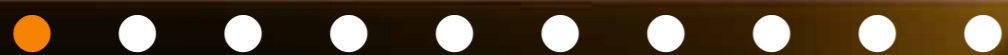
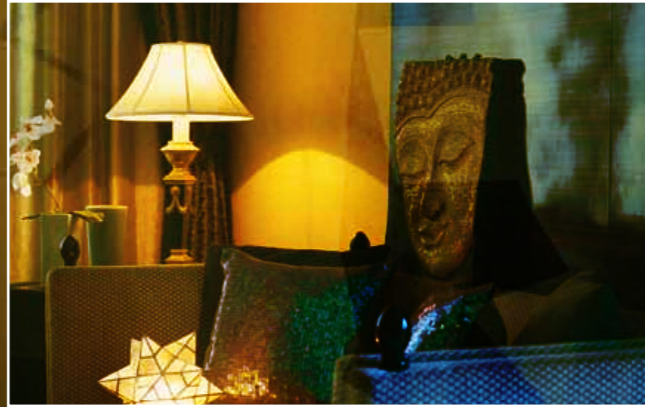




# 南亞 PET 工程塑膠

高剛性 · 耐熱性 · 抗拉性 · 耐衝擊性 · 穩定性 · 成型性





## 簡介

PET 之融點為  $260^{\circ}\text{C}$ ，除了可由乙二醇和對苯二甲酸 Purified Terephthalic Acid(PTA) 反應得到外。亦可以由乙二醇和對苯二甲酸二甲酯 Dimethyl terephthalate(DMT) 反應得到。又因為經過延伸後的 PET，可以得到十分優良的強度，因此 PET 除了在合成纖維有極大的用途外，在延伸膜、吹氣瓶等用途之需求量也相當大。由於 PET 已在上述用途上大量生產，降低了 PET 之價格。

至於 PET 在工程塑膠用途的發展，則較在合成纖維用途的發展為晚，它最主要的特點是有較好的耐熱性、剛性以及較廉的價格。因為添加玻纖對 PET 之各種物性之補強效果十分良好，為充份發揮 PET 塑膠上述耐熱性、剛性、廉價的特點，現在市場上作為工程塑膠用途之 PET，幾乎全部都是玻纖補強級之 PET。雖然 PET 在工程塑膠有上述耐熱性、剛性、等極具有吸引力的特點，但是 PET 工程塑膠因為結晶速度較其它泛用工程塑膠如耐隆、POM、PBT 等為慢，影響到它在加工成型之效率，因此 PET 之需求量也大受影響，近來南亞塑膠公司不遺餘力地在研究改善 PET 之結晶化速度，並且有推出一些結晶速度改良之 PET 工程塑膠，預料今後 PET 工程塑膠之需求量將隨著結晶化速度之改良，而有明顯持續的成長。

## 南亞 PET 工程塑膠特性

1. 強度、剛性良好。
2. 抗熱變形佳。
3. 耐衝擊強度的平衡良好。
4. 良好的電氣性。

牌 號	主要性能	用 途	機 械 性 質			熱性質	電氣性質		其它	
			拉伸 強度	彎曲彈性率	衝擊強度 (缺口) (3.2mm)	熱變形溫度 (18.6kg/cm <sup>2</sup> )	絕緣破壞 強度 (3.2mm)	抗電弧性	成形 收縮率 (3mm)	比重
<b>玻纖強化級</b>			<b>ASTM D638 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>ASTM D790 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>ASTM D256 kg.cm/cm</b>	<b>ASTM D648 °C</b>	<b>ASTM D149 KV/mm</b>	<b>ASTM D495 sec.</b>	<b>ASTM D955 %</b>	<b>ASTM D792</b>
<b>4210G3</b>	15%玻纖增強，強度、剛性和耐沖擊強度的平衡良好。	繼電器基座、真空泵浦外殼、汽車天窗骨架、車窗昇降用骨條、點火零組件、齒輪、化油器零組件、真空吸塵器零件、煥座等。	<b>1000</b>	<b>55000</b>	<b>5.0</b>	<b>195</b>	<b>23</b>	<b>125</b>	<b>0.4-1.0</b>	<b>1.45</b>
<b>4210G6</b>	30%玻纖增強，強度、剛性和耐沖擊強度的平衡良好。		<b>1350</b>	<b>78000</b>	<b>8.0</b>	<b>215</b>	<b>23</b>	<b>125</b>	<b>0.2-0.9</b>	<b>1.50</b>
<b>強化耐燃級</b>										
<b>4410G3</b>	UL 94V-0，抗熱變形佳 15%玻纖增強。	廣用於電子、電器、汽車等產業，例如連結器、線軸、馬達罩殼、烤麵包機上、下蓋、電熨斗座、燈罩、柴油濾清器、熱熔膠槍外殼、分電盤外殼、頭燈外殼、點火器元件、化油器主體等。	<b>1000</b>	<b>55000</b>	<b>5.5</b>	<b>195</b>	<b>23</b>	<b>+90</b>	<b>0.4-1.0</b>	<b>1.53</b>
<b>4410G6</b>	UL 94V-0，抗熱變形佳 30%玻纖增強。		<b>1450</b>	<b>90000</b>	<b>8.5</b>	<b>215</b>	<b>23</b>	<b>115</b>	<b>0.2-0.9</b>	<b>1.58</b>

建議乾燥條件：140°C, 4小時，除濕乾燥

## 南亞 PET 的應用

由以上各項性質可得知，南亞 PET 的用途相當地廣泛，各項應用列舉於下：

電氣、 電子類	繼電器基座、電器、烤麵包機上、下蓋、電熨斗座、馬達罩殼等。
汽車 工業類	汽車天窗骨架、點火零組件、齒輪、化油器零組件、柴油濾清器、點火器元件、化油器主體等。
其他 工業類	真空吸塵器零件、燈座、線軸、分電盤外殼。
其他類	燈罩、熱熔膠槍外殼、頭燈外殼。



## 南亞 PET 物性

### ◆ 良好的玻纖等強化材之效果：

添加玻璃纖維、碳纖維、雲母粉、滑石粉等均能改良 PET 之成型及物性，如表一所示。

表二是添加不同組成之纖維補強材對 PET 物性之影響，可見同時添加玻璃纖維及礦纖維和單獨添加玻璃纖維比較時，雖然同時添加玻璃纖維及礦纖維時物性強度之補強效果較小，但是卻有較小之異方向性，且較不會產生翹曲之異常。

添加玻璃纖維對 PET 之補強效果十分明顯，表三為未填加玻纖與添加 30% 玻纖之 PET，各項物性之比較，由表中可知，添加 30% 之玻纖可以使 PET 之抗拉強提高 3 倍，使彎曲彈性率提高 3.8 倍，使耐衝擊強度提高 2.5 倍，熱變型溫度提高 139°C (在荷重 18.6kg/cm<sup>2</sup> 之下)。

表一．添加補強劑對 PET 物性之影響

規格	良好影響	不良影響
成型性	1. 可以縮短成型週期。 2. 改善成型離型性。	1. 對成型機之套筒、模具等產生摩耗。 2. 使熔融塑料之流動性降低。
物性	1. 使機械強度如抗拉、耐衝擊強度、剛性提高。 2. 提高熱變形溫度。 3. 可以降低熱膨脹係數。 4. 尺寸安定性變佳、收縮率減少。	1. 比重增大。 2. 使成型品表面粗糙化。 3. 使成型品之熱性質、力學性質產生異方向性。

表二：添加不同組成之纖維補強對 PET 之影響

規格	單位	流動方向	橫方向
玻璃纖維 30(%)	抗拉強度 (kg/ cm <sup>2</sup> )	1,500	1,000
	伸長率 %	2.9	3.2
礦纖維 / 玻璃纖維合 30%	抗拉強度 (kg/ cm <sup>2</sup> )	890	720
	伸長率 %	2.4	2.2

表三．添加補強劑對 PET 物性之影響

規格		未添加玻纖	填加玻纖 30%
玻璃纖維含量	(%)	0	30
比重		1.38	1.56
抗拉強度	(kg/ cm <sup>2</sup> )	540	1,620
伸長率	(%)	200	2.7
彎曲強度	(kg/ cm <sup>2</sup> )	不破損	2,600
彎曲彈性率	(kg/ cm <sup>2</sup> )	24,000	91,400
NI 衝擊值	(kg • cm/ cm)	4	10.3
熱變型溫度°C	(18.6kg/ cm <sup>2</sup> )	85	224
表面硬度	(ROCKWELL)	M106	M100

## 南亞 PET 物性



圖 1、圖 2 及圖 3 分別表示填加玻纖能明顯提高 PET 之耐衝擊強度、熱變形溫度及抗拉強度。

### ◆ 耐熱性：

添加玻纖之 PET 工程塑膠 ( 簡稱 FR-PET ) 擁有相當好的耐熱性，是它的一大特徵，如表四所示，FR-PET 有較相當高的融點、熱變形溫度。如表五所示，難燃級 FR-PET 之長期使用溫度較其它常用之難燃級泛用工程塑膠為高。

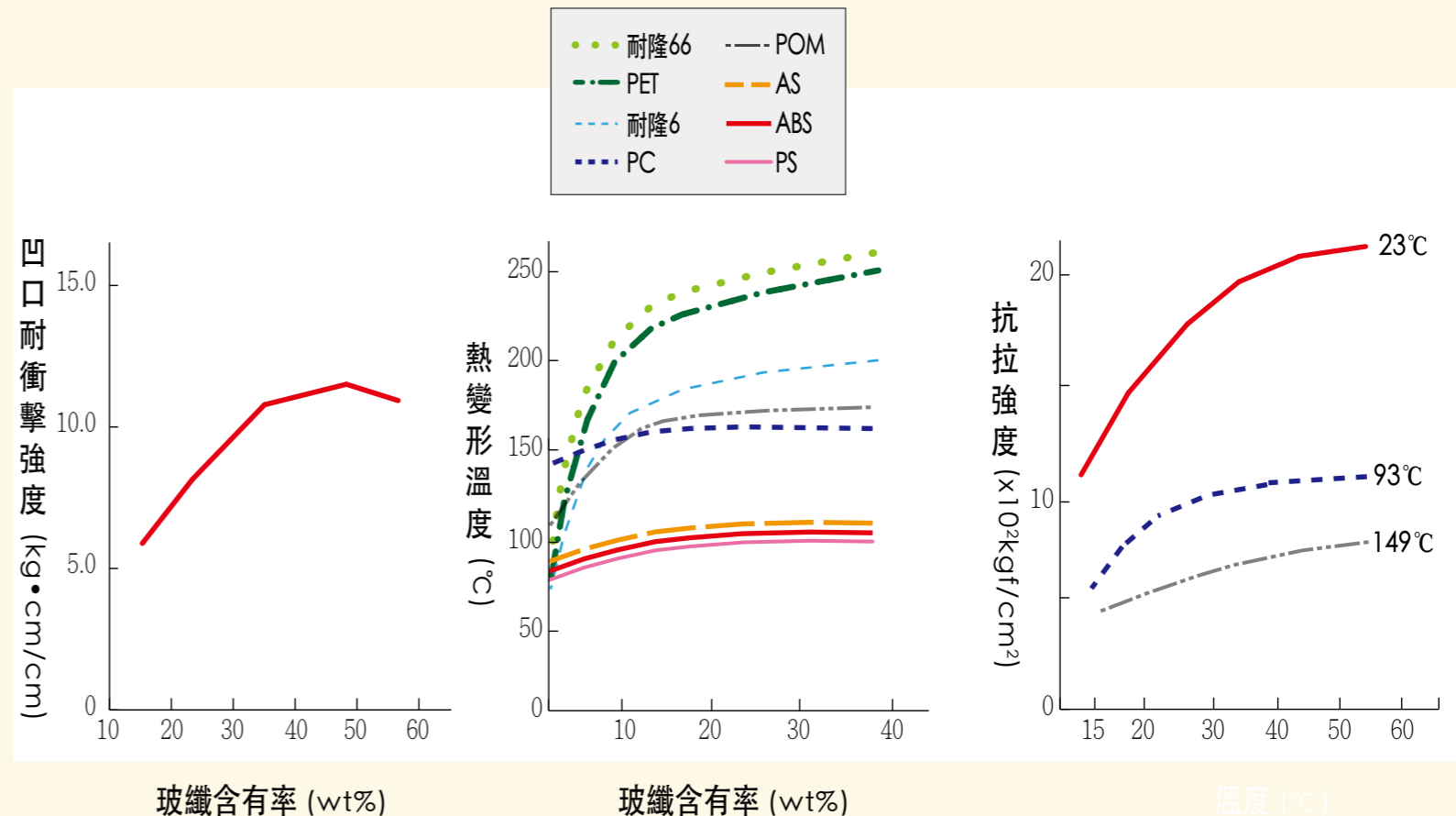


圖 1. 添加玻纖對 PET 耐衝擊強度的影響

圖 2. 添加玻纖對 PET 熱變形溫度的影響

圖 3. 添加玻纖對 PET 抗拉強度的影響

表四：FR-PET 工程塑膠之溫度特性

玻纖添加量 %		30	35	35
融點	(°C)	254	254	254
熱變形溫度	(18.6kg/ cm <sup>2</sup> )	224	226	229
	(4.6kg/ cm <sup>2</sup> )	247	248	249
熱傳導度	(W/m K)	0.29	0.32	0.33
線膨脹係數	(10 <sup>-5</sup> /m/m/°C)	2.7	2.3	1.1

表五：各種難燃級工程塑膠之長期使用溫度比較 ( 樣片厚度 1.5mm )

工程塑膠種類	UL 長期使用溫度指數		
	電氣性	機械性	
		有衝擊	無衝擊
FR-PET	150	150	150
PBT	140	130	140
耐隆 66	130	115	115
變性 PPE	110	105	110
PSF	160	140	160
PEI	170	170	170
PPS	200	200	220



## 南亞 PET 物性

### ◆ 剛性：

高剛性是 FR-PET 除了耐熱性以外的另一大特徵，若和性質較接近的 PBT 工程塑膠比較時，FR-PET 的剛性約較添加同比率玻璃纖維之 PBT 高出 30% 左右。因為 FR-PET 有良好的剛性，因此被認為是一種可以適用於厚度較薄的成型品。工程塑膠的彎曲彈性率越高，則其剛性也相對較高，若以添加 55% 玻纖之 FR-PET 為例，其彎曲彈性率可達  $180,000\text{kg}/\text{cm}^2$ ，約可達鋁合金的 1/4，而其它泛用型工程塑膠若添加玻璃纖維時均無法達此程度剛性，必需改添加礦纖才能達到此程度的剛性。

### ◆ 良好的電氣特性：

FR-PET 之電氣特性和 PBT 接近，均相當優良，可適用作為電氣、電子等之絕緣材料。  
(如表六所示)

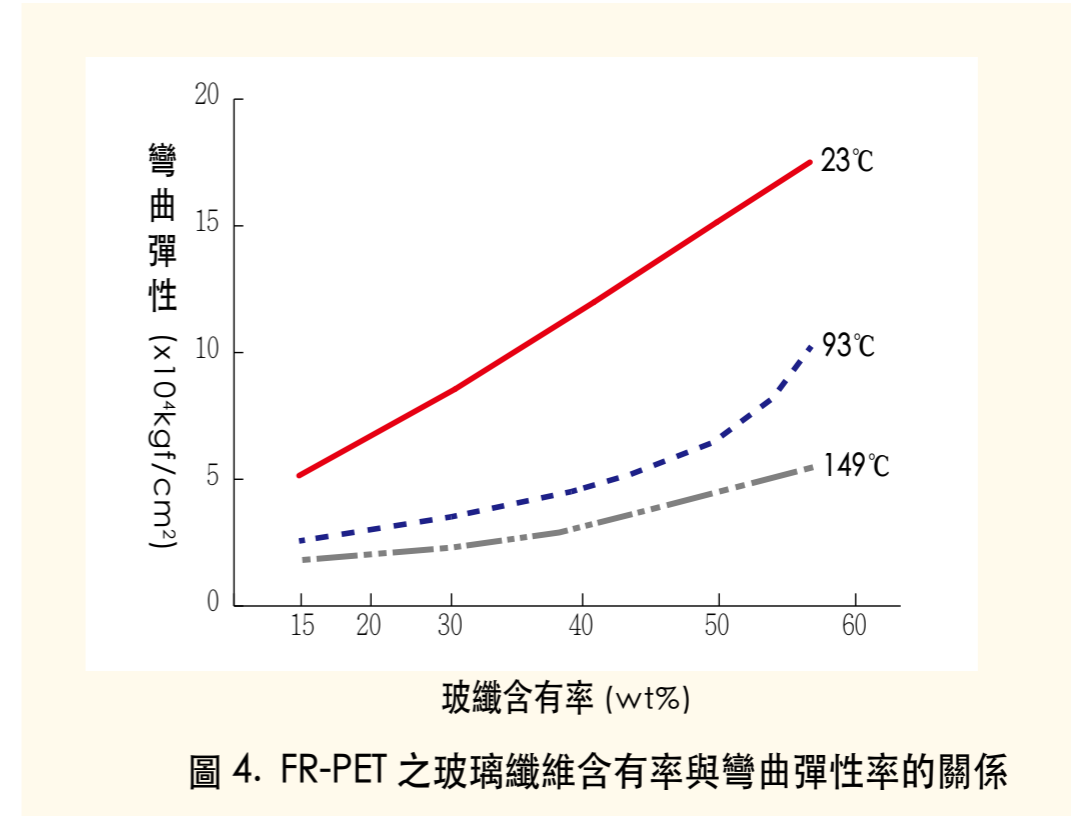


圖 4. FR-PET 之玻璃纖維含有率與彎曲彈性率的關係

表六：FR-PET 之電氣特性

電氣特性	單位	南亞 4210G6 (GF 30%)	南亞 4210G9 (GF 45%)
體積阻抗	$\Omega \cdot \text{cm}$	$10^{15}$	$10^{15}$
表面阻抗	$\Omega/\text{sq}$	$10^{14}$	$10^{13}$
絕緣耐力 (1.59mm)	Kv/mm	23	22
介電質常數			
10 <sup>3</sup> Hz	—	3.8	4.1
10 <sup>6</sup> Hz	—	3.7	4.0
介電質正切			
10 <sup>3</sup> Hz	—	0.011	0.009
10 <sup>6</sup> Hz	—	0.018	0.017
耐電弧性	s	125	125
高電壓軌跡碳化率	mm/min	22.3	12.7

## 南亞 PET 物性

### ◆ 耐藥品性：

因為強化 PET 樹脂亦是屬於聚酯類的一種，所以會與強酸、鹼類、水蒸氣等反應而產加水分解的現象，這是所有聚酯類塑膠之共同現象。但是強化 PET 樹脂對有機溶劑、油類等有好的抵抗性。

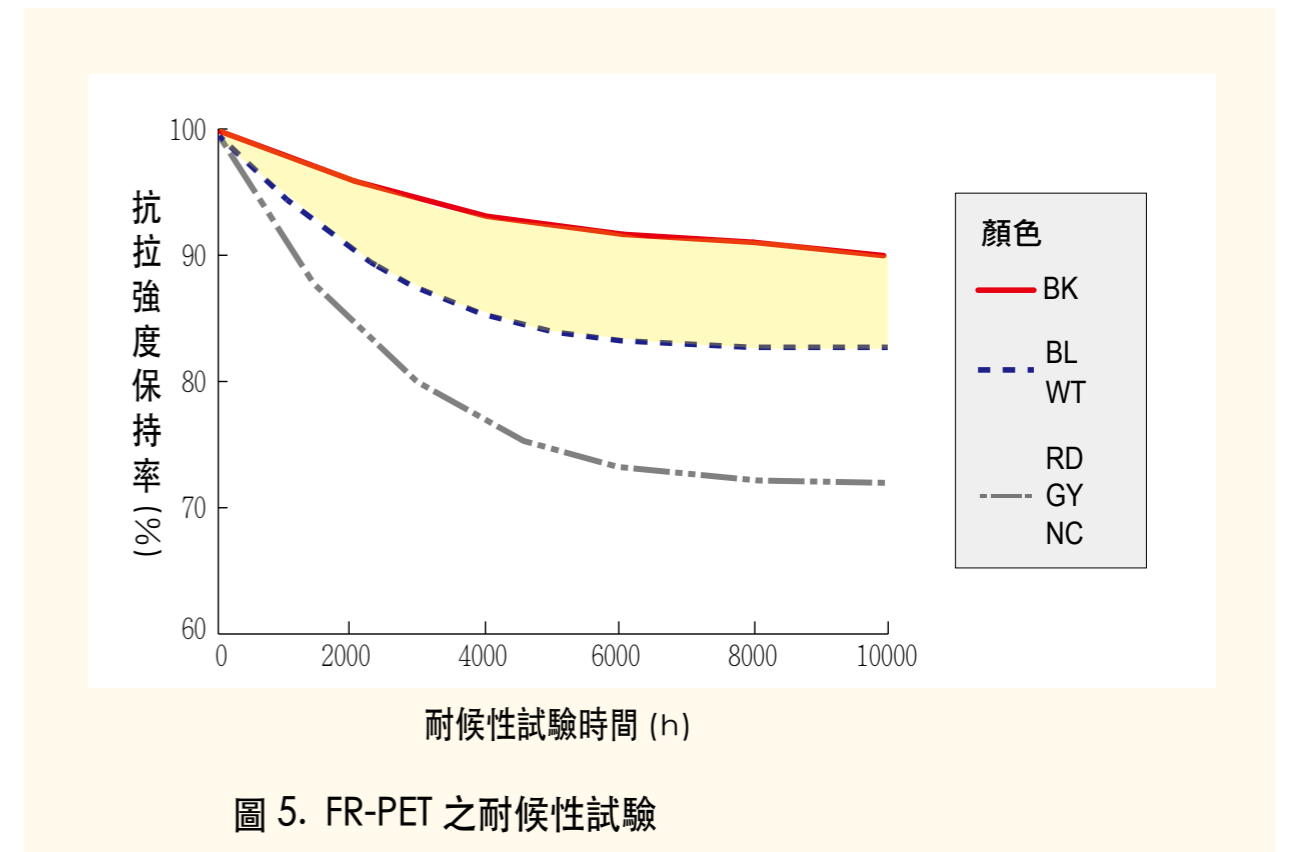
(如表七所示)

### ◆ 耐候性：

FR-PET 樹脂之耐候性良好。圖 5 是 FR-PET 以耐候試驗機試驗 10,000 小時後，比較拉伸強度的變化之結果，顯示有顏料著色之 FR-PET 之抗拉強度保持率比本色還好。

表七：強化 PET 之耐藥品性

藥品	鋁合金	鋅合金	PC	GR-PC	GR-PET
酸	X	X	○	○	○
鹼	X	X	X	X	X
熱水	○	○	X	X	X
植物油	○	○	○	○	○
海水	X	○	○	○	○
有機酸	X	○	○	○	○
芳香族 碳氫化合物	○	○	X	X	○
鹵素 碳氫化合物	○	○	X	X	○
醇	X	○	○	○	○





## 南亞 PET 物性

### ◆ 結晶性：

FR-PET 及 PBT 均是屬於結晶性高分子，因為 PBT 之  $T_g$  僅為  $22^\circ\text{C}$ ，所以 PBT 即使在低溫的範圍也能得到充分的結晶，但是因為 FR-PET 的  $T_g$  為  $69^\circ\text{C}$ ，使得 FR-PET 非達  $100^\circ\text{C}$  以上，則無法結晶。若站在耐熱性的觀點而言，FR-PET 之高融點可以得到良好的耐熱性，但是 FR-PET 之高  $T_g$  卻使結晶化速度大為降低，影響 FR-PET 之成型速度。圖 6 為各種高分子之融點 ( $T_m$ ) 和  $T_g$  的關係。

FR-PET 雖然擁有高耐熱性、耐藥品性、電氣特性、耐候性等優良物性，但是由於如上面所述，結晶速度較慢而影響到成型性，影響到成型之速度，因此 FR-PET 之需求量卻無法相對地提高。

改善 FR-PET 之結晶化速度之方法，主要採用下述之兩種方法：

1. 研究降低 FR-PET 之  $T_g$  之方法。

- 於合成 FR-PET 時，添加第三種成份進行共重合反應，以降低  $T_g$ 。
- 於成型時，混合親合性較好的第三種成份，以降低  $T_g$ 。

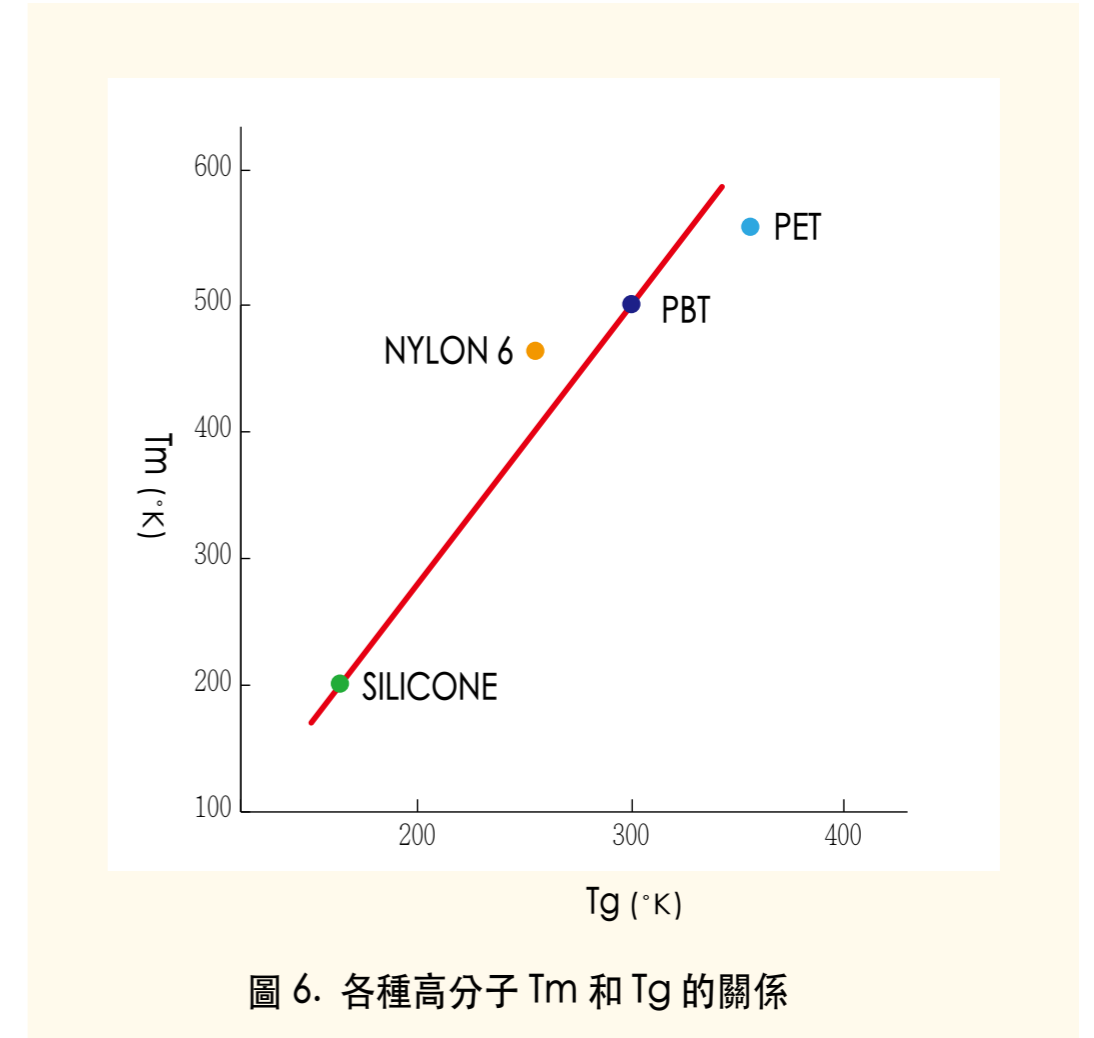


圖 6. 各種高分子  $T_m$  和  $T_g$  的關係

2. 藉添加結晶核劑改善結晶化速度。

經研究，添加適當、適量的結晶核劑，可以改善 FR-PET 之結晶化速度，經試驗效果較好的結晶核劑有石墨、碳黑、氧化鋅、氧化鎂、矽酸鈣、矽酸鎂、硫酸鋇、滑石粉、草酸鈣、安息香酸鈣、硬酯酸鎂、酒石酸鈣等。

## 南亞 PET 物性

### 在成型加工上之 注意事項

#### ◆ 吸水性：

FR-PET 之吸水率如圖 7 所示，在通常的情況下，FR-PET 之吸水率在 0.4~0.6% 之間，比耐隆之吸水率為低。浸漬在常溫水中，FR-PET 之物性變化並不明顯，但在沸水中，會因產生加水分解而使聚合度降低，使物性產生明顯的下降。

#### ◆ 熔融粘度

FR-PET 之熔融流動性比強化 PBT 好，適當之成型加工溫 280~320°C 之間，此加工溫度約和耐隆 66 相當。圖 8 是 FR-PET 熔融粘度和溫度之關係，熔融粘度及流動性會因添加劑及耐燃劑之含量不同而異。

#### ◆ 乾燥

和耐隆、PC、PBT 一樣，FR-PET 也是一種聚酯類，在射出成型時，若熔融塑料中含有規定以上之水份時，塑料會因產生加水分解而使聚合度減少，使流動性增加，雖然不易由成型品之外觀來判斷，但是如耐衝擊性等機械物性卻有明顯的降低，FR-PET 在射出成型時，水分含量宜控制在 0.02% 以下。若在射出成型以前，以 130°C \*5 小時或 150°C \*4 小時先將塑料乾燥，可以使水分含量達到 0.01% 以下，如圖 9 所示。

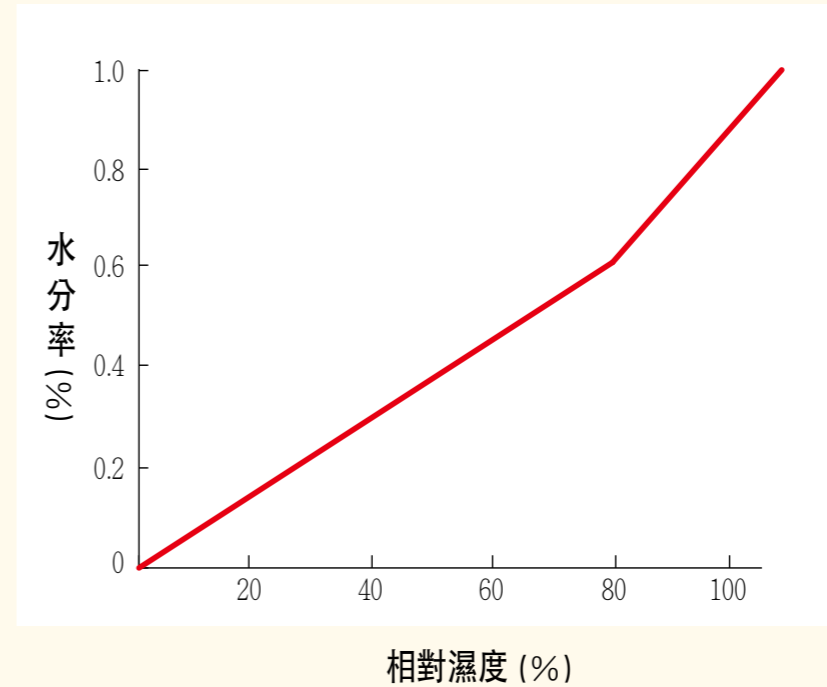


圖 7 FR-PET 之吸水性率

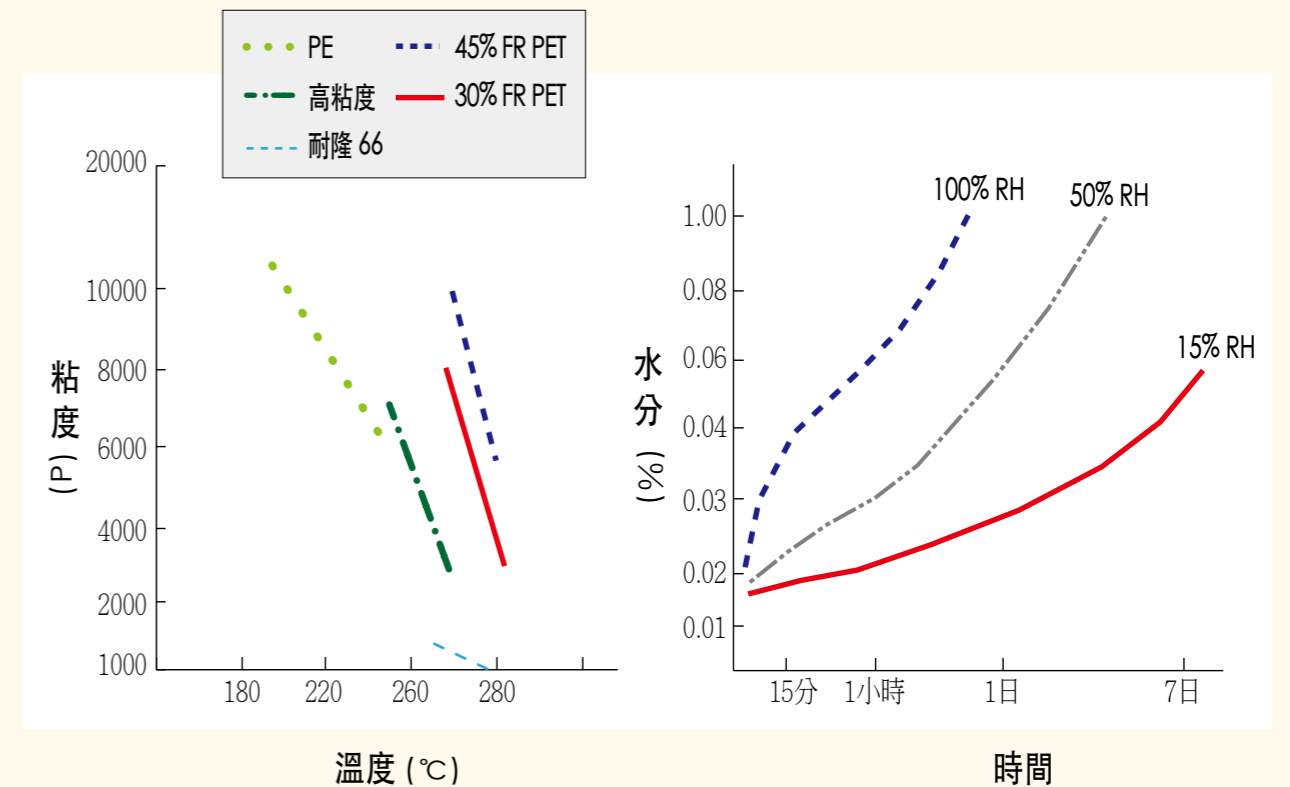


圖 8. FR-PET 之熔融粘度和溫度之關係

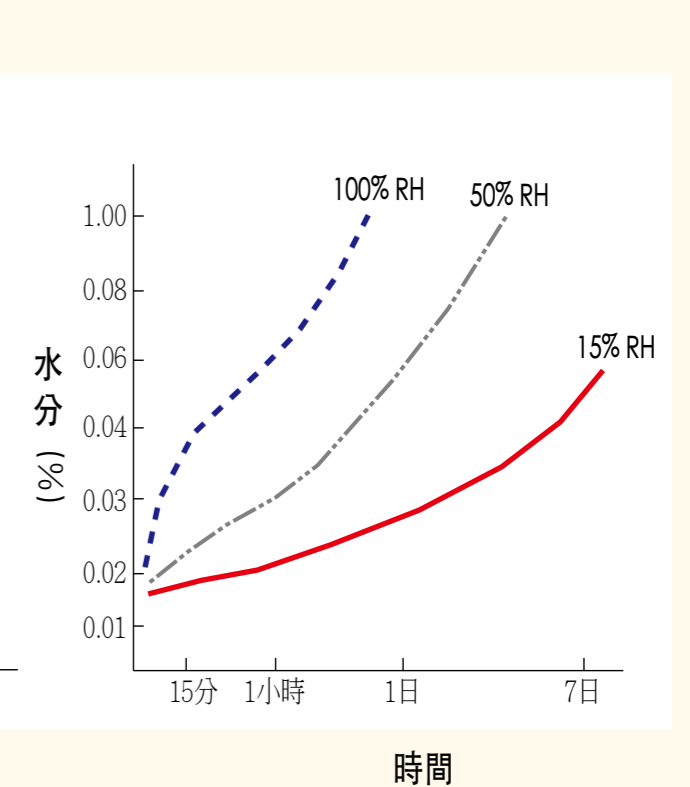


圖 9. FR-PET 在各種濕度下之吸水曲線圖

## 在成型加工上之 注意事項

### ◆ 成型條件

FR-PET 之參考用射出成型加工條件如表十所示，為確保成型品之物性，滯留時間宜控制在 10 分鐘以內。

### ◆ 模具溫度

為使 FR-PET 之成型品有較好的尺寸安定性、耐熱性，成型條件採用高溫模具較佳。欲成型需要耐焊錫之電子、電氣零件等時，一般 FR-PET 塑料之模具溫度可以設定在 120°C ~140°C，結晶速度改良型可以設定在 90°C ~100°C。一般而言，成型時採用高溫模具之條件時，所得到的成型品之結晶化度較高，剛性也較大，但是採高溫模具之缺點為成型週期時間較長，影響到生產效率。高溫成型所得到的成型品，亦較易有翹曲之異常發生。

相反地，成型時採用低溫模具時，所得到的成型品之結晶化度較低，但是成型週期時間較短，生產效率較高。要求低翹曲之成型品，可以採用添加有礦纖之規格，並設定 65°C 以下之低模具溫度。

### ◆ 成型收縮率

FR-PET 會隨著結晶度之增加而使密度提高，產生收縮之現象，添加玻纖時，成型品之收縮率會因塑料之不同流動方向產生方向性。在設計模具時可以參考表十一之預測收縮率來設計。

### ◆ 再生料之利用

FR-PET 在成型時，在主流道 (Spru)、副流道 (Runner) 等所發生的餘料，可以再回收使用，不過為確保物性，回收之混用比率最好能控制在 25% 以下，適當之混用比率，亦必須要參照客戶在物性、色澤及難燃性等物性可以接受的程度而定。

表十：FR-PET 參考用之射出條件

	一般級	難燃級
套筒溫度		
後部 (°C)	260~295	260~290
中央部 (°C)	260~300	260~295
前部 (°C)	260~295	265~295
最適當之塑料溫度 (°C)	275~300	275~300
最高之容許溫度 (°C)	305	305

表十一：FR-PET 之成型收縮率

單位 %

成型品 厚度	低溫模具	高溫模具	
	玻纖 30%	玻纖 15%	玻纖 30%
1~2mm	0.2~0.3	0.5~0.6	0.4~0.5
2~3	0.3~0.4	0.7~0.9	0.5~0.6
3~4	0.4~0.5	0.8~1.0	0.6~0.7
4~5	0.5~0.6	0.9~1.1	0.8~0.9



南亞塑膠工業股份有限公司  
NAN YA PLASTICS CORPORATION

