

高分子材料工程實驗

實驗手冊

課程教師：劉士榮

實驗一、熔融指數量測實驗 (Melt Flow Index)

一、前言：

了解熔融指數測量儀之原理，MI 值與材料之關係，並動手操作熔融指數測定儀。

二、原理：

熔融指數是指塑膠原料在一定時間（10 分鐘）內和一定溫度（190℃）下以及一定壓力（21.6 kg，44 psi）下，流經一定孔隙（2.1mm）之模具所蒐集到的塑膠克數。其大小可以用來分類高分子的流動性，亦即對應分子量之大小。

熔融指數測定儀（Melt Indexer）是依據 ASTM D1238、CNC2941、K6271、JIS K7210、ISO R1133 等的規定而製造。MI 值即測量高分子材料在某一定溫度、固定荷重下，十分鐘所流出擠壓物重量，因此熔融指數測定儀可用於測定熔融高分子的流動速率，MI 值愈大即代表其流動性愈高。

在高分子工業中被用來鑑定與分類高分子材料的數種方法中，熔融指數乃是最為廣泛採用者。傳統上此法乃被用於進料檢驗、加工過程中物料之檢查及出貨之品管測試，而此法亦可提供其他的測試，如滯留時間對於高分子材料流動性之影響；而塑膠材料乃會隨著受熱時間之增長而形成裂解，熔融指數測定儀亦可用來測定其臨界滯留時間；添加劑、潤滑劑及安定劑之加入，亦會改變高分子之流動性質，乃可藉由熔融指數測定儀檢測加以比較之。此外熔融指數測定儀亦可用於測試低剪切速率下之熔融黏度值及熔融密度。對高分子材料而言，熔融指數測定儀乃是最為經濟、操作簡單且廣泛使用之儀器。

一般而言，乃有兩個基本方法可用來測試 MI 值，即 Method A 和 Method B，其中 Method A 又稱為手動操作法，是利用一定時間後蒐集自模口所流出之流出物重量，換算十分鐘之流出物重量。

$$MI值 = \frac{\text{流出物之重量(公克)}}{\text{流出物之收集時間(秒)}} \times 600$$

Method B 又稱為自動操作方法或體積流量計算方法（MVI），因儀器之圓筒直徑為已知，故可計算其截面積，此外柱塞衝程速率可由電眼測試得知，因此可測得體積流量。若已知密度則可計算其 MI 值。

$$MI值 = \frac{\pi r^2 L}{T} \times 600 \times D$$

式中： r -- 為柱塞半徑(cm) L-- 為柱塞長度(cm)
 T-- 為流經 L 之時間(sec) D-- 為密度(g/cc)

Method A/B 主要目的是求得熔融體之密度(視密度)。因同時以 Method A 和 Method B 測試，其 MI 值應相同。

MI 值 (A) = MI 值 (B)

$$MI值(A)=\frac{\pi\gamma^2 A}{T}\times 600\times D$$

三、 實驗方法與步驟：

1. 開啟測定儀後方之電源開關，並確認溫度設定值是否為實驗所需，若非所需之溫度，則將其調整至正確數值。
2. 待測定儀加熱到所需之設定溫度值時，開始進行填料之動作。
3. 將木製漏斗置放於填料口上方，小心的將材料填入料斗中，並於適當時機以壓料桿將材料壓實，爾後反覆進行填料動作，直到材料填滿至料斗上端處為止。
4. 待材料熔融後，便可開始進行實驗。惟開始進行實驗前需先將模頭出口處之餘料清除，以免影響實驗之結果。
5. 將荷重以及壓料桿垂直的擺放於料斗上端，待所設定之蒐集時間到後，迅速的將荷重及壓料桿移開，並用乾淨的布將壓料桿上的熔融塑膠擦拭乾淨。
6. 等待自模頭擠出的塑膠冷卻凝固後，再量測其重量並紀錄之。
7. 重複步驟 3-6 共計三次，並比較所得數據之再現性，若差異過大則再次量測。

四、 實驗材料及儀器：

材料：熱塑性塑膠與熱塑性複合材料均可。

儀器：美國 Kayeness Co. 熔融指數測量儀，型號 7049。



熔接指數測定儀

五、 注意事項：

1. 確定熱電偶是否連線。
2. 檢查儀器是否水平。
3. 實驗中，禁止用手直接碰觸熔融的塑膠液及測定儀，以免造成燙傷。

六、 作業、問題與討論：

1. 您所量測到的 MI 值是否都很相近呢？如果不一樣，有哪些原因造成此差異呢？
2. MI 值和高分子的分子量、黏度等有何關連？
3. 您做完此實驗後有何心得？

MI 的測試標準－美國量測學會 ASTM D 1238

	操作條件	溫度(°C)	包括活塞之總重(Kg)	大致壓力(Kpa)
A	125/0.325	125	0.325	44.8
B	125/2.16	125	2.16	298.2
C	150/2.16	150	2.16	298.2
D	190/0.325	190	0.325	44.8
E	190/2.16	190	2.16	298.2
F	190/21.60	190	21.60	2982.2
G	200/5.0	200	5.0	689.5
H	230/1.2	230	1.2	165.4
I	230/3.8	230	3.8	524.0
J	265/12.5	265	12.5	1723.7
K	275/0.325	275	0.325	44.8
L	230/2.16	230	2.16	298.2
M	190/1.05	190	1.05	144.7
N	190/10.0	190	10.0	1379.0
O	300/1.2	300	1.2	165.4
P	190/5.0	190	5.0	689.5
Q	235/1.0	235	1.0	138.2
R	235/2.16	235	2.16	298.2
S	235/5.0	235	5.0	689.5
T	250/2.16	250	2.16	298.2
U	310/12.5	310	12.5	1723.7
V	210/2.16	210	2.16	298.2
W	285/2.16	285	2.16	298.2
X	315/5.0	315	5.0	689.5

*資料來源：ASTM D 1238

常用量測 MI 之操作條件

材 料 (Materials)	操作條件 (Condition)	
Acetals (copolymer and homopolymer)	190/2.16	190/1.05
Acrylics	230/1.2	230/3.8
Acrylonitrile-butadiene-styrene	200/5.0	230/3.8
Cellulose esters	190/0.325	190/2.16
	190/21.60	210/2.16
Nylon	275/0.325	235/1.0
	235/2.16	235/5.0
Polychlorotrifluorethylene	265/12.5	
Polyethylene	125/0.325	125/2.16
	190/0.325	190/2.16
	190/21.601	190/10
	310/12.5	
Polycarbonate	300/1.2	
Polypropylene	230/2.16	
Polystyrene	200/5.0	230/1.2
	230/3.8	190/5.0
Polyterephthalate	250/2.16	210/2.16
	PBT	
	285/2.16	
	PET	
Poly (vinyl acetal)	150/2.16	
Poly (phenylene sulfide)	315/5.0	

*資料來源：ASTM D 1238

實驗二、高分子拉伸實驗 (Tensile Test)

注意：本實驗需由同學自行攜帶隨身碟拷貝實驗數據

一、 前言：

要判斷一個工件品質的好壞，可從巨觀的機械強度和微觀的顯微組織兩方面來探討，巨觀是利用材料試驗機來測試其拉伸、衝擊等機械強度，而微觀則是由電子顯微鏡來觀察其顯微組織的好壞。本實驗即是量測高分子材料的巨觀拉伸特性。

二、 原理：

拉伸試驗機 (Material tensile system) 乃是一個量測工件拉伸強度的重要工具。其原理乃是先將待測工件製成一標準試片 (規格參照各項國際標準，如 ASTM D638-89) 之後，以夾具夾住標準試片兩端，並逐漸施加拉力於其上，拉力值同時由 load cell 傳回，直到將試片拉斷為止。

三、 實驗步驟：

1. 開啟拉伸試驗機電源。
2. 在拉伸試驗機顯示面板上，輸入 load cell 的值 (2500N)，load cell calibration 的值 (106.1%) 並選擇 Remote Control (將拉伸機由面板控制轉為電腦控制)。
3. 進入 win 3.1。
4. 進入 Material Testing\Lseries control\Lloyd Windap。
5. 點選 Set up 功能：
 - Test condition → 設定拉伸速度，最大拉伸強度..等
 - Samples → 輸入工件幾何形狀
 - Results → 選擇所須要的結果
6. 點選 Test 功能，將試片夾緊於夾頭上，並將機器歸零後，點選 GO，即開始拉伸。
7. 每種材料重複試驗三次，並比較所得之數據是否相近、再現性是否良好。

四、 實驗材料與儀器

材料：ABS、PP 及 PS 試片

儀器：Lloyd Instruments 拉伸機

五、 注意事項：

1. 進行拉伸前，注意試片是否確實夾緊。
2. 為避免試片可能滑脫，可事先以銼刀在試片表面刮出一些銼痕來增加磨擦力。

六、 作業、問題與討論：

1. 同一種材料進行拉伸試驗所得之數據是否相同？若有差異性存在，可能之原因為何？試解釋之。
2. 比較不同塑膠試片拉伸強度的大小，並解釋為何強度不盡相同。
3. 每個試片斷裂的部位相同嗎？試解釋之。
4. 比較3種塑膠試片應力應變圖，並解釋曲線之意義。

實驗三、高分子衝擊實驗
(Impact Test)

一、前言：

衝擊試驗乃是在材料學中經常被用來一材料之韌性 (Toughness) 之方向，藉著量測受測試片之吸收能量大小，即可得知其韌性大小。

二、原理：

1. 本實驗所使用之衝擊試驗機的最大位能為 50J，可用以測量塑膠、陶瓷及其他材料之衝擊行為，通常依試片放置方法及應力施加方式，可分為兩種基本測試方法：

.....第一種 CHARPY METHOD，試片如橫樑狀被支撐住，由簡單的衝鎚擺動，敲擊支架中線而完成試片破裂動作。

.....第二種 IZOD METHOD，試片如懸臂樑般被挾持住，由簡單的衝鎚擺動，敲擊試片夾具與試片缺口中心線的固定距離處，而完成試片破裂動作。

2. 上述兩種測試方法，為形成脆裂破斷，而不希望成為韌性破裂時，試片有時需要預製缺口，使在尖端處造成應力集中點。
3. 試片破裂於特定條件下，如：試片形狀尺寸、固定方式、缺口尺寸及形狀、衝擊速度、溫度，即可施用位能之公式加以計算。

眾所周知，位能係由下列公式所計算出：

$$EP = F \times h_1 = F \times L \times (1 - \cos \alpha)$$

F = 擺錘水平狀態下之重量

L = 擺錘長度

h_1 = 擺錘落下高度

α = 擺錘落下角度

衝擊過程中，吸收能之計算公式：

$$Ea = F \times L \times (\cos \beta - \cos \alpha)$$

β = 擺錘揚起角度

4. 若連接上一個適當的設備 (機械式或電子式)，能用於量測起始角及揚起角度，那我們便可計算出試片破裂所需的能量。
5. 但由於各種不同的因素乃存在於實際的機體機構中，並造成干擾而使計算不如預期精密，這些因素如：震動、固定與活動部位間的摩擦、風的阻力...等。

三、實驗步驟

1. 打開位於機台後部之電源開關。
2. 擺錘確認：若擺錘能量值不是所要使用之值，選擇適當擺錘值並更換之。更換時，鬆開擺錘頂端四個六腳螺絲即可取下，換上時固定四個螺絲即可。

注意：在擺錘上有刻劃號碼的一面對外。

3. 作用阻力及摩擦力之補正：(每次電源開啟後做，做一次即可)

- (1) 將擺錘固定於支撐點上，試片架上面不要放任何物品。
 - (2) 同時按左、右兩旁的紅色鈕，擺錘會往下衝並擺盪，螢幕會顯示出風阻能量值。
 - (3) 按 F1 鍵，將風阻值儲存。
 - (4) 再將擺錘固定於支撐架上，同時按左、右紅鈕，使擺錘再擺盪，此時螢幕顯示為 0，即完成風阻補正操作，若螢幕值不為 0，請重複 (1) ~ (4) 步驟再做一次
4. 試驗參數設定 (第一次做要設定): 設定試片尺寸、衝擊速度、擺錘能量，按 INPUT PARAMETER 鍵，循序設定 SP (速度)、Wi (寬度)、Th (厚度) 可參照附表。
 5. 開始實驗：
 - (1) 將已加工完成缺口之試片置放於試片架上，擺錘亦固定於衝擊起始點。
 - (2) 扳動擺錘釋放開關，擺錘衝下之後，試驗結果數據會顯示於螢幕上，紀錄所得之數據。
 - (3) 同一種材料重複試驗三次，並觀察其再現性之好壞。
 6. 若實驗不繼續，則將後部電源關閉即可。
 7. 將已知條件帶入位能公式，並計算出衝擊過程中所吸收之能量，再與衝擊實驗所得之衝擊值兩相比較之。

四、 實驗材料與儀器

材料：高分子衝擊試片

儀器：Resil 5,5 衝擊試驗機



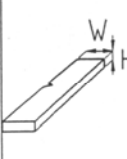

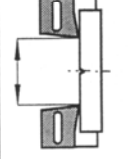
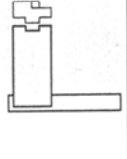
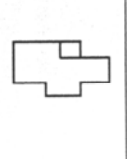
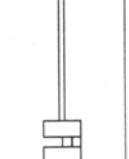
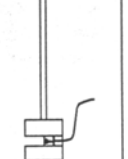

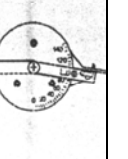
五、 注意事項：

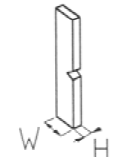

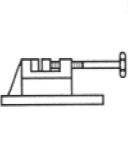

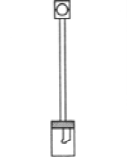
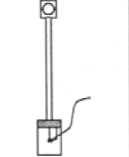

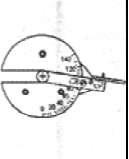
1. 試片缺口之大小與位置將會影響到實驗之最終結果，務必力求每

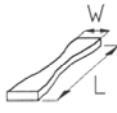
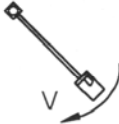


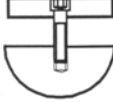


個試片缺口之均一性，以提高實驗之再現性與準確性。

六、作業、問題與討論：

1. 將你的各項材料之衝擊實驗數據列出，並比較彼此的差值大小。檢視實驗的再現性是否良好？如不良，試找出原因？
2. 比較出 CHARPY METHOD 與 IZOD METHOD 兩種衝擊法之不同之處（包括試片夾持之形式、試片之製備....等）。

Norma	Provino W x H [mm]	Velocità [m/s]	Distanza tra i supporti [mm]	Morsa	Spallette	Mazze non strumentate	Mazze strumentate	Energia [J] potenziale	Variatore angolare				
DIN 53453	4 x 6	2.9	40	6844.007	6545.055	6545.911 6545.916 6545.011 6545.012 6545.012 + pesi aggiuntivi 6545.811	6547.923 6547.924 6547.924 + pesi aggiuntivi 6545.811	0.5 1 2 4 5	6545.922 + 6844.138				
ISO 179	4 x 10	2.9	40 - 62 - 70	6844.007	6545.251								
BSI 2782-359	10 x 4	2.9	40 - 62 - 70	6844.007	6545.259								
DIN 53453	10 x 15	2.9	40 - 70	6844.007	6545.056								
	10 x 15	2.9	100	6844.007	6545.057								
	15 x 10	2.9	40 - 70	6844.007	6545.068								
	15 x 10	2.9	100	6844.007	6545.070								
ASTM D 6110	12.7 x 3.17	3.46	95.3	6844.006	Incluse nella morsa					6545.917	6547.950 6547.951	0.5 1 2.75 5.5	
	12.7 x 6.35	3.46	95.3	6844.006	Incluse nella morsa					6545.918 6545.935			
	12.7 x 12.7	3.46	95.3	6844.006	Incluse nella morsa					6545.936			
													

Norma	Provino W x H [mm]	Velocità [m/s]	Morsa	Adattatori provini	Mazze non strumentate	Mazze strumentate	Energia potenziale [J]	Variatore angolare
ISO 180	12.7 x 12.7	3.46	6844.005	6545.124	6545.920 6545.919 6545.024 6545.025	- - 6547.935 6547.936	0.5 1 2.75 5.5	6545.922 + 6844.138
ASTM D 256	12.7 x 6.35	3.46	6844.005	6545.050				
BSI 2782-350	12.7 x 3.17	3.46	6844.005	Inclusi nella morsa				
ISO180	10 x 4	3.46	6844.005	Inclusi nella morsa				
BSI 2782-350								
								

Norma	Provino W x L [mm]	Velocità [m/s]	Morse non strumentate	Morse strumentate	Morsetto di trazione	Mazze	Energia [J] potenziale	Variatore angolare				
DIN 53448	Type 1B 10 x 80	2.9	6545.760 + 6844.075 morsetti fissi perfilms 6545.780 opp. secondo ISO 8256 T5 6545.775	6547.919 6547.920 + 6844.075	6845.080 oppure 6845.081	6545.960 6545.961 6545.020 6545.021	0.5 1 2 4	6545.922 + 6844.138				
	Type 2 10 x 60	2.9										
	Type 4 15 x 80	2.9										
ISO 8256	Type 1 10 x 80	2.9										
	Type 2 10 x 60	2.9										
	Type 3 15 x 80	2.9										
	Type 4 10 x 60	2.9										
	Films	2.9										
ISO 8256 (Type 5) NF T 51-111	15 x 80	2.9								6545.815 oppure 6545.750		
												

實驗四、高分子扭力實驗 (Torsion)

一、 實驗目的：

測定材料的扭轉與抗剪力特性。

二、 原理：

扭轉試驗用以測定軸類零件在扭轉純剪切狀態下的強度和切變模量 G_0 扭轉時的強度，指標包括：扭轉比例極限 τ_p ，扭轉屈服強度 $\tau_{0.3}$ （試樣標距部分殘餘切應變為 0.3% 所對應的切應力），扭轉強度極限 τ_b ，和真實扭轉強度極限 τ_k 。

$$\tau_k = \frac{4}{\pi d^3} \left(3M_k + \theta \frac{dM}{d\theta} \right)$$

計算而得到的最大切應力。式中， M_k 為試樣斷裂前的最大扭矩， θ 為試樣斷裂時的單位扭轉角， $\frac{dM}{d\theta}$ 為 $M-\theta$ 曲線上 $M=M_k$ 點處切線與橫座標軸之間的正切值。

對於在拉伸試驗時，呈現脆性的淬火結構鋼、工具鋼等材料，可用扭轉試驗評定其塑性。對於在拉伸試驗時，出現頸縮的塑性材料，可用扭轉試驗研究再大量塑性變形時的應力—應變關係。

扭轉試驗在機械傳動或液壓傳動的扭轉試驗機上進行。試樣採用直徑為 10 mm 的標準圓柱形實心試樣時，在彈性階段切應力分佈與半徑呈線性關係。進入塑性階段後，切應力的分佈必須用塑性公式計算。如果採用空心薄壁圓筒試樣，避免了應力分佈均勻問題，而得到正確的切應力—應變曲線。

三、 實驗方法：

1. 取 PP、PS、ABS、PE 四種棒材各三支，長度為 120 mm。
2. 兩端以剉刀磨粗，並於表面畫一直線作為標線。
3. 測量試件之直徑與標距(標線長)。
4. 將試件裝在二夾頭內（注意試件之中心線須與扭矩之中心軸相符合）
5. 測量夾頭間之距離。
6. 將機台之扭轉角與扭力值歸零。
7. 起動機台並觀察扭力值與扭轉角的變化。
8. 機器不可停止，當轉角之增加變快時，即表示彈性極限已到；當扭力值開始下降時，表示材料破壞，紀錄最大扭矩值及其扭轉角。

四、 實驗設備：

實驗五、高分子混練實驗 (Mixing)

注意：本實驗需由同學自行攜帶用過之塑膠袋

押出成型實驗

一、前言：

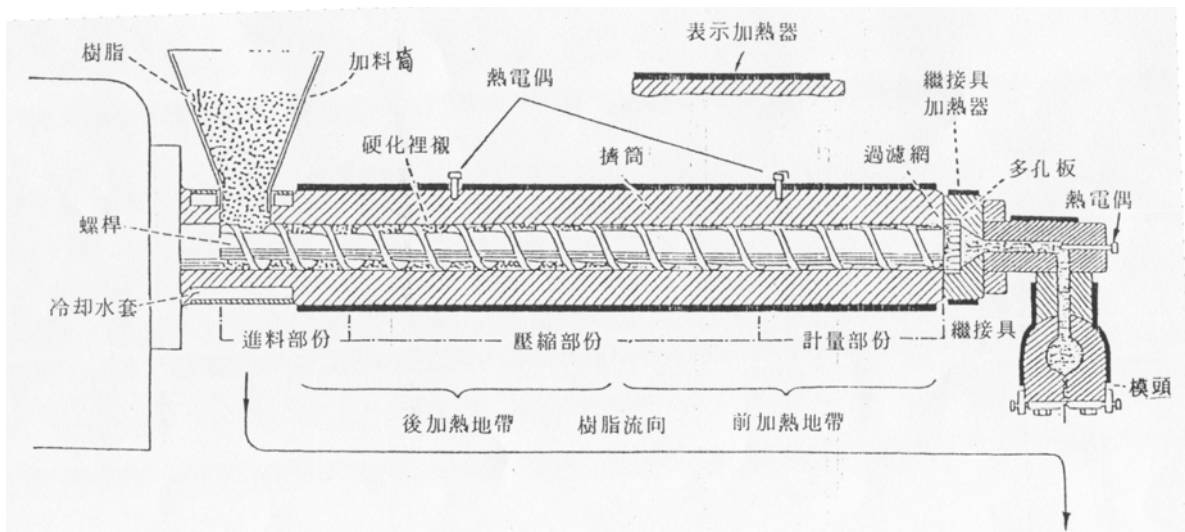
了解高分子材料的混練原理與操作方法。

二、原理：

押出成型，又稱擠壓成型，為常用的塑膠混練與加工方法之一，是利用押出機，將塑膠、纖維等粒狀或丸狀的聚合體原料加熱作用，形成熔融物質後，再將此熔融物質從定型模頭連續不斷的擠出，經過冷卻後，使其形成連續的製品。

押出成型法最重要的裝置為押出機，一般可分為單螺桿式，雙螺桿式或多螺桿式，亦有特殊不具螺桿者。在實用上，大部分為單螺桿押出機。押出機的內部構造，可分為七個部分：

1. 加料筒或供料槽
2. 擠筒：唯一中空圓柱體，內部裝設螺桿，塑料在此內部融化呈液態，其外部裝有加熱或冷卻系統。
3. 螺桿 (screw)：用以混練及加熱塑料，使呈液態，並將其輸送至模頭。
4. 過濾網及多孔板：用以過濾塑料的雜質及產生背壓。
5. 模頭 (die)：用以決定擠出物的形狀。
6. 馬達及變速箱：用以驅動螺桿及調整所需的轉速。
7. 熱電偶、壓力計及其他儀器設備用以指示及控制押出機的操作變數，如溫度、壓力或轉速。



典型單螺旋桿式押出機

押出機中最重要的元件為螺桿，塑料自供料口進入螺桿後，可分為三區域：

1. 進料段的塑料，其總體密度（bulk density）較低，必須有較大的溝槽深度，以保證具有與後面兩段有相同的質量輸送量，但受限於螺桿強度而有所限制。此段長度約要全螺桿長度的 1/4 以上。
2. 壓縮段：塑料在此段中逐漸熔融成熔融狀態，體積逐漸減小，為補償其變化，螺桿溝深度逐漸減小，而得到壓縮作用，存於塑料顆粒間的空氣，便被強制的壓出，從加料筒中排出機外。塑料受到很大的剪切力，可以得到良好的混練效果。
3. 計量段：自此區段中，塑料已完全熔融，並與添加劑完全混練，其溫度、壓力皆呈均勻狀態（螺桿長度最好要 5 個螺紋以上）。

押出成型加工法，應用非常廣泛，包括：電線電纜的包覆、軟硬質管擠壓、生產膠布膠板、塑料的混練等。

三、實驗方法與步驟：

本實驗所使用的押出機為峻泰機械工業有限公司所生產，其操作過程說明如下：

1. 將押出機的總開關調至 ON 處，以啟動儀器。
2. 將適當的塑料至入加料筒。
3. 設定五個熱電偶的溫度值，之後將熱電偶的開關轉至 ON 處。此時擠筒內部開始加熱，在未達到設定值時顯示燈為綠色，達到設定溫度後顯示燈號變成紅色。一般而言，加工溫度隨材料不同而有所改變。
4. 待五個顯示燈全變為紅色後，按下驅動馬達及變速箱的啟動鈕。此時螺桿開始轉動，操作者可由變速箱的調整鈕（speed setting）調整到適當的轉速。
5. 固定一段時間(ex: 10 sec)，並設定五種不同螺桿轉速，分別量測其押出的塑膠總量。
6. 將有色塑膠袋放入料筒內，觀察押出時塑料的混和情形。

四、實驗材料及儀器：

材料：聚乙烯（PE）、染料、塑膠袋

儀器：峻泰機械工業有限公司

五、注意事項：

1. 加入塑料時確定沒有雜質進入供料槽。
2. 設定適當的加工溫度，以避免成品材質出現缺陷。
3. 設定適當的螺桿轉速，以免螺桿受損。
4. 加工時勿接觸到擠筒，因此時溫度高易發生燙傷。

5. 塑料從模頭擠出時，勿用手接觸它，且勿讓塑料接觸到實驗室的地板（我也是塑膠啊!）。
6. 實驗完畢時，儀器的開關需完全關閉。
7. 緊急時，按下紅色緊急停止鍵，停止所有動作。

六、作業、問題與討論：

1. 繪製押出量—螺桿轉速之曲線，探討兩者之關係。
2. 假設螺桿直徑不變，且黏度非速度的函數時，模具為圓形截面的流量公

式為 $Q = \frac{1}{2} \pi^2 D^2 H N \sin \theta \cos \theta - \frac{\pi D H^3}{12 \mu} \sin^2 \theta \cdot \frac{\Delta p}{L}$ ，其中 $\Delta P = P_{\text{出口}} - P_{\text{入口}}$ 、 $L =$ 螺桿

總長（通常 $L = 10 \sim 15D$ ）、 $\theta =$ 螺角、 $D =$ 螺桿外徑（通常為 $25 \sim 200\text{mm}$ ）、 $H =$

槽深（一般小於 10mm ）、 $N =$ 螺桿轉速（轉/每秒）（通常 $60 \sim 100\text{rps}$ ）、 $\mu =$ 塑

膠平均黏度（ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ）。單孔製粒模的流量為 $Q = \frac{\pi R^4}{8 \mu l} \Delta P$ ，其中 R 為模具半徑、

l 為長度。假設螺桿長 $L = 1200\text{mm}$ 、LDPE 黏度 $= 250\text{MPa}\cdot\text{s}$ 、密度

$= 920\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $H = 9\text{mm}$ 、 $\theta = 17.65^\circ$ ，請利用上述公式推算實驗機台的螺桿直

徑。

3. 據你所知，日常生活中有哪些東西是利用押出成型製造出來的？請舉例三種。
4. 為何五個熱電偶的溫度設定值不一樣？
5. 假設以 PP、PE 為材料的話，那加工溫度大約要設定幾度？

實驗六、高分子熱壓成型實驗
(Thermoforing)

一、前言：

了解高分子熱壓真空成型機原理與實際成型操作過程

二、原理：

熱壓真空成型乃利用某些塑膠受熱延伸且能保有一定強度及彈性的特性之加工法。大概就是將厚度均勻的膠布或膠板夾於模具上加熱軟化，再加以壓力成型。但壓力來源可以抽真空的方式或加高壓的方式，亦可以兩者並用。本次實驗之真空成型機乃利用抽真空及上充氣體加壓兩者並用的方式製造塑膠免洗杯。

本實驗所使用熱壓真空成型設備如下圖：



基本配備：

1. 迅速均勻之加熱系統
2. 輸送膠板並能夾緊固定之裝置
3. 升降模式之裝置
4. 真空或加壓之裝置
5. 程序控制系統
6. 切裁設備
7. 安全裝置

而成型過程大致如下：

1. 夾料：利用機械或油壓方式夾於框架上（本實驗乃利用機械式）。
2. 加熱：加熱裝置有很多種，可由簡單的烤爐、油浴或熱板，直到較進步的紅線加熱方式，可以是單面加熱，亦可雙面加熱，本實驗裝置乃採雙

面加熱方式。對大部分塑膠皆可直接加熱，但在某些情況之下塑料最好先乾燥，使其表面無水份，否則再加熱成型的過程中，表面會有氣泡產生，PC板即為一例。

3. 成型：熱壓成的方法大約有十種但在此只對本實驗成型機所採用一輔助柱塞成型（plug-assitforming）做介紹--輔助柱塞將膠板往下壓，同時模穴的空氣受壓迫使膠板貼緊柱塞，由於膠板延伸時無接觸模具，因此膠板可更均勻分布。當柱塞快達底部時開始抽負壓，使膠板黏於模具上，利用此方法成型，可製得深且避免邊緣太薄的產品，如：塑膠杯。
4. 冷卻：熱膠板成型後，成型品必須冷卻至從模具移走後不會產生變形、黏著或損害的溫度。冷卻階段是操作過程中最耗時的，為降低冷卻時間，模具最好用高導熱度的材料，如澆鑄的鋁，為大量生產的話，模具中最好有冷卻通道。冷卻速率亦不能太快，否則易造成熱應力，形成扭曲的現象，降低其物性。

三、實驗方法與步驟：

1. 開加熱器，設定溫度為 260°C。
2. 開 Air 閥及 pump 直到真空表 70cmHg。
3. 裁剪一 30×30 cm 之 PVC 膠板，並將之夾緊於框架，再將框架鎖緊於輸送桿上，利用油性簽字筆於邊框劃一 30×30 cm 的正方形。
4. 將 PVC 膠板從熱壓機取下，將前一步驟所劃之 30×30 cm 正方形利用直尺與簽字筆於膠板上畫出 0.2×0.2 cm 的小方格。
5. 將 PVC 膠板夾緊於框架並鎖緊於輸送桿上，確定溫度、壓力皆達到設定值，將上模與模座設定於自動狀態，其餘參數皆保持不變，按下啟動開關（START），待其完成所有動作後，取下成品即可。
6. 比較 PVC 膠板在成型前所劃之 0.2×0.2 cm 的小方格，其在成型後方格的變化量，並計算出體積之改變量。

四、實驗材料及儀器：

材料：厚 0.5 mm PVC 膠板。

儀器：三朝機械有限公司真空成型機。

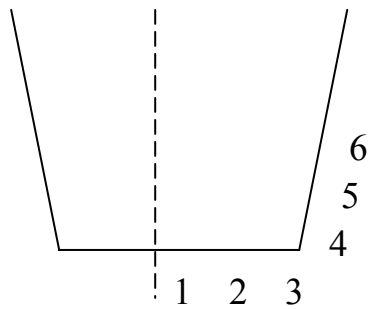
五、注意事項：

1. 實驗過程中如有異常之情況發生，按下綠色緊急停止鍵，停止所有動作。
2. 步驟 3、5 中框架一定要確實鎖緊時輸送桿上，否則會造成框架脫離輸送桿而無法帶回成型，而將膠板一直處於加熱狀態，造成膠板熔融，又因

此時處於高溫之下，很不容易處理。

六、作業與問題討論：

1. 取成品中模子 1 (plug 為工程塑膠 POM) 與模子 2 (plug 為木質材料披布) 兩塑膠杯，分別量取 6 點 (分布如下) 厚度，並以點 1、2、3、4、5、6 為橫軸，厚度為縱軸做一厚度分布圖，並分析其結果。



2. 對於成品的厚度分佈滿意嗎？假如不滿意的話，你認為有哪些缺點，你要如何改善？
3. 此實驗輔助栓塞的主要功用為何？

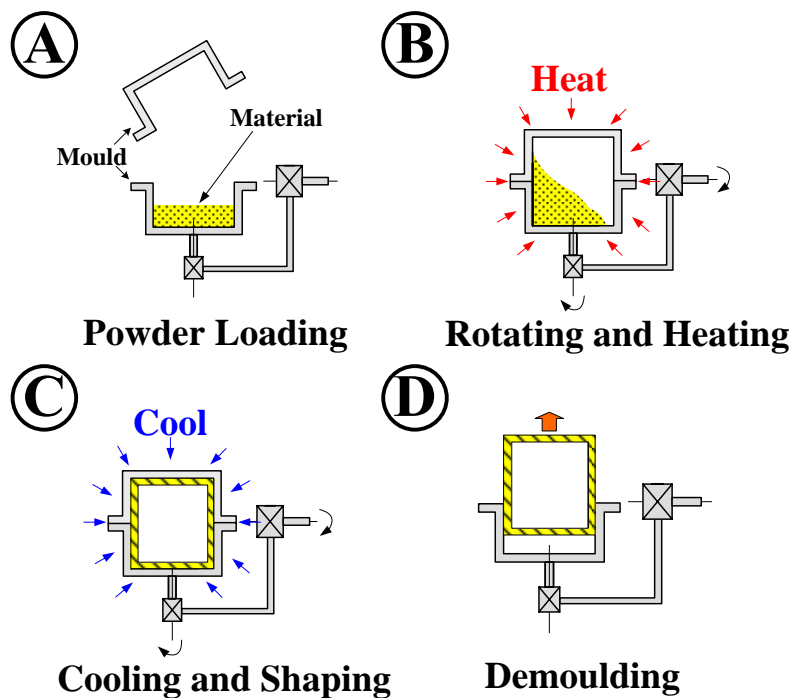
實驗七、高分子旋轉成型實驗
(Rotational Molding)

一、實驗目的：

了解旋轉成型法原理及旋轉成型機操作方法並熟悉操作過程。

二、旋轉成型法工作原理：

在旋轉成型法中，加入所需的塑膠粉末於模子內，而模子為兩片分割之密閉模（如圖 A），將模具閉合轉移至加熱爐，此已進料的模具在加熱爐內加熱的同時，繞其垂直的兩軸（或說兩垂直面）以異向旋轉（自轉、公轉）（如圖 B），爐內的溫度因材料及產品的不同，可保持在 300 至 500°C 之間。熱量經由模具壁滲透到達內部的粉末塑料，使粉料熔化呈半液態，由於迴轉運動而使塑膠均勻在模具內表面沉積分佈開始凝固（Solidifying），模具仍旋轉時，再將其由爐中轉移至冷卻室（或工作區），用流動空氣或噴射水（如圖 C），以冷卻模具及其內容物，使模內的塑料產生硬化，最後模具旋至卸下產品的位置，產品即可自模具內退出（如圖 D），而將模具重新裝填進行下一次循環。



三、實驗步驟：

旋轉成型加工技術詳細可分為下列幾個步驟：

1. 開啟旋轉成型機的總開關，此時儀表板上將出現加熱爐中的溫度。
2. 由面板上設定材料的加工溫度，開啟下方的加熱啟動鍵，開始加熱。
3. 在未加熱之模具底部先噴灑脫模劑後裝入成型製品所需重量之熱塑性粉末，以製造正確壁厚之樣品。
4. 待上兩項步驟完成後，將模具移入加熱爐中加熱，同時使模具繞著互相垂直之主軸旋轉。
5. 由於雙軸旋轉會將熱塑性粉末均勻地在模穴中分散，形成空心的製

品，當原料溶解後會很均勻的分散在模壁上（在絕熱蓋處，原料不溶解），而且厚度也相當均勻。製品之重量及厚度可藉增加粉末重量之操作來加以改進。

6. 在所有塑膠原料已經熔化而在模具之內壁上形成一均勻層之後，將此模具移至加熱爐外，使用水灑式或自由放置於空氣中使塑膠固化，此時模具仍保持旋轉中。
7. 最後將模具打開取出成品，並將分模線處之溢出物去除之。
8. 清潔與擦拭模具。

四、注意事項：

1. 必須了解各個操作面板的設定方法後，方可操作。
2. 在模具旋轉時，嚴禁靠近模具。
3. 在開關加熱爐時，應配戴石棉手套後方可操作。
4. 加熱時禁止靠近加熱爐。

五、實驗材料與儀器：

材料：聚乙烯粉末

儀器：單軸雙向旋轉成型機

六、作業、問題與討論：

1. 旋轉成型法的優缺點為何？
2. 旋轉成型法所使用的材料限制為何？
3. 在我們日常生活中，很多皆是旋轉成型的產品，請列出十種身邊常見利用旋轉成型的用品。

實驗八、高分子顯微泡體觀察 (Microscopic Observation of Polymeric Foams)

注意：本實驗須由同學自行攜帶保麗龍碗

一、前言：

本實驗主要以顯微鏡觀察保麗龍(發泡聚苯乙烯)之微觀結構及泡體分佈情形，並同時計算泡體之面積大小。另外透過熱傳遞實驗比較保麗龍與鋁材在相同熱源下熱傳遞速度的差別。

二、原理：

保麗龍主要是在聚苯乙烯 (PS) 熔融狀態下將高壓 N_2 注入，使其因 N_2 的膨脹而將材料撐開，形成一種內部充滿小泡體 (cell) 之材料而成。由於小泡體內充滿了導熱性低的空氣，因此保麗龍之隔熱性亦較一般塑膠材料為佳，被廣泛用來盛裝各式之食物。

三、實驗步驟：

A. 熱傳遞速率量測

1. 透過恆溫水槽將模具加熱至設定溫度 (60 度)。
2. 利用熱電偶與資料擷取器量測模具填充保麗龍後之溫度變化值，並繪製溫度與時間之關係圖。
3. 利用熱電偶與資料擷取器量測模具填充鋁材後之溫度變化值，並繪製溫度與時間之關係圖。

B. 泡體觀測

1. 以刀片將保麗龍碗裁切一小塊下來。
2. 以黑色簽字筆將表面塗黑。
3. 將塗黑之部分置於實體顯微鏡下。
4. 觀察保麗龍表面小泡體之形狀及分佈情形。
5. 並利用軟體計算泡體之尺寸大小。

四、注意事項：

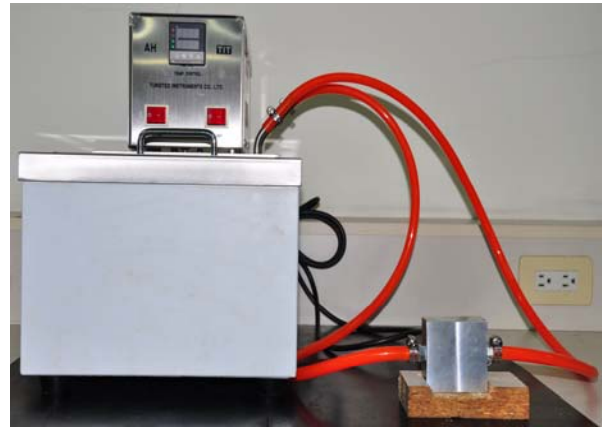
1. 使用刀片切割保麗龍時務必注意安全，勿切到手指。
2. 使用顯微鏡時，注意物鏡不可接觸到待觀察物。
3. 恆溫水槽與加熱過之模具溫度非常高，實驗時請勿直接碰觸。

五、實驗材料與儀器：

材料：保麗龍

儀器：實體光學顯微鏡

恆溫水槽與加熱模具



六、作業、問題與討論：

1. 計算泡體之大小與個數，以圖表表示其分佈情形？
2. 您觀察到的泡體是開放（Open）泡體還是閉鎖（Closed）泡體？
3. 常聽到有人說，燃燒保麗龍會產生戴奧辛（Dioxine），您認為對嗎？為什麼？
4. 比較保麗龍與鋁材二種材料的熱傳導速率並解釋其差異之原因。