

# ẢNH HƯỞNG CỦA HÌNH DẠNG VÀ SỐ LƯỢNG XƠ CƠ BẢN ĐẾN ĐỘ BỀN CƠ HỌC VẬT LIỆU POLIME COMPOZIT GIA CƯỜNG VẢI POLYESTE TRÊN CƠ SỞ NHỰA PHENOLFOCMANDEHIT

EFFECT OF THE SHAPE AND NUMBERS OF FUNDAMENTAL FIBERS TO MECHANICAL STRENGTHS OF POLYESTER FABRIC'S POLIME COMPOSITE BASED ON PHENOLFORMALDEHYDE

**Nguyễn Nhật Trinh**

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

## TÓM TẮT

Độ bền cơ học của vật liệu polime compozit (PC) phụ thuộc vào nhiều thông số của vật liệu gia cường như: các đặc trưng cơ lý hóa của vật liệu, luật phân bố hình học, hình dạng và cấu trúc xơ... Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số tiết diện xơ và số lượng xơ cơ bản của sợi philamăng cốt gia cường đến tính chất cơ học của vật liệu polime compozit trên cơ sở nhựa phenolfomandehit (PF) gia cường bằng vải dệt thoi xơ polyeste (PET). Độ bền kéo vật liệu PC gia cường xơ tiết diện tam giác lớn hơn 15% so với độ bền kéo PC gia cường xơ tiết diện tròn; độ bền uốn PC xơ tiết diện tam giác nhỏ hơn 3,6% so với PC xơ tiết diện tròn. Đối với cùng độ mảnh sợi gia cường, khi số lượng xơ cơ bản của sợi tăng từ 48 lên 72 thì độ bền kéo vật liệu PC tăng 11%, mô đun đàn hồi tăng 13% và độ bền va đập tăng 16,2%; khi số lượng xơ cơ bản của sợi tăng từ 72 đến 96 thì độ bền kéo PC tăng 7,8%, mô đun đàn hồi tăng 9,1% và độ bền va đập tăng 17,2%.

## ABSTRACT

Mechanical strengths of polymer composites (PC) depend on many parameters of reinforced materials such as: Mechanical, physical, chemical properties, geometric distributive rule, fiber's shape and structure... The article presents the results in influence of the parameters of the shape and numbers of filament fundamental fibers to mechanical strengths of polyester fabric's polymer composite based on phenolformaldehyde. The PC's tensile strength reinforced by triangle section fibers is higher than 15% that of round section fibers, and the flexural strength is smaller than 3.6% that of round section fibers. For the same fiber's density, when the numbers of filament fundamental fibers change from 48 up to 72 the PC's tensile strength reinforced by round section fibers increases 11%, Young's modulus raises 13% and izot impact strength raises 16.2%; when the numbers of filament fundamental fibers change from 72 up to 96, the PC's tensile strength reinforced by round section fibers increases 7.8%, Young's modulus raises 9.1% and izot impact strength raises 17.2%.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu polime compozit (PC) là một tổ hợp từ hai hay nhiều vật liệu có bản chất khác nhau, có tính năng vượt trội hơn hẳn các tính năng của từng vật liệu thành phần khi xét riêng rẽ [1,3]. Vật liệu PC gồm một hay nhiều pha gián đoạn được phân bố trong một pha liên tục. Các pha khác nhau về bản chất hóa học, chúng gần như không tan lẫn trong nhau, phân cách nhau bằng ranh giới pha. Pha gián đoạn thường có tính chất cơ lý trội hơn pha liên tục [1,4,5].

Pha gián đoạn thường là cốt vải gia cường nhằm đảm bảo cho vật liệu PC đạt được các tính năng cơ học ưu việt hơn hẳn những vật liệu thành phần ban đầu. Vật liệu gia cường

đóng vai trò chịu tải chủ yếu trong vật liệu PC, do vậy tính chất cơ học của vật liệu PC phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: Cơ tính của vật liệu gia cường, luật phân bố hình học của vật liệu gia cường, cấu trúc và thành phần cấu tạo vật liệu gia cường...[1,3,6].

Hiện nay có nhiều công trình nghiên cứu về vật liệu PC như nghiên cứu biến tính nhựa nền để tăng khả năng kết dính với cốt gia cường [2], nghiên cứu sử dụng các dạng xơ sợi làm cốt gia cường, nghiên cứu xử lý hóa học xơ sợi gia cường [7], tuy nhiên ở trong nước hầu như chưa nghiên cứu về ảnh hưởng của thông số kỹ thuật xơ sợi đến độ bền cơ học của vật liệu PC.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số cấu trúc hình dạng xơ và số lượng xơ cơ bản của sợi philamăng đến độ bền cơ học của vật liệu PC gia cường vải polyeste trên cơ sở nhựa phenol fomandehyt.

## II. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Nguyên vật liệu

▪ Vải thí nghiệm: Vải làm cốt gia cường cho vật liệu PC là vải kỹ thuật kết cấu kiểu dệt thoi vân điểm do Công ty Hualon Việt Nam sản xuất, nguyên liệu 100% xơ polyeste philamăng (PET).

Thông số vải: khối lượng vải 250 g/m<sup>2</sup>; sợi dọc: mật độ 129,9 sợi/10cm; sợi ngang: mật độ 98,4 sợi/10cm; khổ vải 165cm.

Mẫu vải 1 và 2: Độ mảnh của sợi (Denier-D) là 300D/96x3 có tiết diện xơ dạng tam giác đều và dạng tròn.

Mẫu vải 3 và 4: Độ mảnh của sợi là 300D/72x3 và 300D/48x3 tiết diện tròn.

▪ Nhựa sử dụng chế tạo vật liệu PC là nhựa nền phenolfomandehit (PF) dạng novolac do Viện hóa Trung tâm ứng dụng Khoa học Kỹ thuật Quân sự sản xuất.

▪ Các chất phụ gia khác: chất đóng rắn urotropin, chất độn bột nhẹ.

### 2.2 Chế tạo vật liệu PC

Vải cốt gia cường được ngâm và giặt sạch các tạp chất bẩn dầu mỡ, chất chống tĩnh điện bằng xà phòng, sau đó phơi khô và định hình nhiệt. Vải được ngâm tẩm dung dịch nhựa PF tan trong cồn với nồng độ 35%, sau đó phơi và sấy khô. Các tấm bán thành phẩm được xếp vào khuôn gồm 12 lớp và ép bằng máy ép thủy lực kết hợp với gia nhiệt.

### 2.3 Phương pháp xác định tính chất cơ lý

Độ bền kéo đứt được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D3039.

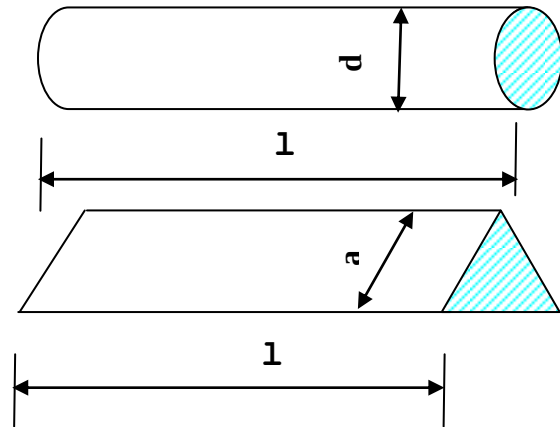
Độ bền uốn được xác định theo tiêu chuẩn ISO 178.

Độ bền va đập Charpy được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D256-90b.

### 2.4 Tính toán lý thuyết diện tích tiếp xúc của xơ với nhựa nền

#### 1. Tiết diện xơ

Xét hai đoạn xơ philamăng cùng độ mảnh và chiều dài  $l$  có tiết diện tròn và tam giác đều.



Hình 1. Xơ tiết diện tròn và tam giác đều

Hai loại xơ có cùng độ mảnh nên diện tích mặt cắt ngang bằng nhau:

Diện tích mặt cắt ngang xơ tiết diện tròn:

$$S_{tr} = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.1)$$

Chu vi mặt cắt ngang xơ tiết diện tròn:

$$P_{tr} = \pi d \quad (2.2)$$

Trong đó:

$S_{tr}$  : Diện tích xơ tiết diện tròn ( $\mu\text{m}^2$ ).

$P_{tr}$  : Chu vi xơ tiết diện tròn ( $\mu\text{m}$ ).

$d$  : Đường kính xơ ( $\mu\text{m}$ ).

Diện tích mặt cắt ngang xơ tiết diện tam giác đều:

$$S_{ta} = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4} \quad (2.3)$$

Chu vi mặt cắt ngang xơ tiết diện tam giác đều:

$$P_{ta} = 3a \quad (2.4)$$

Trong đó:

$S_{ta}$  : Diện tích xơ tiết diện tam giác đều ( $\mu\text{m}^2$ ).

$P_{ta}$  : Chu vi xơ tiết diện tam giác đều ( $\mu\text{m}$ ).

$a$  : Độ dài cạnh tam giác ( $\mu\text{m}$ ).

Từ (2.1) và (2.3) suy ra:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4} \quad (2.5)$$

Biến đổi phương trình (2.5) ta được:

$$\frac{\pi^2 d^2}{3^2 a^2} = \frac{\pi \sqrt{3}}{3^2} \quad (2.6)$$

Thay  $P_{tr} = \pi d$  và  $P_{ta} = 3a$  vào (2.6) ta có:

$$\frac{P_{tr}^2}{P_{ta}^2} = \frac{\pi \sqrt{3}}{3^2}$$

$$\frac{P_{tr}}{P_{ta}} = \sqrt{\frac{\pi \sqrt{3}}{3^2}} = 0,78 \quad (2.7)$$

Phương trình (2.7) cho thấy hai loại xơ philamăng có cùng diện tích mặt cắt ngang như nhau nhưng chu vi xơ tiết diện tròn bằng 78% chu vi xơ tiết diện tam giác đều. Như vậy, cùng diện tích mặt cắt ngang diện tích tiếp xúc của xơ hình tròn với nhựa nền chỉ bằng 78% diện tích tiếp xúc của xơ tam giác đều với nhựa nền.

## 2. Số lượng xơ cơ bản

Xét ba loại sợi cùng độ mảnh 300D, số xơ cơ bản philamăng là 48; 72; 96, xơ tiết diện tròn.

Xác định diện tích tiếp xúc của ba loại sợi với nhựa nền tại mặt phân chia pha:

Xét đoạn sợi độ mảnh  $D_s$  (Denier), số xơ cơ bản  $N$ .

Xơ cơ bản có đường kính  $d$  ( $\mu\text{m}$ ), chiều dài  $l$  (m), độ mảnh  $D_x$  (hình 1).

Diện tích bề mặt tiếp xúc của đoạn xơ cơ bản đường kính  $d$ , chiều dài  $l$  với nhựa:

$$F = P.l = \pi.d.l \quad (2.8)$$

Trong đó:

F: Diện tích bề mặt đoạn xơ tiếp xúc với nhựa.

P: Chu vi đoạn xơ

l: Chiều dài đoạn xơ

Độ mảnh của xơ đơn được xác định:

$$D_x = \frac{D_s}{N} \quad (2.9)$$

Từ (2.9) xác định được khối lượng xơ cơ bản trên 1 m chiều dài xơ:

$$m = \frac{D_x}{9000} \quad (2.10)$$

9000: Hằng số quy ước Quốc tế về độ mảnh của xơ sợi.

Khối lượng 1 m chiều dài xơ còn được xác định bởi công thức sau:

$$m = v.\rho$$

$$m = \frac{\pi d^2}{4} . 1 . \rho \quad (2.11)$$

Trong đó:

V: Thể tích đoạn xơ

$\rho$ : Khối lượng riêng xơ

m: Khối lượng 1 m xơ cơ bản

Từ (2.10) và (2.11) suy ra:

$$\frac{D_x}{9000} = \frac{\pi d^2}{4} . \rho$$

$$d^2 = \frac{4D_x}{9000.\pi.\rho} \quad (2.12)$$

Đặt  $A^2 = \frac{4}{9000.\pi.\rho}$  thay vào (2.12) ta có:

$$d^2 = A^2 . D_x$$

Suy ra:  $d = A \sqrt{D_x}$

Chu vi đoạn xơ độ mảnh  $D_x$ :

$$P = \pi.d = \pi.A \sqrt{D_x}$$

Tổng chu vi đoạn sợi gồm  $N$  xơ cơ bản:

$$S = N.\pi.A \sqrt{D_x}$$

Từ các thông số sợi vải gia cường ta có số liệu trong bảng 1:

Bảng 1. Thông số cấu trúc xơ cơ bản của sợi độ mảnh 300D

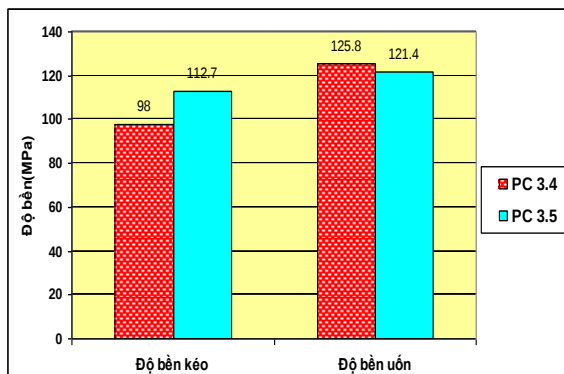
| TT | Thông số                              | I       | II      | II      |
|----|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| 1  | Độ mảnh sợi ( $D_s$ )                 | 300     | 300     | 300     |
| 2  | Số xơ cơ bản sợi phillamăng           | 48      | 72      | 96      |
| 3  | Độ mảnh xơ cơ bản ( $D_x$ )           | 6,25    | 4,17    | 3,125   |
| 4  | Đường kính xơ cơ bản ( $\mu m$ )      | 25,3    | 20,6    | 17,9    |
| 5  | Tổng chu vi các xơ cơ bản ( $\mu m$ ) | 3813,22 | 4657,25 | 5395,78 |

Kết quả bảng 1 cho thấy:

- Diện tích bề mặt sợi 300D/72 tiếp xúc với nhựa nền lớn hơn 1,22 lần diện tích bề mặt sợi 300D/48 với nhựa nền.
- Diện tích bề mặt sợi 300D/96 tiếp xúc với nhựa nền lớn hơn 1,42 lần diện tích bề mặt sợi 300D/48 với nhựa nền và lớn hơn 1,16 lần diện tích bề mặt sợi 300D/72 với nhựa nền.

### III. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

#### 3.1 Ảnh hưởng của hình dạng tiết diện xơ đến độ bền kéo đứt và độ bền uốn vật liệu PC



Hình 2. Độ bền kéo và uốn vật liệu PC

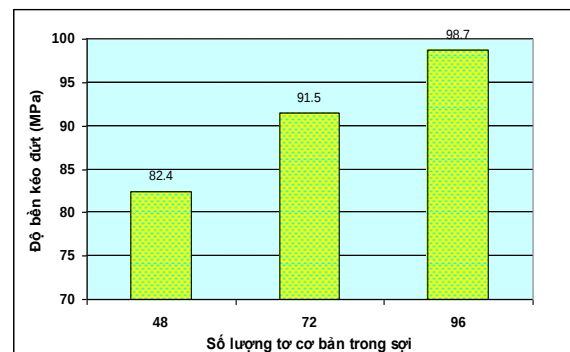
Độ bền kéo vật liệu PC gia cường xơ tiết diện tam giác đều lớn hơn 15% độ bền kéo PC gia cường xơ tiết diện tròn. Điều này cho thấy với cùng diện tích tiết diện xơ nhưng xơ có chu

vi tiết diện lớn hơn sẽ tạo cho vật liệu PC độ bền kéo cao hơn bởi vì lực liên kết giữa bề mặt tiếp xúc của xơ tiết diện tam giác với nhựa nền lớn hơn so với lực liên kết giữa bề mặt tiếp xúc của xơ tiết diện tròn với nhựa nền tại mặt phân chia pha.

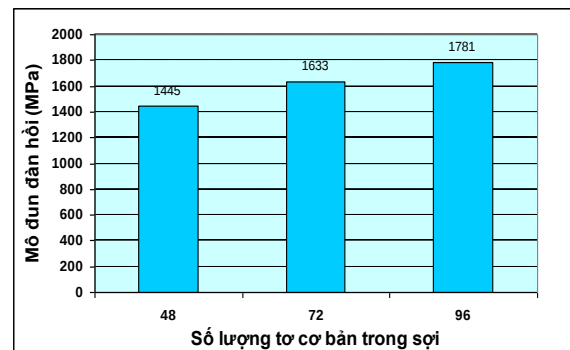
Tuy nhiên, vật liệu PC gia cường xơ tiết diện tròn độ bền uốn lớn hơn 3,6% so với PC gia cường xơ tiết diện tam giác đều. Điều này có thể giải thích xơ tiết diện tròn có mô men chống uốn lớn hơn xơ tiết diện tam giác đều khi chúng cùng diện tích mặt cắt ngang.

#### 3.2 Ảnh hưởng của số lượng xơ cơ bản đến độ bền kéo đứt và độ bền va đập vật liệu PC

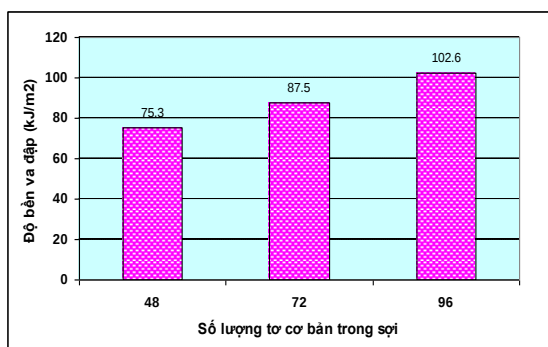
Đối với cùng độ mảnh sợi gia cường, khi số xơ cơ bản trong sợi tăng từ 48 lên 72 độ bền kéo vật liệu PC tăng 11%, mô đun đàn hồi tăng 13% và độ bền va đập tăng 16,2%. Số xơ cơ bản của sợi tăng từ 72 đến 96 độ bền kéo PC tăng 7,8%, mô đun đàn hồi tăng 9,1% và độ bền va đập tăng 17,2%.



Hình 3. Độ bền kéo vật liệu PC



Hình 4. Mô đun đàn hồi vật liệu PC



Hình 5. Độ bền va đập vật liệu PC

Độ bền cơ học vật liệu PC tăng theo số xơ cơ bản được hiểu như sau:

Trong quá trình tạo xơ cơ bản, xơ được kéo giãn vượt mảnh làm cho các mạch đại phân tử polime được định hướng nằm dọc theo chiều dài xơ, xơ càng mảnh thì độ định hướng càng cao, chính vì vậy xơ càng mảnh thì độ bền xơ càng cao. Hơn nữa, số lượng xơ cơ bản càng

nhiều thì tổng diện tích bề mặt tiếp xúc giữa các xơ với nhựa càng lớn, liên kết giữa sợi với nhựa nền càng chặt chẽ, do vậy độ bền PC tăng theo số lượng xơ cơ bản trong sợi.

#### IV. KẾT LUẬN

- ◆ Với cùng diện tích mặt cắt ngang của xơ sợi gia cường, loại xơ nào có chu vi lớn hơn sẽ tạo cho vật liệu PC có tính năng cơ học cao hơn. Đó là do xơ có chu vi lớn hơn thì diện tích tiếp xúc giữa bề mặt xơ với nhựa nền tại mặt phân chia pha sẽ lớn hơn.
- ◆ Đối với sợi gia cường có cùng độ mảnh nhưng số lượng xơ cơ bản trong sợi khác nhau, loại sợi nào mà số lượng xơ cơ bản lớn hơn sẽ tạo cho vật liệu PC đạt được tính năng cơ học cao hơn. Vì sợi có số lượng xơ cơ bản lớn hơn thì tổng diện tích tiếp xúc giữa bề mặt xơ với nhựa nền tại mặt phân chia pha sẽ lớn hơn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hoa Thịnh, Nguyễn Đình Đức; Vật liệu composit-Cơ học và Công nghệ; Nhà xuất bản KHKT 2002.
2. Nguyễn Thanh Liêm; Nghiên cứu chế tạo vật liệu PC sử dụng trong lĩnh vực vật liệu ma sát; Luận án Tiến sĩ kỹ thuật Trường ĐH Bách khoa Hà nội 1996.
3. Trần Ích Thịnh; Vật liệu composit, Cơ học và tính toán kết cấu; Nhà xuất bản Giáo dục 1994.
4. Trần Vĩnh Diệu, Lê Thị Phái; Hướng phát triển của vật liệu polime composit; Hội nghị khoa học vật liệu Việt Nam 1994.
5. Trần Vĩnh Diệu, Lê Thị Phái; Vật liệu composit, Các vấn đề khoa học, hướng phát triển và ứng dụng; Trung Tâm KHTN và CNQG 1998.
6. N.Svensson, R. Shishoo, and M.D. Gilchrist; The Tensile and Flexural Properties of Textile Composites; J. Text, Inst, Part 1, No 4 1998.
7. Wim Thielemans, Richard P. Wool; Butyrate Kraft Lignin as Compatibilizing Agent for Natural Fiber Reinforced Thermoset Composites; Composites Part A 2004.

Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Nhật Trinh - Tel: 0912.336.229, Email: nntrinh-tex@mail.hut.edu.vn  
Bộ môn Công nghệ Dệt, Khoa CN Dệt May & Thời trang, Trường ĐHBK HN.