

能源與材料科技系 實務專題論文

高效能導熱 PC 塑膠的製備與性質探討



指導老師：黃建銘博士

班級	學號	姓名
能材四乙	BB99058	蔡家信
能材四乙	BB99065	張銀哲
能材四乙	BB99901	謝孟修
能材四乙	BB99081	胡家瑋

修 平 科 技 大 學

中 華 民 國 1 0 2 年 1 2 月 2 4 日

致謝

首先要感謝黃建銘老師以及銘安科技股份有限公司與國研氮化股份有限公司，在這次專題實驗中，黃建銘老師提供許多寶貴的知識及良好的意見，還有銘安科技股份有限公司與國研氮化股份有限公司提供材料讓我們做實驗。在此也特別感謝劉勳諺學長，在整個專題期間熱心的指導我們，如果沒有學長的從旁協助，我們就沒法這麼順利的完成，最後衷心的感謝黃建銘老師、劉勳諺學長以及銘安科技股份有限公司與國研氮化股份有限公司在我們專題期間給予莫大的幫忙。

摘要

本專題使用 PC 樹脂與特製散熱粉混鍊成行的試驗成形品，進行熱傳導率與物性的探討與耐燃性的試驗。

測試方法是依據 ASTM(American Society for Testing and Materials) , C177 與 Hatched Izod Impa CT Strength(J/M) ASTM D256 及 UL94 來進行相關研究。

樣品以不同的 PC 樹脂與不同的散熱粉分別製成氮化硼(BN)+氧化鋁以下代號: PC-BA、純 BN 以下代號:PC-SW08、雲母+BN 以下代號:PC-BM1、人工雲母+BN 以下代號:PC-BM2、一般級別氮化硼以下代號 PC-BN、雲母與氮化硼以下代號 PC-BNM 以上之樣品，並且測出熱傳導率。

其各樣品之熱傳導率為:PC-BM:3.69W/mK、PC-BM2:0.75W/mK、PC-SW08:8.03W/mK、PC-BA:2.5W/mK、PC-BMN:3.24W/mK、PC-BN:5.1W/mK、PC-BN(0.5phr):4.92W/mK、PC-BN(1phr):4.21 W/mK、PC-BN(1.5phr):3.92 W/mK、PCB-BN :2.61W/mK、PCC-BN:2.53W/mK、SPC-0917:1.72 W/mK，雖然 PC-SW08 熱傳導性最佳但是價錢昂貴，因此我們選熱傳導性次佳 BN 來進行耐熱性試驗分別製作出 PC-BN48、PC-BN2、PC-BN3、PCB-BN3、PCC-BN3 經過各項的改良最終製出 SPC-0917。

目錄

致謝	I
摘要	II
圖目錄	V
表目錄	VI
第一章、緒論	1
1-1 研究動機	1
1-2 高效能導熱塑材介紹	2
1-3 高效能導熱塑材之特點	3
1-4 磺酸鹽類阻燃劑在 PC 中的應用	4
第二章、實驗部分	5
2-1 原料	5
2-2 設備與儀器	6
2-3 檢測方法	8
2-3-1 垂直燃燒	9
2-3-2 艾若衝擊強度	10
2-3-3 熱傳係數	13
2-3-4 混鍊樣品製作	15

第三章、結果與討論	17
第四章、結論	23
第五章、參考資料	24
附件	25

圖目錄

圖 1 KPBS 結構式	4
圖 2 雙螺桿押出機	6
圖 3 塑料注射成型機	6
圖 4 自動缺口製樣機	7
圖 5 擺錘衝擊機	7
圖 6 熱傳試驗裝置	8
圖 7 高效能導熱 PC 與熱傳系數比較圖	18
圖 8 高效能導熱 PC 與艾若衝級強度比較圖	18
圖 9 PC-BM2	26
圖 10 PC-BNM	29
圖 11 PC-BN	30
圖 12 PC-BA	31
圖 13 PC-SW08	32
圖 14 PC-BM1	34
圖 15 SPC-0917	35

表目錄

表 1 熱傳試驗溫度表	14
表 2 各加溫段溫度表	15
表 3 樣品原料組成	16
表 4 各樣品結果表	17

第一章、緒論

1-1 研究動機

近年來，電子電器設備設計趨勢追求輕薄短小，但功能需求卻更為強大，因此系統對散熱之效能要求越來越重要，且導熱塑膠取代傳統鋁鑄散熱器漸成趨勢。傳統散熱器以採用鋁散熱材料為主，雖然有良好的散熱效果，但加工困難、成本高昂、材質重。相對的，導熱塑料不僅具有金屬和陶瓷的熱傳遞性能，同時還保留了普通塑料在設計、性能和成本方面的其他優點，如散熱均勻、重量輕（比鋁材輕 20~40%）、成型加工容易、設計自由度高，高導熱塑膠如何結合產品設計進而開發輕量且具競爭力的散熱模組產品，為提高市場滲透率不可或缺的一環。然而高分子卻有一個致命的缺陷，大多數都是易燃或者是可燃，所以如何讓高分子不易燃燒，且還具有良好的導熱性質與耐衝擊強度為本實驗最終的目標。本專題為獲得一導熱不導電之高分子合膠基材來取代鋁合金基材。

1-2 高效能導熱塑材介紹 [1]

國際上研發出了多種導熱塑膠，其材料大多為以工程塑膠和通用塑膠為基材，如 PP、ABS、PC、PA、LCP、PPS、PEEK 等。然後在塑膠中填充某些金屬氧化物粉末、碳、纖維或陶瓷粉末而成。例如將聚苯硫醚 (PPS)與大顆粒氧化鎂(40~32 目)相混合就可以製成一種絕緣形的導熱塑膠。其典型的熱傳導率範圍為 1-20W/m-K，某些品級可以達到 100W/m-K。這一數值大約是傳統塑膠的 5-100 倍，一般塑膠的熱傳導率只有 0.2W/m-K。不過如果為了得到高導熱率而添加過多的金屬粉末，就會變成具有導電性。以致無法在某些場合應用。美國 Coolploy 公司的一些導熱塑膠的性能如下。

E4505(PC):導熱系數 10w/mK 導熱導電應用：外殼和輻射器

D5108(PPS):導熱系數 10w/mK 導熱絕緣應用：板子/晶片

D5506(LCP):導熱系數 10w/mK 導熱絕緣應用：板子/晶片

D8102(TPE):導熱系數 3w/mK 導熱絕緣應用：介面

E5101(PPS):導熱系數 20w/mK 導熱導電應用：散熱器

1-3 高效能導熱塑材之特點 [2]

塑膠密度要比鋁輕。鋁的密度是 2700kg/m^3 ，而塑膠的密度為 1420kg/m^3 ，差不多為鋁的一半，所以同樣形狀的散熱器，塑膠散熱器的重量只有鋁的 $1/2$ 。再加上加工簡單，其成型週期可以縮短為 20-50%，這也就大幅度的降低生產成本，提高更好的效率。任何散熱器，除了要能快速地把熱量從發熱源傳導出到散熱器的表面，最後還是要靠對流和輻射把熱量散到空氣中。導熱系數高只解決了傳熱快的問題，而散熱則主要由散熱面積、形狀、自然對流和熱輻射的能力決定，這些幾乎和材料的導熱性無關。所以只要有一定的熱傳導能力，塑膠散熱器照樣可以成為良好的散熱器，一般來說如果熱量從熱源到散熱器表面的距離小於 5mm，那麼只要導熱系數大於 5 時，其散熱就是由對流主導，這時候傳導散熱就無法起作用。所以說，如果兩個形狀完全相同的散熱器，一個是鋁做的，一個是導熱塑膠做的，如果鋁做的散熱器沒有事先經過發黑處理，其散熱能力還比不上黑色導熱塑膠做成的散熱器，因二者的對流散熱是一樣的，而輻射散熱則是以塑膠來的好。

1-4 磺酸鹽類阻燃劑在 PC 中的應用^[3]

在聚碳酸酯中燃燒時能促進 CO₂和 H₂O 的釋放，促進酚類物質的生成，促進脂肪族與芳香族化合物的產生，加快聚碳酸酯分子的成碳速率，促使聚合物分子交連。主要分類:苯磺酰基苯磺酸鉀(KSS)、全氟丁基磺酸鉀 (KPBS)、2,4,5—三氯苯磺酸鈉(STB)

特點:添加量少阻燃效率高，但要滿足更高的阻燃需求需要其他阻燃劑配合使用。

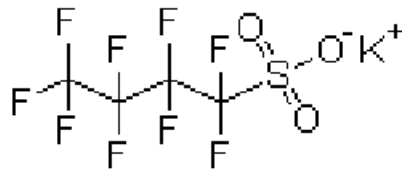


圖 1KPBS 結構式

第二章、實驗部分

2-1 原料

原料名稱	型號	供應商
射出級 PC	PC-110V	奇美股份有限公司
押出級 PC	ET4203	盛聚塑膠股份有限公司
環氧塑化劑	ESBO	超惠企業有限公司
鈦系偶合劑		台素股份有限公司
硬酯酸鋅	PALMSTAR ZNST 325	玉霸企業股份有限公司
全氟丁基磺酸鉀	HX-98	廣州宇青化工有限公司
V-0 PC	CRB6100N-WEZ	邦泰複材股份有限公司
V-0 PC	RC-P101	奇菱股份有限公司
(HI)WAX	(HI)WAX	日本三菱化學公司
氮化硼(BN)		國研氮化股份有限公司
氧化鋁		國研氮化股份有限公司
雲母		國研氮化股份有限公司
人工雲母		國研氮化股份有限公司

2-2 設備與儀器

設備名稱	機型代號	所在位置
雙螺桿押出機	SINO-ALLOYPSM30	東海大學
塑料注射成型機	Ve-90	東海大學
自動缺口製樣機	GT-7016-A2	修平科技大學
擺錘衝擊機	GT-7045-MPL	修平科技大學
垂直燃燒儀	UL94	邦泰複材股份有限公司
熱傳試驗裝置	ASTMC177	修平科技大學



圖 2 雙螺桿押出機



圖 3 塑料注射成型機



圖 4 自動缺口製樣機



圖 5 擺錘衝擊機



圖 6 熱傳試驗裝置

2-3 檢測方法

測試方法是依據 ASTM(American Society for Testing and Materials) , C177 與 Hatched Izod Impa CT Strength(J/M) ASTM D256 以及 UL94 來進行相關研究。

2-3-1 垂直燃燒

A.測試目的:檢測樣品的燃燒性能,如:自熄性、燃燒時間、有無熔滴、有無碳層生成等。

B.測試條件:火焰與試樣成 45 度角傾斜,接觸 10s 後火焰離開開始計時,紀錄燃燒時間,分一次燃燒,二次燃燒。試樣尺寸為 128mm×12.7mm×3.2mm,每個數據至少測試五個樣品。UL94 標準。

2-3-2 艾若衝擊強度

A.測試目的:檢測試樣的抗衝擊性能，獲得衝擊強度數據，通過與純試樣對比確定阻燃劑對共混物拉伸性能的影響。

B.測試條件:懸臂樑缺口衝擊，試樣尺寸為 64mm×12.7mm×3.2mm，缺口角度為 45 度，缺口深度為 2.2mm，底部曲率半徑為 0.2mm，擺錘速度為 3.5m/s，擺錘重量為 0.818kg，每個數據至少測試 6 個樣品。

測試方法為 ASTM D256

C.步驟:

1 每個待測樣品須在上述的條件下進行沖擊的單獨測定，至少 5 次，最好 10 次或更多。每組試樣應由具有一個標準寬度 ($\pm 0.13\text{mm}(\pm 0.025\text{in})$) 的試樣組成。假如試樣是從懷疑是各向異性的片材上切取的話，則應從每個主要方向上製備和試驗試樣 (各向異性方向的縱向和橫向)。

2 在擺錘式試驗中速率隨裂紋擴展而遞減。對於衝擊能量接近擺錘能量的試樣，沒有足夠的能量來完成斷裂和拋擲。通過避免產生高於刻度盤能量讀數的 15%，擺速就不會減小到 1.3m/s (4.4ft/s) 以下了。

另外，使用太重的擺也會減小讀數的靈敏度。

3 如果衝擊試驗機裝有機械式指針和刻度盤，在試驗試樣前，先進行如下儀器操作。附加能量指針指置於正常起始位置，而台鉗中沒有試樣時，將擺從正常起始位置釋放，擺動後記錄指針達到的位置，作為因子 A 的讀數。不將指針復位，將擺再次提升和釋放，指針應在刻度盤上向上移動一額外量值，重複此步驟，直到擺錘不會再引起指針的額外移動，記錄最終讀數作為因子 B 的一個讀數。

重複上述兩步操作幾次，計算並記錄 A、B 讀數的平均值。因子 B 是擺克服擺軸承摩擦阻力和風阻所需能耗的指示，而差值 A—B 代表的是附加能量指示機構耐摩擦阻力和慣性的能耗。但實際修正值會比這些因子要小，這是由於在實際試驗中，試樣吸收的能量阻止了擺錘作最大擺動。因此，試樣的指示斷裂能量須在用到其之前先計入儀器修正值計算之中。這些 A 和 B 值也可提供儀器條件的表徵。如果試驗儀顯示過大的摩擦，在開始實驗之前應校正試驗儀，如果試驗儀裝有數字能量指示系統，允許廠家校正風阻和摩擦。

- 4 測定試樣開缺口後的寬度和深度，測準至 0.025mm (0.001in)，並測定缺口區域的寬度。使用微分尺或其它測量工具來測定。
- 5 將試樣精確、牢固地定位在台鉗中但不要太緊。特別要注意定尺寸的試樣“衝擊端”伸出在台鉗上方。釋放擺，觀察和記錄使試樣斷裂後殘留在擺上的附加能量，同時附有對斷裂試樣外觀的描述。
- 6 應從指示的樣品斷裂能量扣除風阻或摩擦，除非由指示系統(如電子顯示，計算機)自動減去。如果試驗儀使用機械刻度盤和指針，用因子 A、B 及附錄×1 和 X2 中所述的表或圖計算儀器的修正值。
- 8 用按步驟 6 取得的淨剩值除以特定試樣的寬度，以獲得缺口的衝擊強度，單位為焦耳/米(英尺·磅力/英寸)。如果選用單位 kJ/m²(ft.lbf/in²)，用淨值除以寬度和厚度以獲得衝擊強度。因此，須報告截面積(缺口下的寬度乘 14 以厚度)。
- 9 計算每組試樣的平均懸臂梁衝擊強度，但只有用那些具有相同標稱寬度和斷裂類型的試樣所得值可以進行平均。

2-3-3 熱傳係數

A.測試目的:檢測材料的熱傳係數

B.測試條件:以射出機射出標準試樣，溫度針孔間距 1cm，每個樣品至少測試 3 次，測試方法為 ASTM C177。

C.步驟:

1. 開啟浮止流量計下方的控制閥,保持固定液位於 0.3L/min。
2. 把加熱氣溫度控制在 140°C。
3. 打開蓋子後旋轉開關,把樣品與銅片夾著,在把蓋子蓋回(放入樣品時需注高溫)。
4. 溫度穩定後記錄 1 至 11 之溫度。
5. 更換其他樣品後,重複 3 至 4 步驟即可。
6. 關機時需記得關閉電源與水源。

表 1 熱傳試驗溫度表

溫度針代號 試樣代號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PC-BM2	151.3	148.6	137.1	119.4	91.4	61.3	31.5	31.4	31.3	30.8	31.0
	150.6	149.0	136.3	117.9	87.3	61.7	31.2	31.1	31.0	30.7	30.9
	150.4	146.0	136.7	108.8	78.4	58.5	31.4	31.3	31.2	30.8	31.0
PC-BNM	150.4	148.0	136.1	101.6	69.8	52.0	31.5	31.4	31.3	30.9	31.1
	147.2	145.0	136.1	99.4	66.3	47.9	31.3	31.3	31.2	30.8	31.0
	147.1	144.9	138.3	103.5	68.1	49.0	31.4	31.4	31.3	31.0	31.2
PC-BN	148.5	142.2	136.1	97.0	70.2	58.6	31.8	31.7	31.6	31.0	31.2
	145.6	141.5	140.7	99.5	69.6	57.8	31.8	31.6	31.5	31.0	31.2
PC-BA	149.7	148.9	145.7	109.2	71.1	56.3	31.7	31.7	31.6	31.1	31.2
PC-SW08	135.3	136.4	136.2	93.6	90.0	84.8	32.0	31.9	31.7	31.0	31.1
PC-BM1	132.8	143.7	128.4	107.2	86.8	78.5	30.8	30.8	30.3	30.3	30.4
	136.2	138.0	131.9	99.6	87.2	80.9	31.1	31.0	30.6	30.6	30.8
	136.4	137.2	131.2	99.4	87.6	81.0	31.0	30.9	30.8	30.4	30.5
SPC-0917	140.9	139.9	135.5	97.0	64.5	45.2	30.0	30.0	29.6	29.7	29.9

2-3-4 混鏈樣品製作

- 1.把散熱粉，PC 樹脂和其他副原料以攪拌筒均勻混合後備用。如表三。
- 2.將步驟 1 混合物倒入同向性雙螺桿壓出機混鏈造粒，以 100°C 烘箱乾燥 3 小時候保存。
- 3.將步驟 2 原料粒以射出機射出物性標準試片測試垂直燃燒、艾若衝擊強度、熱傳係數。

表 2 各加溫段溫度表

加溫 段代 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	DIE
溫度 °C	230	240	250	250	250	250	240	225	210	200	190

表 3 樣品原料組成

	射出 級 PC	押出 級 PC	環氧 塑化 劑	鈦系 偶合 劑	硬酯 酸鋅	三 (HI)WAX	菱 全 丁 磺 酸 鉀	氣 基 粉 (phr)	導熱
PC-BM	85	15	1	0.2	0.4	0	0	50	
PC-BM2	85	15	1	0.2	0.4	0	0	50	
PC-SW08	85	15	1	0.2	0.4	0	0	50	
PC-BA	85	15	1	0.2	0.4	0	0	50	
PC-BMN	85	15	1	0.2	0.4	0	0	50	
PC-BN	85	15	1	0.2	0.4	0	0	50	
PC-BN(0.5phr)	0	100	1	0.2	0.4	0.5	0	50	
PC-BN(1phr)	0	100	1	0.2	0.4	1	0	50	
PC-BN(1.5phr)	0	100	1	0.2	0.4	1.5	0	50	
PCB-BN	0	100	1	0.2	0.8	0.5	0	50	
PCC-BN	0	100	1	0.2	0.8	0.5	0	50	
SPC-0917	0	100	1	0.2	0.8	0.5	1.08	50	

第三章、結果與討論

表 4 各樣品結果表

	Izod impact strength test (Notched 23°C) (ASTM-D256)	熱傳係數 W/mK	UL94	
PC-BM	9.9	3.69	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-BM2	8.6	0.75	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-SW08	9.6	8.03	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-BA	7.1	2.5	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-BMN	11.2	3.24	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-BN	8.7	5.1	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-BN(0.5phr)	39.48	4.92	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-BN(1phr)	40.88	4.21	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PC-BN(1.5phr)	42.34	3.92	(1/8in)HB	(1/16in)HB
PCB-BN	31.6	2.61	(1/8in)V-1	(1/16in)V-2
PCC-BN	37.3	2.53	(1/8in)HB	(1/16in)HB
SPC-0917	65.68	1.72	(1/8in)V-0	(1/16in)V-0
			V-1	V-2
奇美 PC	852.86	0.2		
美國 Coolply 公司	2.8KJ/m ² (9J/m)	10		
帝人化成一般類型產品		4~11		
帝人化成耐燃類型產品		1~4		

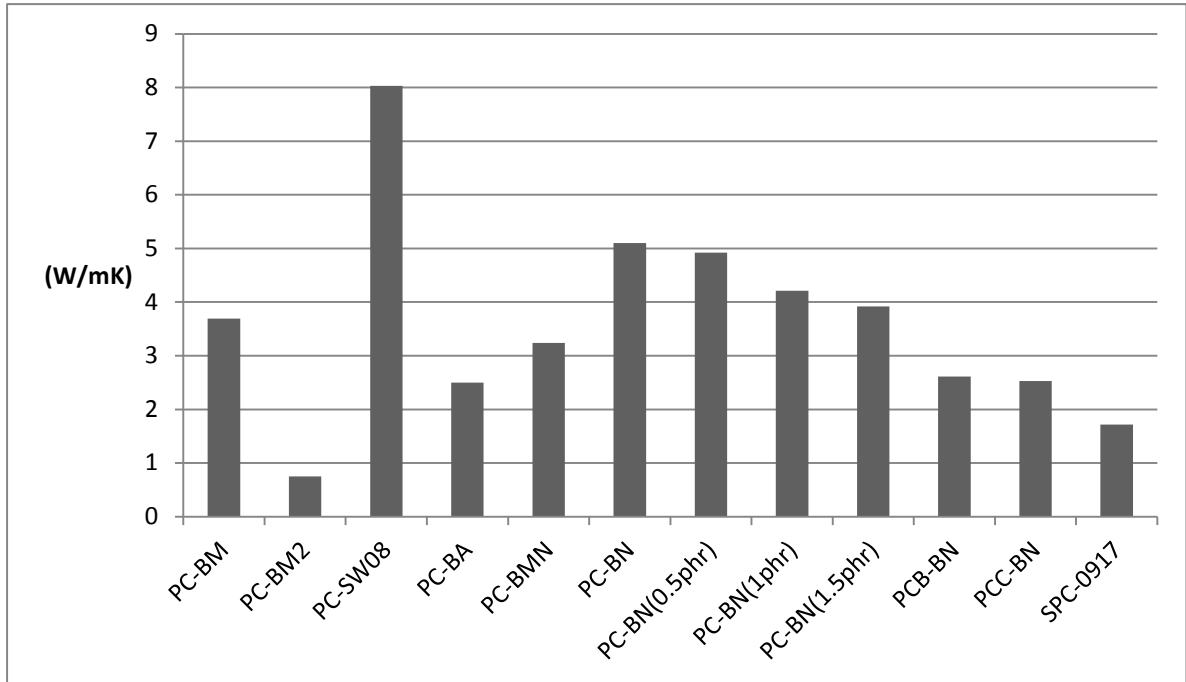


圖 7 高效能導熱 PC 與熱傳系數比較圖

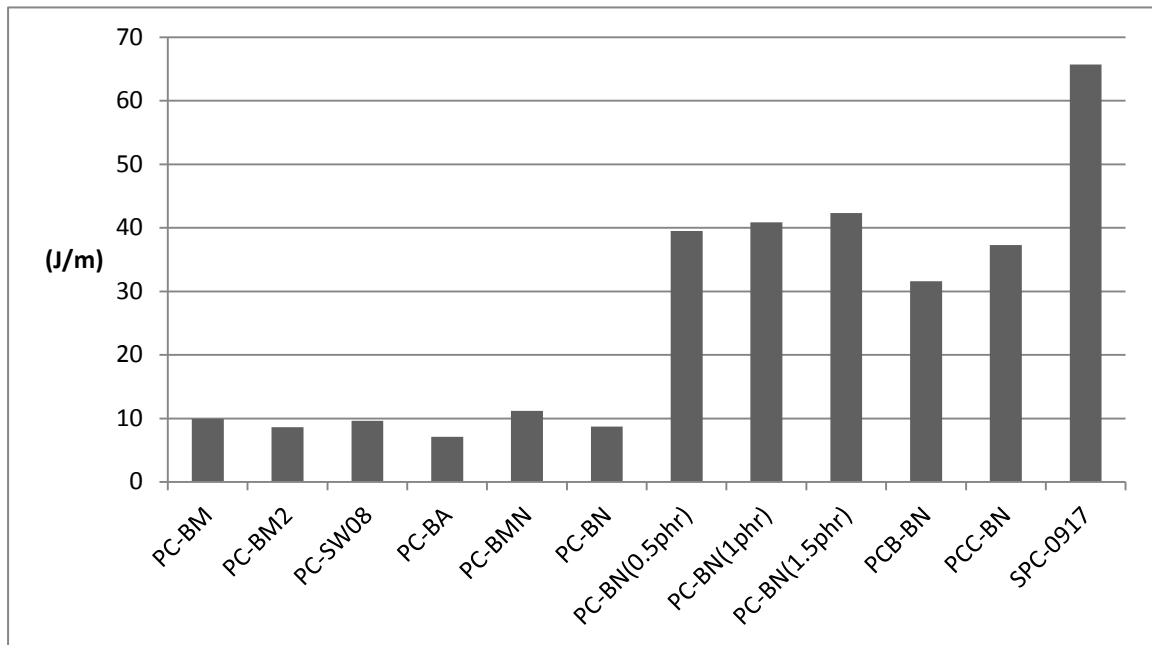


圖 8 高效能導熱 PC 與艾若衝級強度比較圖

1. 為了讓導熱粉能夠在高效能導熱 PC 中均勻散熱分散，因此我們在加工時選用二次過管的方式進行加工。表三為高效能導熱 PC 使用不同種類導熱粉之成分表，依次為 BM、BM2、SW08、BA、BMN 及 BN。其射出試樣所得之熱傳系數則分別於表四中，依次為 3.69、0.75、8.03、2.5、3.24 及 5.10，其大小順序依次為 PC-SW08、PC-BN、PC-BM、PC-BMN、PC-BA、PC-BM2，以 PC-SW08 最高可達 8.03W/mK 效果最佳，一般級 PC-BN 為 5.10，其他組合則明顯偏低，以市售規格而言熱傳系數須達 2.5W/mK 以上，僅 PC-BM2 不合格，但因 PC-SW08 的導熱粉價格昂貴，未來量產時可減少導熱粉之用量，PC-BN 的導熱粉價格低於 PC-SW08 的導熱粉而熱傳系數雖然低於 PC-SW08(8.03W/mK)但高於其他導熱粉，固本文選用 PC-BN 來進行物性強化之研究。

2. 觀察耐衝級強度，由表四指出，所有組成的艾若衝擊強度依次為 9.9、8.6、9.6、7.1、11.2 與 8.7 僅 PC-BMN 高於 10J/m 其餘均小於 10J/m，明顯偏低，而市場要求必須大於 20J/m，無法達市場要求。因為 PC 經過二次過管後會因為 PC 的斷鍵且加入過多的無機物會讓艾若衝擊強度降低，固我們放棄讓 PC 散熱導材以二次過管的方式進行加工並且加入增韌劑改善其耐衝擊強度。

而文獻指出三菱(HI)WAX 能夠提升 PC 的衝擊強度，因此我們在加工時加入不同比例的三菱(HI)WAX，依序為 0.5phr、1.0phr、1.5phr，來進行衝擊強度的強化，由表四得知加入三菱(HI)WAX 其射出試片所得之耐衝擊強度依次為 39.48、40.88、42.34，以加入 1.5phr 時最高可達 42.34，但是加入 0.5phr 時與加入 1.5phr 時相差 2.86J/m，相差不多；加入 0.5phr、1.0phr、1.5phr 不同比例的三菱(HI)WAX 後也影響其熱傳系數，依次為 4.92W/mK、4.21W/mK、3.92W/mK，由以上得知加入 0.5phr 時其影響熱傳系數最小，其熱傳系數為 4.92W/mK，而加入 1.5phr 時影響最大，熱傳系數降至 3.92W/mK，綜合以上的耐衝擊強度與熱傳系數之數值，故本文選用三菱(HI)WAX 加入 0.5phr 改善其耐衝擊強度最為合適。

3. 高效能導熱 PC 是代替目前電子電器設備傳統導熱導材的最佳產品，但是有著良好的導熱效果卻無法防止起火燃燒，無法滿足市場需求，因此我們在市面上選擇兩款 V-0 等級的 PC 來進行加工，分別是邦泰股份有限公司 V-0 PC(以下以 PCB 表示)與奇菱股份有限公司 V-0 PC(以下以 PCC 表示)，其射出試片後所得之耐燃性能與耐衝級強度表四中，依次為耐燃性能 V-1(1/8in)V-2(1/16in)耐衝級強度 31.6J/m、耐燃性能 HB(1/8in)HB(1/16in)耐衝級強度 37.3J/m，要讓高效能導熱 PC 防止起火，耐燃等級必須達到 V-0，而 PCB 與 PCC 的耐燃等級分別為 V-1 與 HB 均無法符合要求；耐衝級強度分別為 31.6J/m、37.3J/m 與 PC-BN(0.5phr)的耐衝級強度 40.48J/m 相比分別相差了 8.88J/m 與 3.18J/m，因為 PC 二次過管的關係而使耐衝級強度略微下降；由以上得知在加工過程中必須自行加入耐燃劑得以確保耐燃性能提升至 V-0 等級，且能避免因 PC 二次過管而減弱耐衝擊強度。

4. 能夠應用於 PC 的阻燃劑種類繁多，文獻^[5]中指出 KPBS 在 PC 燃燒時能夠加快 PC 的成碳速率，磺酸鹽與燃燒 PC 反應時能夠促進 PC 的交聯作用而有效的抑制熔滴的形成。

由表四得知加入 1.08phr 的 KPBS 其射出試片所得之耐熱等級為 V-0(1/8in)、V-0 V-1 V-2(1/16in)，與 PCB V-1(1/8in)V-2(1/16in) 和 PCC HB(1/8in)、HB(1/16in)相互比較有非常明顯的改善。高效能導熱 PC 的耐燃性能，而在測試 1/16in 時出現了三種等級，這能明顯看出混鍊不均勻，因此必須修改加工條件，得以改善。耐衝擊強度因為 KPBS 的交聯反應與接枝反應會改善耐衝擊強度而使原來未加入 KPBS 的 PC-BN(0.5phr)由 40.48J/m 提升至 65.68J/m，兩這相差 25.2J/m，有效的改善了耐衝擊強度。熱傳系數因加工過程中三菱(HI)WAX 與 KPBS 由 PC-BN 的 5.10W/mK 降至 1.72W/mK，明顯降低。

第四章、結論

1. 氮化硼(BN)能夠有效的提升 PC 的熱傳系數，加入 50phr 時熱傳系數能夠達到 5.1W/mK，但氮化硼放到 50phr 時耐衝擊強度會被減弱。
2. 高效能導熱 PC 二次過管會使 PC 材料斷鏈而減少耐衝擊強度，高效能導熱 PC 加入 0.5phr 的三菱(HI)WAX 能夠有效的改善高效能導熱 PC 的耐衝擊強度，但是熱傳導係數會被減弱。
3. 高效能導熱 PC 加入 1.08phr 的 KPBS 時能夠把耐燃性能提升至 V-0 等級。
4. SPC-0917 的耐衝擊強度與耐燃性能均符合市場需求，但是為了熱傳系數提升，增加導熱粉會使耐衝擊強度下降，而加入三菱(HI)WAX 雖會使耐衝擊強度提升，但卻使熱傳系數下降，兩者相互矛盾，必須在兩者之中找出平衡點才能使 SPC-0917 更加完美。

第五章、參考資料

【1】 梁桓祐“新穎含磷難燃劑之合成與鑑定及其環氧固化物之物性研究”國立高雄應用科技大學化學工程系碩士論文 2007

【2】 <http://www.jeatpe.com/information/n28.html> 結佳科技

【3】 <http://wenku.baidu.com/view/4eb881166edb6f1aff001f8b.html> 阻燃劑基本理論網路資料

【4】 蔣智杰，2007“全氟丁基磺酸鉀阻燃 PC 熱分解動力學研究”，塑料工業，期 1，頁 59

附件

PC-BM2

$$\dot{m}=0.3\left(\frac{1}{\min}\right)\times\frac{1}{6000}\times 1000=5\times 10^{-3}$$

$$q=5\times 10^{-3}\times 1\times(31-30.8)=1\times 10^{-3}$$

$$\frac{119.4-91.4}{1}=28\times 100\%=2800$$

$$K=\frac{1\times 10^{-3}}{4\pi\times 10^{-4}\times 2800}=2.84\times 10^{-4}\times 3600\times 1.8\times 1.16=2.13$$

$$\dot{m}=0.3\left(\frac{1}{\min}\right)\times\frac{1}{6000}\times 1000=5\times 10^{-3}$$

$$q=5\times 10^{-3}\times 1\times(30.9-30.7)=1\times 10^{-3}$$

$$\frac{87.3-61.7}{1}=25.6\times 100\%=2560$$

$$K=\frac{1\times 10^{-3}}{4\pi\times 10^{-4}\times 2560}=3.10\times 10^{-4}\times 3600\times 1.8\times 1.16=2.34$$

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31 - 30.8) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{78.4 - 58.5}{1} = 19.9 \times 100\% = 1990$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1990} = 3.99 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.8 \times 1.16 = 3.005$$

$$\text{熱傳導係數} = \frac{2.13 + 2.34 + \dots}{3} = 2.49$$

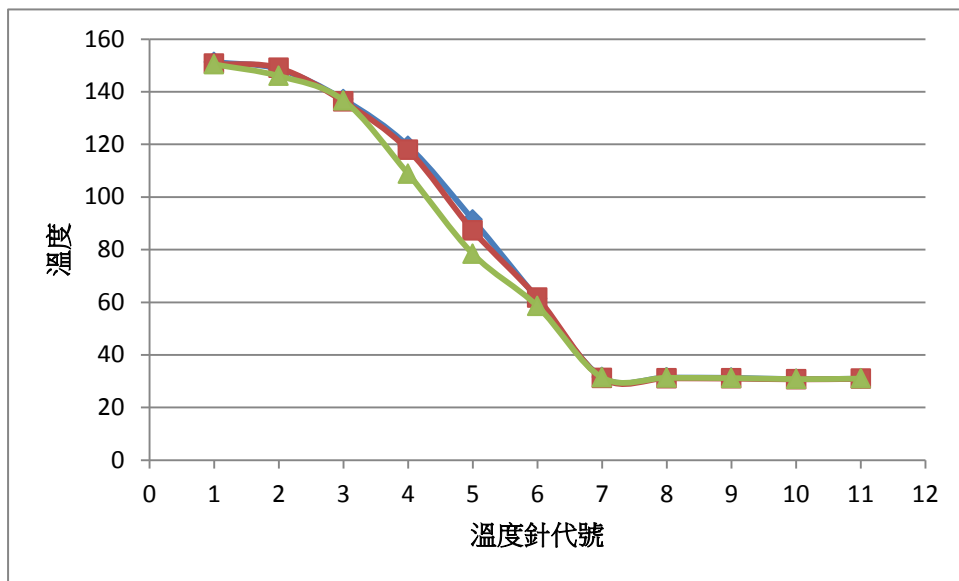


圖 9 PC-BM2

PC-BNM

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31.1 - 30.9) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{69.8 - 52}{1} = 17.8 \times 100\% = 1780$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1780} = 4.47 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.8 \times 1.16 = 3.36$$

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31 - 30.8) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{66.3 - 47.9}{1} = 18.4 \times 100\% = 1840$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1840} = 4.32 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.8 \times 1.16 = 3.25$$

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31.2 - 31) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{68.1 - 49}{1} = 19.1 \times 100\% = 1910$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1910} = 4.12 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.8 \times 1.16 = 3.13$$

$$\text{熱傳導係數} = \frac{3.36 + 3.25 + 3.13}{3} = 3.25$$

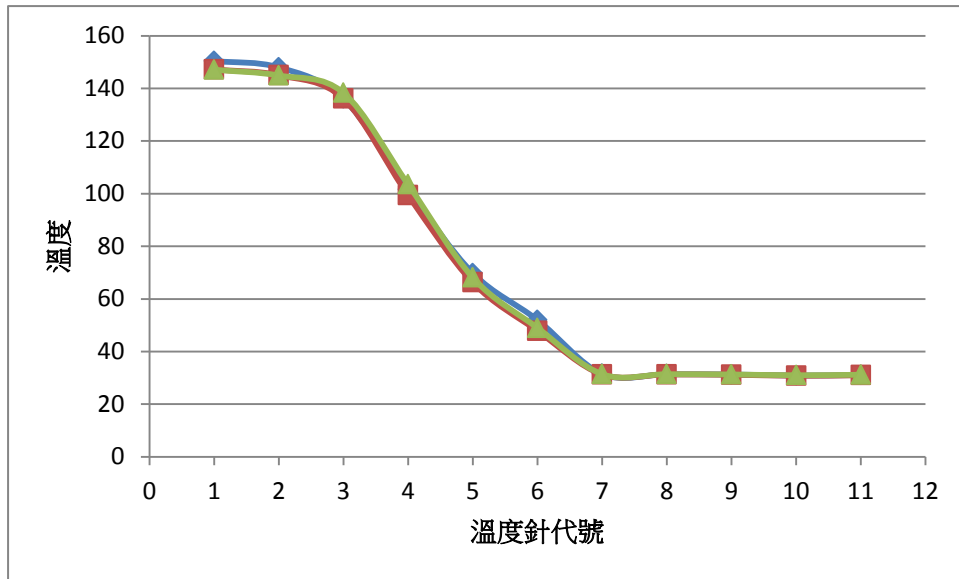


圖 10 PC-BNM

PC-BN

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31.2 - 31) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{70.2 - 58.6}{1} = 11.6 \times 100\% = 1160$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1160} = 6.86 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.8 \times 1.16 = 5.16$$

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31.2 - 31) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{69.6 - 57.8}{1} = 11.8 \times 100\% = 1180$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1180} = 6.74 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.8 \times 1.16 = 5.07$$

$$\text{熱傳導係數} = \frac{5.16 + 5.07}{2} = 5.12$$

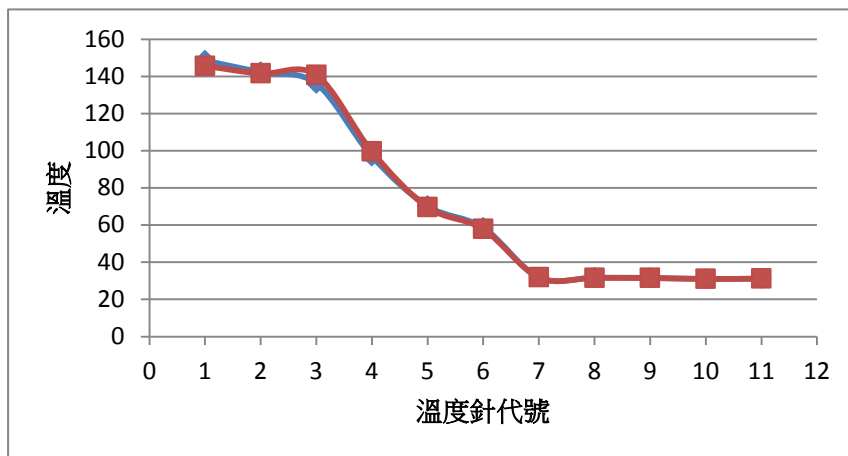


圖 11 PC-BN

PC-BA

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31.2 - 31.1) = 5 \times 10^{-4}$$

$$\frac{109.2 - 71.1}{1} = 38.1 \times 100\% = 3810$$

$$K = \frac{5 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-4} \times 3810} = 1.044 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.74 \times 1.16 = 0.75$$

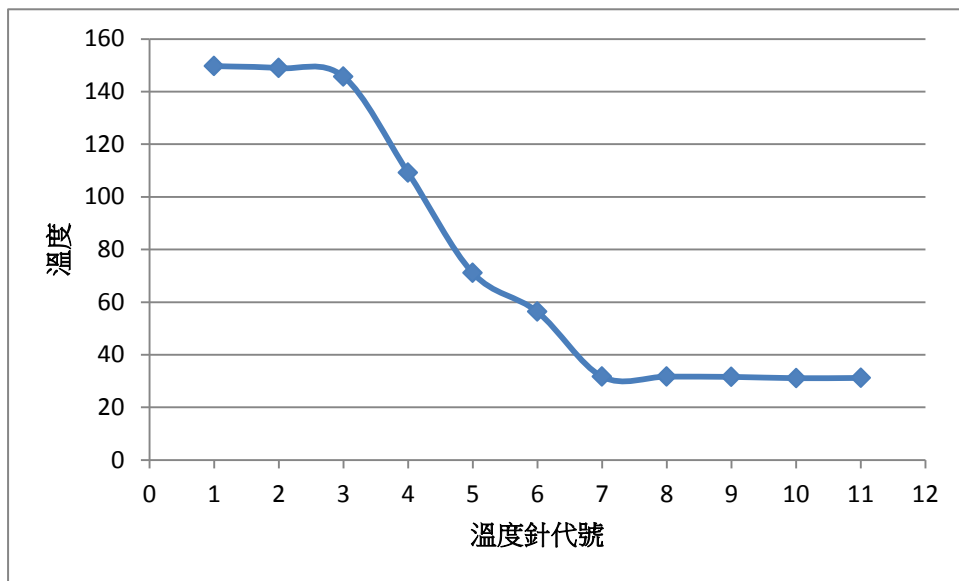


圖 12 PC-BA

PC-SW08

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (31.1 - 31) = 5 \times 10^{-4}$$

$$\frac{93.6 - 90}{1} = 3.6 \times 100\% = 360$$

$$K = \frac{5 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-4} \times 360} = 1.105 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.74 \times 1.16 = 8.03$$

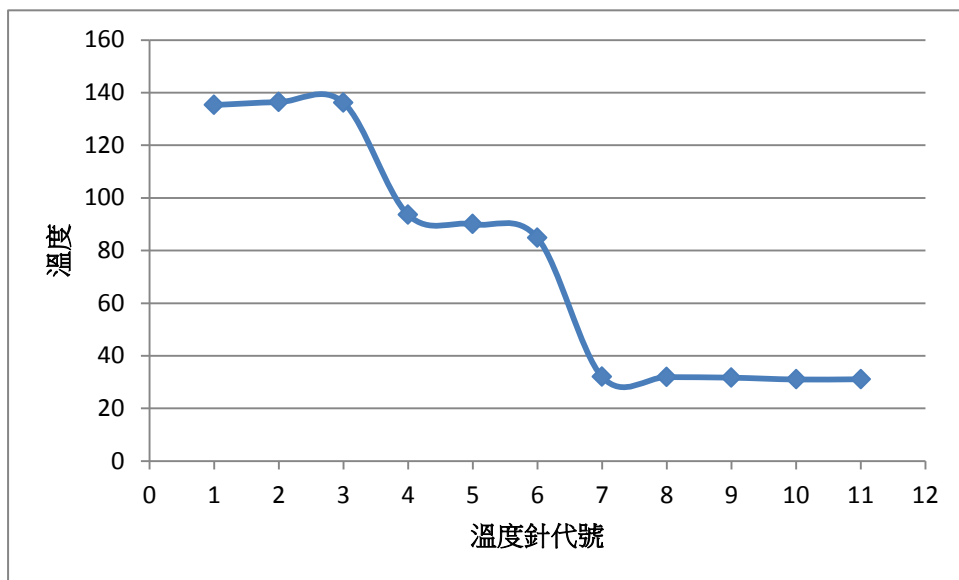


圖 13 PC-SW08

PC-BM1

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (30.4 - 30.3) = 5 \times 10^{-4}$$

$$\frac{107.2 - 78.5}{1.7} = 16.90 \times 100\% = 1690$$

$$K = \frac{5 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1690} = 2.35 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.74 \times 1.16 = 1.71$$

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (30.8 - 30.6) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{99.6 - 80.9}{2} = 9.35 \times 100\% = 935$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 935} = 8.51 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.74 \times 1.16 = 6.18$$

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (30.5 - 30.4) = 5 \times 10^{-4}$$

$$\frac{99.4 - 81}{2} = 9.2 \times 100\% = 920$$

$$K = \frac{5 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-4} \times 920} = 4.32 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.74 \times 1.16 = 3.14$$

$$\text{熱傳導係數} = \frac{1.71 + 6.18 + 3.14}{3} = 3.68$$

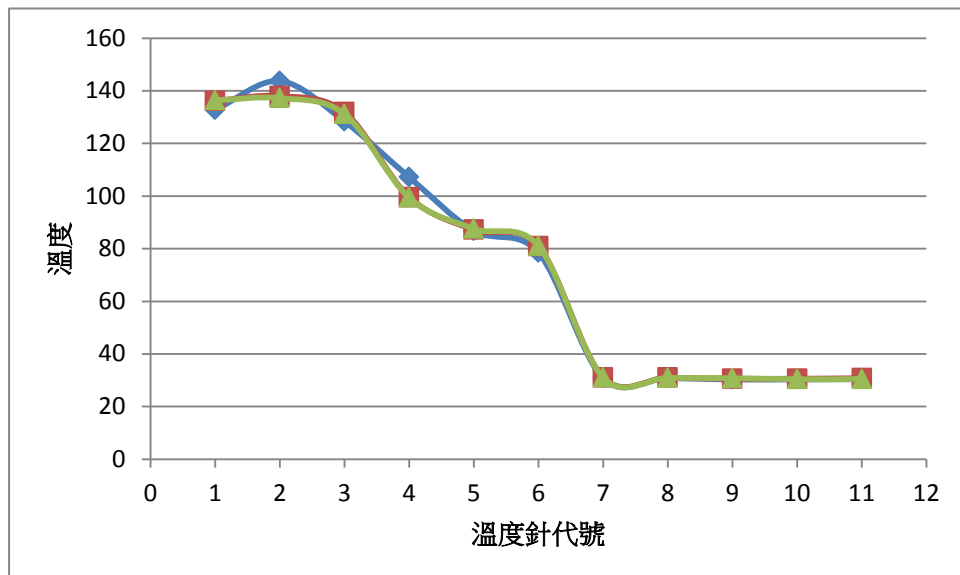


圖 14 PC-BM1

SPC-0917

$$\dot{m} = 0.3 \left(\frac{1}{\text{min}} \right) \times \frac{1}{6000} \times 1000 = 5 \times 10^{-3}$$

$$q = 5 \times 10^{-3} \times 1 \times (29.9 - 29.7) = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{64.5 - 45.2}{1} \times 19.3 \times 100\% = 1930$$

$$K = \frac{1 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-4} \times 1930} = 4.1 \times 10^{-4} \times 3600 \times 1.16 = 1.72$$

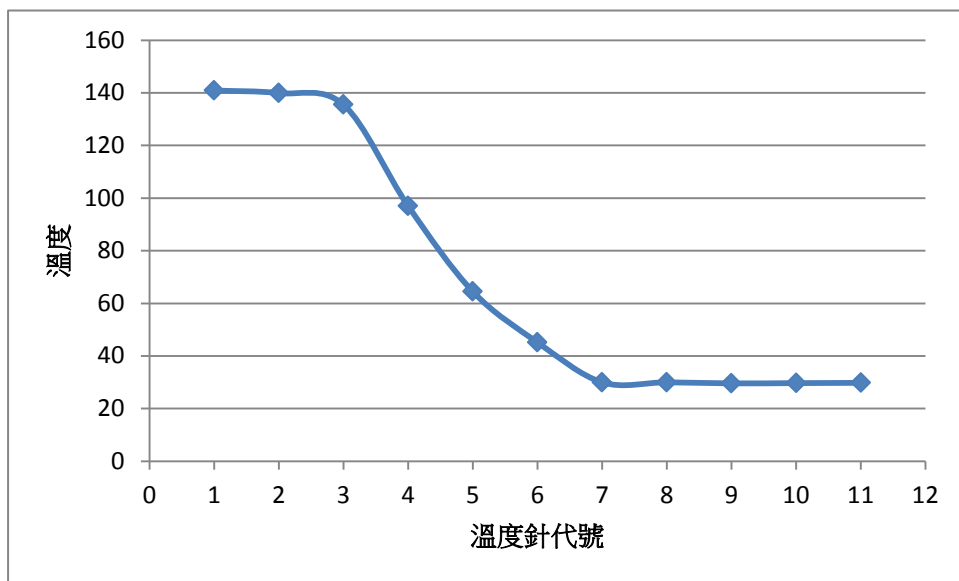


圖 15 SPC-0917

