



# 碳纖維回收與再生

*Upcycle CFRP Wastes for a Greener Tomorrow*

## Thermolysis Co., Ltd.

安能聚綠能股份有限公司



使用獨家熱解技術，回收高品質碳纖維  
提供完整回收方案，實現循環經濟模式



## 關於安能聚綠能

安能聚綠能股份有限公司成立於2016年，總部位於台灣，是一家致力於持續創新的公司。我們專注於微波裂解技術的研發和設備創新，並擁有多項專利技術。專精於高溫熱處理系統的開發與整合，特別是應用於高階碳材料，包括目前最具挑戰性的碳纖維回收領域。

安能聚綠能採用獨家且先進的熱裂解技術與設備，經過多次測試和改良，成功回收「再生碳纖維絲」，並進一步加工成各類再生碳纖維原料產品及消費性產品。Thermolysis在台灣建立了廠房和完整的產線，能夠大規模處理各種類型的碳纖維廢棄物，並實現高品質的再生碳纖維大規模生產。

我們的目標是提供最具成本效益和環保意識的碳纖維回收解決方案，以消除碳纖維廢棄物，並成為全球領先的碳纖維回收者。





# 碳纖維循環再生製程



## ▶ 前處理

- ① 收受來自客戶端的碳纖維廢棄物
- ② 建立來料履歷
- ③ 進行分類
- ④ 前處理製程

## ▶ 熱裂解還原

- ① 熱裂解製程
- ② 產出「再生碳纖維」

## ▶ 再生加工

- ① 再生碳纖維表面改質
- ② 加工製成中間產品：紙、無紡布、塑膠粒

## ▶ 成品量產

- ① 製作終端產品並進行銷售

## ▶ 可處理廢料種類



边角廢料



固化廢料



CFRP廢料

## ▶ 經安能聚綠能處理後的再生碳纖維 (Recycled Carbon Fiber)





- ◆ 樹脂表面去除率達九成以上，同時碳纖維表面保持完好無損。
- ◆ 100%還原自碳纖維廢料，是環保的回收材料。
- ◆ 進行回收處理的廢料通過UL2809再生料含量驗證，具清楚可追溯的來源履歷。
- ◆ 回收與再生製程獲得ISO14067產品碳足跡標準認證，確認再生料的碳排放僅為新料的五分之一。
- ◆ 推出多款表面改質再生碳纖維產品，可以滿足不同客戶的應用需求。

## ▶ 產品規格

| 項目   | 單位    | RCF                | RCF-PT <sup>#1</sup> | RCF-CM <sup>#2</sup> |
|------|-------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 來源等級 | -     | 混合等級               |                      |                      |
| 纖維長度 | mm    | 客製化                | 6-10 mm              | 6-10 mm              |
| 長度公差 | %     | ± 20               |                      |                      |
| 外觀顏色 | -     | 黑色                 |                      |                      |
| 濕度   | Wt. % | < 3                |                      |                      |
| 容積密度 | -     | 0.08-0.1           |                      |                      |
| 纖維純度 | %     | ≥ 99               |                      |                      |
| 上漿   | Wt. % | -                  | 2±1                  | -                    |
| 上漿類型 | -     | -                  | PC、TPU、PP            | 表面改性                 |
| 應用說明 | -     | 針刺無紡布，濕法無紡布，BMC工藝等 | TP塑膠粒混煉製程            | 作為水泥增強材料             |

#1. PT代表適用於RCF混合製成塑膠粒。

#2. CM代表適用於RCF混合製成混凝土水泥。

※ 產品數據為本公司分析數據，可供參考，精準數值以生產設備及製程為主。



## 再生碳纖維 (Recycled Carbon Fiber)

### 適用加工技術

#### 品項：RCF

- ▶ 適用於針扎無紡布製程 (Needle-punch nonwoven)
- ▶ 適用於溼式無紡布製程 (Wet-laid nonwoven)

#### 品項：RCF-PT

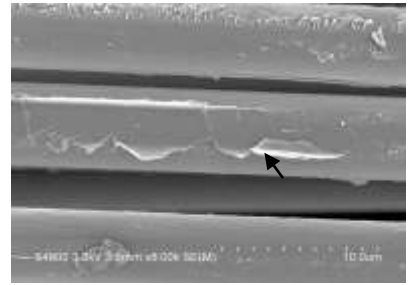
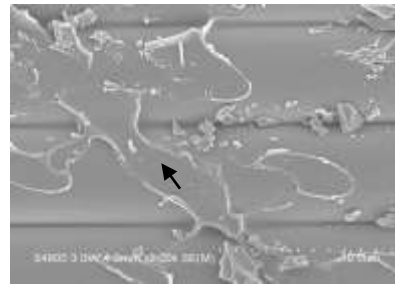
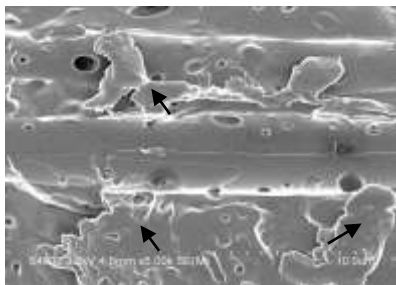
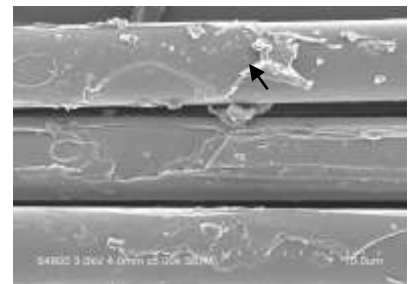
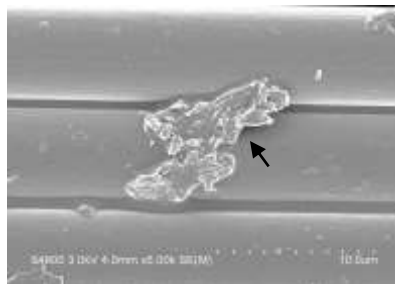
- ▶ 適用於塑膠粒混煉製程 (Compounding for pellet)

#### 品項：RCF-CM

- ▶ 適用於製作水泥增強材料 (Cement reinforced material)

### 高品質再生碳纖維，表面潔淨無損傷

#### ◆ 電子顯微鏡(SEM)下的再生碳纖維表面分析比較



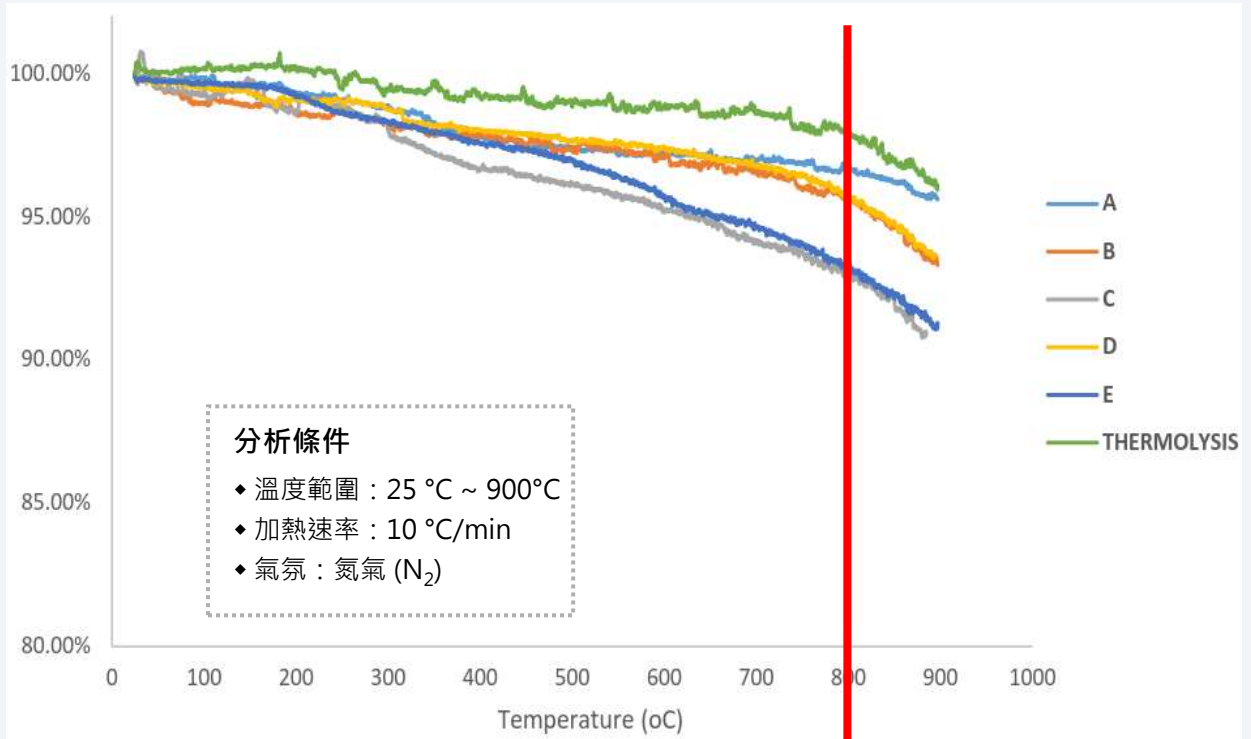
//

與市場競品相比，THERMOLYSIS的再生碳纖維表面更清潔且無雜質

//



## 再生碳纖維 TGA 分析 (與競爭者比較)



“

- ◆ T<sub>d3%</sub> 數值越高，表示樣品的雜質含量較低，檢測結果代表Thermolysis的RCF在所有被檢測的產品中，**雜質最少、品質最佳**。
- ◆ Thermolysis的RCF在溫度升高到800°C時**具有穩定且最低的重量損失百分比**。

”

| 競品                 | T <sub>d3%</sub> |
|--------------------|------------------|
| <b>Thermolysis</b> | <b>809.57</b>    |
| A                  | 717.24           |
| B                  | 584.23           |
| C                  | 353.10           |
| D                  | 656.65           |
| E                  | 461.34           |

※ T<sub>d3%</sub>: 3% 重量損失時的溫度

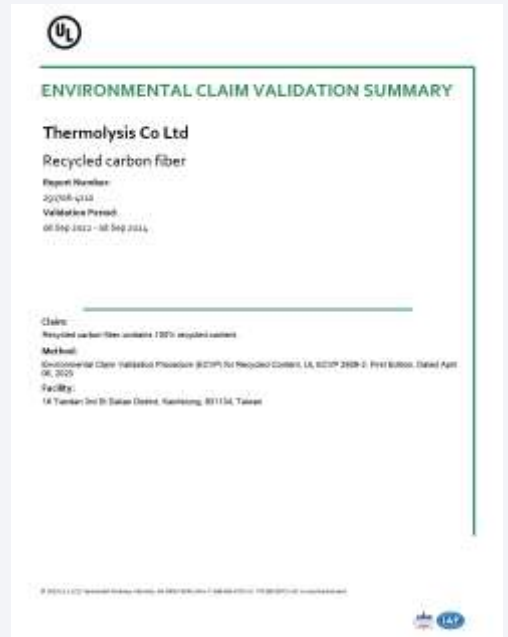


## 再生碳纖維 (Recycled Carbon Fiber)

### 取得UL 2809再生料含量驗證

由於過去未發展出成熟且具規模化的回收技術，回收料的來源一直不透明且難以追溯。此外，回收料的品質參差不齊，這些因素都降低了業界對使用再生材料的信心。

為了取得客戶的信賴，安能聚綠能委託第三方公正機構UL對廢料來源進行認證。我們於2022年首次獲得UL 2809回收料含量驗證，提供全程透明且可追溯的來料履歷，以證明安能聚綠能所處理的確實為再生料。



### 取得ISO14067碳足跡認證

為讓客戶了解採用再生料能大幅減少產品的碳排放，因此我們委託德國萊因TÜV對我們的再生碳纖維的製程進行ISO14067碳足跡認證。

我們於2023年取得認證資格，確認「再生碳纖維」碳排數值為每公斤5.047公斤的二氧化碳當量排放，相較於碳纖維新料的製造，Thermolysis提供的再生碳纖維，其碳排量僅為新料的五分之一。

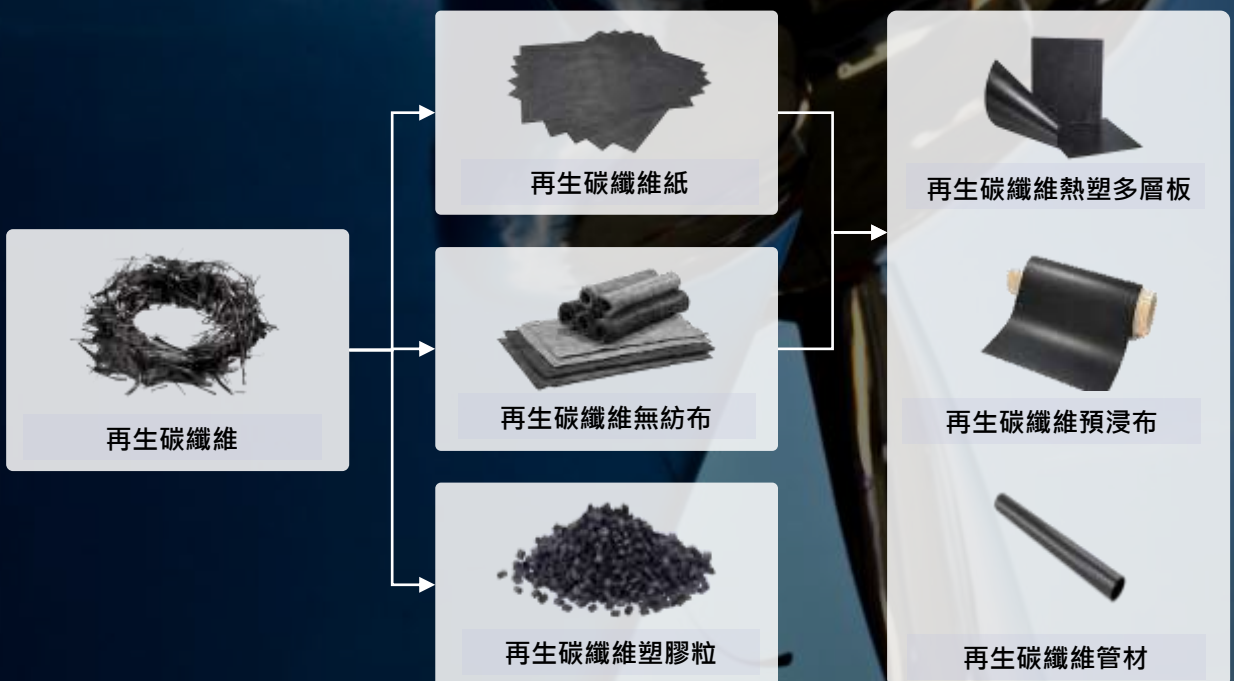


再生碳纖維系列\_原料產品

“

再生碳纖維作為一種全新的原材料，難以與現有的加工設備兼容，直接使用存在困難。Thermolysis通過表面改質和改造加工設備等方法，將再生碳纖維轉化為易於使用的產品形式，如**碳纖維紙**、**無紡布**和**塑膠粒**，讓再生材料能更順利地回到原有的產線進行加工。此外，還進一步擴展至中間產品，包括**再生碳纖維預浸布**、**再生碳纖維熱塑多層板**和**再生碳纖維管材**。

”







## 再生碳纖維紙 (Recycled Carbon Fiber Paper)



- ◆ 使用100% 再生碳纖維製作而成，是環境友善的再生材料。
- ◆ 經濕式製程將再生碳纖維均勻混合分散於黏合劑中後，沉積並經烘乾，形成再生碳纖維紙。
- ◆ 紙張表面平滑均勻，易於與各種熱固性及熱塑性樹脂結合，以再製成複合材料。
- ◆ 同樣具備碳纖維耐腐蝕、具導電性、透氣性和高機械強度等優異特性。
- ◆ 產品可量產的基重範圍為30~70g/m<sup>2</sup>，常規產品基重為30 g/m<sup>2</sup>和70g/m<sup>2</sup>。
- ◆ 提供客製化服務。

### ▶ 產品規格

| 項目         | 單位                | 數值      |       |
|------------|-------------------|---------|-------|
| 基重         | g/m <sup>2</sup>  | 30      | 70    |
| 厚度         | mm                | 0.180   | 0.370 |
| 密度         | g/cm <sup>3</sup> | 0.179   | 0.189 |
| 幅寬         | mm                | 1030±10 |       |
| 抗張強度 (0°)  | N/15mm            | 3.3     | 20.0  |
| 抗張強度 (90°) | N/15mm            | 1.0     | 4.0   |


※ 產品數據為本公司分析數據，可供參考，精準數值以生產設備及製程為主。

### ▶ 適用加工技術

- ◆ 手糊成型  
(Hand Lay-up)
- ◆ 樹脂轉注成型  
(Resin Transfer Molding, RTM)
- ◆ 熱成形  
(Thermo Molding)

## 再生碳纖維紙 (Recycled Carbon Fiber Paper)

### 產品應用

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|  <p>可與樹脂類含浸成為預浸布</p> |  <p>適用熱固或熱塑性樹脂加工成為複合材料</p> |  <p>產品輕量化材料的最佳選擇</p> |  <p>可作為產品結構上的補強材料</p> |
| 預浸布   | 熱固或熱塑製程   | 輕量化材料   | 補強材料   |

### 應用產品實例 (以下產品皆採用Thermolysis的再生碳纖維所製造而成)

|   |  |  |
|---|--|--|
|  <p>鍵盤支撐片</p> |  <p>管材</p>  |  <p>蛙鞋</p>               |
|  <p>露營桌</p>   |  <p>行李箱</p> |  <p>Paddle Tennis 球拍</p> |



## 再生碳纖維無紡布 (Recycled Carbon Fiber Nonwoven Fabric)



- ◆ 採用乾式無紡布製程，再生碳纖維經過針刺後，製成再生碳纖維無紡布。
- ◆ 使用的再生碳纖維長度介於6~10公分。
- ◆ 可量產100%純RCF的無紡布，亦可客製化混紡熱塑材料（如TPU, FRPC, PA6, PP, PPS, PET等）。
- ◆ 純RCF無紡布可量產的基重範圍為100~300g/m<sup>2</sup>，混紡產品基重範圍為100~500g/m<sup>2</sup>。
- ◆ 再生碳纖維無紡布具有優異的機械特性，相較於其他短纖維加工品更具競爭優勢。
- ◆ 可使用熱固及熱塑性樹脂與碳纖維無紡布一起含浸，製備成為預浸布。亦可再加工製作成為熱塑多層板及熱壓產品。

### ▶ 產品規格

| 項目      | 單位               | 純 RCF               | 混紡                                 |
|---------|------------------|---------------------|------------------------------------|
| 熱塑高分子種類 | -                | non                 | TPU, FRPC, PA6, PP, PPS, PET, etc. |
| 再生碳纖維比例 | %                | 100 %               | 10~90 %                            |
| 基重      | mm               | 20~60               | 20~60                              |
| 再生碳纖維長度 | g/m <sup>2</sup> | 100~300             | 100~500                            |
| 幅寬      | m                | 公規品幅寬：1M；客製品幅寬：1-2M |                                    |

※產品數據為本公司分析數據，可供參考，精準數值以生產設備及製程為主。

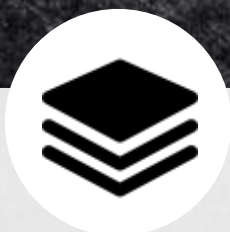
### ▶ 適用加工技術

- ◆ 手糊成型 (Hand Lay-up)
- ◆ 樹脂轉注成型 (Resin Transfer Molding, RTM)
- ◆ 熱成形 (Thermo Molding)



## 再生碳纖維無紡布 (Recycled Carbon Fiber Nonwoven Fabric)

### ▶ 產品應用



可與樹脂類含浸成為預浸布

預浸布



適用熱固或熱塑性樹脂加工成為複合材料

熱固或熱塑製程



產品輕量化材料的最佳選擇

輕量化材料



可作為產品結構上的補強材料

補強材料

### ▶ 應用產品實例 (以下產品皆採用Thermolysis的再生碳纖維所製造而成)



自行車擋泥板



電動自行車電池蓋



電動滑板車輪轂



運動鞋中底



安全鞋鞋頭



筆電外殼



## 再生碳纖維塑膠粒 (Recycled Carbon Fiber Pellets)



- ◆ 使用100% 再生碳纖維製作而成。
- ◆ 再生碳纖維塑膠粒混合了再生碳纖維和熱塑性樹脂，可用來增強材料的強度和剛度。
- ◆ 可根據客戶需求添加範圍為10%~30%的工程塑膠，如PA6、TPU、PP、PC。
- ◆ Thermolysis的再生碳纖維品質佳，仍具有高強度的物理特性，製成的塑膠粒也保持高強度、高剛性、耐磨耗、具導電性及輕量等優異性能。
- ◆ 顆粒狀材料形式便於注塑、擠出和壓縮成型等常見熱塑性加工方法。

### ▶ 產品規格

| 項目               | 單位  | 數值  |      |     |     |      |      |     |
|------------------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|
|                  |     | PA6 | TPU  | PP  | PC  |      |      |     |
| 熱塑高分子種類          | -   | PA6 | TPU  | PP  | PC  |      |      |     |
| 再生碳纖維比例          | %   | 10  | 20   | 20  | 20  | 30   | 20   | 30  |
| 抗張強度 (ASTM D638) | MPa | 132 | 177  | 68  | 78  | 109  | 132  | 145 |
| 彎曲強度 (ASTM D790) | MPa | 189 | 262  | 49  | 107 | 155  | 184  | 196 |
| 彎曲模數 (ASTM D790) | GPa | 6.0 | 10.1 | 1.6 | 7.3 | 10.6 | 12.2 | 14  |

※ 產品數據為本公司分析數據，可供參考，精準數值以生產設備及製程為主。

## 再生碳纖維塑膠粒 (Recycled Carbon Fiber Pellets)

### ▶ 產品應用



可應用於射出製程

射出製程



易於加工，可實現大量製造生產

大規模量產



產品輕量化材料的最佳選擇

輕量化材料



可實現電流傳導、靜電防護、電磁屏蔽等功能

導電材料

### ▶ 應用產品實例 (以下產品皆採用Thermolysis的再生碳纖維所製造而成)



自行車水壺架



自行車坐墊



自行車踏板



公路車鞋底



自行車擋泥板



鞋中底板



鞋墊



梳子



太陽眼鏡



## 再生碳纖維熱塑多層板 (Recycled Carbon Fiber Thermoplastic Laminate)

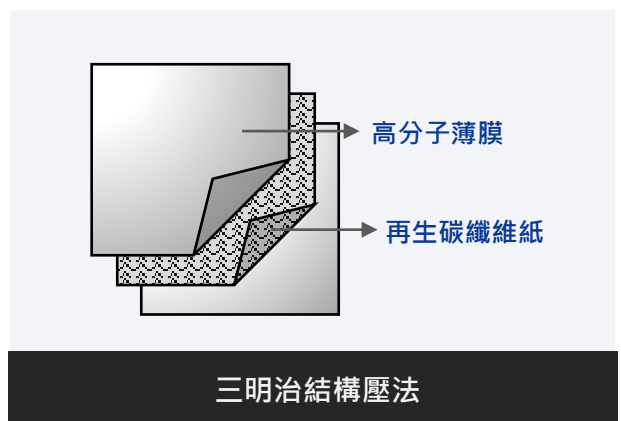
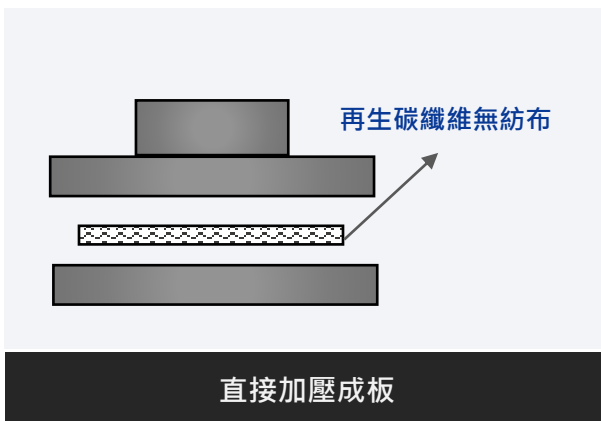


- ◆ 使用100% 再生碳纖維製作。
- ◆ 以再生碳纖維紙或無紡布再加工而成，可依據客戶的需求，添加TPU、PA、PC、PP等熱塑高分子材料，製作成不同的厚度、及不同樹脂碳纖比例、及強度方向的熱壓板。
- ◆ 具高強度、耐磨性和導電性等特點。
- ◆ 通過熱壓成型的方式進行生產，適合用於體積較大的零件和複雜工藝品的批量生產。
- ◆ 目前廣泛地應用於民生及工業領域包含汽車、電氣設備、及運動用品等產業。

### ▶ 適用加工技術

- ◆ 片狀模塑膠壓縮成型 (Sheet Molding Compound, SMC)

### ▶ 熱壓成型方式





## 再生碳纖維熱塑多層板 (Recycled Carbon Fiber Thermoplastic Laminate)

### ▶ 產品規格

| 再生碳纖維紙熱壓板 | 單位       | 數值                     |                         |
|-----------|----------|------------------------|-------------------------|
| 熱塑高分子種類   | -        | PC                     | TPU                     |
| 再生碳纖維比例   | %        | 34                     | 34                      |
| 疊層        | -        | PC : 8層<br>再生碳纖維紙 : 7層 | TPU : 9層<br>再生碳纖維紙 : 8層 |
| 厚度        | mm       | 1.0                    | 1.0                     |
| 彎曲強度      | MPa      | 283                    | 102                     |
| 彎曲模量      | GPa      | 19.7                   | 10.7                    |
| 電阻        | $\Omega$ | $10^3$                 |                         |
| 最大尺寸      | m        | 1m*1m                  |                         |

| 再生碳纖維無紡布熱壓板 | 單位               | 數值            |      |      |      |
|-------------|------------------|---------------|------|------|------|
| 熱塑高分子種類     | -                | FRPC          | TPU  | PA6  | PP   |
| 基重          | g/m <sup>2</sup> | 350           |      |      |      |
| 再生碳纖維比例     | %                | 40            |      |      |      |
| 疊層          | -                | 再生碳纖維無紡布 : 4層 |      |      |      |
| 厚度          | mm               | 1.0           |      |      |      |
| 0° 抗張強度     | MPa              | 189           | 280  | 290  | 223  |
| 90° 抗張強度    | MPa              | 235           | 361  | 358  | 237  |
| 0° 彎曲模量     | GPa              | 13.7          | 14.4 | 13.8 | 13.9 |
| 90° 彎曲模量    | GPa              | 16.2          | 22.4 | 19.1 | 14.0 |
| 電阻          | $\Omega$         | $10^3$        |      |      |      |
| 最大尺寸        | m                | 1m*1m         |      |      |      |

※ 產品數據為本公司分析數據，可供參考，精準數值以生產設備及製程為主。





## 再生碳纖維預浸布(Recycled Carbon Fiber Prepreg)



- ◆ 使用100% 再生碳纖維製作。
- ◆ 再生碳纖維預浸布以熱固性環氧樹脂作為基體，並與再生碳纖維紙或無紡布一同浸漬製備而成。
- ◆ 產品固化溫度介於130°C~150°C，是專為高性能結構應用而設計的材料。
- ◆ 有兩種樹脂可供選擇，包括 M 型（一般）和 K 型（快速固化）。
- ◆ 適用於汽車、運動器材、電子產品、醫療設施和工業製造中應用，以製造輕量化、高強度的結構部件。

### ▶ 適用加工技術

- ◆ 片狀模塑膠壓縮成型 (Sheet Molding Compound, SMC)
- ◆ 壓力釜成型 (Autoclave Molding)
- ◆ 捲繞成型 (Winding)

### ▶ 加工條件

| 成型溫度 (°C) | 成型時間 (min) |            |
|-----------|------------|------------|
|           | M 型 (一般)   | K 型 (快速固化) |
| 130       | 60         | 15         |
| 140       | 45         | 12         |
| 150       | 30         | 9          |



## 再生碳纖維預浸布(Recycled Carbon Fiber Prepreg)

### ▶ 產品規格

| 產品              | 項目       | 單位  | 數值   | 說明  |
|-----------------|----------|-----|------|---|
| 再生碳纖維紙<br>預浸布   | 0° 抗張強度  | MPa | 228  | 1. Matrix : RCF paper<br>2. M Type Resin<br>3. FAW = 70 g/m <sup>2</sup><br>4. RC = 65%<br>5. Width = 1000 mm     |
|                 | 0° 彎曲強度  | MPa | 382  |   |
|                 | 0° 彎曲模量  | GPa | 21.4 |   |
|                 | 90° 抗張強度 | MPa | 140  |   |
|                 | 90° 彎曲強度 | MPa | 246  |   |
|                 | 90° 彎曲模量 | GPa | 15.1 |   |
| 產品              | 項目       | 單位  | 數值   | 說明  |
| 再生碳纖維無紡布<br>預浸布 | 0° 抗張強度  | MPa | 185  | 1. Matrix : RCF nonwoven<br>2. M Type Resin<br>3. FAW = 100 g/m <sup>2</sup><br>4. RC = 70%<br>5. Width = 1000 mm |
|                 | 0° 彎曲強度  | MPa | 293  |   |
|                 | 0° 彎曲模量  | GPa | 16   |   |
|                 | 90° 抗張強度 | MPa | 258  |   |
|                 | 90° 彎曲強度 | MPa | 412  |   |
|                 | 90° 彎曲模量 | GPa | 23   |   |

※ 產品數據為本公司分析數據，可供參考，精準數值以生產設備及製程為主。

“

Thermolysis以「RCF」為品牌名稱，打造了一個具有全面責任的綠色品牌。該品牌的系列產品使用Thermolysis回收處理的再生碳纖維為材料，精心設計並製造出高品質的運動休閒產品和日常用品。Thermolysis不僅以再生碳纖維創造新產品，還承諾對自家產品負責，未來將全面回收所有生產的產品，確保不對環境造成污染，並持續推動碳纖維的循環利用。

”



自行車水壺架



自行車椅墊



自行車踏板



公路車鞋底



梳子



太陽眼鏡



蛙鞋



Paddle Tennis 球拍

# 安能聚綠能股份有限公司

Thermolysis Co., Ltd.

## 總公司

【地址】 43241 台中市大肚區萬興路68號

【電話】 +886 4 2698 0329

【傳真】 +886 4 2698 0330

## 工廠

【地址】 83162 高雄市大寮區田單三街16號

【電話】 +886 7 787 7497

【傳真】 +886 7 787 7508

【網 站】 <https://www.thermolysis-asia.com>

【電子郵件】 [info@thermolysis-asia.com](mailto:info@thermolysis-asia.com)

