

## 二段式浸漬合股索粘結力之研究

### Study of Two-stage Dipping Adhesion of Ply Cord

楊博丞<sup>1</sup>, 黃元駿<sup>2</sup>, 邢文灝<sup>1</sup>

P. C. Yang<sup>1</sup>, Y. J. Huang<sup>2</sup>, W. H. Hsing<sup>1</sup>

中國文化大學紡織工程學系<sup>1</sup>

三五紡織股份有限公司<sup>2</sup>

Department of Textile Engineering, Chinese Culture University<sup>1</sup>

San Wu Textile Company<sup>2</sup>

楊博丞 ryan\_yang23@yahoo.com.tw

### 摘要

將 3×3 高強力聚酯合股索經異氰酸化合物改質表面，使其與 RFL 藥劑具有良好的鍵結性質，並以工廠線上溫度第三及第六道溫度為 225°C 及 230°C 為依據，使其降低溫度，分別為 160°C 及 205°C、160°C、230°C，並配合固成份 22%、22.25%、22.5% 及施加荷重 1.0kg 及 1.5kg，觀察合股索物性變化。研究得知，將溫度下降，能夠提升其物性，但使 RFL 藥劑包覆纖維情況不完整，而改變固成份含量，能夠提升 RFL 藥劑包覆纖維之情況，因此可以利用提升固成份含量，將降低溫度造成包覆未完全之現象，予以改善，達到降低能源成本，並提升物理性質之條件。

**關鍵詞：**高強力聚酯、RFL 藥劑、異氰酸化合物

### Abstract

The 3×3 high strength polyester ply cord modified surface by the isocyanate compound, let RFL and that modified surface with great bonding properties. According to temperature of the third and sixth channel in line of factory temperature set of 225 and 230°C, and lowering the temperature, respectively, experiment A lowering third and sixth channel in line to 160 and 205°C, experiment B lowering third and keep sixth channel in line to 160 and 230°C, and with solid ingredient of 22.00, 22.25, 22.50% and load to 1.0 and 1.5 Kg, observed changes of physical properties of the ply cord. Research that, lowering the temperature can promote the physical properties, but the RFL agents coated fiber without complete. Change the solid ingredient can improve RFL agents coated situation, so you can use to increase quantity contained of VP-Latex to improve that reduce temperature to cause RFL agents coated not complete by the phenomenon. It can reduce energy cost and improve physical properties of ply cord.

**Keywords:** High Strength Polyester, RFL Agents, Isocyanate Compound

## 前言

三角皮帶及輸送帶在工業中橡膠複合材料製品上被廣泛的使用，如傳動皮帶、齒輪皮帶及等用途，由於使用上需要承受拉伸的作用，因此為了能夠補強橡膠的強力，最常見的方式是將橡膠層間添加天然或合成纖維織物之補強(Reinforced)材料，而纖維會因溫度上升結晶度會固態轉為橡膠態，結晶區重新排列，而產生收縮現象，當施加張力時則產生拉伸現象，為避免複合材料使用上過度收縮或拉伸，則和纖維的尺寸安定性有相關。早期由於棉紗具有大量的毛羽突出之粗糙表面以及優良的吸濕率，因而能與橡膠形成良好結合，故使用棉織物維補強材料，但隨著合成纖維工業的興起，以合纖製程之織物更具有優良的抗張性、尺寸安定性、耐震動、耐延伸及抗菌等優良特性，最初改用尼龍 66 取代棉織物，雖然使用上無界面的問題，但成本考量及材料本身受力後易延伸因素，因此經向改為成本較低之高強力聚酯纖維，隨後改使用聚酯/尼龍 66 交織物取代純尼龍 66。[1-3]近年來由於成本考量，更轉為使用高強力聚酯基布作為主要的補強材料。

高強力聚酯梭織物具有優良抗張性、尺寸安定性、耐震動性、耐延伸性及抗菌性等優良特性，故使用在輸送帶上表現相當優異。但聚酯纖維具有表面光滑及疏水結構等特性，使其與橡膠複合加工不易，所以應先針對聚酯纖維梭織物進行表面處理，以達良好的複合效果。在傳統上有：1. 添加 Denabond 助劑 2. 以減量加工並經鹼液噴霧冷卻處理 3. 添加異氰酸化合物 IL-6 黏結劑，對纖維表面作預處理，以達到良好的黏結強力。

本實驗使用異氰酸化合物，針對合股索表面進行改質，再經不同溫度及固成分處理，觀察其物理性質之影響，預期降低六道烘箱溫度，減少燃料消耗，並且減少間苯二酚使用含量，以達到節省成本之目的，提升產品利潤及降低環境污染。

## 理論

### 複合材料黏著原理

(1) 物理結合(吸附力) 物理吸引力以吸附力存在

於部分原子和分子間，物理吸附力通常作用於相接觸的表面上。

(2) 化學結合(吸附力)：是純化學鍵接合，即同種相互接合表面的原子和分子的接合。

(3) 機械夾緊：機械夾緊或機械接緊是藉由部分的凹凸(亦即表面粗糙性)或纖維結構，壓入或填入黏接材料來達成。

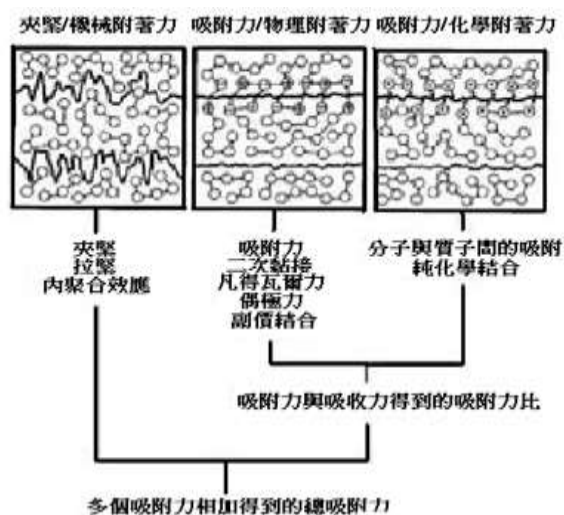


圖 1 黏結模型

### 藥劑聚合反應理論

RFL 為酚醛樹脂的一種，主要成分為間苯二酚甲醛(Formaldehyde)以及橡膠乳液乙烯基吡啶乳膠 (Vinyl Pyridine Latex, VP Latex)。初始間苯二酚會先與甲醛在鹼性的環境下起縮合聚合反應，形成線性的酚醛樹脂，而後再與後來在加入的 VP Latex 起反應形成 RFL 樹脂。RFL 藥劑是其本身的活性基團最主要是與聚酯兩端的 OH 基進行結合，而同時 RFL 藥劑也會跟橡膠進行結合。

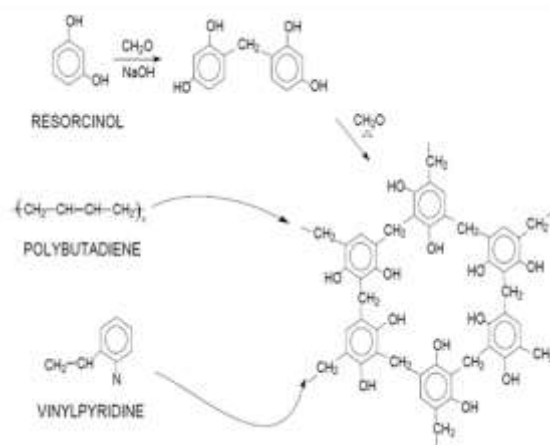


圖 2 RFL 藥劑合成機構

## 實驗

### 實驗材料

- (1) 高強力聚酯(1000d/192f 3x3)
- (2) 甲醛(Formaldehyde)(固成分 36%)
- (3) 間苯二酚(Resorcinol)(濃度 65.74%)
- (4) 氫氧化鈉(Sodium hydroxide)(試藥級 97%)
- (5) 橡膠乳液(VP-Latex)(固成分 40%)
- (6) 甲苯(Toluene)
- (7) 異氰酸 (Bis(4-isocyanatophenyl)methane)(油性,分子量 250.25,濃度 60%,沸點 156~158℃)
- (8) 氨水(Ammonia Water)(試藥級 28%)

### 實驗儀器

- (1) 電子天秤(日本 A & D 公司 FX-320 型)(可測定至小數點第 4 位)
- (2) 強力測試機(cometech QC-506A1,最大拉 1000kg )
- (3) 硬度測定儀
- (4) 厚度測量器,烘箱(Cherng Huei ST-60B)
- (5) 電動熱壓鑄料試驗機 (PT-3110-30T ,寶大國際儀器股份有限公司)



圖 3 硬度測定儀

### 實驗流程



### 實驗方法

- (1) 高強力聚酯合股索製樣長度 120cm，取中間 30cm 做記號。
- (2) 浸漬第一道異氰酸化合物藥劑 5 秒。
- (3) 將 1.0、1.5Kgf 荷重至於樣本上進行三段式烘箱中，分別定型烘乾，時間為 2 分鐘。
- (4) 浸漬第二道 RFL 藥劑 5 秒。
- (5) 將 1.0、1.5Kgf 荷重至於樣本上進行三段式烘箱中，分別定型烘乾，時間為 2 分鐘。
- (6) 硫化熱壓溫度 150℃壓力 65Kgf，進行 35 分鐘。
- (7) 合股索物理性質檢測
  - A. 取樣合股索 1.5 公分 5 組。
  - B. 固定於硬度分析儀，並掛放砝碼 50mg 於搖桿上。
  - C. 將合股索左右搖擺，撞擊硬度儀之搖桿，並觀察其數值。
  - D. 測試後之合股索，使用厚度儀，測其直徑。
  - E. 將數值及直徑帶入公式，求出硬度。  
公式如下:  

$$\frac{\text{振幅數值} \times \sum_{i=1}^n [\text{振臂長度} \times \text{荷重}(g)] \times [\text{樣本長度}(mm) - 12.7]^2 \times 3.444 \times 0.001}{1000 \times \text{樣本寬度}(mm)}$$
  - F. 並將彎折部分，以 SEM 觀察其狹縫情形。

## 結果與討論

### 合股索經不同張力及溫度之處理物理性分析

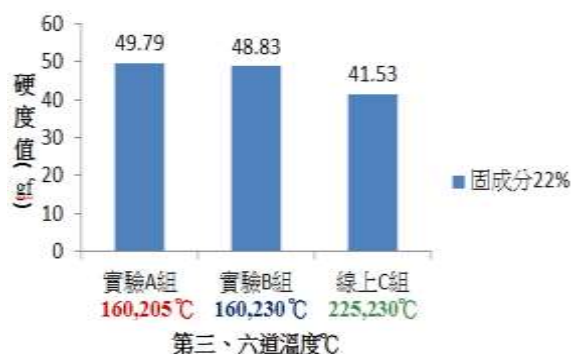


圖 4 合股索經荷重 1.0kg 之不同溫度之物理性比較圖



圖 5 合股索經荷重 1.5kg 之不同溫度之物理性比較圖

圖 4、5 分別為合股索經固成分 22%，施加荷重 1.0kg 及 1.5kg，並以不同溫度加工處理之比較圖，分別經過改變第三、六道溫度至 160°C 與 205°C、改變第三道溫度至 160°C 及工廠線上溫度 225°C 與 230°C 作為比較，由圖 2 分析得知，在經荷重 1.0kg 加工條件下，降低第三道溫度及第三、六道溫度，對合股索之物理性質有提升的效果，分別由工廠線上溫度與降低第三道溫度之 41.53gf 升至 48.83gf，在與改變第三、六溫度比較，則達到 49.79gf 之物理性質。由圖 4 分析，在工廠線上溫度之物理性質為 88.79kg，明顯高於改變第三及第三、六道溫度後之物理性 51.55gf 及 54.14gf 高出甚多，由此分析，在經過荷重 1.5kg 下，線上溫度高溫處理時，使纖維經過再結晶化，強化了其物理性質。

### 合股索經不同 RFL 固成份含量處理之物性分析

#### 1. 合股索經不同溫度處理之物性比較

圖 6 為合股索經過荷重 1.5kg，並以不同溫度及 RFL 固成分加工處理之物性分析比較，分別為 160、205°C 及 160、230°C 及 225、230°C 三組溫度和固成分 22、22.25 及 22.5%，由圖分析得知，固成分於 22 至 22.25% 及 22.25 至 22.5%，在三組不同溫度處理條件下，物性分別提升了 3.5% 及 23.5%、4.9% 及 6.5%、8.2% 及 13.9%，由此可證明，在固定溫度下，改變 RFL 藥劑固成，其物性隨著固成分含量增加而提升。

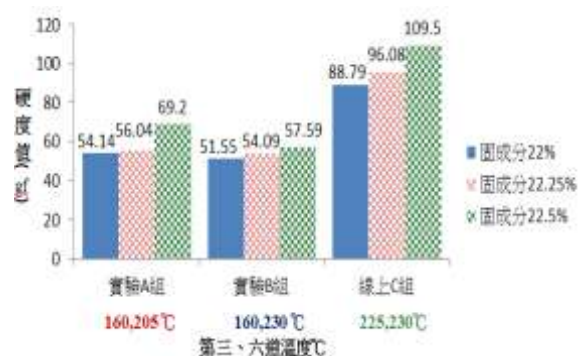


圖 6 合股索經不同溫度及固成分加工處理之物性比較圖

#### 2. 合股索經不同溫度處理之黏結力分析

在 3x3 合股索在產業標準中，黏結強力須達 15kgf 以上。由表 1 得知，分別經過改變實驗 A 組之第三、六道溫度至 160°C 與 205°C、實驗 B 組之改變第三道溫度至 160°C 以及線上 C 組之工廠線上溫度 225°C 與 230°C 作為比較，由三組溫度設定黏結力分別為 22.3、22.2、23.1kgf，而改變其固成份皆達黏結力 20kgf 以上，改變固成份含量 22%、22.25%、22.5% 黏結力分別為 23.1、24.7、26.4kgf，隨含量增加而提升，因此得知，溫度對合股索之黏結力影響甚小；改變固成份含量，對黏結力有明顯上升之現象。

表 1 改變溫度及固成份之黏結力表

| 溫度     | 實驗 A 組     | 實驗 B 組     | 線上 C 組     |
|--------|------------|------------|------------|
| 固成份    | 160, 205°C | 160, 230°C | 225, 230°C |
| 22.00% | 22.3kgf    | 22.2kgf    | 23.1kgf    |
| 22.25% | 24.1kgf    | 23.9kgf    | 24.7kgf    |
| 22.50% | 26.8kgf    | 25.7kgf    | 26.4kgf    |

### 合股索之 SEM 外觀分析

#### 1. 合股索經固定溫度及固成份 22%，並以不同荷重之外觀分析

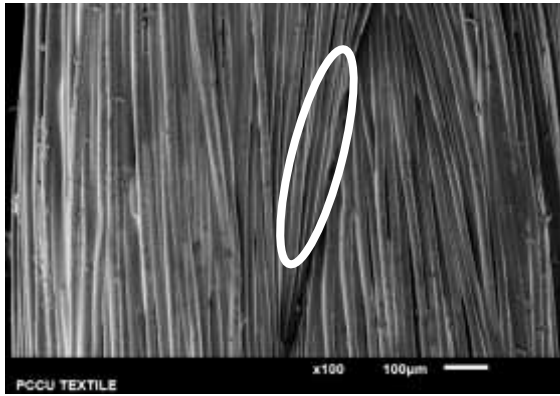


圖 7 合股索經荷重 1.0kg，改變第三、六道溫度 160℃及 205℃處理之纖維外觀分析圖

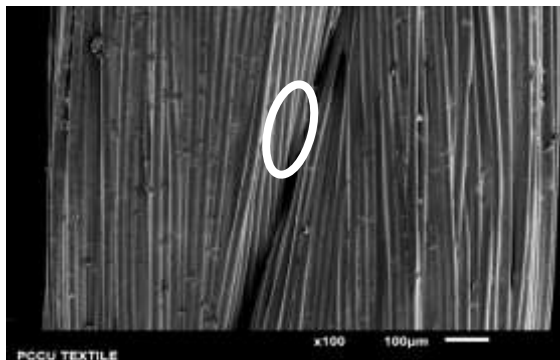


圖 8 合股索經荷重 1.5kg，改變第三、六道溫度 160℃及 205℃處理之纖維外觀分析圖

圖 7、8 為經過第三、六道溫度 160℃及 205℃之加工處理，並施加 1.0 及 1.5kg 張力之外觀分析比較圖，由圖得知，在纖維外觀包覆性質上，皆完整包覆。合股索撚合縫處 RFL 藥劑之包覆性質，由經荷重 1.0kg 及 1.5kg 外觀標記處比較可得知，荷重 1.0kg 及 1.5kg，其撚合黏結長度分別為 387.2 及 101.0 微米，因 1.5kg 之荷重在加工過程中，造成合股索拉伸，使其撚合處之 RFL 藥劑包覆性較荷重 1.0kg 差。

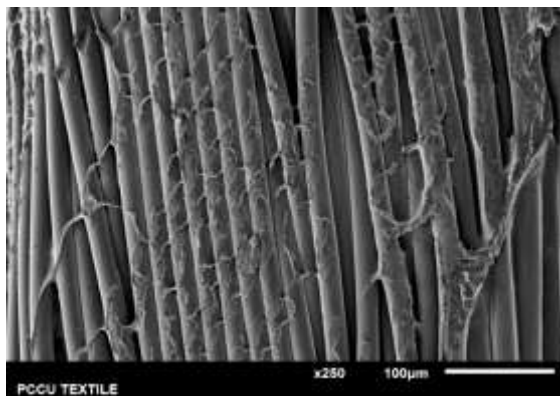


圖 9 合股索經荷重 1.0kg 處理之纖維內部 SEM 圖

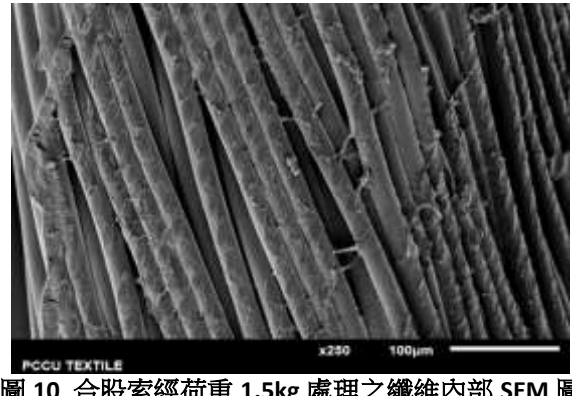


圖 10 合股索經荷重 1.5kg 處理之纖維內部 SEM 圖

圖 9、10 為經過第三、六道溫度 160℃及 205℃之加工處理，並施加 1.0 及 1.5kg 張力之合股索退撚內部包覆性質分析圖，由圖分析得知，經荷重 1.0kg 及 1.5kg 對合股索內部表面皆有 RFL 藥劑沾附百分之七十及百分之七十二，因此由圖之沾附情形推測，荷重與沾附效果影響甚小。

## 2. 合股索經固定荷重及固成份 22%，並以不同溫度之外觀分析

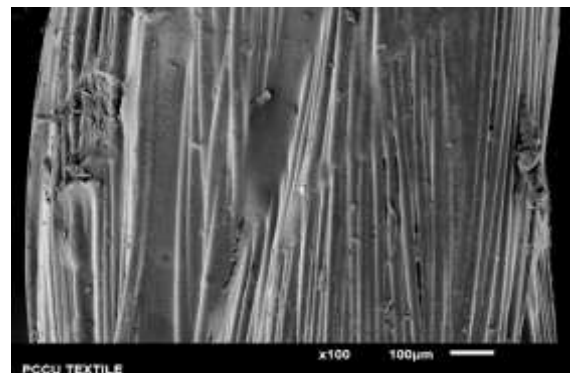


圖 11 合股索經荷重 1.5kg 及固成份 22%，改變第三道溫度 160℃及 230℃處理之纖維外觀分析圖

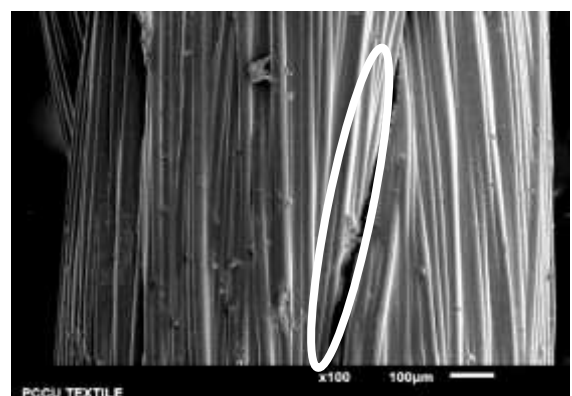


圖 12 合股索經荷重 1.5kg 及固成份 22%，工廠線上溫度 225℃及 230℃處理之纖維外觀分析圖

圖 8、11、12 分別為經荷重 1.5kg，並以改變第三、六道溫度、改變第三道溫度及工廠線上溫度

三種加工條件之纖維外觀包覆 SEM 圖，由圖 11 可知，在改變第三道加工處理溫度，其包覆性質完整，也無裂縫存在，由此分析，第六道溫度設定在 230℃ 使 RFL 藥劑與經異氰酸化合物表面處理過之合股索，有較好的末端封閉基團逐步起始反應，反之，推測圖 8 在改變第三、六道溫度之包覆，因溫度下降至 160℃ 及 205℃，會使 RFL 藥劑與經異氰酸化合物表面處理過之合股索反應不完全，因此未達完整包覆效果。由圖 12 包覆性質觀察分析，因第三、六道溫度分別為 225℃ 及 230℃，包覆亦完整，但由於施加荷 1.5kg，並在連續高溫加工過程，使合股索延伸量較改變第三道之加工處理更為明顯，因此造成裂縫長度 912.2 微米，如圖 12 標記撚合處之裂痕。

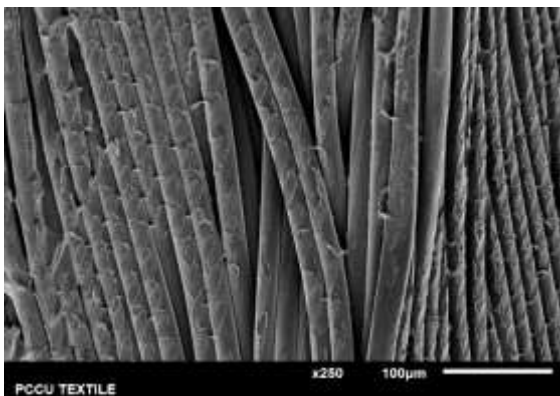


圖 13 合股索經荷重 1.5kg 及固成份 22%，改變第三道溫度 160℃ 及 230℃ 處理之纖維內部 SEM 圖

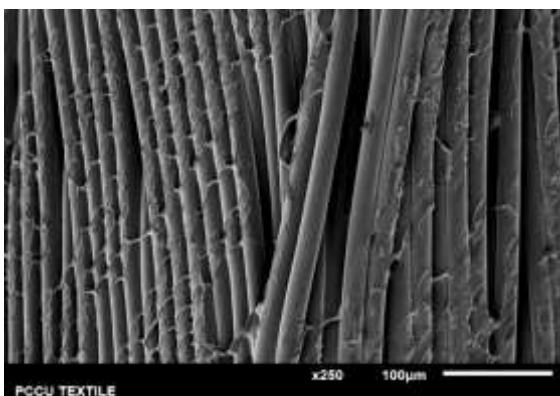


圖 14 合股索經荷重 1.5kg 及固成份 22%，工廠線上溫度 225℃ 及 230℃ 處理之纖維內部 SEM 圖

由圖 8、11、12 觀察得知，在經過不同溫度處理，對合股索外觀包覆性質，加工溫度越高，其 RFL 藥劑與異氰酸化合物處理後之表面，包覆性質越好，但由圖 10、13、14 之纖維內部圖為由浸漬藥劑後之合股索，經過退撚進行分析，其溫度對其藥劑沾附，分別為百分之七十二、百分之七十一及

百分之七十，因此判斷其沾附性於表面效果並未明顯差異。

### 3. 合股索經固定荷重及溫度，並以不同固成份之外觀分析

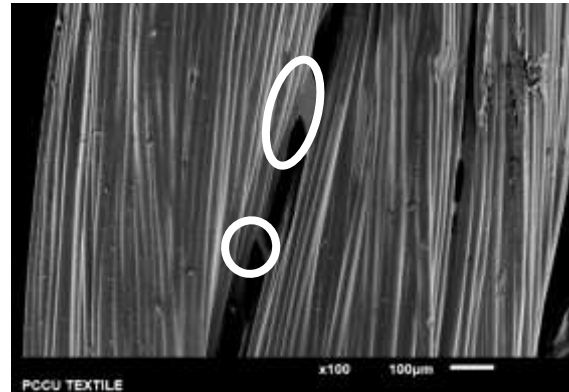


圖 15 合股索經固成份 22.25% 之纖維外觀分析圖

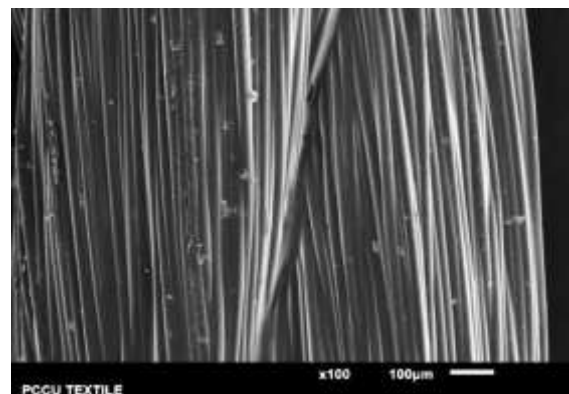


圖 16 合股索經固成份 22.5% 之纖維外觀分析圖

由圖 8、15、16 固成份分別為 22%、22.25%、22.5%，並施加 1.5kg 荷重，於改變第三、六道至 160℃ 及 205℃ 之纖維外觀 SEM 分析，由圖可得知，固成份增加，其撚合處包覆性亦會提升，因此可利用增加固成份之方法，克服降低溫度造成包覆不完全之缺點，達到包覆性及物性皆良好之特性。

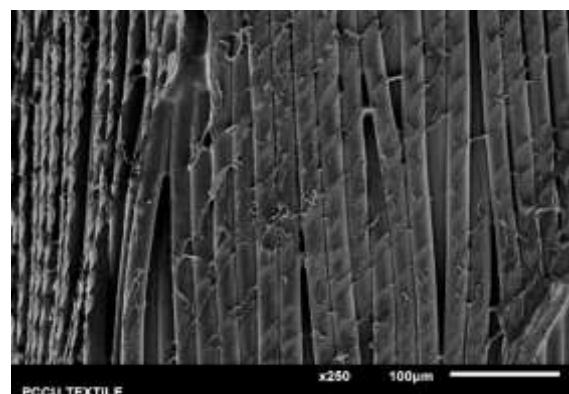


圖 17 合股索經固成份 22.25% 之纖維內部 SEM 圖

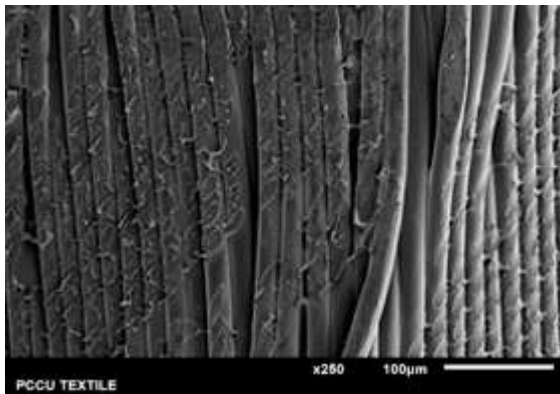


圖 18 合股索經固成份 22.5%之纖維內部 SEM 圖

由圖 10、17、18 纖維內部 SEM 圖觀察得知，固成份增加，其纖維內部之沾附效果越密集，分別為百分之七十二、百分之八十及百分之八十八，由此推測固成份增加，於纖維內部反應的效果也越好，因此，增加固成份含量可以達到提升物性的效果，使其合股間具有良好的抱合性質，使其在彎折時，不易造成退撚的現象。

#### 合股索經彎折之外觀 SEM 圖

##### 1.合股索經固定溫度及固成份 22%，並以不同荷重之彎折外觀分析

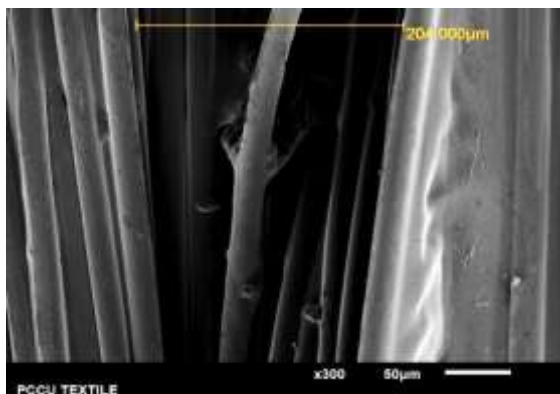


圖 19 合股索經荷重 1.0kg 及固成分 22%，改變第三、六道溫度 160℃ 及 205℃ 處理之纖維外觀分析圖

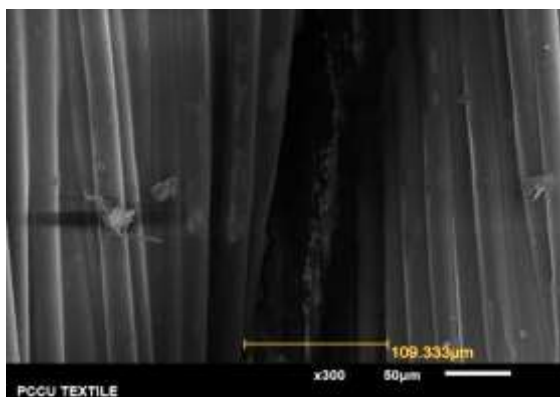


圖 20 合股索經荷重 1.5kg 及固成分 22%，改變第三、六道溫度 160℃ 及 205℃ 處理之纖維外觀分析圖

圖 19、20 為彎折實驗，合股索經固定固成分 22%，並改變第三、六道溫度 160℃ 及 205℃，分別以施加荷重 1.0kg 及 1.5kg 之撚合處外觀分析，由圖可得知，在施加荷重 1.0kg 及 1.5kg 之合股索經彎折之合股撚合處破壞之距離分別為 204.0 及 109.3 微米，由此判斷，因施加張力 1.5kg 於加工過程，受較大之拉伸，使纖維結晶度相較施加張力 1.0kg 之合股索佳，因此經彎折測試時，夾縫距離較大。

##### 2.合股索經固定荷重及固成份 22%，並以不同溫度之外觀彎折分析

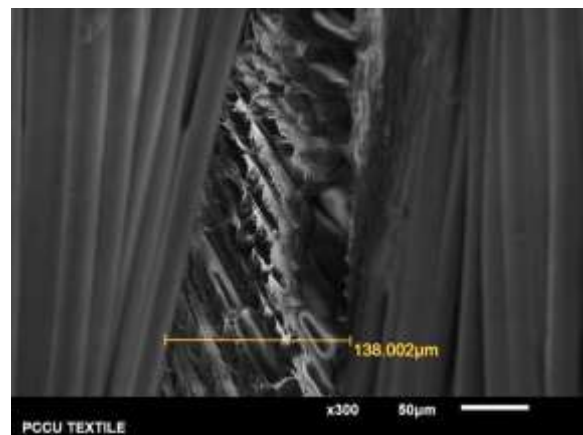


圖 21 合股索經荷重 1.5kg，改變第三道溫度 160℃ 及 230℃ 處理之纖維外觀分析圖

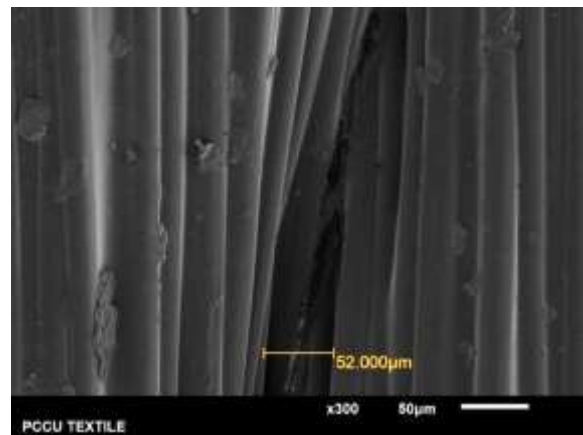


圖 22 合股索經荷重 1.5kg，工廠線上道溫度 225℃ 及 230℃ 處理之纖維外觀分析圖

圖 20、21、22 分別為經彎折實驗，施加荷重 1.5kg，並以改變第三、六道溫度、改變第三道溫度及工廠線上溫度三種加工條件之纖維撚合外觀包覆 SEM 圖，由圖 22 經過彎折被壞之狹縫距離 52.0 微米最為優良，前述因第三、六道溫度分別為 225℃ 及 230℃，經過連續高溫處理，其包覆亦完

整，並施加荷重 1.5kg，使其結晶度提高，因此於彎折破壞造成之狹縫較小，其次為圖 20 改變第三、六道溫度 160℃及 205℃，狹縫距離 109.3 微米，相較於改變第三道溫度 160℃及 230℃，狹縫距離 138.0 微米小，由此推測，降溫第三及六道 160℃及 205℃處理，相對於改變第三到溫度 160℃及 230℃之第六道溫度，由於第六道溫度設定，溫度至 230℃，破壞高強力聚酯之結晶度，因此強力相較降低第六道溫度至 205℃佳。

### 3.合股索經固定荷重及溫度，並以不同固成份之外觀彎折分析

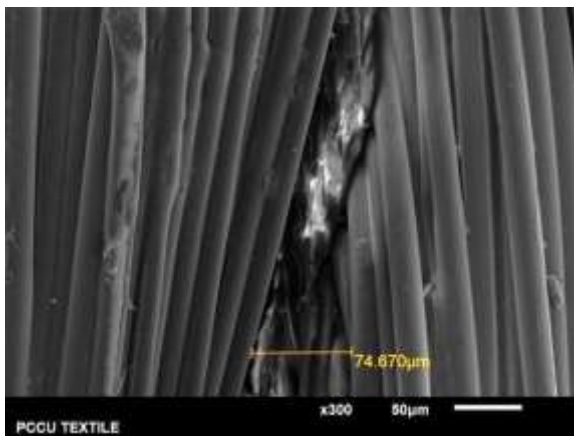


圖 23 合股索經固成份 22.25%，再經荷重 1.5kg，及第三、六道溫度 160℃及 205℃處理之纖維外觀分析圖

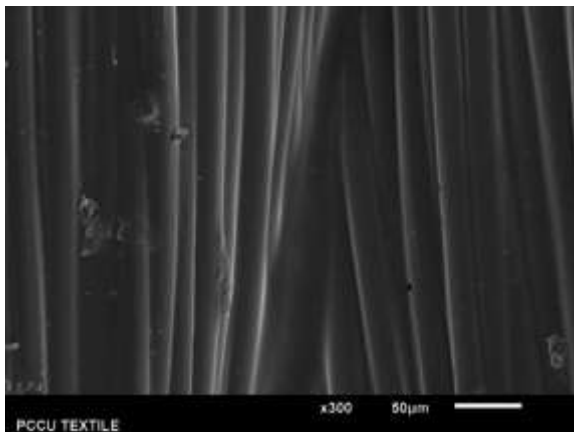


圖 24 合股索經固成份 22.5%，再經固定荷重 1.5kg，及第三、六道溫度 160℃及 205℃處理之纖維外觀分析圖

圖 20、23、24 為經固定荷重 1.5kg 及第三、六道溫度 160℃及 205℃處理，再分別經固成份 22%、22.25%、22.5%之彎折實驗後外觀分析圖，由圖分析，其狹縫距離分別為 109.3、74.7、0.0 微米，由此得知，固成份含量越高，其包覆性質越好，

經過彎折實驗破壞造成之狹縫距離也越小，因此能夠增加合股索之物理性質。

## 結論

1. 合股索經改變溫度，分別為 A 組(160,205℃)、B 組(160,230℃)及 C 組(225,230℃)溫度設定，再施加荷重 1.0kg 及 1.5kg 於固成份 22.00%，其物性分別為 49.79、48.83、41.53gf 及 54.14、51.55、88.79gf，由數據得知，降溫處理，能夠提升合股索物性。
2. 合股索經 A 組(160,205℃)、B 組(160,230℃)及 C 組(225,230℃)溫度及改變固成份 22.00%、22.25%及 22.50%加工處理，其物性分別提升了 3.5%及 23.5%、4.9%及 6.5%、8.2%及 13.9%，由此可證明，在固定溫度下，改變 RFL 藥劑固成，其物性隨著固成分含量增加而提升。
3. 合股索經固定固成份及溫度，並經荷重 1.0kg 及 1.5kg 處理條件下，因 1.5kg 之荷重在加工過程中，造成合股索拉伸，使其撚合處之 RFL 藥劑包覆性較荷重 1.0kg 差，而纖維內部之沾附情況分別為 70%及 72%，影響甚小，其狹縫距離分別為 204.0、109.3 微米，因此經彎折實驗，荷重與狹縫距離成反比。
4. 合股索經固定固成份及張力，經 A 組(160,205℃)、B 組(160,230℃)及 C 組(225,230℃)溫度，由 B 組及 C 組溫度包覆效果較好，第六道溫度設定在 230℃使 RFL 藥劑具有較好的末端封閉基團逐步起始反應，而對纖維內部沾附分別為 71%及 70%影響亦甚小，其狹縫距離，分別為 109.3、138.0、52.0 微米。
5. 合股索經固定溫度及張力，經固成分 22.00%、22.25%及 22.50%加工處理條件下，其纖維外觀及內部，皆與 RFL 藥劑固成份愈高，包覆性質越好，其內部沾附分別為 80%及 88%，其狹縫距離分別為 109.3、74.7、0.0 微米，因此經彎折實驗破壞造成之狹縫距離亦越小。

## 參考文獻

1. 邢雅棠，RFL 浸漬加工道數及添加助劑對 PET/Nylon 輸送帶基布與橡膠結合性之研究，華岡紡織期刊，第六卷，第一期，80-87(1998)
2. 楊志雄，聚酯合股線在熱處理中張力變化之探討，華岡紡織期刊，第九卷，第四期，406-412 (2000)
3. 凌敬恆，RFL 浸漬不同撚係數合股線物性之研究，華岡紡織期刊，第七卷，第四期，395-406 (2000)
4. 胡順隆，RFL 浸漬不同係數 PBO/PET 與 Kevlar/PET 輸送帶合股線之物性研究，華岡紡織期刊，第八卷，第二期，144-153 (2001)
5. 王以魁，經遠紅外線預熱處理之聚酯／尼龍基布表面性質之研究，華岡紡織期刊，第十七卷，第三期，101-111 (2010)
6. 陳仕洋，不同預處理對兩段浸漬輸送帶之黏結強力影響，華岡紡織期刊，第十七卷，第三期，101-111 (2010)
7. Dirk Hegemann, Herwig Brunner, Christian Oehr, Plasma treatment of polymers for surface and adhesion improvement, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B,208,281-286(2003)