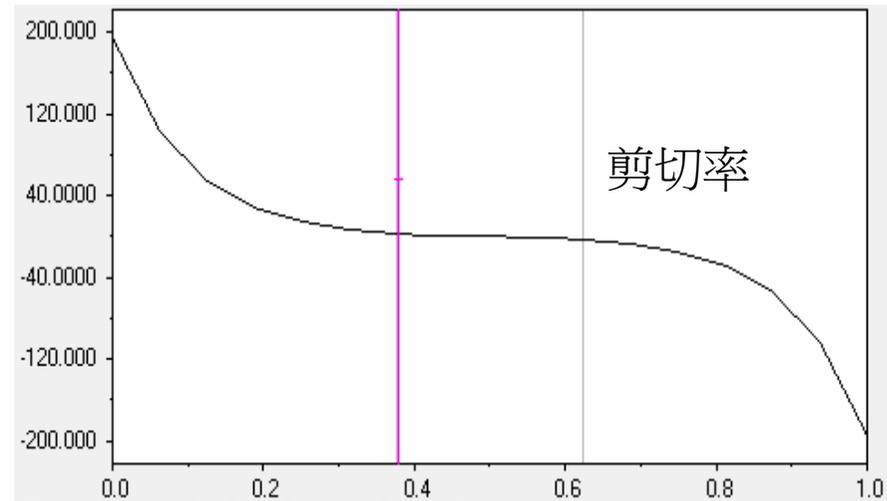
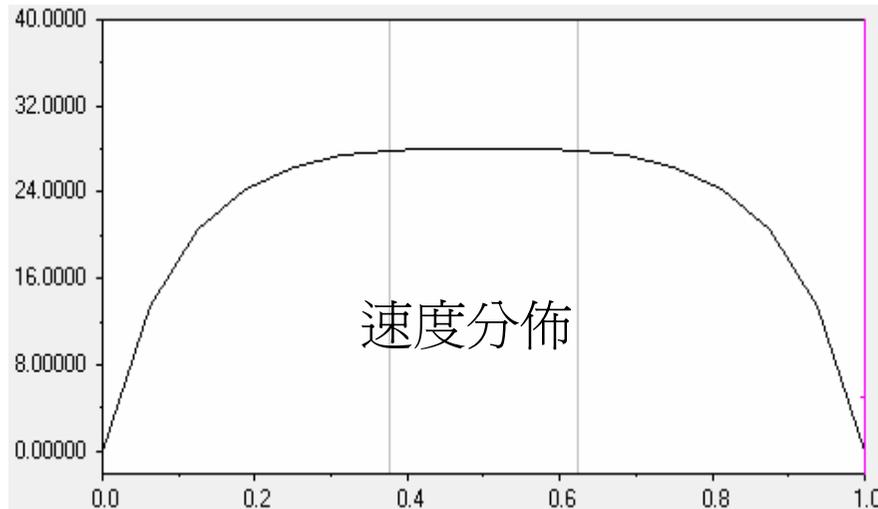


- 速度分佈
- 剪切率
- 界面黏度差異
- 界面應力大小

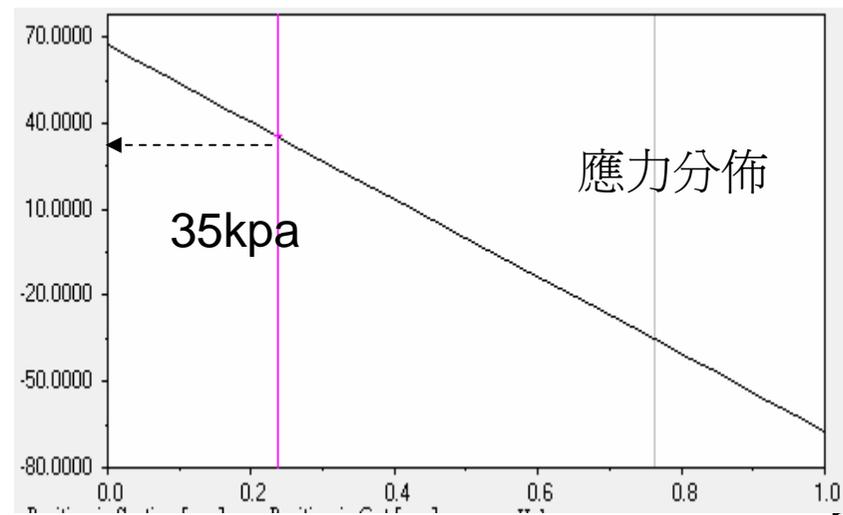
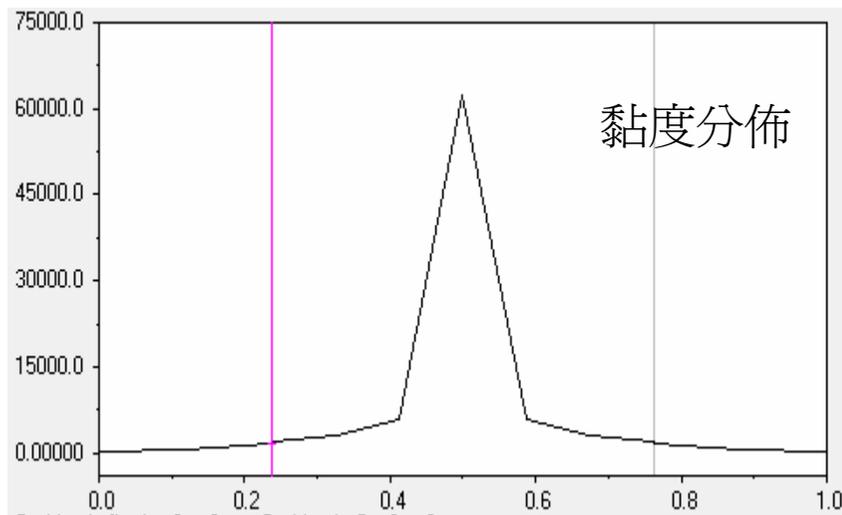
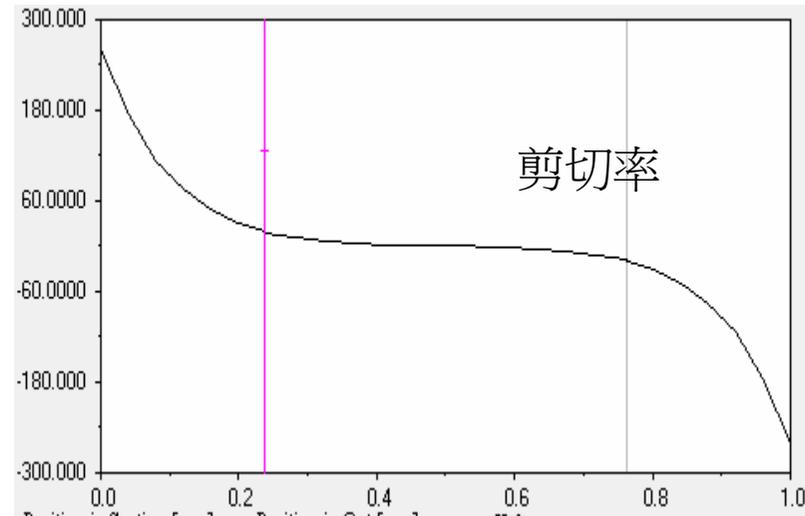
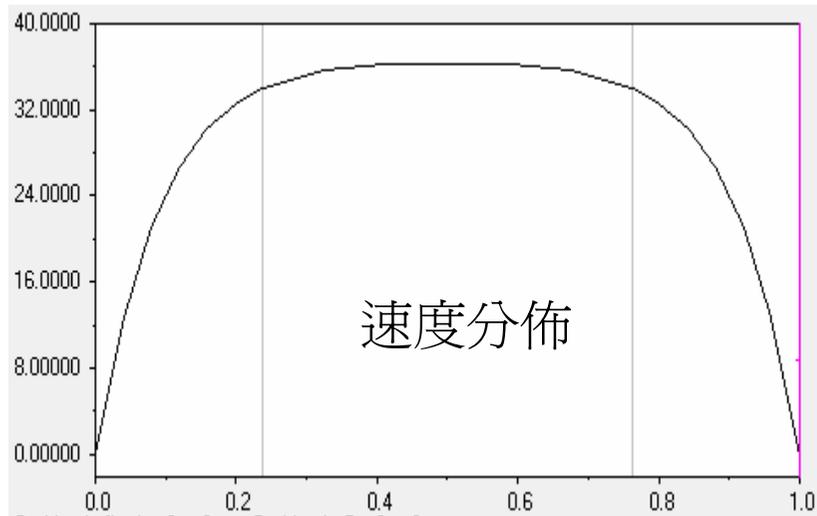
LDPE/PS/LDPE層厚比46/8/46



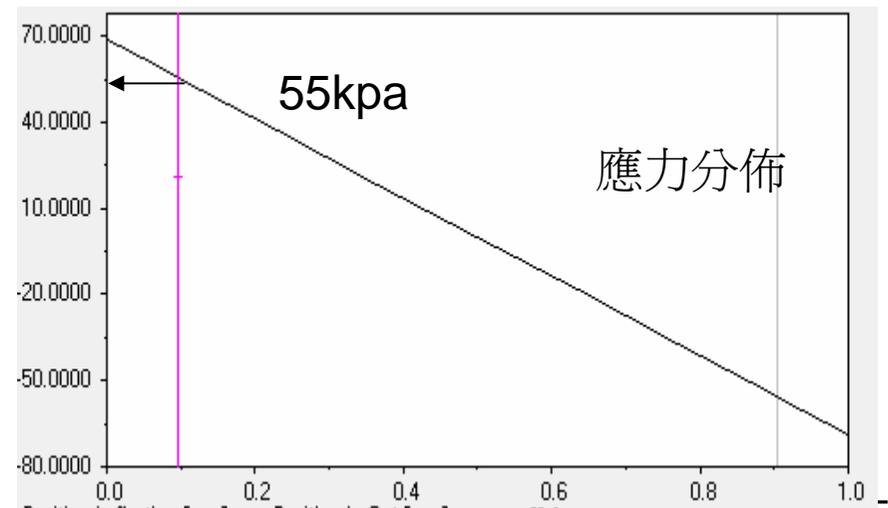
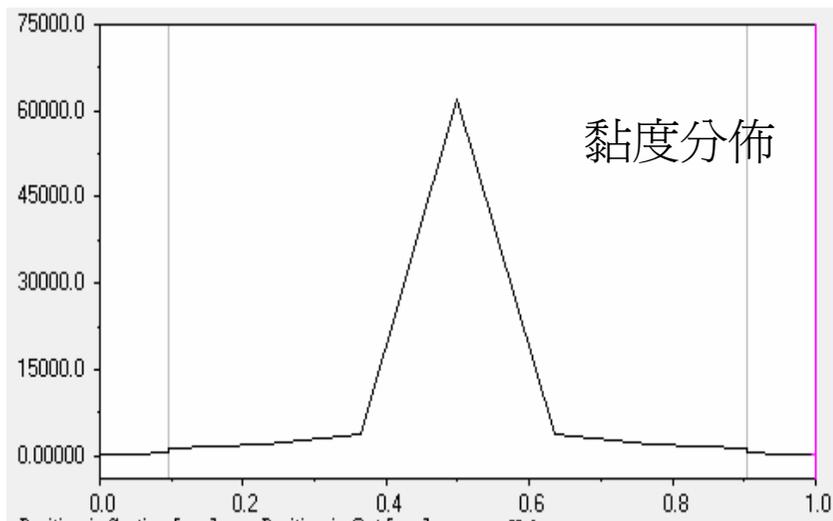
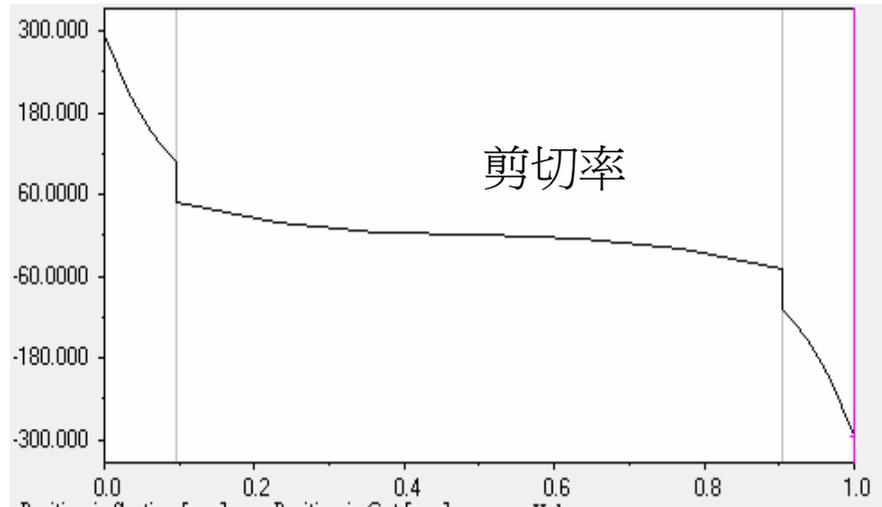
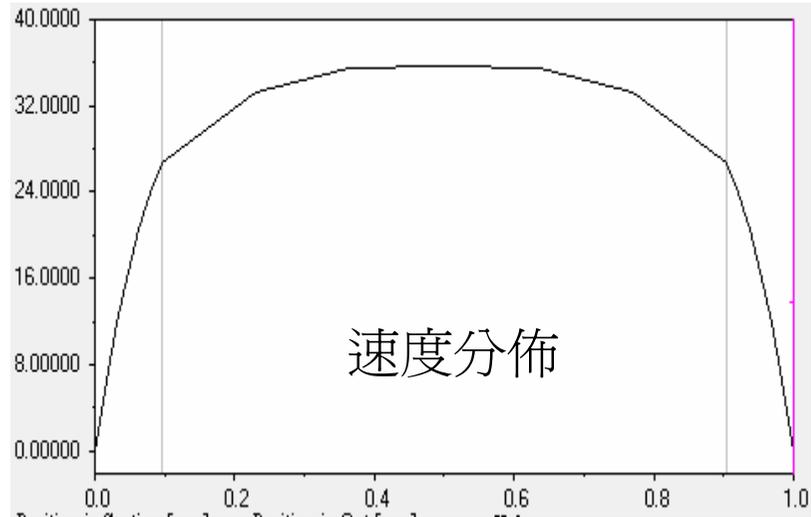
LDPE/PS/LDPE層厚比27/46/27



LDPE/PS/LDPE層厚比19/62/19

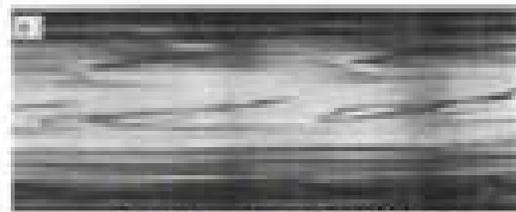


LDPE/PS/LDPE層厚比5/90/5



小結

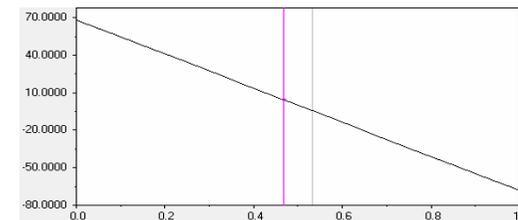
- 當層厚比差異大，界面移往模避附近，界面應力會逐漸增加，將造成界面出現不穩定現象。



$h_{12}/h_{LDM}/h_{13}=46/8/46$

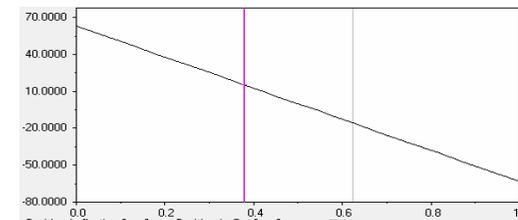
界面應力

6kpa



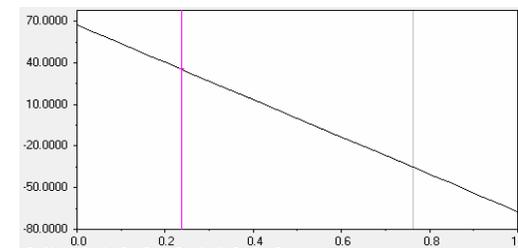
$h_{12}/h_{LDM}/h_{13}=27/46/27$

15kpa

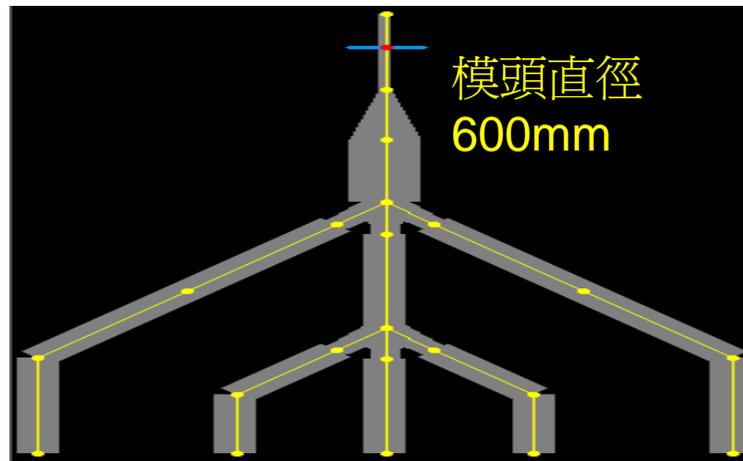
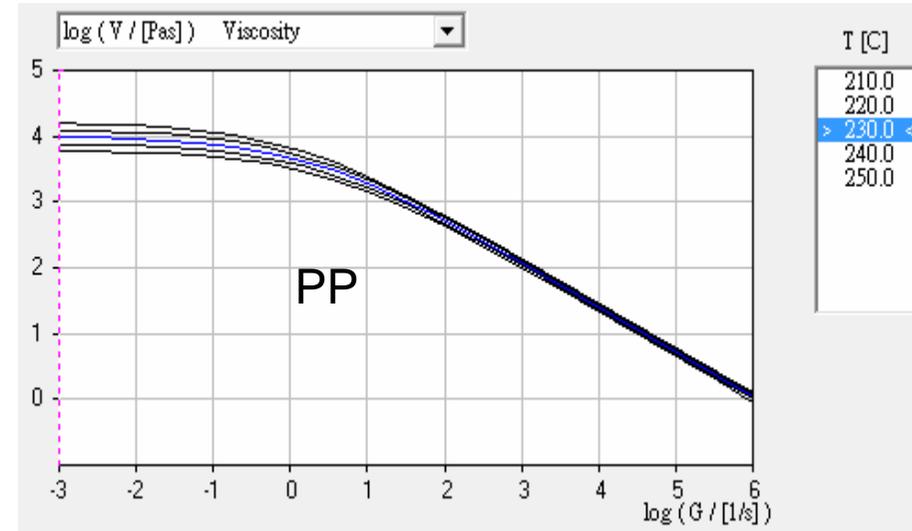
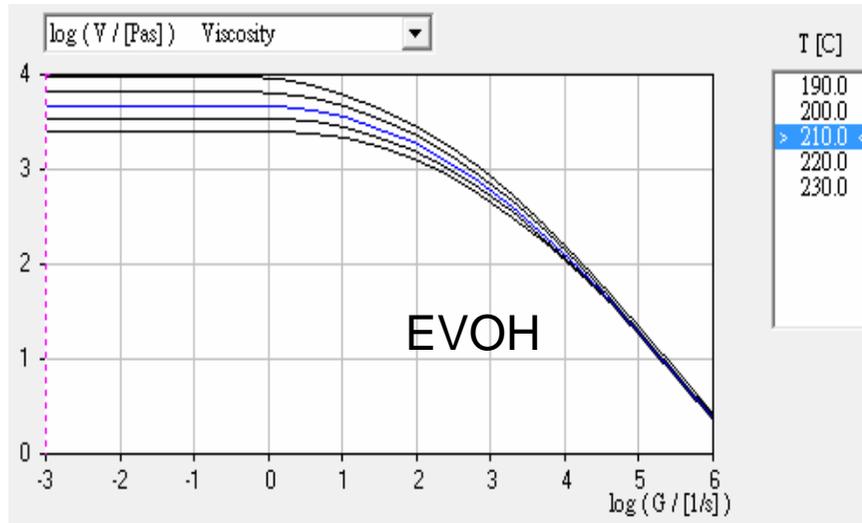


$h_{12}/h_{LDM}/h_{13}=19/62/19$

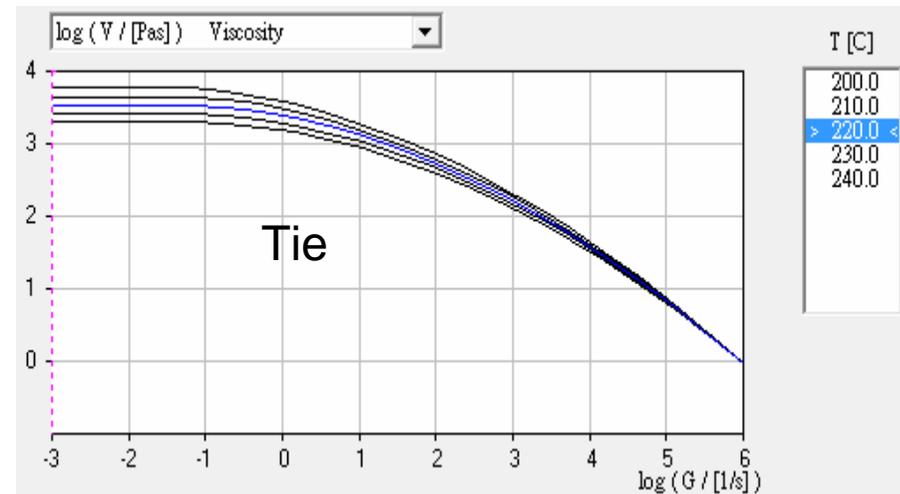
35kpa



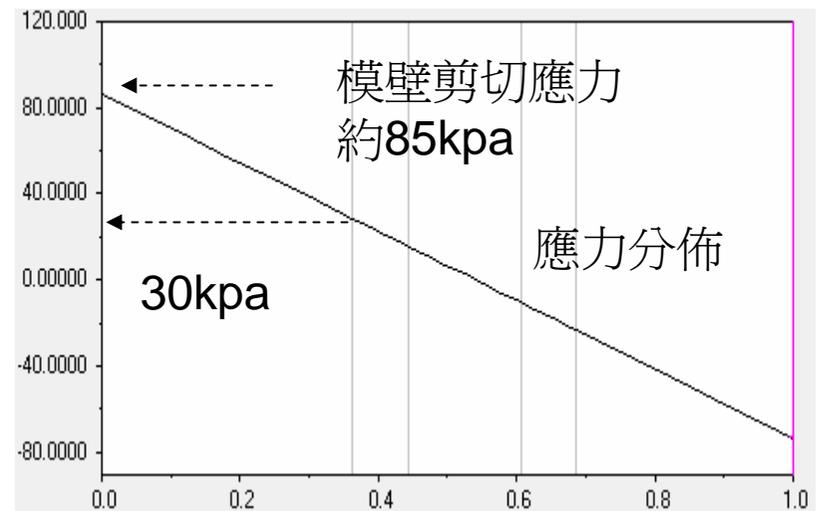
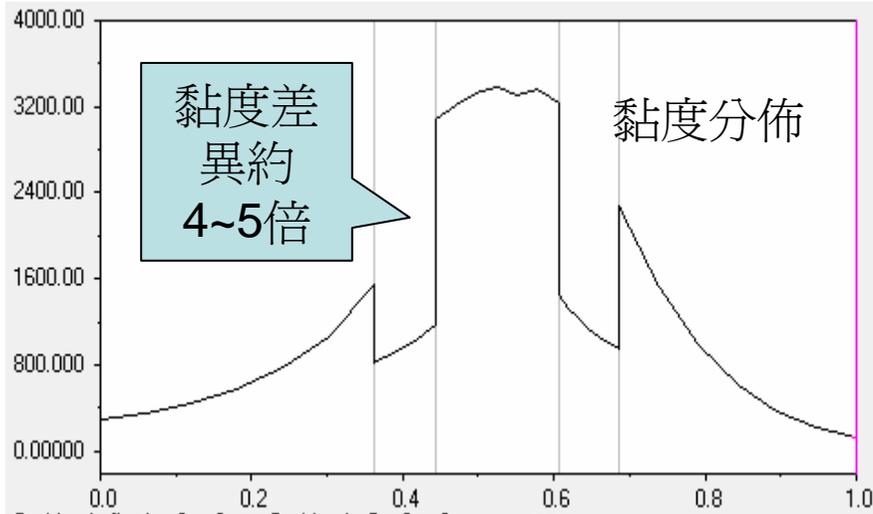
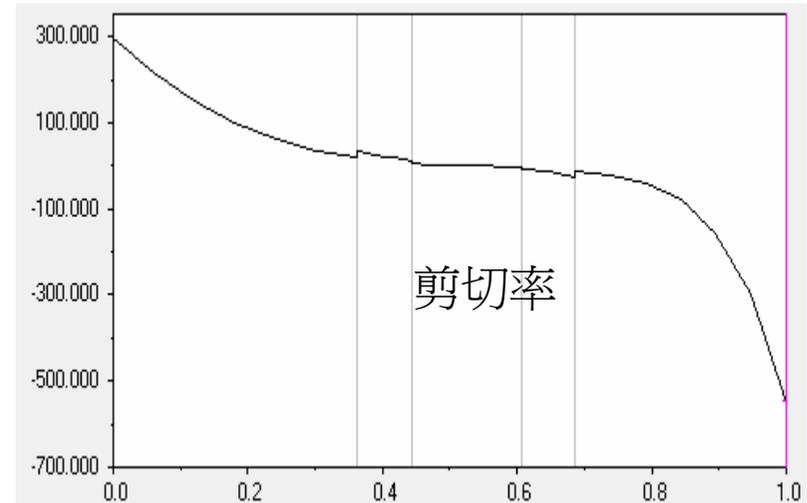
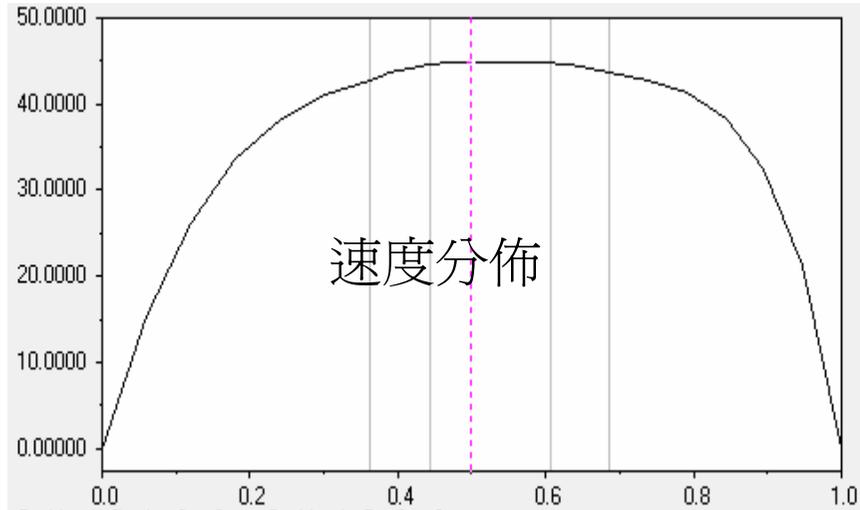
五層PP/Tie/EVOH/Tie/PP共押出



PP Tie EVOH Tie PP



PP/Tie/EVOH/Tie/PP : 層厚 30/10/20/10/30 μm



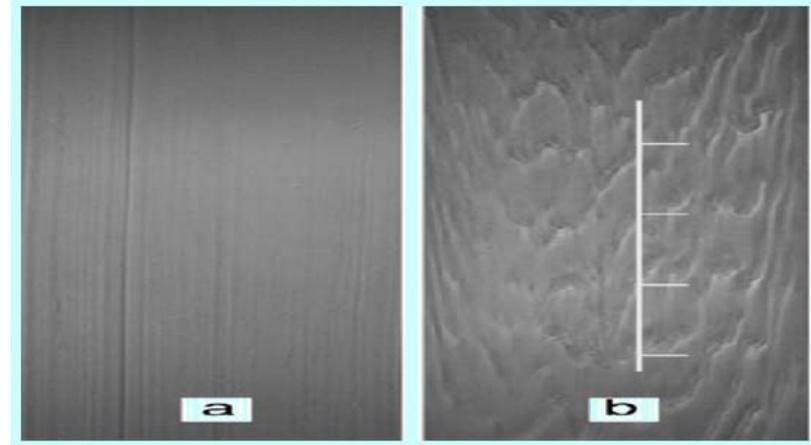
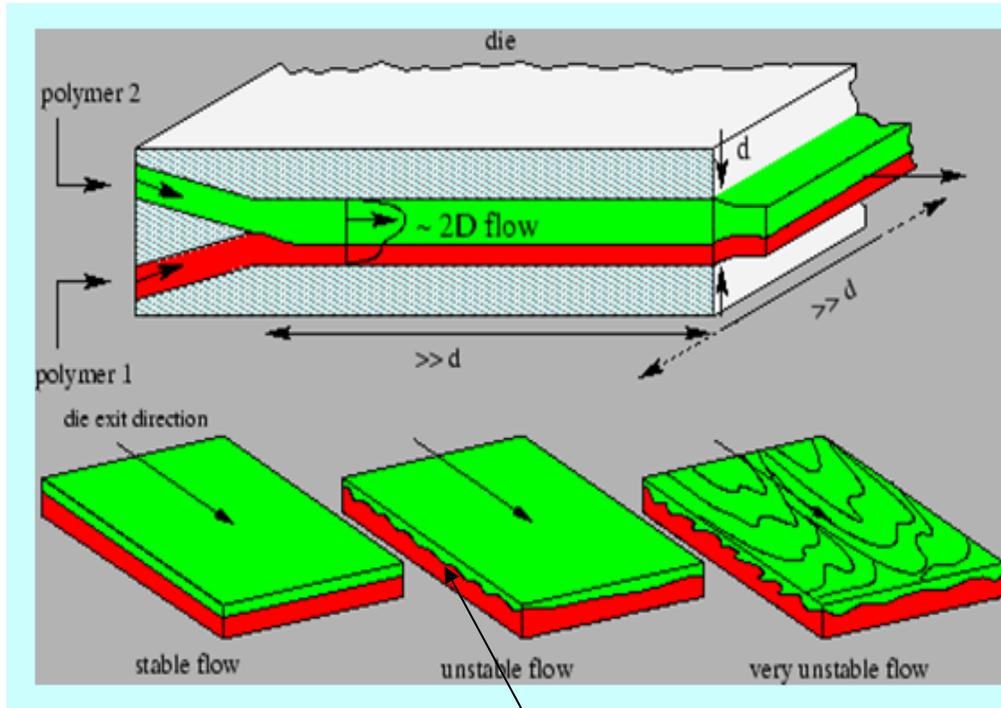
內容

以軟包材爲例(進行下列各步驟的說明及考量重點)

- 多層膜的應用
- 如何進行各層塑料的搭配選擇
- 多層膜的層厚設計
- 如何進行共擠押加工
- 界面特性分析
- 界面不穩定現象的發生原因解析

共擠押的界面不穩定

Evolution of interfacial instability for various parameters.



(a) stable; (b) unstable.

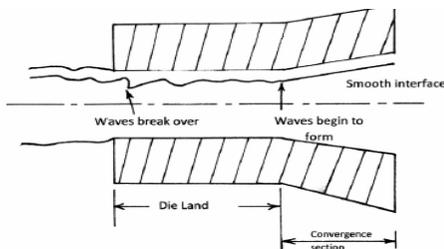
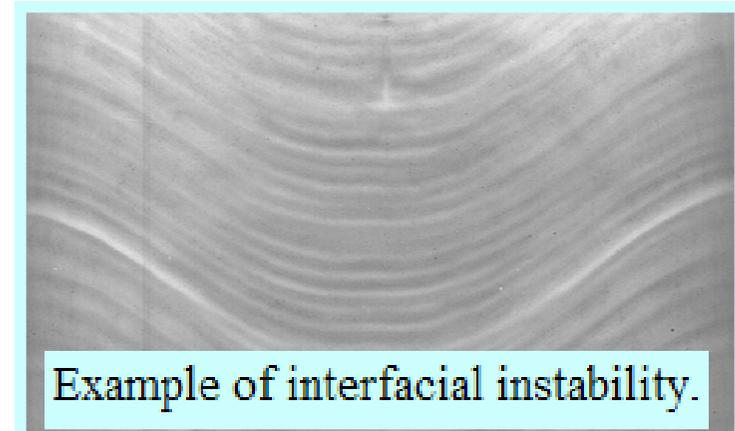


Fig. 6-31 Onset of 'zig-zag' type melt disturbance to stress level in the final land (Redrawn from [22]).



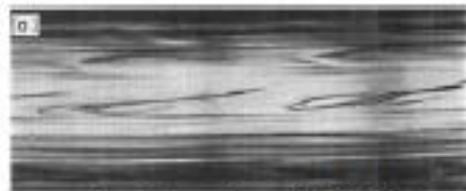
Fig. 6-29 Cross-section of wave-like melt disturbance of core layer entering the skin layer.



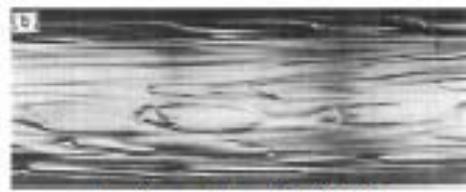
Example of interfacial instability.

界面應力超過某一臨界值

- 當兩熔膠在模頭內部接觸時若界面應力超過某一臨界值而導致正向應力的不平衡所造成的。



$h_{PS}/h_{LDPE}/h_{PS}=46/8/46$

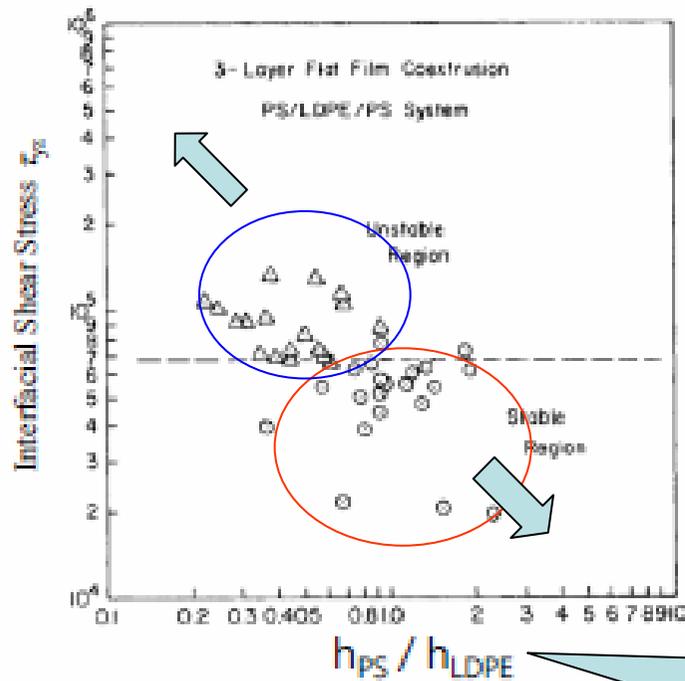


$h_{PS}/h_{LDPE}/h_{PS}=27/46/27$

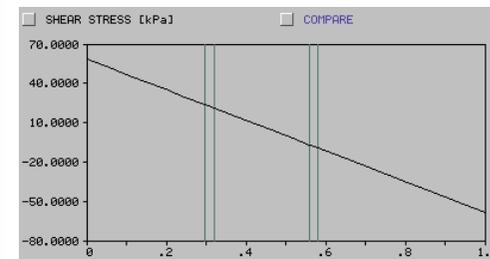
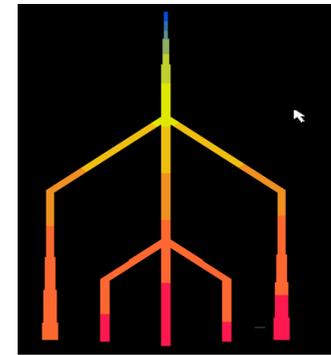


$h_{PS}/h_{LDPE}/h_{PS}=19/62/19$

● 黏度較高的外層層比降低時，界面會紊亂

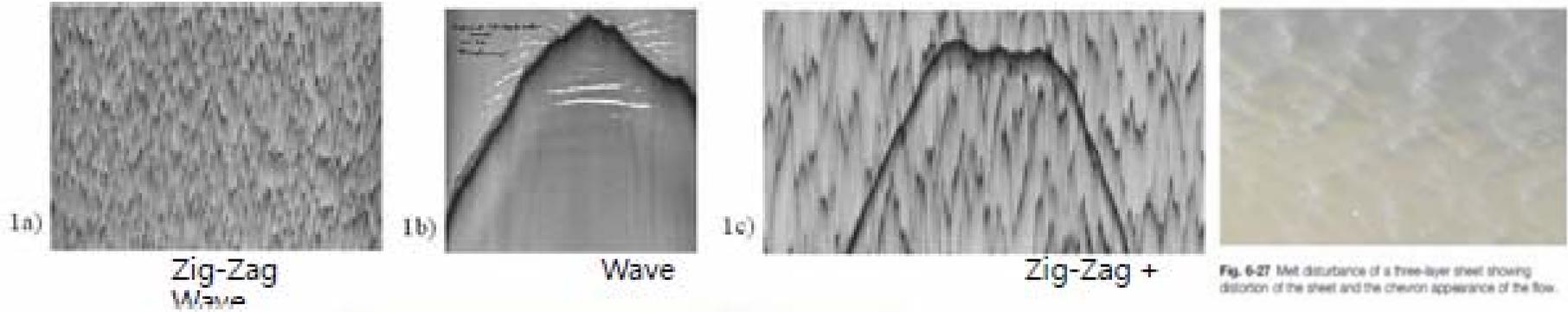


○ 200°C、△ 220°C

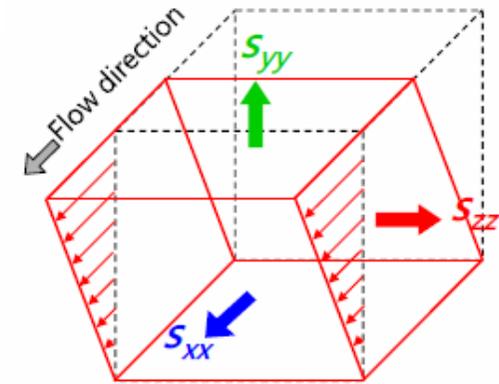
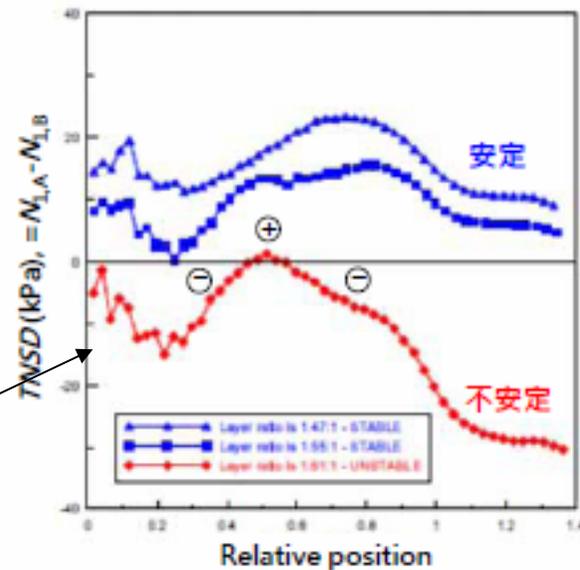


因PS在上下側，所以PS增加時，界面會比較靠近中間，界面應力較小

界面處各層的法向應力差發生正負方向改變



界面處各層的法向應力差($N_{1,A}-N_{1,B}$)發生正負方向改變



第一法線應力差 $N_1 = S_{xx} - S_{yy}$

第二法線應力差 $N_2 = S_{yy} - S_{zz}$

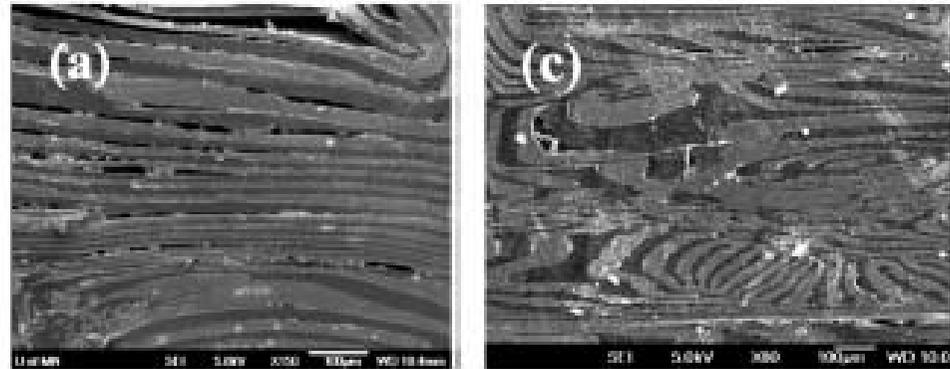
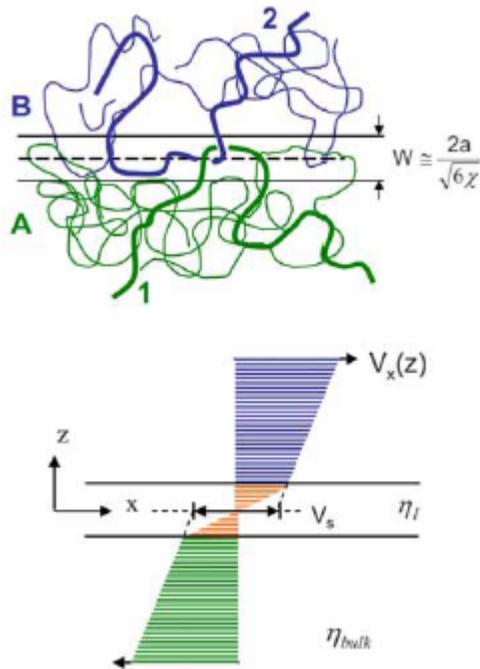
x: 流動方向

y: 有速度角度的方向

z: 中立方向

界面滑移

- 相溶性不佳，界面的糾纏少
- 高剪切下，剪薄性質使各層熔膠的黏度降低，且差異擴大
- 高剪切下，剪薄性質使各層熔膠順向排列，降低糾纏程度



●界面發生滑移造成層比不均

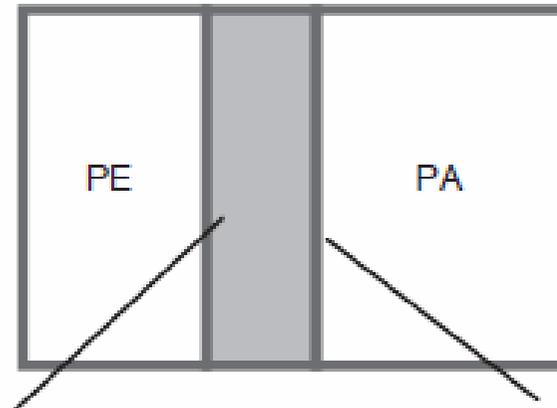
改善Zig-Zag界面不穩定的方法

- 降低總押出量，可以降低熔膠內各處的應力。
- 增加表皮層的厚度，可將界面位置移離高應力區(模壁附近)。
- 降低表皮層(**skin layer**)的黏度，例如將皮層溫度升高，或全部置換成黏度較低的材料。
- 增加模唇出口間隙，可以降低熔膠內各處的應力。

THE END

THANK YOUR ATTENTION

不同塑料的黏附性



Adhesive is based on ethylene copolymer to promote diffusion with PE

Adhesive contains anhydride or acid groups for chemical interaction with PA

Table 3.7 Chart of Adhesion Between Polymers

Polymer	HDPE	PP	PS	PA	EVOH	PVDC	PC
LDPE	G	P	P	P	P	P	P
LLDPE	G	G	P	P	P	P	P
ECO	F	P	X	P	P	G	F
EVA	G	G	G	P	P	G	F
EMA	G	G	X	P	P	G	F
EAA	F	P	P	G	P	P	P
ION (Na)	P	P	P	P	P	P	P
ION (Zn)	P	P	P	G	P	P	P
PE-g-MAH	G	P	P	G	G	P	F

G = good, F = fair, P = poor, X = no data.

不同塑料的氧氣滲透係數

Oxygen Permeability Coefficients	
1.0 mil, 73°F (23°C), 0% RH	
Polymer Type	Oxygen Permeability Coefficient (cm ³ × mil/100 in. ² × day × atm)
PVOH	0.03–0.06 (Plastics Design Library Staff, 1995)
EVOH	0.02
PVDC	0.15
PA	2.6
PET	3.5
PVC	5–20
PLA	30 (Auras et al., 2003; Cabedo et al., 2005)
PP	150
HDPE	150
EAA	200–500
EMAA	200–500
ION	200–500
PS	350
PB	385
LDPE	420
LLDPE	440
EPE	500–800
EVA	600–1000
EMA	600–1000
ULDPE	600–950
POP/POE	600–2000

不同塑料的濕氣滲透係數

Moisture Vapor Transmission Rates (MVTR): 1.0 mil, 100°F (37.8°C), 90% RH	
Polymer Type	MVTR (g × mil/100 in. ² × day)
PVDC	0.10
PP	0.7
HDPE	0.4–0.8
LLDPE	0.8–1.2
ULDPE	1.2–1.5
LDPE	1.0–1.2
PB	1.0–1.2
EVA	1.0–5.5
EAA	1.0–1.6
EMAA	1.0–1.6
ION	1.0–1.6
EMA	1.0–9.0
POP	1.3–2.0
EPE	0.9–1.2
POE	2.0–3.0
PET	2.0–3.3
PVC	0.9–5.1
EVOH	2.0–4.5
PS	7.0–10.0
PA	10.0–20.0
PLA	40 (Auras et al., 2003)

塑料物性網

<http://www.matweb.com/index.aspx>

MatWeb
MATERIAL PROPERTY DATA

Data sheets for over 100,000 metals, plastics, ceramics, and composites.

Searches: [Advanced](#) | [Category](#) | [Property](#) | [Metals](#) | [Trade Name](#) | [Manufacturer](#) | [Recently Viewed Materials](#)

MatWeb, Your Source for Materials Information

What is MatWeb? MatWeb's [searchable database of material properties](#) includes data sheets of thermoplastic and thermoset polymers such as ABS, nylon, polypropylene; metals such as aluminum, cobalt, copper, lead, magnesium, nickel, steel, superalloys, titanium and zinc alloys; ceramics; plus semiconductors, fib

Benefits of registering with MatWeb

Premium membership Feature: - Material data exports into CAD/FEA Programs including:

COMSOL SolidWorks Autodesk Simulation ETBX ENGINEERS TOOLBOX
NEiWorks ANSYS SPACECLAIM

How to Find Property Data in MatWeb

Quantitative Searches: Categorized Searches: Text Search:

- [Physical Properties](#)
- [Alloy Composition](#)
- [Advanced Search](#) (Registration Required)

- [Material Type](#)
- [Manufacturer Name](#)
- [Trade Name](#)
- [Metal UNS Number](#)

- Enter a key word or phrase in the box below (this search is also available at the top of every page).