南亞 PC 工程塑膠

透明性・耐衝擊性・耐熱性・絕緣性・自熄性・機械性

簡介

聚碳酸酯 (PC) 是五大工程塑膠 (PC、PBT、NYLON、POM、變性 PPE) 之一種，在五大工程塑膠中，PC 是一個各種性質較為平衡，缺點較少的塑膠，PC 之用途十分廣泛，目前最主要被應用於電氣、機械等之用途。PC 之最引人重視的特性是其具有十分優良的透明性、耐衝擊性以及耐熱性質。

南亞 PC 工程塑膠特性

在所有的工程塑膠中 PC 是一種特性最多，且各種物性之平衡性相當良好的塑膠，主要代表特性如下：

1. 機械強度良好，特別是耐衝擊強度非常好。
2. 電氣絕緣性良好。
3. 在低溫至高溫之物性均能保持優秀，可使用的範圍很廣。
4. 尺寸安定性十分良好，受溫度及水分的影響很小。
5. 由於是一種無色透明，因此可以自由地著色，得到外表光澤良好的成品。
6. 具有自己自熄性，本身即可有難燃的效果。

南亞 PC 的應用

在各種塑膠之用途上，以 PC 之應用分佈最廣，由於 PC 在物性上之特點很多，因此在電子、電氣、汽機車、機械、光學零件等各方面的應用例相當多，PC 亦可以和氟素樹脂、PBT、PET、ABS 等其它塑膠製成合膠而得到改質的效果，應用在各行各業之許多用途上。

業界	用途	要求性能
電氣、電子類	線軸、接頭、繼電器、燈罩、電腦零件、電話交換機、端子台、開關、磁帶計數器、端末機、按鍵基座、電視、收音機、錄音機、吹風機等之外殼、及底盤、咖啡爐、刮鬍刀、冰箱、音響、熨斗、煮蛋器、唱機、信號燈凸鏡、船燈、照明燈、安全燈、手電筒、指示燈配件、避雷管、天線絕緣材及外殼、行動電話外殼、IC 底盤、電磁爐、CD 光碟基板 OA FAN 葉片、LED 外殼、機體外殼	耐衝擊性、耐熱性、透明性、尺寸安定性、難燃性、電氣性、輕量化
汽、機車工業類	暖氣風扇、保險桿、大燈、儀錶板、尾燈、表盤、計數盤、分油頭蓋、攪流板、軌道絕緣板扶手、擋風窗、信號燈體、車輪蓋、光纖維、絕緣材、防風板、外飾板、安全玻璃	耐衝擊性、耐熱性、耐候性、輕量化
精密機械	照相機體零件、顯微鏡、錶、放映機、閃光燈、望遠鏡、電動工具外殼、馬達、壓力盤、壓力計、自動販賣機、螺母、螺絲、自黏貼機、打印機等零件、複印機、登錄機、計算機外殼、電腦、文字機、記憶盤傳動座、傳真機、製圖用品等零件、紡織用線軸、攝影機外殼、信號燈、燈罩、時鐘零件、照相機鏡頭、儀表安全玻璃、燈座外殼	耐衝擊性、透明性、尺寸安定性、耐候性、電氣性、安全性、輕量化

其他物性

◆玻纖對 PC 物性之影響及 PC 之特性：

對 PC 而言玻纖、碳纖都是良好的補強材料，但因玻纖之價格較廉，目前市面上之規格以添加玻纖者較多，例如添加玻纖 30% 時，對 PC 物性的影響如表一所示：

◆機械強度良好：

PC 具有優良的耐衝擊強度，在五大工程塑膠中，以 PC 之耐衝擊強度最佳，此種特性使 PC 能適用於許多對耐衝擊強度要求嚴格的產品，例如：電動工具外殼、工具箱、汽車門把手、燈罩、頭盔，如表二所示。

表一．添加玻纖對 PC 物性之影響 (玻纖 30%)

物性	影響
拉伸強度	增加 2 倍
彈性率	增加 3 倍
熱變形溫度	提高 10℃
熱膨脹率	減為 1/3
成型收縮率	減為 1/6

如上所述，添加玻纖之 PC 物性提高很多，更適合用來生產精密度較高、要求強度較高之成型品。

表二．PC 工程塑膠之一般級機械強度物性

性 質		測試方法	單位	單位	
				GF 0% 南亞 5110	GF 30% 南亞 5210G6
一般級機械性質	比重		g/cm^3	1.2	1.43
	吸水率	ASTM D-570	%	0.24	0.20
	抗拉強度	ASTM D-638	kg/cm^2	630	1,300
	伸長率	ASTM D-638	%	130	3-5
	彎曲強度	ASTM D-790	kg/cm^2	950	1,600
	彎曲彈性率	ASTM D-790	kg/cm^2	23000	75,000
	IZDO 衝擊強度 (缺口 1/8")	ASTM D-256	kg·cm/cm	75	15
	Rockwell 硬度	ASTM D-785	---	M70	M90
	Taber 磨耗 (CS-17)	----	$mg/10^3$ rpm	13	24
	摩擦係數 (對鋼)	ASTM D-1894	---	0.38	---

由上表可知 PC 之其它機械強度如抗拉強度、彎曲強度亦相當良好，而且添加玻纖對 PC 之大部份機械強度有明顯的補強作用。耐衝擊強度，以純 PC 較佳，高達 75 Kg‧cm/cm。

其他物性

◆電氣絕緣性良好

PC 之各項電氣性如體積固有阻抗、絕緣破壞強度以及耐電弧性等均相當良好，如表三所示，添加 30% 玻纖之 PC，其絕緣破壞電壓可達 18kv/mm，在五大工程塑膠中是屬於較高的。又 PC 是一種疏水性的塑膠，其吸水率較小，濕度對 PC 之電氣性幾乎沒有影響。

表三 . PC 工程塑膠之電氣性質

性 質		測試方法	單位	單位	
				GF 0% 5110	GF 30% 5210G6
電氣性質	體積固有抵抗	ASTM D-257	Ω·cm	10^{16}	10^{16}
	絕緣破壞強度	ASTM D-149	kv/mm	16	18
	介電質常數 (10^6 HZ)	ASTM D-150	---	2.31	3
	介電質正切 (10^6HZ)	ASTM D-150	---	0.01	0.009
	耐電弧性	ASTM D-495	sec	120	120

GF 30%：加玻纖 30% 補強

◆耐熱性質良好，可使用之溫度範圍廣

依 ASTM D 746-57T 之試驗方法，PC 之脆化溫度可達到 -100℃以下，是一種在低溫也能保持相當好之物性強度的塑膠。

PC 之耐熱性質相當優秀，尤其是 PC 之 UL 長期耐熱溫度在五大泛用工程塑膠中是屬於較好的，僅次於 PBT 而優於 NYLON6 、POM 及變性 PPE，添加 30% 玻纖之 PC 可以在很廣的範圍內 (-100℃ ~130℃)，長期地被使用，是一種耐熱性相當好的塑膠，如表四所述。

表四 . PC 工程塑膠之耐熱性質

性 質		測試方法	單位	單位	
				GF 0% 5110	GF 30% 5210G6
耐熱性性質	融點	DSC 法	℃	230	---
	比熱	ASTM D-792	cal/g℃	0.3	0.27
	熱變形溫度 (18.6kg/cm^2)	ASTM D-648	℃	135	145
	熱變形溫度 (4.6kg/cm^2)	ASTM D-648	℃	141	---
	線膨脹係數	ASTM D-696	10^{-5} x1/℃	3.8	2.18
	燃燒性	UL 94	---	V-2	V-0
	長期耐熱溫度	UL 746B	℃	120	130

GF 30%：加玻纖 30% 補強

其他物性

◆尺寸安定性良好，受溫度及水分的影響很小

PC 之尺寸安定性在五大工程塑膠中是屬於較優秀的，影響塑膠之尺寸安定性的因素有吸水性、蠕變形性以及熱收縮性等，他們對 PC 之尺寸變化影響如表五所示：

表五 . 吸水性、蠕變性及熱收縮率對 PC 之尺寸變化率之影響

	條　件	影響尺寸變化率
吸水性	每吸水 1%	0.002%
蠕變性	100kg x1000 小時	0.9%
	200kg x1000 小時	2.4%
熱收縮	經 120℃處理後	0.1%

◆透明性優良：

PC 是一種非結晶性樹脂，一般而言非結晶性塑膠之透明性較結晶性塑膠為佳，PC 對光線之透過率光譜如圖 1 如所示，在可視光波長 (400mμ~800mμ) 之可視光域的透過率達 90%，因為 PC 具有其它工程塑膠少有之透明特性，大大地增廣了 PC 之用途領域。PC 已被認為是一種高級的透明材料，且有耐熱、質輕等優點，因此 PC 已被廣泛地採用於照明燈、燈罩、雷射碟片、光學鏡片、安全玻璃等用途。

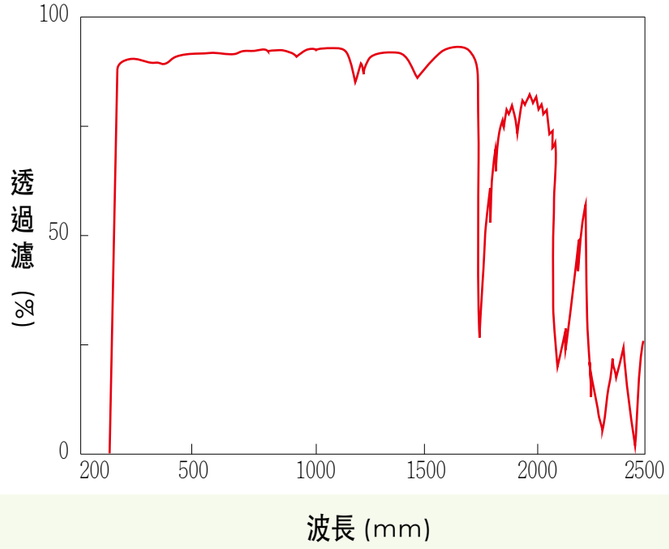

圖 1 PC 對光線之透過率光譜

其他物性

◆難燃性良好

未添加難燃劑之 PC 樹脂即具有自己消火性，如表六所示，且 PC 亦是一種可以藉添加難燃劑來得到良好難燃效果之塑膠，經選擇適當之難燃劑，PC 之難燃性可以達到 UL94V-0 之水準 (如南亞 PC-531P PC-5420 等規格)

表六 . PC 樹脂 之難燃性 （ 未加難燃劑 ）

試 驗 條件	試 驗 結 果
ASTM-D635	自己消火性
UL 94 試片厚度 1.6 mm 3.2 mm 6.4 mm	V-2 V-2 V-1
Oxygen Index	25~27

在 PC 性質上須加以注意之事項

◆耐疲勞性

PC 之耐疲勞性並不是算好，如圖 2 所示，PC 之耐衝擊疲勞性較尼龍、PBT、POM 為差、但是可以藉添加玻纖或提高 PC 之分子量來大幅度提高 PC 之耐疲勞性，如圖 3 及圖 4 所示。

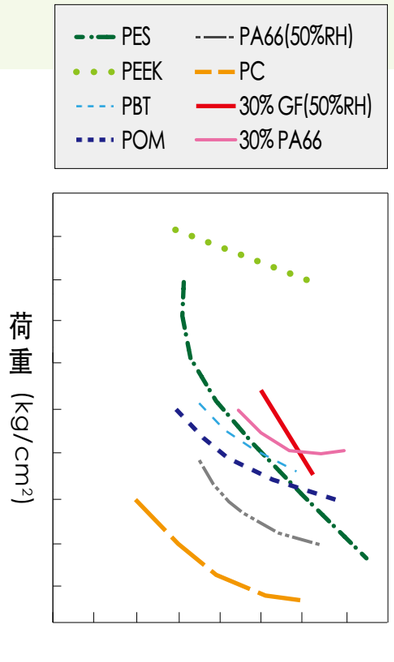

圖 2. 各種塑膠之耐疲勞性比較圖

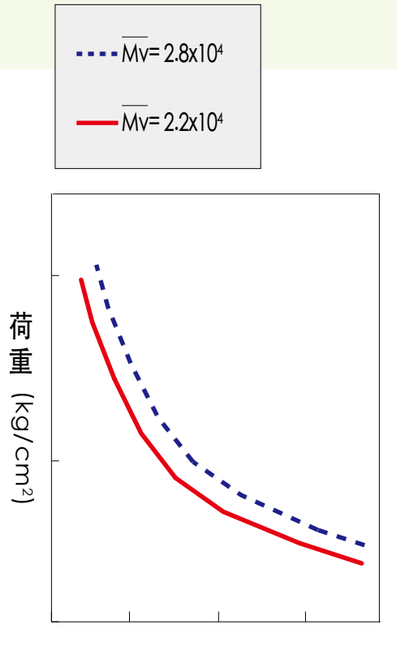

圖 3. PC 之分子量與耐疲勞性之關係

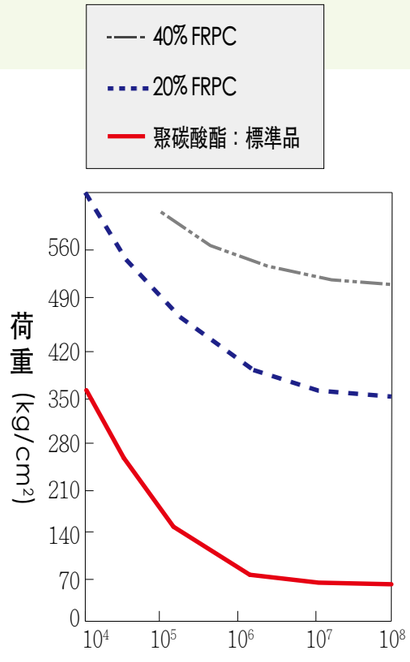

圖 4. 添加玻纖對 PC 之耐疲勞性之影響

在 PC 性質上須加以注意之事項

◆耐應力龜裂性

PC 之耐應力龜裂性並不算好，而且油、溶劑、葯水、塑膠添加物、溫度等環境因素等，均會促進 PC 之龜裂現象。一般可以將 PC 浸泡在四氯化碳中，來觀察 PC 之耐應力龜裂現象。

PC 和聚酯類之合膠可以改善 PC 之耐應力龜裂性。又如圖 5 所示，提高 PC 之分子量亦可以改善 PC 之耐應力龜裂性。

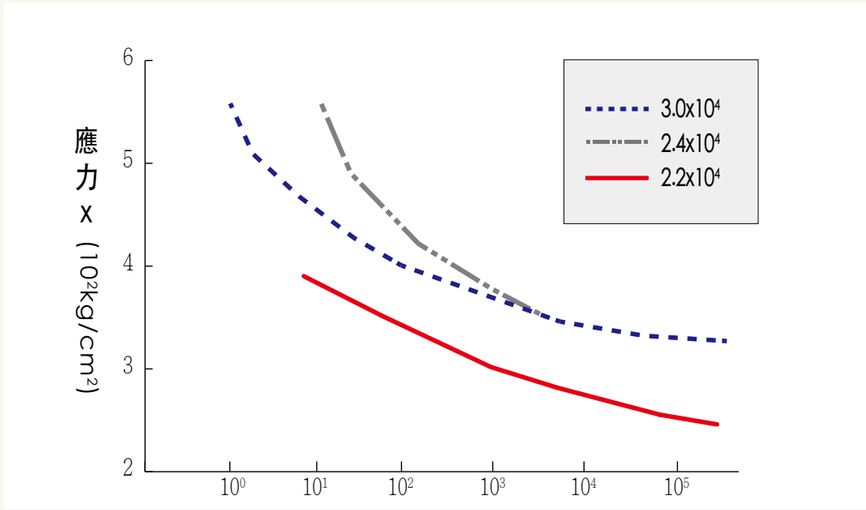

圖 5　PC 之分子量與耐應力龜裂性之關係

◆耐藥品性

如表七所示，雖然 PC 在常溫下對弱酸、弱鹼及活性氣體之抵抗性良好，但一般而言 PC 對強鹼、苯、丙酮、四氯化碳、酯類、汽油等之抵抗性稍差，會產生溶解或分解的現象，在使用上應事先加以注意。

PC 和聚酯類如 PBT、PET 等樹脂之合膠亦可以改善 PC 之耐藥品性。

表七 . 五大泛用工程塑膠之耐藥品性比較

	弱酸	強酸	弱鹼	強鹼	活性氣體	油	丙酮	苯	四氯化碳	酒精	酯類	汽油
PBT	●	△	○	X	○	●	○	○	●	●	○	●
NYLON 6	○	X	○	○	△	○	○	●	○	△	●	●
POM	△	X	△	X	△	○	○	○	●	●	○	●
PC	●	△	○	X	○	△	X	X	X	△	X	X
變性 PPE	○	○	○	○	–	○	○	X	X	○	X	△

●：優　○：良　△：普通　X：劣

在 PC 性質上須加以注意之事項

◆耐摩擦摩耗性

如表八所示，與其它塑膠比較，PC 之耐摩擦性、耐摩耗性並不算好。表中之 PV 值是代表 PC 之耐摩擦特性，PV 值越高表示耐摩擦特性越好，在摩擦時能承受較高之荷重 P 及較高之滑動速度 V 而不會發生因發熱而熔融、變形之現象。

PC 由於較缺乏自己潤滑性，致耐摩擦摩耗之特性較差，故一般不被採用在齒輪等傳動用途上，但由於 PC 之尺寸安定性十分良好，極適合要求高精密度之製品，近來已有藉添加氟素樹脂、潤滑劑來改善 PC 之耐摩擦摩耗性規格而用在精密齒輪之應用例。

表八：各種塑膠之摩擦、摩耗特性比較

塑膠	比摩耗量 $mm^3/kg \cdot mm$	摩擦係數 μ	PV 界線 $Kg/cm^2 \cdot cm/sec$
POM	1.3×10^{-8}	0.21	124
NYLON 66	4.0×10^{-8}	0.26	89
NYLON 6	4.0×10^{-8}	0.26	89
PC	50.0×10^{-8}	0.38	18

◆流動性

由於 PC 在熔融時之粘度較高，在成型時之流動速度較低，因此在厚度較薄之零件成型時較為不易，但近來由於市面上已有不少針對 PC 之高流動性而開發出來改良成型專用機，此種專用成型機主要是提高射出壓力、提高螺桿之馬力、提高射出速度、提高成型溫度、模具設計技術之改善等方法而使 PC 之成型性得到改善。

在模具之設計上，適度地縮短主流道 (sprue)、副流道 (runner) 之距離，以及提高噴嘴 (nozzle)、入料口 (gate) 之口徑亦可以改善 PC 在成型上之流動性不良問題。同時市面上亦有藉降低 PC 之分子量或添加 PS、ABS 等方法來改善 PC 流動性之規格出現，現在 PC 已較少發生成型上之流動性不良之問題。

在 PC 性質上須加以注意之事項

◆耐熱水性

由於 PC 是屬於聚酯類的塑膠，而一般而言聚酯類均會有因遇到水份，分解而使物性降低的現象，PC 亦不例外，經試驗 PC 若長期浸漬在 60℃以下的水中時，對物性幾乎沒有影響，但若水溫超過 80℃時，則對 PC 物性之影響較大，因此不宜長期將 PC 浸漬在 80℃以上之熱水中。例如供應熱水之管槽不宜使用 PC 為材料，但是 PC 仍可以適用於間斷性施加熱水之用途。表九為沸水對 PC 耐衝擊強度之影響。

◆耐候性

PC 在一定厚度以上時，對耐候性良好，對紫外線之抵抗強度佳，如圖 6 所示，厚度在 2.5mm 以上時，經長期曝曬，觀察其劣化情形，顯示十分優秀之耐候性。但 PC 之厚若在 0.2mm 以下時則耐候性並不算好。因此在屋外使用之用途，應選用一定厚度以上之 PC，對紫外線有較良好的抵抗效果。又如圖 7 所示，添加紫外線防止劑對 PC 之耐候性有良好的效果。

表九 . 沸水對 PC 耐衝擊強度之影響

耐衝擊強度保持率	沸水中 0 小時	沸水中 24 小時	沸水中 74 小時	沸水中 120 小時	沸水中 240 小時	沸水中 360 小時	沸水中 720 小時
	100%	111%	94%	88%	65%	73%	64%

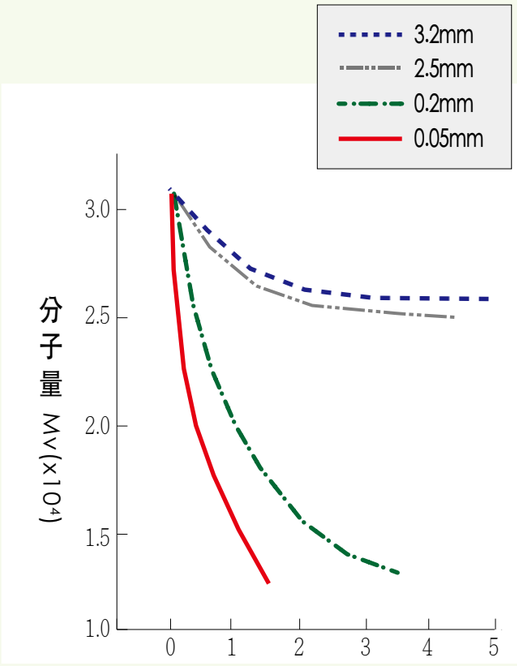

圖 6 PC 之厚度與曝曬劣化之關係

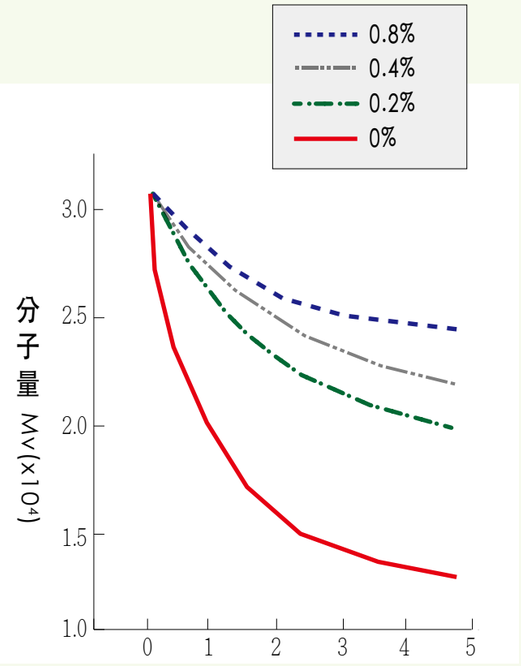

圖 7 增加紫外線防止劑對 PC 耐候性之改善情形

在 PC 在成型加工之應注意事項

PC 在成型加工上，水分管理及成型加工條件之選擇是影響品質最大之二大因素，茲分述如下：

◆水份管理：

雖然 PC 之吸水率相當低，但如圖 8 所示，PC 在放置中，會有再吸濕之現象，由於 PC 亦是屬於聚酯類塑膠，而聚酯類塑膠遇到即使非常低之水份亦會產生加水分解而有斷鏈、分子量降低、物性強度降低之現象，因此在成型加工前應嚴格地控制 PC 粒之水份在 0.02% 以下，以避免成型品有耐衝擊強度降低或成型品之表面有氣泡、銀紋等外觀上之異常。

為避免因水份所產生之異常，PC 粒在成型加工前，應先經熱風乾燥機乾燥 120℃ x 4~5 小時，同時在漏斗處亦應安裝有加熱器以確保不在漏斗處再吸水份，如圖 9 所示，若乾燥溫度設定在 100℃以下時，即使是長時間乾燥，效果亦不大，同時為避免 PC 粒產生變色之異常，應避免在 150℃以上之溫度乾燥。

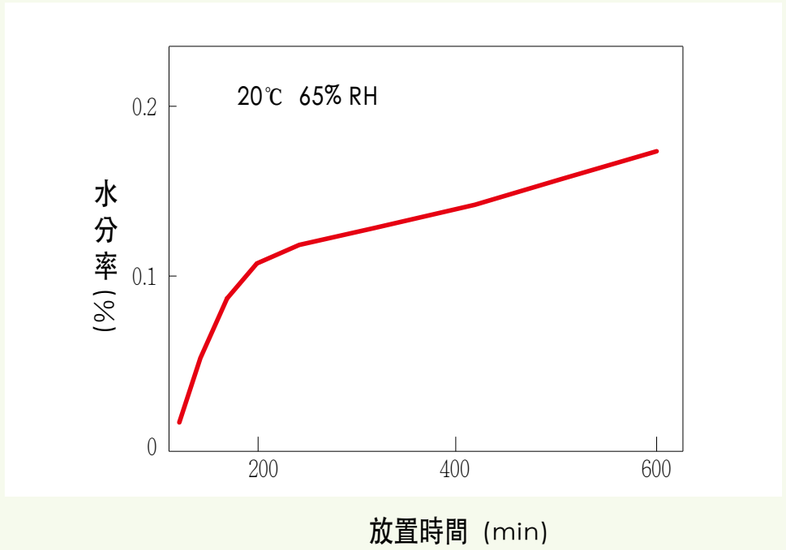

圖 8 PC 於空氣中之再吸濕性曲線

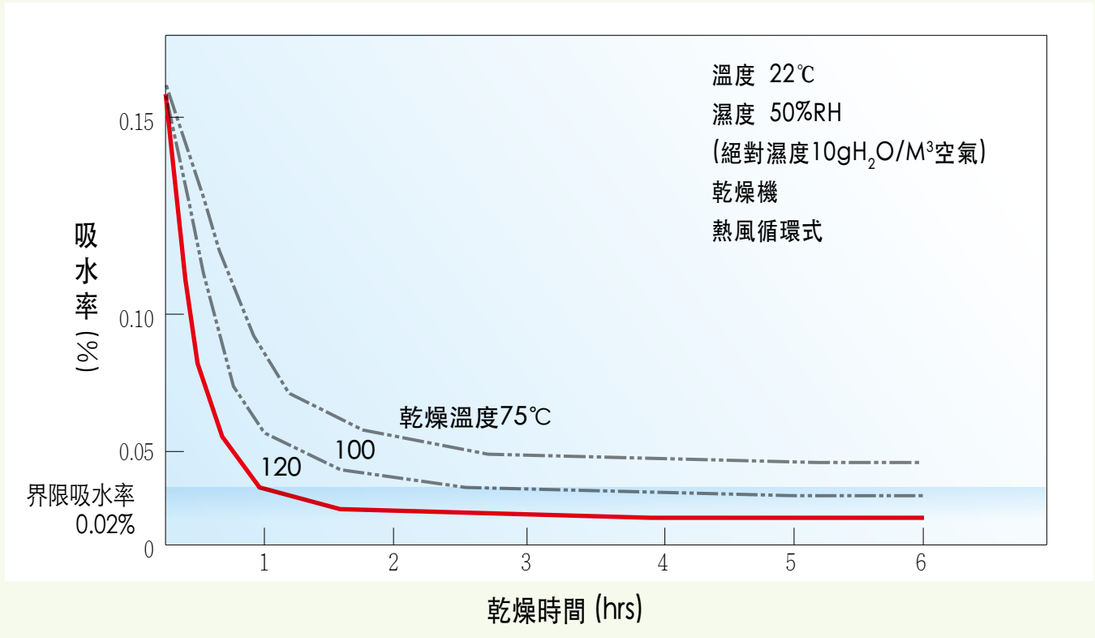

圖 9 PC 之乾燥溫度與吸水率之關係

在 PC 在成型加工之應注意事項

◆成型條件：

一般而言，下列之加工條件可以得以到較佳之製品，但是 PC 之最佳加工條件會因成型機種、成型品之形狀以及 PC 之品級之不同，而有相當之差異，應依實際之情形加以調整。

- 套筒溫度 : 因 PC 品級之不同而有所差異，一般螺桿型射出機之料管溫度設定在 230~310℃之間，提高成型溫度能降低熔融液之粘度，改善流動性但是溫度太高時會發生分解、劣化之現象，應加以注意。
- 射出壓力：一般設定在 1000~1400kg/cm^2，因 PC 於熔融時粘度較高，流動性不是很好，有時若不以高壓高速射出，常不易充填，但若射出壓力太高，較易有殘留變形應變發生。
- 螺桿轉速：40~160 rpm (依機台大小而定)
- 螺桿壓縮比： 2.4
- L/D：15~24
- 模溫：設定在 80~120℃之間，但一般在 110℃左右可以得到良好之成品，若提高模具溫度，成型品的表面狀態能得到改善，成型之內應變力減小，可以減少龜裂現象，但成型週期會延長。
- 射出速度：一般而言，薄者快，厚者慢，射出速度控制不當會產生表面剝離或破裂之現象。

南亞塑膠工業股份有限公司
NAN YA PLASTICS CORPORATION
塑膠第三事業部・工程塑膠組
地址：台北市敦化北路201號
TEL: 886-2-27122211 EXT. 5813~5814
FAX: 886-2-27198661