

防燃劑與壓克力樹脂之不同含量對針軋聚酯纖維不織布之防燃性研究

Anti-flammable research about different content of flame retardant and acrylic resin adding on non-woven polyester fibers

陳建有，邢文灝，林永浩
J. Y. Chen, W. H. Hsing, Y. H. Lin
中國文化大學紡織工程學系
Department of Textile Engineering, Chinese Culture University
陳建有：andy981034@gmail.com

摘要

本研究主要以聚酯不織布作為基材，採用磷系防燃劑與壓克力樹脂製作出車內飾材如車頂篷、衣帽架、後行李箱布，以改變防燃劑與樹脂之含量，探討基材上劑後的防燃性能。本實驗使用防燃劑 3%、4%、5%、6%、7%及樹脂濃度 0.9%、1.8%、2.7%、3.6%、4.5%，以壓吸機壓力 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 進行樣本製作，防燃劑上劑率為 5.65%~16.10%，樹脂上劑率為 1.60%~10.04%，依照車輛研究中心以 CNS13387 制定之合格標準，燃燒速率不超過 $102\text{mm}/\text{min}$ 為合格，若超過 $102\text{mm}/\text{min}$ ，但在開始計時後 60 秒熄滅，且燃燒距離未超過 51mm，或無法燃燒至計時起始線即熄滅亦為合格，燃燒速率達 $61.3\text{mm}/\text{min}$ ~ $127.7\text{mm}/\text{min}$ 。

關鍵字： 防燃劑，樹脂，燃燒速率

Abstract

Nonwoven polyester fiber fabric as the base material, adding on phosphorus-based flame retardants and acrylic resins, and change the content of the flame retardant resin, the investigate flame properties of the substrate after apply. This experiment used flame retardants 3%, 4%, 5%, 6%, 7% and resin concentration of 0.9%, 1.8%, 2.7%, 3.6%, 4.5%, using pressure ventilator to pressure on $1\text{kg} / \text{cm}^2$ conduct sample production, flame retardants on the fabric was 5.65% ~ 16.10%, the resin agent was 1.60% ~ 10.04%, burn rate does not exceed $102\text{mm} / \text{min}$ as qualified, if more than $102\text{mm} / \text{min}$, but in 60 seconds after the start timing is off and burning distance does not exceed 51mm, or can not be burned to a timing that is off the starting line also qualified the combustion rate in $61.3\text{mm} / \text{min}$ ~ $127.7\text{mm} / \text{min}$.

Keywords: Flame Retardants, Resin, Burning Rate

前言

本研究目的聚酯不織布之防燃性，期望能應用在客車、貨車、客貨兩用車、代用客車暨特種車之車輛內裝材料上，如車頂棚、後行李箱布等車內裝飾材，並以 CNS13387 測試其性能。

防燃材料是指與普通材料相比，在著火條件下具備難於點燃，點燃後易於熄滅或不易蔓延，具有低熱量釋放，低煙氣釋放量等防燃性能的材料。防燃劑適用於易燃材料，使易燃材料具有防燃性能特徵的助劑[1]。

織物防燃加工已研究及使用過的防燃劑種類繁多，目前常用的防燃劑有鹵系(氯、溴系)、磷系(有機磷酸酯和無機磷等)以及無機金屬系(氫氧化鋁、氧化鋇、硼酸鋅等)等幾類。磷系防燃劑作為三大類防燃劑之一，因其低煙、無毒、低鹵或無鹵等優點，在環保要求越來越高的今天，逐漸受到人們的青睞。從結構類型而言，磷系防燃劑可分為無機磷和有機磷防燃劑。按照防燃劑與被防

燃基材的關係可分為添加型防燃劑和反應型防燃劑。磷系防燃劑受熱時分解生成熱穩定性高的聚偏磷酸，可在燃燒物表面形成隔離層。另外，聚偏磷酸具有脫水作用，可促進炭化，使表面形成炭化膜，從而起到防燃作用。

車輛內部各系統充斥著熱、油、電的存在，且處於高溫、沙塵等惡劣環境中，潛藏危險性，若發生碰撞事故，導致燃油外漏，就有可能起火燃燒，因此世界各國早已將車輛的火災防治、內裝耐燃及逃生設備等列為強制性法規，國內交通在汽車安全相關法規對內裝材料耐燃性亦有明確規範要求[2]。然而起火源無法完全阻絕，如何阻斷或延緩火勢的蔓延，便顯得格外重要；若內裝為不易燃之材料，接觸火星後即便燃燒也極緩慢，使駕駛與乘客也有足夠的時間發現燃燒異味，進而及時撲滅或立即逃生，因此耐燃材料的特性即須具備於火災初期使材料受高溫但不易著火，即使著火也會延緩燃燒的速率且減少發熱、發煙及有毒氣體產生等特性[2]。

依據車輛研究中心以 CNS13387 檢驗方法訂出之產品合格標準，燃燒速率不超過 102mm/min 為合格，若超過 102mm/min，但在開始計時後 60 秒熄滅

且燃燒距離未超過 51mm 或無法燃燒至計時起始線即熄滅亦為合格。

本研究探討以防燃劑和壓克力樹脂不同藥劑配比之上劑率，製備具有防燃性的車內襯材，並比較各比例上劑率之防燃性。以 SEM 觀察纖維表面防燃劑之附著性及評估、加工前後之剛軟性質、耐日光測試及防燃測試。

理論

防燃理論

防燃可大致分為物理防燃或化學防燃。物理防燃可分為三種：

- (1) 冷卻：吸熱反應，可冷卻高分子聚合物使熱能降低達到防燃功效。
- (2) 覆蓋：覆蓋層可作為熱屏障，阻礙熱能與可燃氣體傳遞至高分子聚合物達到防燃。
- (3) 稀釋：反應釋出的水蒸氣與二氧化碳等可稀釋燃燒區的自由基，終止燃燒反應。

化學反應可分為兩種：

- (1) 氣相反應：干擾燃燒區的自由基反應，使自由基濃度降至燃燒離離界值以下。
- (2) 凝聚相反應：
 - A. 形成炭層：高分子聚合物的交聯、接枝、芳構化、催化脫水等均有助於成炭，例如：脫除高分子聚合物的側鏈，形成雙鍵，最後形成多芳香環的炭層。
 - B. 形成膨脹保護層：高分子聚合物中加入膨脹型防燃劑或發泡劑，通過化學反應，使表層高分子聚合物形成膨脹型保護層，阻隔熱能及可燃氣體。

磷系防燃劑之防燃原理

- (1) 磷系防燃劑受熱分解釋放出 PO、PO₂ 等自由基，猝滅燃燒鏈式反應中產生的 H、HO、O 等活性自由基，終止燃燒反應。
- (2) 磷系防燃劑受熱分解，釋放出磷酸、偏磷酸、聚磷酸、焦磷酸等強酸，促進防燃基材脫水成炭。
- (3) 磷系防燃劑持續受熱脫水形成富磷的玻璃態物

質，覆蓋在基材表面，隔絕空氣，阻礙可燃性氣體的釋放，減弱火焰對基材的熱量反饋強度[1]。

實驗

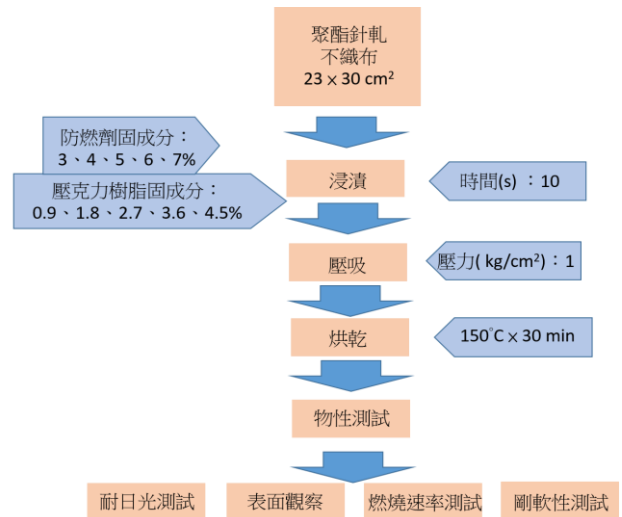
實驗材料

- (1) 針軋不織布：聚酯纖維，3D/51mm，布重 $178.91 \pm 18 \text{ g/m}^2$ ，厚度為 0.6~0.8mm，(信織股份有限公司提供)
- (2) 壓克力樹脂：外觀為乳白色液體，pH 值為 5.5~7.5，黏度 200~800 cPS，固含量 $40 \pm 1.5\%$ ，(DM-348C)南寶樹脂化學工廠股份有限公司)
- (3) 磷系防燃劑： $\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_7\text{P}_2$ 焦磷酸二胺 (Diammonium pyrophosphate)，分子量 212，外觀為白色結晶，純度 98%以上，磷： $28 \pm 1.5\%$ ，氮： $13 \pm 1\%$ ， $\text{PH}4.5 \pm 0.5$ (Tai flame GF-151 新合興業股份有限公司)

實驗儀器

- (1) 水份分析儀，A&D，MX-50
- (2) 壓吸機，NEWAVE LAB. EQUIPMENTS CO., LTD.
- (3) 掃描式電子顯微鏡，JEOL，JSM-6335F
- (4) 氣流循環式烘箱，BINDER，ST-601
- (5) 均質攪拌機，Hsiangtai，HD-300
- (6) 水平式燃燒試驗機，WIT-8655
- (7) 紫外線 UV-B 燈管(G15T8E)：波長 306nm，瓦特數 15w
- (8) 厚度計：SM-1201
- (9) 電子天平：GR-200 型精確值 0.01g
- (10) 分光光度計：X-rite 8200
- (11) 傅立葉紅外線光譜分析儀：Perkin Elmer, C67260
- (12) 剛軟性測試儀
- (13) 色差測試儀：SD-4000

實驗流程



實驗方法

1.原料檢測

- (1) 測定布重及布厚
- (2) 使用水分分析儀測定樹脂之固成份

2.樣本製作

- (3) 實驗條件
 - A. 將防燃劑濃度調配為：3、4、5、6、7%
 - B. 將壓克力樹脂濃度調配為：0.9、1.8、2.7、3.6、4.5%
 - C. 壓吸條件：1 kg/cm²
- (4) 實驗步驟
 - A. 樣本裁為 23X30 cm²
 - B. 將樣本浸漬於防燃劑與壓克力樹脂的調配溶液中，10sec，使其飽和。
 - C. 取出樣本並壓吸。
 - D. 於氣流循環式烘箱進行乾燥 150℃，30min。

3.檢測項目

- (1) 布重測試：將未加工之不織布放置電子天平上所得知重量稱為 W_1 ，再將加工後之不織布秤重稱為 W_2 ，套入公式來得知上劑率。
- (2) 布厚測試：將未加工之不織布以厚度計測得厚度，再將加工後之不織布以厚度計測得厚度，得到數據來比較加工前後之厚度變化。
- (3) 傅立葉紅外線光譜分析：將防燃劑、壓克力樹脂、原布樣及加工織物放置紅外線光譜分析儀，

儀器設定紅外線波之波長為 650~4000cm⁻¹，掃描後對峰值進行分析

- (4) SEM 測試：裁取適當大小之試片每組各 2 片，以碳膠帶貼於載台上後進行鍍金 1min，再將其放入儀器放大 2000 倍拍照分析。
- (5) 燃燒速率測試：依照 CNS13387 裁剪寬 100mm、長 355mm 之試片，放置於 23±2℃、相對濕度 50±5% 之環境 24 小時後將試片水平固定於標準夾具上，一端置於本生燈出口位置上方水平高度 19mm 處，調整本生燈火焰高度至 38mm，將本生燈置於試片一端 15 秒後將火熄滅，待火焰燒至試片距本生燈端 38mm 時開始計時，直到燒至距另一端 38mm 前結束計時，若火焰未達該位置即熄滅，亦停止計時。
- (6) 剛軟性測試：依據 CNS12915 45°懸梁法，裁剪長 150mm×寬 20mm 之試片 5 片，將試片置於 45°斜面之表面光滑水平台上，使試片的一端與水平台臨斜面的一端正確地貼合，記錄試片另一端在刻度尺上的位置，再以適當方法使試片沿斜面緩緩滑落，當試片一端的終點滑降至與斜面相接觸時，記錄試片另一端在尺上的位置，剛軟性是以試片滑行的長度來表示。
- (7) 耐日光測試：將試片放置 UV 照射機以波長 340nm 之紫外線燈管下照射 12、24、36、48、60 小時，以觀察試片有無黃化及測試是否影響防燃性。
- (8) 色差分析：利用分光光度計測量日照後有無黃化現象，以記錄其 Lab 值來判別其黃化差異。

結果與討論

表 1. 不同藥劑濃度之平均上劑率

防燃劑	3%		4%		5%		6%		7%	
樹脂	防燃	樹脂	防燃	樹脂	防燃	樹脂	防燃	樹脂	防燃	樹脂
0.9%	5.56	1.69	7.13	1.60	10.19	1.83	10.99	1.64	12.48	1.60
1.8%	6.20	3.72	7.04	3.16	10.22	3.68	11.40	3.41	13.04	3.35
2.7%	5.04	4.53	6.59	4.44	9.89	5.33	10.23	4.46	13.52	5.21
3.6%	5.70	6.84	7.70	6.93	8.32	6.00	11.69	7.01	16.10	8.28
4.5%	6.18	9.89	6.77	8.12	9.20	8.83	12.00	9.60	14.35	10.04

不織布之上劑率

將壓吸壓力及防燃劑固成分兩種變因結合，以上劑率表示，上劑率為加工後之布樣中所佔有的固體藥劑比率，如公式：

$$\text{上劑率} = \frac{\text{壓吸後布重}(W_1) - \text{壓吸前布重}(W_0)}{\text{壓吸前布重}(W_0)} \times \text{壓液固成分}(\%) \times 100\% \quad (1)$$

由壓吸理論得知，壓吸目的在將藥劑均勻分散於樣本，並且使多餘溶液去除，如公式：

$$\text{壓吸率} = \frac{\text{壓吸後布重}(W_1) - \text{壓吸前布重}(W_0)}{\text{壓吸前布重}(W_0)} \times 100\% \quad (2)$$

而壓吸壓力對壓吸率的影響，如圖 1 為不同壓吸壓力對浸漬後布樣的壓吸率比較，壓吸壓力為 1、2、3、4kg/cm²時壓吸率分別為 2.02、1.65、1.54、1.4%，因為壓力越大，會將樣本中溶劑去除較多，由圖 1 可證明壓吸壓力越大，壓吸率越小。

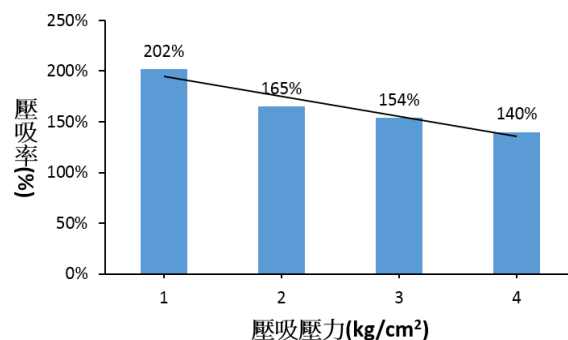


圖 1 不同濃度與壓吸壓力之基布上劑率

由表 1 上劑率的計算方式是以壓吸率乘以壓液固成分，得到結果表示布樣上所含有之防燃劑及樹脂含量(式 1)，以重量百分比的方式表達織物上面含有的劑量，上劑率越高，表示織物上所含的藥劑量越多。故將壓吸壓力設定在 1kg/cm² 此進行特性的探討。

FTIR 圖分析

使用傅立葉紅外線光譜分析儀，來測得待測物之官能基，並觀察待測物加工後藥劑是否成功與加工物結合，以此證明。

圖 2 在 3422cm^{-1} 、 2950cm^{-1} 附近為 NH_4^+ 的不對稱伸縮振動吸收峰， 1475cm^{-1} 為 NH_4^+ 的彎曲振動吸收峰， 1272cm^{-1} 為 $\text{P}=\text{O}$ 伸縮振動吸收峰， 1021cm^{-1} 為 $\text{P}-\text{O}-\text{P}$ 的振動吸收峰，證明此防燃劑為磷系防燃劑。

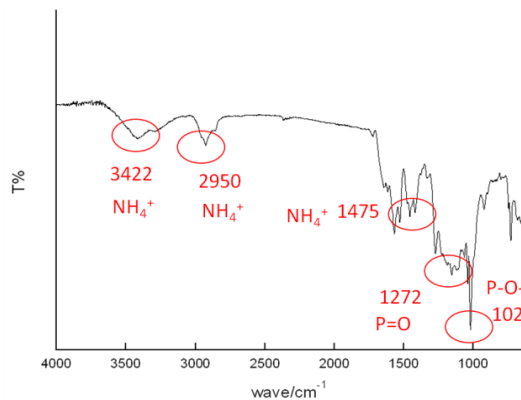


圖 2 防燃劑 FTIR 分析圖

由圖 3 得知，在 3362cm^{-1} 附近發現 OH 基之特性吸收峰，在 2958cm^{-1} 附近發現 CH_2 之特性吸收峰，在 1732cm^{-1} 、 1646cm^{-1} 附近發現 $\text{C}=\text{O}$ 之特性峰，在 1122cm^{-1} 附近發現 $\text{C}-\text{O}$ 基之特性吸收峰為酯基。

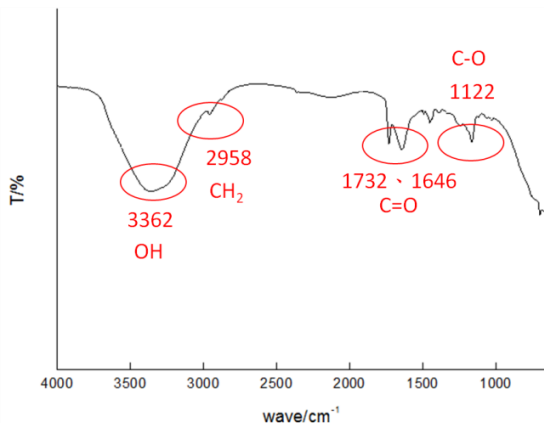


圖 3 壓克力樹脂 FTIR 分析圖

由圖 4 得知，在 3428cm^{-1} 附近發現 OH 基之特性吸收峰，在 3055cm^{-1} 附近發現苯環之 $\text{C}-\text{H}$ 基，在 2969cm^{-1} 附近發現 OH 基之特性吸收峰，在 1718cm^{-1} 附近發現 $\text{C}=\text{O}$ 基之特性吸收峰，綜上資訊得知此為聚酯聚合物。

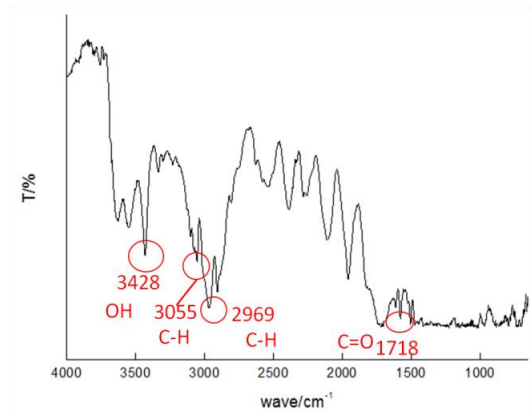


圖 4 聚酯纖維不織布 FTIR 分析圖

在圖 5 得知，在 3552cm^{-1} 附近發現 NH_4^+ 基之特性峰值，在 3231cm^{-1} 附近發現 OH 基之特性峰值，在 2969cm^{-1} 附近發現 OH 基之特性峰值，在 1718cm^{-1} 附近發現 $\text{C}=\text{O}$ 之特性峰值，由圖 2 至圖 4 之特定吸收峰值，可以得知防燃劑與樹脂有成功附著在纖維上。

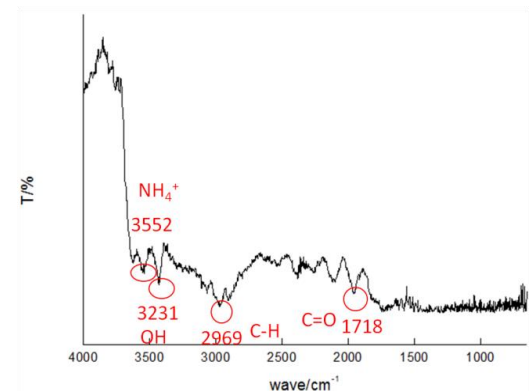


圖 5 加工後織物之 FTIR 分析圖

防燃加工之 SEM 圖分析

以 SEM 掃描式電子顯微鏡來觀察纖維上是否成功附著防燃劑與樹脂，並觀察藥劑的分布性與顆粒大小。由圖 6 與圖 7 得知，加工前纖維直徑為 $21.88\mu\text{m}$ ，加工後纖維直徑變為 $29.07\mu\text{m}$ 由此看出樹脂與防燃劑有披覆在纖維上，而圖 8 和圖 9 得知，攪拌 30 分鐘防燃劑與壓克力樹脂並未攪拌均勻，導致防燃劑分散不均，這會造成防燃性效果不佳會使火源往其他防燃劑不足的部分蔓延；攪拌 1 小時防燃劑與壓克力樹脂攪拌均勻後，分佈較攪拌 30 分鐘均勻，防燃劑顆粒大小也相較變小，防燃性也較佳不會因分佈不均而使防燃性變差。

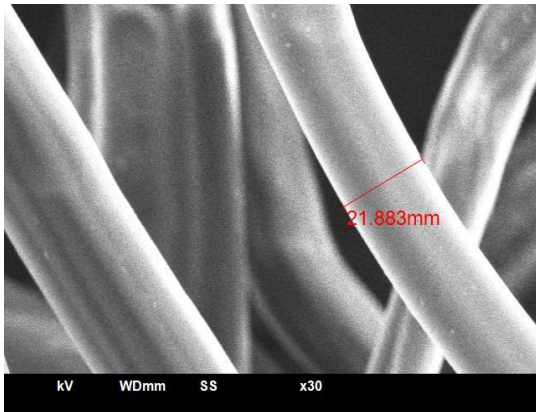


圖 6 加工前之纖維表面

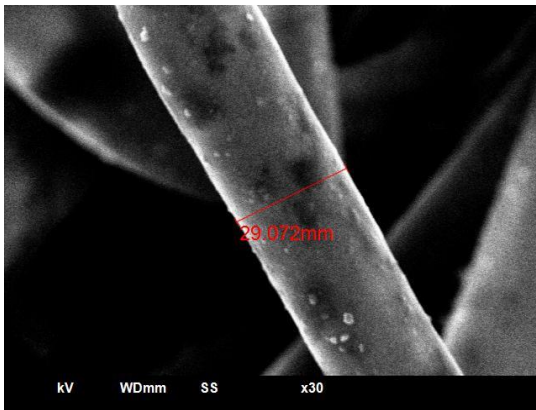


圖 7 加工後之纖維表面

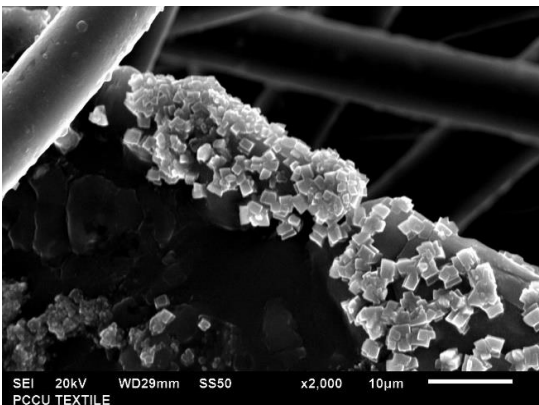


圖 8 攪拌 30 分鐘對防燃劑分佈之影響

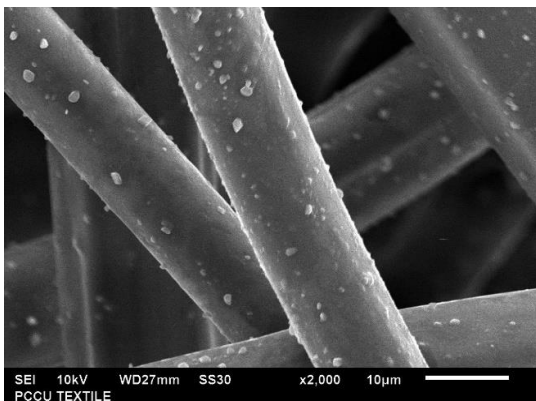


圖 9 攪拌 60 分鐘對防燃劑分佈之影響

不同防燃劑及樹脂

含量對防燃性之影響

本項目為依測試樣本上之防燃劑與樹脂上劑率之比例對防燃性之影響其中樹脂為幫助防燃劑更佳地黏著在纖維上，增加耐用性且增加纖維硬挺性，並依照 CNS13387 來測定防燃加工後織物之燃燒速率，再以車輛研究中心所訂出之合格標準做比較。

由圖 10 得知，在未添加防燃劑，僅添加壓克力樹脂之試樣燃燒速率比原布樣高，樹脂上劑率 1.66% 燃燒速率為 169.2mm/min，原布樣燃燒速率為 125mm/min，可以證明壓克力樹脂具助燃之效果。

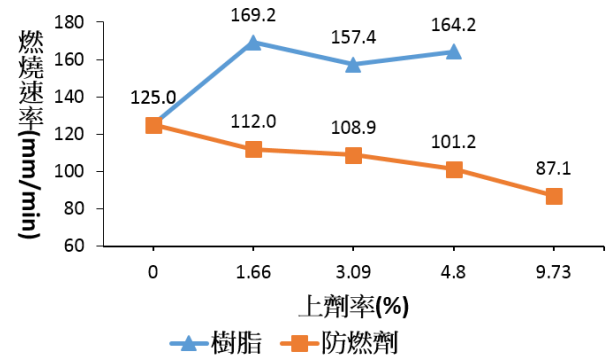


圖 10 壓克力樹脂對防燃性之影響

由圖 11 得知，防燃劑 3%在樹脂 0.9%至 4.5%之燃燒速率由 109.8mm/min 至 106.4mm/min，在樹脂 2.7%達 98.0mm/min，防燃劑 4%在樹脂 0.9%至 4.5%之燃燒速率由 118.7mm/min 至 83.2mm/min，看出在樹脂 2.7%、3.6%、4.5%皆達燃燒速率 102mm/min 以下之合格標準，防燃劑 5%在樹脂 0.9%至 4.5%之燃燒速率之趨勢由 87.5mm/min 至 82.0mm/min，防燃劑 6%在樹脂 0.9%至 4.5%之燃燒速率由 82.9mm/min 至 77.6mm/min，防燃劑 7%樹脂 0.9%至 4.5%由 99.6mm/min 至 84.6mm/min，在防燃劑 5%後皆達燃燒速率 102mm/min 以下之合格標準。

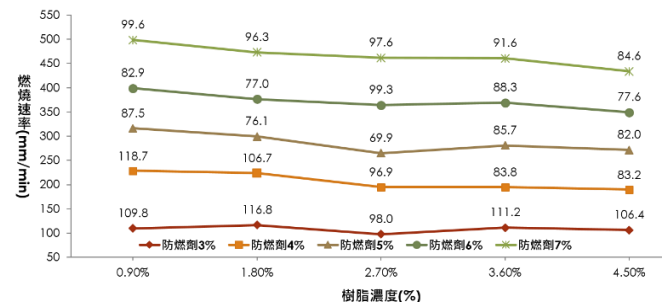


圖 11 樹脂上劑率對防燃劑各濃度之影響

不織布厚度對防燃性之影響

因有樹脂加工之影響，厚度以及其纖維密度有一定之變化，以測量試樣厚度比較其燃燒性影響。由圖 12 得知，樹脂濃度 0.9% 時厚度為 0.79mm 燃燒速率為 84mm/min，至樹脂濃度 4.5% 時厚度為 1mm 燃燒速率為 106.4mm，可以看出隨著樹脂濃度增加厚度與燃燒速率亦增加，而樹脂濃度 1.8%、2.7%、3.6% 時燃燒速率變化不穩定，推測樹脂 1.8%、3.6% 纖維蓬鬆而有燃燒速率 116.8mm/min 及 106.4mm/min 之現象，樹脂 2.7% 燃燒速率為 98.0mm/min，推斷其樹脂上劑率良好，使纖維密度小，內部空氣含量少才會有此燃燒速率。

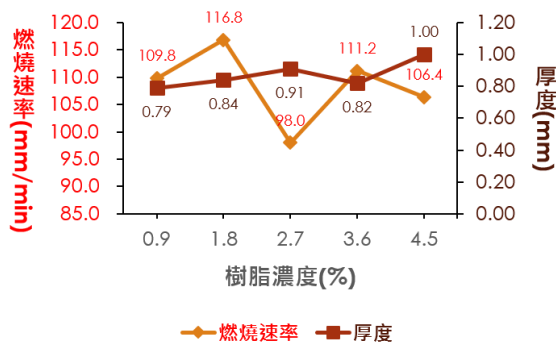


圖 12 厚度變化對防燃劑 3% 之防燃性影響

由圖 13 得知，厚度隨樹脂濃度增加而增加，樹脂濃度 0.9%、1.8%、2.7%、3.6%、4.5%，厚度為 0.74mm、0.83mm、0.94mm、0.94mm、0.87mm，而燃燒速率卻隨厚度增加而下降，燃燒速率由 118.7mm/min 至 83.2mm，推斷為纖維蓬鬆導致，而樹脂濃度 3.6% 厚度同為 0.94mm 之燃燒速率為 83.8mm/min，判斷為樹脂濃度提高而纖維密度變小所導致。

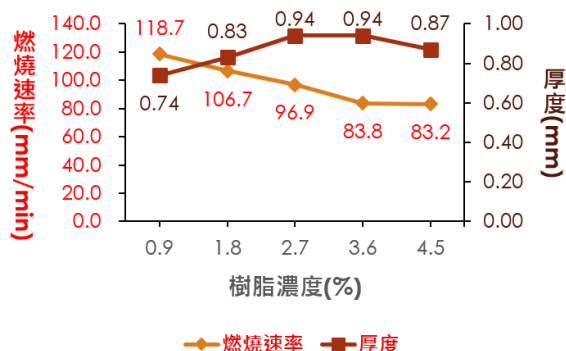


圖 13 厚度變化對防燃劑 4% 之防燃性影響

由圖 14 得知，樹脂濃度 0.9%、1.8%、2.7% 時

厚度變化由 0.96mm、0.99mm、1.02mm 逐漸變厚，而燃燒速率也從 87.5mm/min、76.1mm/min、69.9mm/min 逐漸下降，判斷為纖維密度逐漸變小，內度空氣量少，配合防燃劑所得之燃燒速率，而樹脂 3.6%、4.5% 厚度為 0.87mm、0.92mm，燃燒速率為 85.7mm/min 及 82.0mm/min，推測其不織布厚度製作出來並不統一，而有此現象。

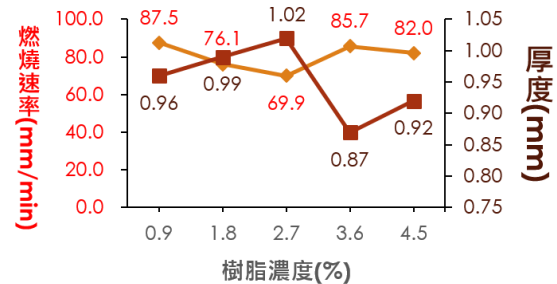


圖 14 厚度變化對防燃劑 5% 之防燃性影響

由圖 15 得知，防燃劑濃度 6% 樹脂 0.9%、1.8%、2.7%、3.6%、4.5% 之燃燒速率都在 102mm/min 之合格範圍內。

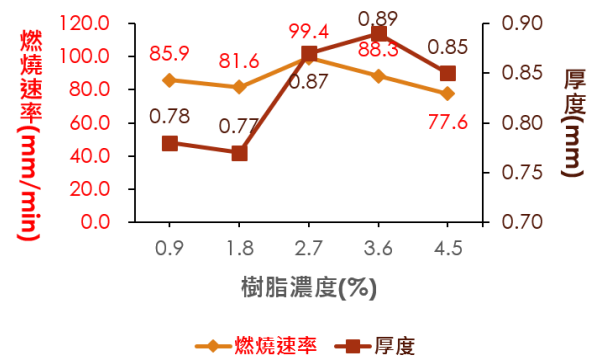


圖 15 厚度變化對防燃劑 6% 之防燃性影響

由圖 16 得知，防燃劑 7% 樹脂濃度 0.9%、1.8%、2.7%、3.6%、4.5% 之燃燒速率為 96.6mm/min、95.9mm/min、97.6mm/min、91.6mm/min、84.6mm/min 都在 102mm/min 之合格範圍內，依照理論燃燒速率及厚度會隨樹脂濃度增加而增加，但樹脂濃度 0.9% 至 4.5% 之厚度和燃燒速率呈向下之趨勢，推斷其現象發生之原因為在樣本製作烘乾其水蒸氣蒸發而使密度有所改變，樹脂濃度較高者變異較小而有此現象。

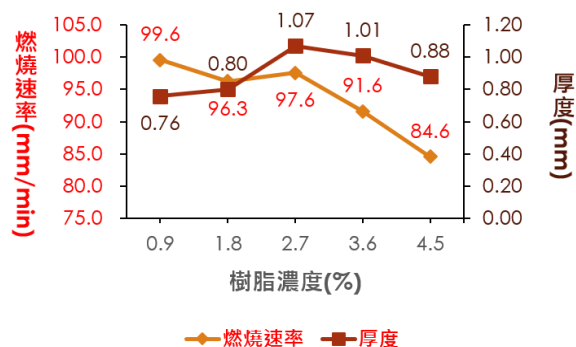


圖 16. 厚度變化對防燃劑 7%之防燃性影響

UV 照射對防燃性之影響

本項目為測試壓克力樹脂有無被 UVB 破壞而導致燃燒速率增加且評級有無在合格標準內。以 UVB 燈管照射 12、24、36、48、60 小時後，以樹脂濃度最高值來做測試基準。紫外線燈管照射 12、24、36、48 及 60 小時，模擬全日日光照射 53、106、159、212、265 日，以台北日照時數為標準(西元 1981~2010 年統計)，平均一天日照時數為 3.9 小時，約為耐日光 326、652、978、1304、1630 日。

並使用分光光度計測試其 ΔLab 並計算 ΔE 觀察變化，公式如下：

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L_2 - \Delta L_1)^2 + (\Delta a_2 - \Delta a_1)^2 + (\Delta b_2 - \Delta b_1)^2} \quad (3)$$

由表 2 得知，在紫外線燈管照射後，其 Lab 之 L 值逐漸下降，下降 86.97 至 85.01 漸漸暗淡，a 值則看不出明顯變化，而 b 值之數值由 0.23 上升 1.85，可以得知樣本經照射後有逐漸黃化之趨勢。

表 2. 防燃劑 7%樹脂 4.5%照射後之 Lab 值

	ΔE	ΔL	Δa	Δb
照紫外光 0 小時	---	86.97	-0.52	0.23
照紫外光 12 小時	2.22	84.84	-0.99	-0.23
照紫外光 24 小時	2.21	85.74	1.10	0.89
照紫外光 36 小時	2.52	86.03	1.09	1.94
照紫外光 48 小時	1.59	85.56	-1.15	1.64
照紫外光 60 小時	2.78	85.01	-1.65	1.85

由圖 17 與圖 18 得知，樹脂經 UV 照射後會使防燃性降低，在照射 0 小時到 60 小時後，燃燒速率有明顯影響，從 84.5mm/min 增加到 120.63mm/min，但總體趨勢並沒有明顯增加，而餘燃時間從 0.3 秒增加到 3.8 秒，總體趨勢也有著明顯增加，由此可知照射 UV 沒明顯影響燃燒速率但影響了餘燃時間，雖超過 102mm/min，但可由圖 19，測得結果皆未燃燒至計時起始線，還在合格範圍內。

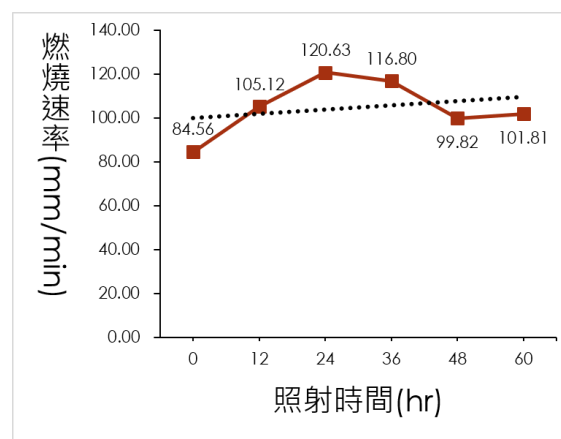


圖 17. 防燃劑 7%樹脂 4.5%照射之燃燒速率影響

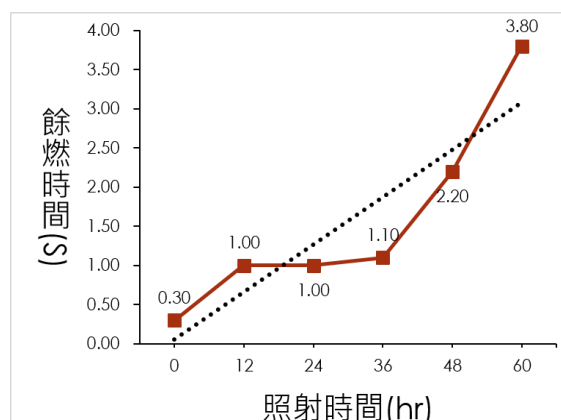


圖 18. 防燃劑 7%樹脂 4.5%照射之餘燃時間影響

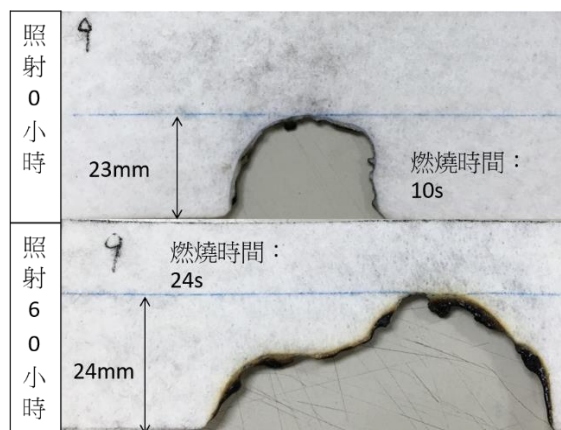


圖 19. 照射 0 小時與 60 小時後之比較

不同樹脂濃度之剛軟性影響

此測試項目主要是為了探討樣本經樹脂加工後有防皺性，並增強其防燃耐久性，且會有較佳之挺性，以利之後裁剪、加工之完成，故將此測試項目加入本實驗中。由圖 20 得知，剛軟性與樹脂濃度有著明顯的正相關，例圖 16 剛軟性隨著樹脂濃度 0.9%至 4.5%，從 11.05cm 增加到 15cm，推測造成試樣硬挺的主要

原因為，樹脂溶液造成纖維與纖維間相互黏結，使纖維自由移動的能力降低，導致纖維硬挺。

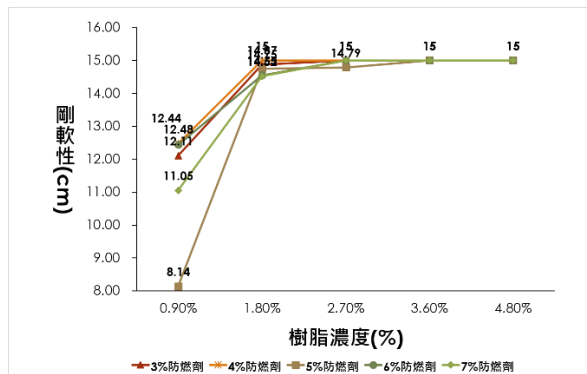


圖 20 樹脂濃度不同之上

結論

1. 防燃劑 3%在樹脂 2.7%時燃燒速率達 98.0mm/min，防燃劑 4%在樹脂 2.7%、3.6%、4.5%燃燒速率達 96.9mm/min、83.8mm/min、2. 83.2mm/min，防燃劑 5%、6%、7%不論在樹脂濃度為何，燃燒速率皆在 102mm/min 以下。
2. 樹脂經 UV 照射後會使防燃性降低，在照射 0 4. 小時到 60 小時後，燃燒速率會逐漸提升從 84.5mm/min 增加到 120.63mm/min，而餘燃時 5. 間從 0.3 秒增加到 3.8 秒 雖超過 102mm/min， 6. 但測得結果趨勢燃燒速率並無明顯增長且皆未燃燒至計時起始線，仍在合格範圍內。
3. 剛軟性與樹脂濃度有著明顯的正相關，剛軟性隨著樹脂濃度 0.9%至 4.5%，從 11cm 增加到 15cm，推測造成試樣硬挺的主要因為，樹脂

溶液造成纖維與纖維間相互黏結，使纖維自由移動的能力降低，導致纖維硬挺。

4. 經過分光光度計測量經 UV 照射後之 Lab 值發現 L 值逐漸下降，下降 86.97 至 85.01 漸漸暗淡，a 值則看不出明顯變化，而 b 值之數值由 0.23 上升 1.85，可以得知樣本經照射後有逐漸黃化之趨勢。
5. 綜上討論，本研究在防燃劑 5%即有良好之防燃性，但其燃燒速率之 CV%為 13% 而防燃劑 7%燃燒速率之 CV%為 5%，因此防燃劑 7%為最佳條件，若要減少成本則選擇防燃劑 5%。

參考文獻

- 錢立軍，新型防燃劑製造與應用，化學工業出版社，北京，1，96(2012)。
- 車輛研測資訊，089 期(2012.08)。
- 丘禮綱、李貴琪，不織布應用於防火材之研究，華岡紡織期刊，第八卷，第一期，1 (2000)。
- 聚酯不織布經不同比例之防燃劑/樹脂溶液加工其防燃性及耐用性影響之研究，華岡紡織期刊，第五卷，第一期，36(1998)。
- 翁郁婷，改變加工條件對針軋聚酯不織布撥水性影響，第三十屆纖維紡織科技研討會，3, 4 (2014)。
- Shuyu Liang, N. Matthias Neisius, Sabyasachi Gaan, Recent developments in flame retardant polymeric coatings, Progress in Organic Coatings, 76, No. 11, Elsevier BV publishing Co., Ltd., St. Gallen, Switzerland, 1642–1665 (2013).