

以多層塗佈方法製作 3D 景深圖像 II 型布膜材料之研究

A Study of Using Multilayer Coated Printing to Create 3D image depth of Type II Membrane Material

蔡穎薇, 邢文灝

Ying-Wei Cai, Wen-Hao Hsing

中國文化大學紡織工程學系

Department of Textile Engineering, Chinese Culture University

Wen-Hao Hsing : hsing@faculty.pccu.edu.tw

摘要

本實驗目的在於探討玻璃纖維基布經由 PVC 多層塗佈，賦予圖案之 PVC 樹脂交錯塗佈和噴印，改變塗布刀狹縫高度，使其達到多層次效果。並且經由聚四氟乙烯樹脂噴塗，研究分析布膜之自潔性、防潑水性之外觀結構與界面角分析，使其達到最佳疏水自潔性能。由實驗結果得知加工時以 PTFE 溶液對玻璃纖維織布以 70g/min 噴塗，再旋轉 180°再進行第二段噴塗及壓吸加工與熱處理，具較佳疏水自潔性能；第一層至第四層塗布刀狹縫高度分別設定為 50 μ m、100 μ m、150 μ m、100 μ m 有最佳的表面形態與厚度；立體度的分析可得知，隨著樹脂層的增加背景色逐漸模糊，而花朵漸層則逐漸銳利，確立本實驗確實有達到視覺景深之效果。

關鍵字詞：布膜、PVC、四氟乙烯、自潔性、玻璃纖維

Abstract

The purpose of this experiment is to explore via glass fiber fabric PTFE resin coating, self-cleaning cloth membrane research and analysis, the water repellent properties of the appearance of the structure and interface angle analysis, to achieve the best hydrophobic self-cleaning properties, given the pattern of PVC resin coating and printing staggered to achieve the effect of visual depth of field. When informed by the results of the processing solution with PTFE -dimensional woven glass cloth to 70g / min spray, then rotated 180 ° and then the second paragraph of the spray pressure suction processing and heat treatment , with better hydrophobic self-cleaning properties ; the first layer the fourth layer coating knife to slit height are set to 50 μ m, 100 μ m, 150 μ m, 100 μ m have the best surface morphology and thickness ; analysis of three-dimensional degree can be learned , the background color of the resin layer increases gradually blurred, and the flowers fade sharp layer gradually establish this experiment does have to achieve the effect of visual depth of field .

Keywords: fabric membrane, PVC, PTFE, self-cleaning, glass fiber

前言

布膜其定義為一柔軟、易彎曲之材料，組成為纖維織物再加上塗佈或貼合的高分子膜即可稱為布膜。其應用範圍為廣告用布膜、建築用布膜、運輸用布膜等[1]。建築用布膜產品具高附加價值，為現今布膜產品發展之主要方向，具有良好透光性、高比強度、低潛變、自潔性、搭建快速等優點，常用布膜的主要基布為聚酯纖維和玻璃纖維，後者雖然重量、透光性不如前者，但是具有良好的耐候性、自潔性及防燃性[2]。為加強建築用布膜之自潔性，在材料表面上加工 PTFE 形成一超疏水塗層，使雨水或是其它油性污垢會在其表面上滾動，並能輕易地將髒污帶走，達到自我清潔的功效，此現象稱之為自潔。自潔性質可被賦予於織物表面常保乾淨、清潔與美觀，同時兼具環保、省時與節能的概念。PTFE(Poly tetrafluoroethylene，四氟乙烯)，運用於建築膜材的最大特點是：重量輕、強度高、防火難燃、自潔性好，不受紫外線影響、抗疲勞、耐扭曲、耐老化、使用壽命長。具有高透光率，熱吸收量少。

因為這種跨時代的膜材料的發明，使膜結構建築成為現代化的永久性建築。建築膜材廣泛應用於大型公共設施包括體育場館的屋頂系統、機場大廳、展覽中心、站台、景觀亭蓬等。於短期展演或活動之建築布膜予以多層塗佈方法製作 3D 景深圖案來增加美觀及設計，布膜使用的樹脂多為 PVC、PU 等，PVC(PolyVinyl Chloride，聚氯乙烯)具有透明柔軟之性質，無臭、操作方便且透光度佳，本研究使用 PVC 主要強調其耐用性良好，適用於短期活動及展演，因此本實驗採用 PVC 作為材料。

本研究利用玻璃纖維為基布，噴塗聚四氟乙烯後進行研議，構想使膜結構建築外之具自潔性、防潑水性，增進表面不粘性、耐大氣老化性及後續加工便利效益。選擇使用玻璃纖維梭織布為基布進行加工製作，於最外層噴塗聚四氟乙烯樹脂，藉此達成封裝效果，賦予其撥水性、防濕潤性其基本自潔性能。再賦予布膜材 3D 景深圖案之方法採 PVC 塗佈後噴印部分圖案，再重複多次塗佈與噴印，以完成設計之圖案，賦予圖案之 PVC 樹脂交錯塗佈和噴印，以達視覺景深之效果[3-4]。

疏水原理

材料具有疏水的效果，主要受到材料的表面張力及表面構造所影響。

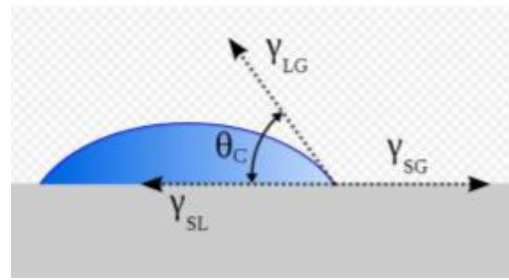


圖 1 表面張力之作用力示意圖

表面張力

分子受到相同分子相互吸引力，使表面趨向於收縮為最小之表面積，其所作用的功稱為表面能。材料之表面張力大小，為決定材料表面特性的最重要因素之一。當固體表面張力小於液體表面張力，可達到疏水效果，反之則達到親水效果。 $\gamma_{SG} - \gamma_{SL} = \gamma_{LG} \cos \theta$ $\cos \theta = (\gamma_{SG} - \gamma_{SL}) / \gamma_{LG}$ γ_{SG} ：固氣之間的表面張力 γ_{SL} ：固液之間的表面張力 γ_{LG} ：液氣之間的表面張力。

表面構造

粗糙度 f (稱為粗糙因數)定義為固體與液體接觸面之間的真實表面積與表觀幾何面積的比。在微觀條件下，水滴的直徑約等於 $70\mu\text{m}$ ，若物體表面具有小於 200nm 尺度之粗糙表面構造，則會在水滴與物體之接觸面形成固-氣-液三態之介面，使水滴和物體表面之間存在空氣介面，而產生疏水現象，此現象又稱為荷葉效應。織物檢測接觸角度來判斷其親疏水性質。液體於固體表面，可能具有以下兩種現象，分別為：液體完全鋪展潤濕固體或者液體成水滴狀及固體表面和液體邊緣切線形成一個夾角 θ 稱為接觸角，角度小於 90° 度的親水現象，反之液體會形成球珠狀，形成接觸角大於 90° 度的疏水現象。此時固體表面傾斜，則液珠可自由滾動，具有撥水效果。

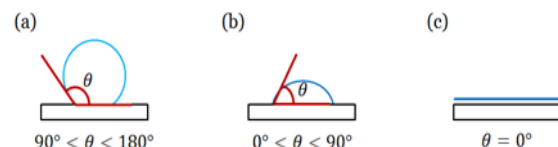


圖 2 固體與液體接觸面間形成夾角之現象
(a)疏水現象 (b)親水現象 (c)完全濕潤現象

多層次圖像原理

- (1) 平面圖像分割表現：透過圖像與畫面之間的分割、部分重疊等方式，圖像藉由層層累積相疊，產生多層次的空間效果。
- (2) 半立體空間分割表現：透過半立體空間的排列，加入空間重疊，因而產生錯覺感，表現出具有真實層次空間，達到立體效果。
- (3) 透明媒材重疊與分割表現：將圖像與圖像之間，利用透明材料(例：壓克力板、玻璃)將圖像達到層層分明，形成具有深度的立體視覺感。

實驗

實驗材料

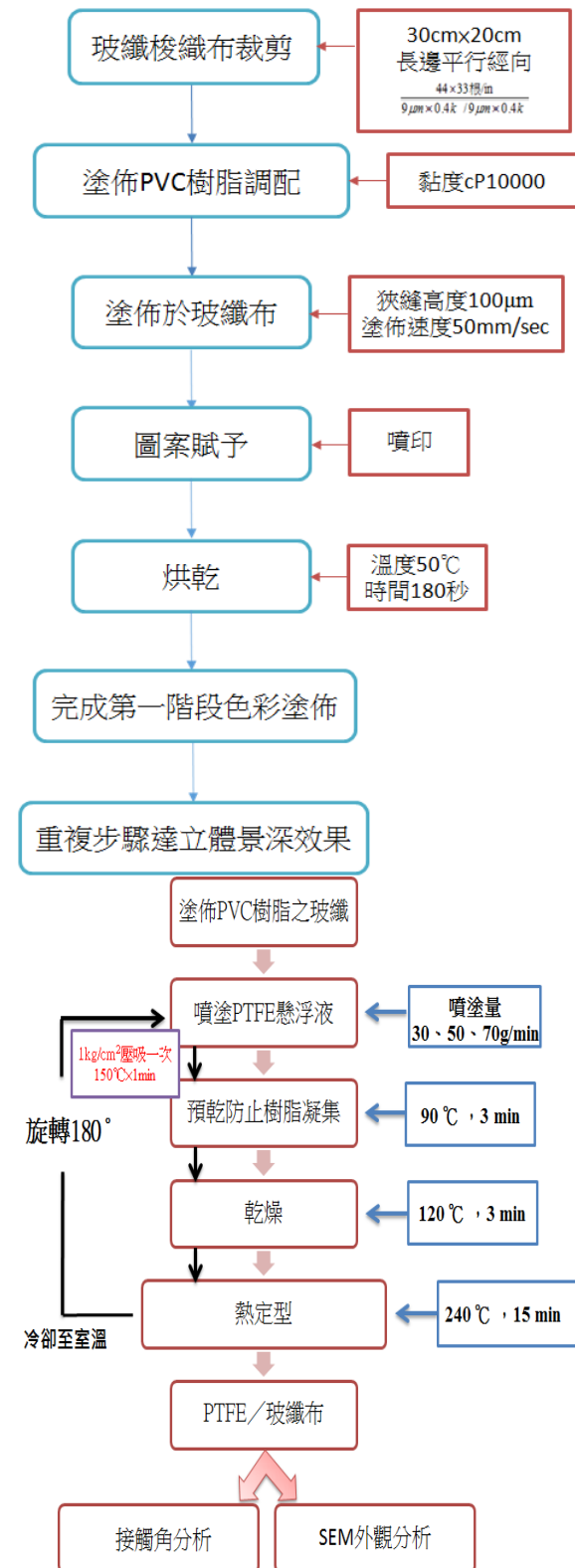
- (1) 玻璃纖維布：台灣玻璃公司，長纖 E 玻，

$$\frac{44 \times 33 \text{ 根/in}}{9 \mu\text{m} \times 0.4k / 9 \mu\text{m} \times 0.4k}$$
- (2) PTFE 懸浮樹脂：3M，5060
 固成分：60±1.0 %
 原始黏度：33.2 cP
 酸鹼度：pH 9.21
 表面張力：29.4 dyne/cm
 平均粒徑：246.0 nm
- (3) PVC：3MHA，南亞
 固成分：23.0±1.0 %
- (4) 四氫呋喃（THF）：第一化工
 純度 99%（工業級）

實驗儀器

- (1) 掃描式電子顯微鏡：JSM-6335F，JEOL
- (2) 可調速自動塗佈機：Automatic Film Applicator-1137，Sheen
- (3) 刀頭塗佈器：刀頭角度為 45°，Elcometer 3570，Elcometer
- (4) 轉子式黏度計：DV-II +Pro，Brookfield
- (5) 熱風循環式烘箱：ED，Binder
- (6) 壓吸機：NEWAVE LAB. Equipments
- (7) 噴塗器：W-71，KOSTA DELTA
- (8) 接觸角測試儀：DSA10 MK2，KRÜ SS

實驗流程



實驗方法

- (1) 將玻纖梭織布裁剪為 30cm×20cm（長邊平行經向），放置於玻璃板上固定布樣兩端。將其架設於自動送布器上，玻纖布經向垂直於送布方向。

(2) 樹脂調配：於 100ml 之燒杯內加入 20~30g 的 PVC 塑膠粒，與 90~100ml 的 THF 溶劑充分攪拌 24 小時，得到極高黏度的 PVC。充分的攪拌 10 分鐘；再利用轉子式黏度計選擇 S63 轉子進行 6 rpm 測試黏度，直到 PVC 黏度到達 $10000 \pm 200 \text{ cP}$ ，以封口膜與鋁箔紙密封靜置，即完成本實驗之塗布用樹脂。

(3) 塗布加工：將玻璃纖維布以 20x30cm 之規格延經向剪裁。塗布刀先以丙酮擦拭乾淨，確保無殘膠以致影響塗布結果。再於塗布機上放置 20x40x0.3cm 之玻璃板，將基布整平放置其上，並用膠帶固定前後。塗布刀狹縫高度為 50 μm ，放置於基布前端，將完成之 PVC 樹脂倒滿液槽，靜置約 5 秒後以 50mm/sec 之速度塗布如(圖 3)。並回收多餘的樹脂。接著連同玻璃板移至烘箱，以 50 $^{\circ}\text{C}$ 烘乾 180 秒，取出放置 2 分鐘待其散熱，使樹脂固定，剪去頭尾、兩側各約 0.5cm 之邊界，並利用 SEM 觀察其表面是否塗布均勻及厚度。二次塗布刀狹縫高度為 100 μm ；三次塗佈刀狹縫高度為 150 μm ；四次塗佈刀狹縫高度則為 100 μm ，測試其厚度是否影響其色差及圖案立體度。

(4) 圖案噴印：設計之花樣如(圖 4)，噴印之條件溫度設定為 15~30 $^{\circ}\text{C}$ ，溼 30~70%RH[6]。

(5) 噴塗器架設於玻纖布上方 60cm 處，並對準玻纖布中心。PTFE 以吐出量 30、50、70 g/min，送布速度 50 mm/sec 進行噴塗加工如(圖 5)。

(6) 以 90 $^{\circ}\text{C} \times 3\text{min}$ 進行預乾、再以 120 $^{\circ}\text{C} \times 3\text{min}$ 除去水份，防止樹脂凝集，最後以 240 $^{\circ}\text{C}$ 溫度熱處理 15min，使 PTFE 成形(各熱處理步驟間，樣本冷卻至室溫)。待冷卻後將布樣旋轉 180 $^{\circ}$ 放置於自動送布器上，再第二次重複噴塗 PTFE。後施予 1kg/cm² 壓力通過壓吸輥輪一次壓吸，再進行最後熱處理。

(7) 電子顯微鏡外觀分析
掃描式電子顯微鏡(SEM)是利用電子束代替傳統光學顯微鏡之光源，藉電子束與樣品之交互作用，產生各式反饋訊號，再以一電子接收器，將訊號源轉換為圖像呈現樣本之表面結構。將利用其分析 PTFE 噴塗之表面結構變化。

(8) 固／液接觸角測試

利用接觸角測試儀，定量滴出 10 μL 之去離子水至樣本表面，紀錄水珠隨時間而浸潤之接觸角，用以辨別玻璃纖維經 PTFE 噴塗後之疏水性變化。

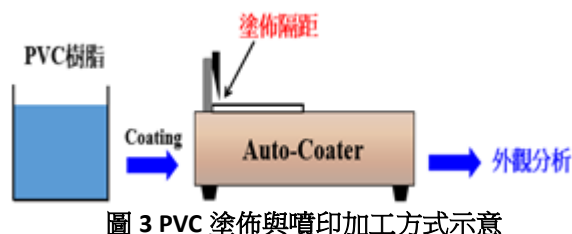


圖 3 PVC 塗佈與噴印加工方式示意



圖 4 噴印之順序

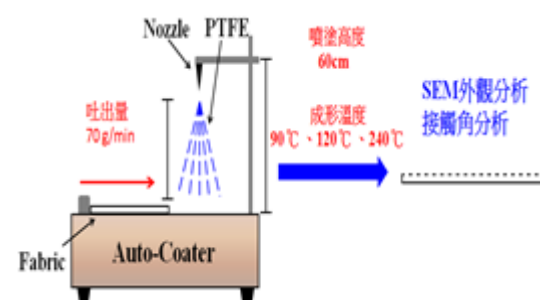


圖 5 PTFE 噴塗加工示意圖

結果與討論

PTFE 不同噴塗吐出量對玻纖布膜接觸角之影響

PTFE 以噴塗吐出量 30、50、70g/min 之條件，製作 PTFE/玻璃纖維梭織布之固/液接觸角，如圖 6 為噴塗吐出量 30g/min 之樣本，初始接觸角(第一秒)為 82.9 $^{\circ}$ ，因 PTFE 之覆蓋程度過少，導致樣本接觸角性能不佳，液體迅速被纖維毛細吸收，而完全浸潤初始接觸角 82.9 $^{\circ}$ ，10sec 後完全濕潤，接觸角為 0 $^{\circ}$ 。

噴塗吐出量 50g/min 之樣本，初始接觸角為 117.3 $^{\circ}$ ，經 31 sec 則完全濕潤。噴塗吐出量 70g/min 者 初始接觸角約 124.4 $^{\circ}$ ，但經 60 sec 仍保持 124.2 $^{\circ}$ ，延長測試時間至 10min，仍無浸潤現象(圖 7)。從噴

塗吐出量 70g/min 樣本之 125°接觸角之投影外觀(圖 8)可設定噴塗吐出量 70g/min 之二段式噴塗加工,可為最適參數。

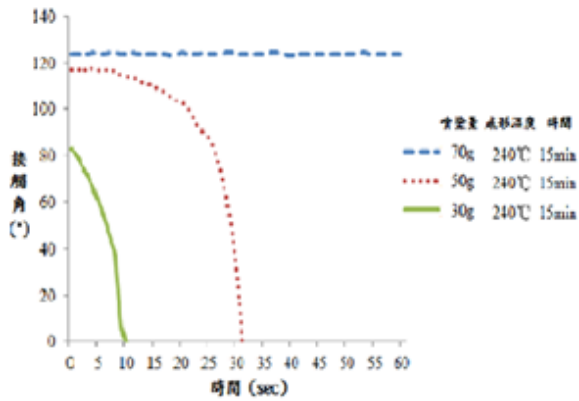


圖 6 PTFE 不同噴塗吐出量對玻璃纖維梭織布之接觸角影響

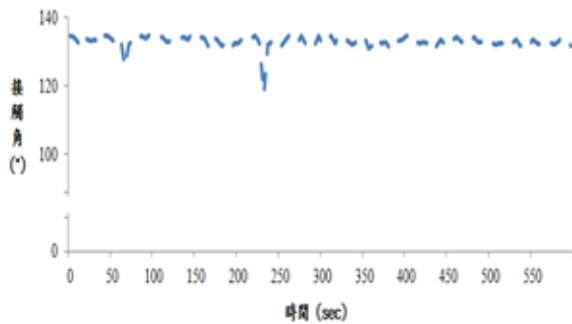


圖 7 PTFE 噴塗量 70g/min, 在 240°C 溫度定型下, 10min 接觸角曲線

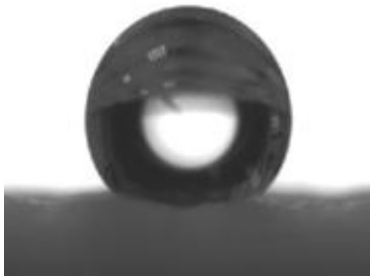


圖 8 125°接觸角之投影外觀

PTFE 有無壓吸對玻纖布膜之疏水性質之影響

PTFE 噴塗後, 從 SEM 顯微鏡觀察發現有壓吸之圖 9(A) 為 250 倍率之單位長度 100μm SEM 相片, 圓圈標示地方有明顯未噴塗的縫隙, 其縫隙長度為 99.744μm 寬度為 3.200μm, 圓圈標示區域因接近 100μm, 為可能滲水情形; 正方形區域縫隙為 19.267μm, 其滲水情形小於圓圈區域。PTFE 噴塗後, 從 SEM 顯微鏡觀察發現無壓吸之圖 9(B), 其縫隙長度為 78.437μm 寬度為 2.400μm, 巨觀下較圖 9(B) 不易滲水。

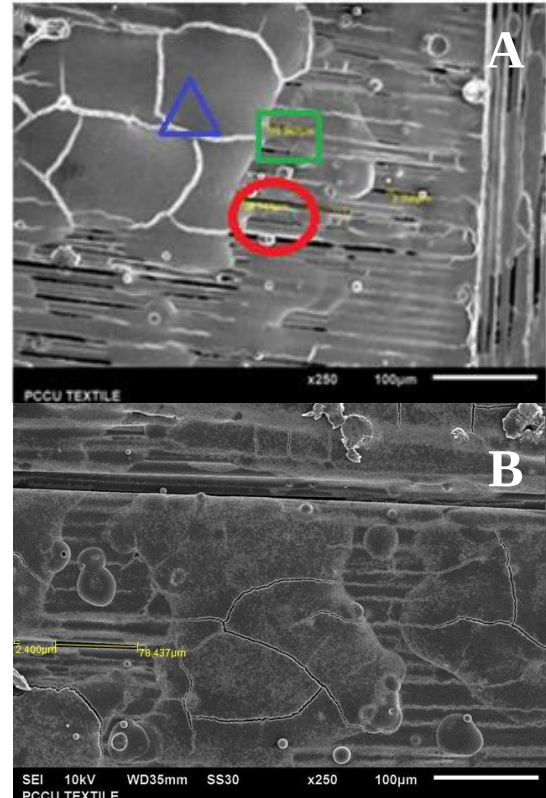


圖 9 (A)有壓吸(B)無壓吸 PTFE 表面形態 250 倍

將圖 9(A)三角形區域放大 1500 倍率來看截面, 如圖 10(A), 表層 PTFE 噴塗後巨觀下玻纖布膜形成一層薄膜, PTFE 薄膜厚度約為 0.267、0.298、0.533μm, 平均在 0.366μm 圖 10(B) PTFE 薄膜厚度約為 0.189、0.298、0.377μm, 平均在 0.288μm 較圖 10(A) PTFE 薄膜厚度薄。

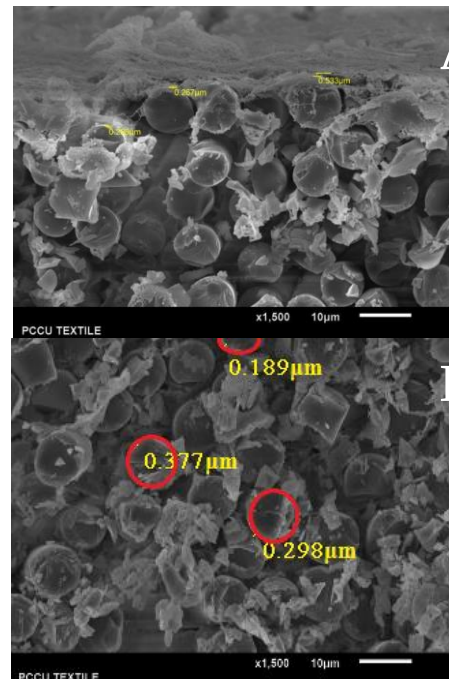


圖 10 (A)有壓吸(B)無壓吸 PTFE 截面形態 1500 倍

如圖 10(A)為 SEM 相片放大 1500 倍率觀察截面，玻纖布膜上孔隙大小為 2.488、1.852 μm 。如圖 11(B)玻纖布膜上孔隙大小為 7.231、7.733、10.704 μm ，其 PTFE 未塗覆之隙縫長度較圖 11(A)大，故 PTFE 經壓吸後對玻纖布膜疏水性質較佳。

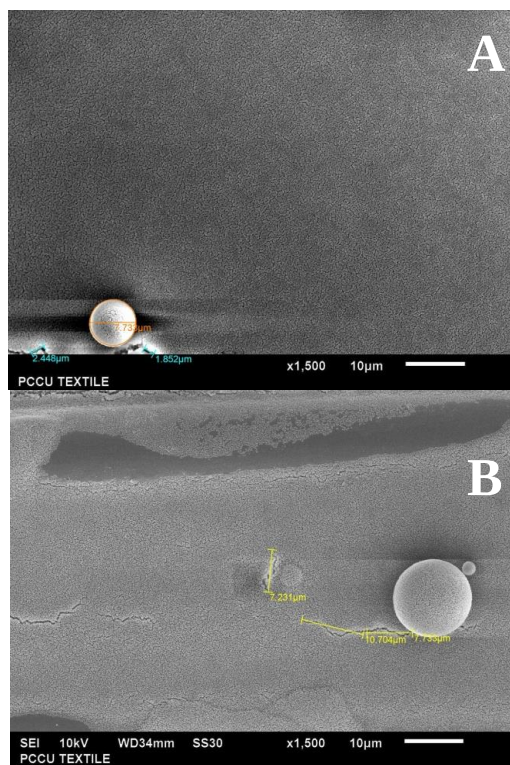


圖 11 (A)有壓吸(B)無壓吸 PTFE 表面形態 1500 倍

PVC 塗層外觀 SEM 分析

第一層樹脂塗層外觀 SEM 分析

圖 12 為狹縫高度 50 μm 之 PVC 的表面形態。從圖 12 中可以發現樹脂層之氣泡點少，塗層無明顯之剝落或缺陷，圖中的蜂窩狀為玻纖布的經緯交錯，塗佈表面分布均勻。

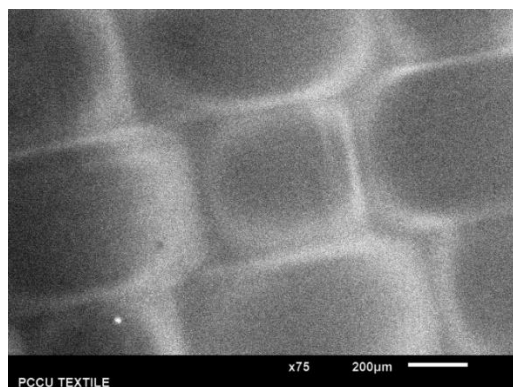


圖 12 狹縫高度 50 μm 之 PVC 表面形態

圖 13 為狹縫高度 50 μm 之 PVC 的緯浮點截面圖。樹脂層厚度約為 22.3 μm ，布膜整體厚度約為 112 μm ，其變異係數 CV%為 8.6，實驗中採用多層塗布的方式，綜合表面形態與緯浮點截面之分析，因此使用厚度較薄、表面無明顯之剝落、塗佈表面分布均勻之狹縫高度 50 μm 作為第一層樹脂層之厚度。

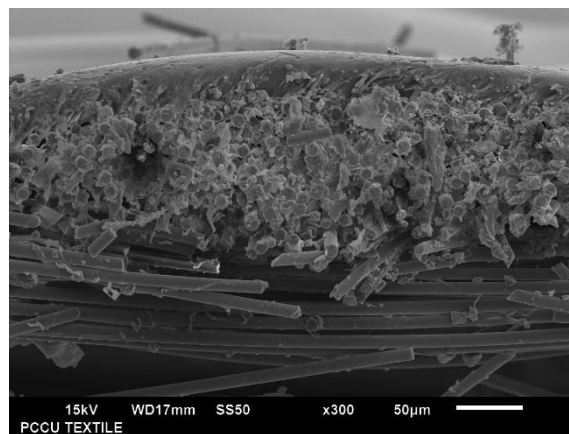


圖 13 狹縫高度 50 μm 之 PVC 緯浮點截面圖

圖 14 為狹縫高度 50 μm 之第一層噴印有顏色的緯浮點截面圖。依文獻指出噴印顏料具有膜厚特性，因此從圖 14 中可發現緯浮點截面之厚度約 24.8 μm ，其數據為計算 10 個點膜厚數據加以取得平均值。

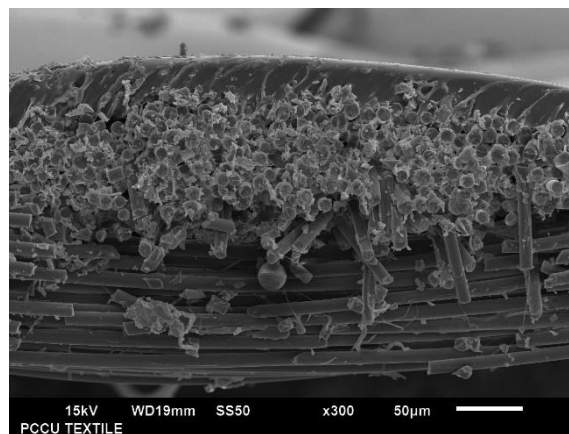


圖 14 第一層噴印有顏色狹縫高度 50 μm 之 PVC 緯浮點截面圖

第二層樹脂塗層外觀 SEM 分析

表 1 布樣編號

編號	狹縫高度設定
A(本實驗)	100
B(文獻)	150

與先前文獻作探討，與文獻之比較目的性為改變亮度差，增加景深、色彩調和性；改變膜厚度(降低)，使得透光度(上升)。圖 15(A)為本實驗狹縫高

度 $100\mu\text{m}$ ，(B)為文獻狹縫高度 $150\mu\text{m}$ 之樹脂的表面形態圖，兩者塗層均無明顯之塗佈分布不均。圖 16(A)為狹縫高度 $100\mu\text{m}$ 之樹脂的緯浮點截面圖，由圖可以發現圖中的分割線為噴印之顏料層，狹縫高度 $100\mu\text{m}$ 的樹脂層厚度約為 $56\mu\text{m}$ ，其變異係數 CV% 為 6.6；圖 16(B) 為狹縫高度 $150\mu\text{m}$ 之樹脂的緯浮點截面圖，樹脂層厚度約為 $109.6\mu\text{m}$ ；綜合第二層樹脂的表面形態與緯浮點截面圖及考慮透光程度，期望樹脂越塗越平，變異係數 CV% 逐漸降低故使用狹縫高度 $100\mu\text{m}$ 樹脂層較薄作為第二層樹脂層之厚度。

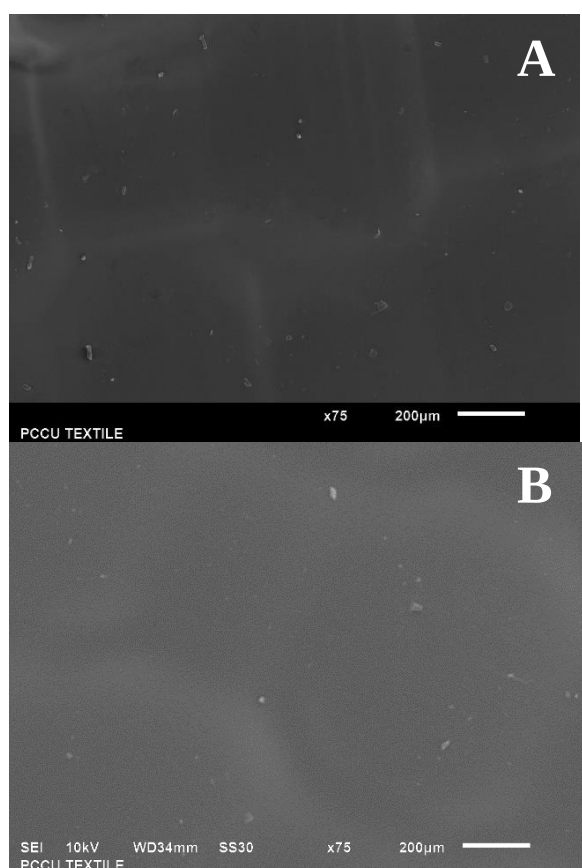


圖 15 第二層夾縫高度(A) $100\mu\text{m}$ (B) $150\mu\text{m}$ 之樹脂表面形態

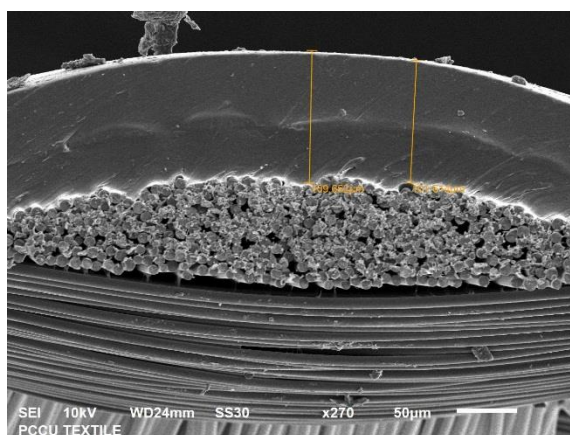
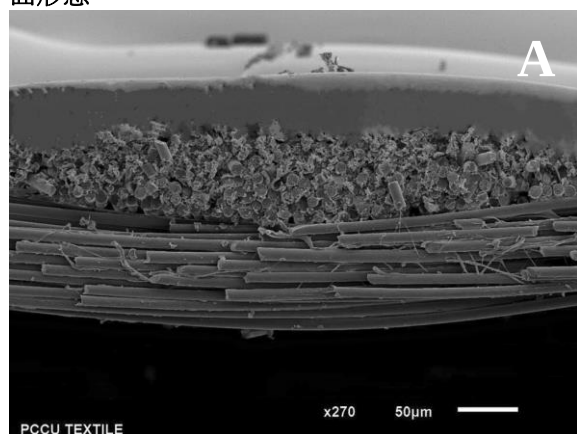


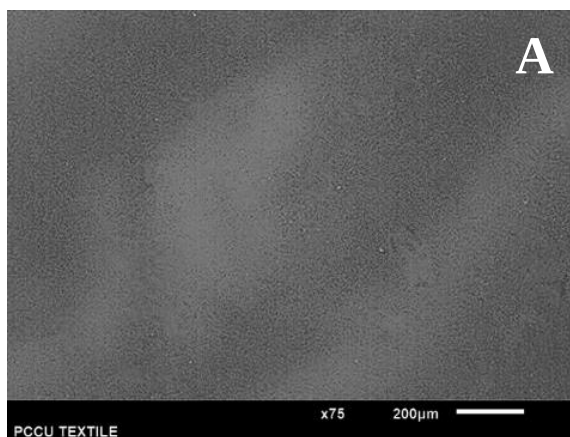
圖 16 第二層夾縫高度(A) $100\mu\text{m}$ (B) $150\mu\text{m}$ 之樹脂緯浮點截面

第三層樹脂塗層之外觀 SEM 分析

表 2 布樣編號

編號	狹縫高度設定
A(本實驗)	150
B(文獻)	150

圖 17 分別為(A)本實驗與(B)文獻狹縫高度皆 $150\mu\text{m}$ 之樹脂的表面形態圖，塗層分布無不均勻與損害。圖 18(A)為本實驗狹縫高度 $150\mu\text{m}$ 之樹脂的緯浮點截面圖，由圖可以發現圖中的樹脂厚度適中，均勻可以蓋去表面的瑕疵，樹脂層厚度約為 $90.1\mu\text{m}$ ，其變異係數 CV% 為 4.6；圖 18(B)為文獻狹縫高度 $150\mu\text{m}$ 之樹脂的緯浮點截面圖，樹脂層厚度約為 $136.3\mu\text{m}$ 綜合第三層樹脂的表面形態與緯浮點截面圖，兩者確定參數之樹脂塗佈皆均勻無明顯缺陷，故使用狹縫高度 $150\mu\text{m}$ 作為第三層樹脂層之厚度。



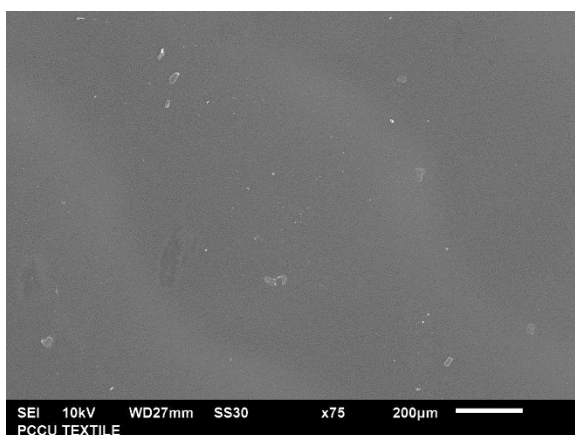


圖 17 第三層夾縫高度(A)150μm(B) 150μm 之樹脂表面形態

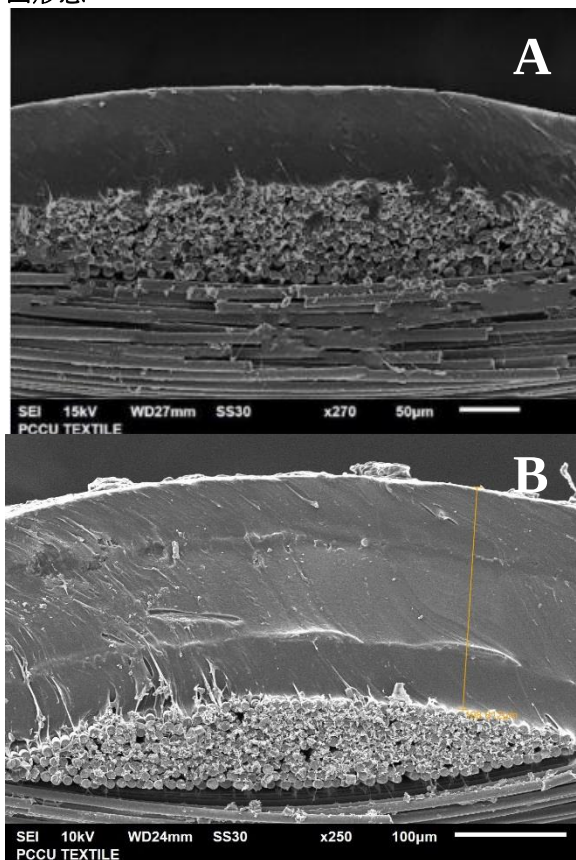


圖 18 第三層夾縫高度(A)150μm(B) 150μm 之樹脂緯浮點截面

第四層樹脂塗層之外觀 SEM 分析

表 3 布樣編號

編號	狹縫高度設定
A(本實驗)	100
B(文獻)	150

圖 19 分別為狹縫高度(A)本實驗 100μm 與(B)文獻 150μm 之樹脂的表面形態圖，樹脂塗層皆無受損、

塗佈表面分布均勻。圖 20(A)本實驗 100μm 與(B)文獻 150μm 之樹脂的緯浮點截面圖，由圖可以得知圖 20 (A)樹脂層厚度約 126μm，其變異係數 CV%為 8.6；圖 20(B) 樹脂層厚度約 170.1μm，為了保持透光度與色差避免落差太大，本實驗選擇使用膜厚較薄，且表面無明顯剝落或瑕疵的 100μm 作為本實驗的最終參數，期望樹脂厚薄能經塗佈後變異係數漸漸降低，使得樹脂越塗越平，膜厚能覆蓋表面雜質，膜薄能增加透光性以達本研究目的，因此從第一層至第四層塗布刀狹縫高度分別為 50μm、100μm、150μm、100μm 有最好的塗佈效果，其塗佈量分別為 0.124、0.245、0.274、0.243g/cm²。

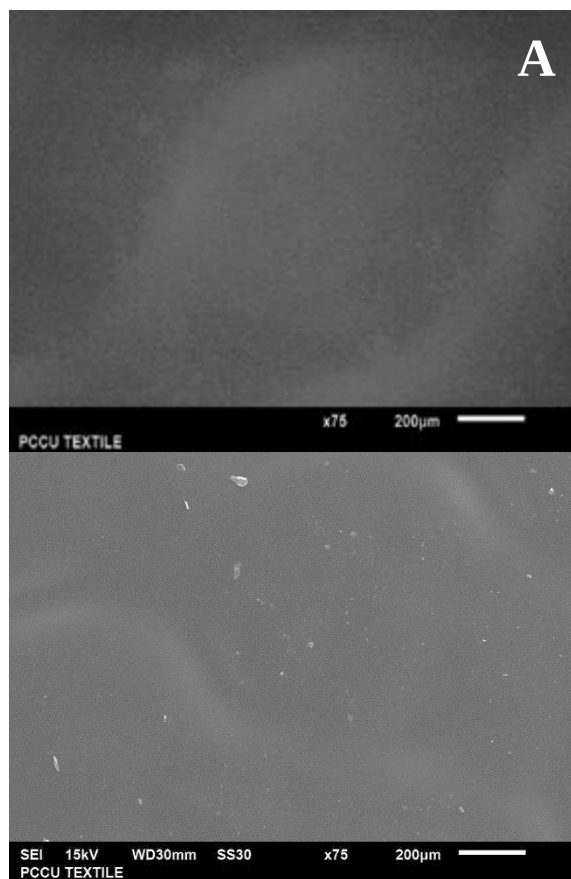


圖 19 第四層夾縫高度(A)100μm(B) 150μm 之樹脂表面形態

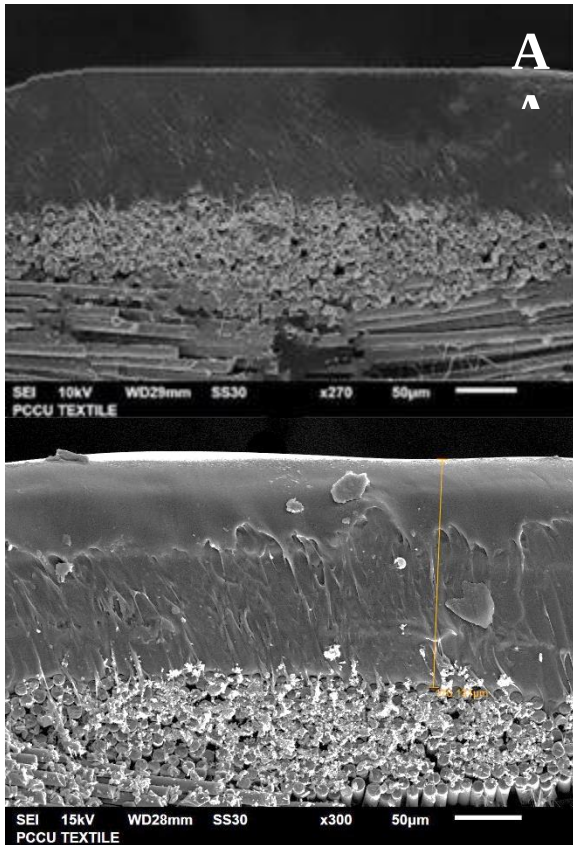


圖 20 第四層夾縫高度(A)100μm(B) 150μm 之樹脂緯浮點截面

色力度分析

表 4 不同顏色其噴印色與標準色之 Lab 值

		L*	a*	b*
背景色	噴印色	67.01	30.88	-2.51
	標準色	68.09	31.78	-1.18
橘花	噴印色	61.02	41.52	52.75
	標準色	62.50	41.94	57.42
黃花	噴印色	76.91	1.70	82.74
	標準色	81.09	0.38	77.51

表 5 不同顏色其噴印色與標準色之色差

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
背景色	-1.08	-0.90	-1.34
橘花	-1.49	-0.43	-4.27
黃花	-3.45	-1.32	-5.21

表 4、5 分別為不同顏色其噴印色與標準色之 Lab 值和色差值。從表中可得知黃色的明度差最大，背景

色則最小，這是因為透光率越高其遮色效果越差，而黃花噴印在透光率較低的橘花上，因此使得明度差變小。

立體度分析

表 6 背景色與第一層樹脂之 Lab 值

	L*	a*	b*
第一層樹脂	65.56	-0.67	1.24
背景色	57.33	49.22	-2.79
二次塗佈	58.72	40.64	-1.57
三次塗佈	62.73	33.22	-2.79
四次塗佈	64.66	27.92	9.38

表 6 分別為第一、二、三層噴印與第一層樹脂之 Lab 值。從表 6 中可以發現，首先由背景色來觀察，因塗佈樹脂增加厚度，故明度下降；二次塗佈為粉紅色條紋，故 a 值上升明顯；三次塗佈為橘色花朵，其明度漸漸增高，a 值降低；四次塗佈為黃色花朵，故 b 值上升明顯，隨著樹脂的加層，其明度值有上升趨勢，並與第一層樹脂之明度逐漸相近，由於明度值愈相近，當兩色色差愈相近時其色彩調和度愈高，這解釋出隨著樹脂的加層，其背景色越模糊。

表 7 第二、三層噴印與第一層樹脂之 Lab 值

	L*	a*	b*
第一層樹脂	65.56	-0.67	1.24
背景色	57.33	49.22	-2.79
橘花	31.79	10.86	35.84
橘花(一次塗佈)	33.89	11.16	37.02
黃花	39.68	4.66	22.95
黃花(一次塗佈)	41.02	5.53	23.69

從表 7 中可以發現，花朵的明度上升，將平面圖形，最亮到最暗部分，作成明度漸層，由低景深至高景深產生立體感覺。

結論

- (1) 玻璃纖維梭織布以 PTFE 70g/min 二段式噴塗，240℃成形擁有本研究最佳之疏水與界面附著

性質，接觸角可達 124° 且可持續 10min 仍無變化。相較於 30g/min 之樣本初始接觸角提升 50.06%，10sec 即完全濕潤及 50g/min 之樣本初始接觸角上升 6.05%，31sec 即完全濕潤，更具自潔性。此款 PTFE 懸浮樹脂所具有之接觸角約為 120° 。

- (2) 噴塗於玻璃纖維布面之 PTFE 多寡會影響後續加工，有壓吸之 PTFE 薄膜厚度約平均增加 $0.078\mu\text{m}$ 故於條件之選擇使用 70g/min 二段式噴塗壓吸加工， 240°C 成形之 PTFE / 玻璃纖維梭織布，為最佳化之噴塗吐出量且具最佳疏水自潔性能。
- (3) 從 SEM 外觀分析可以得知，PVC 的表面形態中樹脂層之氣泡點少，塗層無明顯之剝落或缺陷，圖中的蜂窩狀為玻纖布的經緯交錯，塗佈表面分布均勻。因此在外觀分析可以得知第一層至第四層塗布刀狹縫高度分別設定為 $50\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 有最好的塗布效果。
- (4) 從色力度分析可以得知，明度越高其遮色效果越差，因此應將透光率較高的顏色噴印於底層，而不會影響其明度差及色差。
- (5) 從立體度分析可以得知，明度值愈相近，愈能產生模糊感，因而達到立體效果，本實驗成品雖有明度差，但相差值小，因此其立體效果些微。

謝誌

本研究於實驗期間承蒙南亞塑膠工業股份有限公司、台灣玻璃公司、3M 公司提供實驗材料，與中國文化大學忻鼎立先生與研究室成員的幫忙，感謝指導教授同學提供意見與方法，使我更能找出實驗中的問題，幫助我有效完成實驗。

參考文獻

1. 廖聆雯，結構布膜最新應用趨勢，紡織速報第十八卷，第十期，65-69(2010)
2. 陳岡宏 膜紡織品專題調查 經濟部技術處 ITIS 計畫，紡織綜合研究所，27(2006)
3. 忻鼎立、邢文灝、莊鈞旭，以氬氣電漿方式製做非均質抗反射結構之 PMMA/玻璃纖維布膜其性質探討，紡織綜合碩士研究期刊第二十二卷，第四期，17-33(2012)
4. 蘇琳、邢文灝，以多層塗佈印刷方式製作立體圖像廣告用布膜之研究，第三十屆纖維紡織科技研討會(2014)
5. 徐杰文、蘇淵源，浸沾塗佈操作參數對 PTFE 布膜影響之研究，國立臺北科技大學化學工程研究所，臺北
6. M.M. El-Molla, Synthesis of polyurethane acrylate oligomers as aqueous UV-curable binder for inks of ink jet in textile printing and pigment dyeing, *Dyes and Pigments*.74,No.2,371-379(2007)