

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CHẾ TẠO ĐẾN ĐỘ BỀN VẬT LIỆU POLIME COMPOZIT GIA CƯỜNG VẢI POLYESTE TRÊN CƠ SỞ NHỰA PHENOLFOMANDEHIT

STUDY THE INFLUENCE OF MANUFACTURING PARAMETERS ON THE STRENGTH OF
POLYESTER FABRIC'S POLYMER 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 chịu ảnh hưởng của các thông số công nghệ chế tạo, thông số kỹ thuật của vật liệu gia cường và của vật liệu nhựa nền.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ chế tạo như nhiệt độ, lực ép và tỉ phần vải/nhựa nền đến độ bền cơ học của vật liệu polime compozit (PC) trên cơ sở nhựa phenolfomandehit (PF) được gia cường vải dệt thoi xơ polyeste (PET), đồng thời khảo sát ảnh hưởng của môi trường đến độ bền cơ học của vật liệu PC nhằm khuyến cáo các nhà sử dụng khai thác hiệu quả phụ tùng thay thế bằng vật liệu PC. Đã xác định được các thông số công nghệ chế tạo tối ưu: nhiệt độ 142⁰C, áp lực 2,25MPa, tỉ phần các cấu tử 56%. Độ bền cơ học vật liệu PC cực đại: độ bền kéo 102,94MPa, độ bền nén 88,27MPa, độ bền va đập 106,02kJ/m². Sau thời gian ngâm 120 ngày, độ bền kéo vật liệu PC giảm 13% trong môi trường nước, giảm 50% trong môi trường kiềm và giảm 27% trong môi trường axit HCl.

ABSTRACT

The polymer composites' mechanical strengths are influenced by manufacturing parameters, technical parameters of reinforced materials and polymer. The article presents the results in studying influences of manufacturing parameters: temperature of curing, pressure and fabric/resin's percentage on the mechanical strengths of PC based on phenol-formaldehyde reinforced PET's woven fabric, and then make a survey of the influences of environment on the PC's mechanical strengths in order to recommend the users most effectively utilize PC's spare parts. Determined the optimum manufacturing parameters: temperature 142⁰C, pressure 2,25MPa, fabric/resin's percentage 56% and PC's maximum mechanical strength: tensile strength 102,94MPa, compressive strength 88,27MPa, izot impact strength 106,02kJ/m². After 120 days soaking, PC's tensile strength decreases 13% in water, 50% in alkali and 27% in axit HCl.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu polyme compozit (PC) ngày nay đang chiếm một vị trí nổi trội trong các ngành công nghiệp chế tạo. Với những ưu thế như độ bền riêng cao, mô đun đàn hồi cao, khối lượng riêng nhỏ, công nghệ sản xuất đa dạng vật liệu PC đang được sử dụng rộng rãi thay thế vật liệu truyền thống để chế tạo các chi tiết máy, kết cấu máy [2,3,4].

Các công trình nghiên cứu về vật liệu PC phần lớn tập trung nhằm tạo ra vật liệu PC đạt được độ bền lớn nhất thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của chi tiết máy [1,5]. Để cải thiện độ bền của vật liệu PC, một số giải pháp đang được sử dụng như nghiên cứu các thông số công nghệ chế tạo tối ưu, nghiên cứu chế tạo cấu trúc cốt

vải gia cường đa lớp, nghiên cứu biến tính xơ vải hoặc biến tính nhựa nền để tăng khả năng kết dính giữa các cấu tử trong vật liệu PC [6,7,8].

Ngành công nghiệp dệt may hiện nay đang sử dụng nhiều chi tiết máy phụ tùng thay thế bằng vật liệu PC được nhập khẩu từ nước ngoài phục vụ cho sản xuất trong nước. Các vật liệu PC này thường sử dụng vải kỹ thuật để làm cốt gia cường như vải polyeste, vải polyamit; những loại vải từ các xơ trên có tính kỵ nước nên khả năng kết dính với nhựa nhiệt rắn rất cao.

Bài báo trình bày những nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ chế tạo nhiệt độ gia công, áp lực ép và tỉ phần vật liệu đến độ

bền cơ học của vật liệu PC gia cường vải xơ polyeste trên cơ sở nhựa phenol fomandehyt và nghiên cứu tác động của môi trường hóa chất đến độ bền cơ học vật liệu PC.

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: Mã vải 49275, khối lượng vải 250 g/m²; sợi dọc: độ mảnh D300/96x3, mật độ 129,9 sợi/10cm; sợi ngang: độ mảnh D300/96x3, mật độ 98,4 sợi/10cm; khổ vải 165cm.

▪ Nhựa nền phenolfomandehyt (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 đặc trưng cơ học

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

Độ bền nén được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D3410.

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

2.4 Thiết kế thí nghiệm và xử lý số liệu

Sử dụng quy hoạch thực nghiệm trực giao để thiết kế các phương án thí nghiệm với ba thông số công nghệ chế tạo: Nhiệt độ, lực ép và tỉ phần khối lượng vải/nhựa. Các thông số cơ học của vật liệu PC được kiểm nghiệm là độ

bền kéo đứt, độ bền nén và độ bền va đập của vật liệu PC.

Các thông số công nghệ chế tạo tối ưu được xác định bằng thuật toán cực trị Box-Wilson.

Số liệu thực nghiệm được xử lý bằng phần mềm Design-Experts (mục Central Composite).

Bảng 1. Các biến số của ma trận thí nghiệm

Biến số	Thông số công nghệ	Giá trị		
		-1	0	+1
X ₁	Nhiệt độ (°C)	120	140	160
X ₂	Lực ép (MPa)	1	2	3
X ₃	Tỉ phần (%)	50	60	70

X₁: biến số biểu diễn sự thay đổi nhiệt độ.

X₂: biến số biểu diễn sự thay đổi lực ép.

X₃: biến số biểu diễn sự thay đổi tỉ phần của các cấu tử vải/nhựa.

III. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1 Xác lập các thông số công nghệ tối ưu

Nhập số liệu thí nghiệm bảng 2 vào phần mềm Design-Experts (mục Central Composite). Design-Experts hiển thị các phương trình hồi quy thực nghiệm biểu diễn ảnh hưởng đồng thời của ba thông số công nghệ chế tạo (nhiệt độ gia công, áp lực ép và tỉ phần vải/nhựa) đến độ bền kéo đứt, độ bền nén và độ bền va đập của vật liệu PC. Hơn nữa còn nhận được các thông số công nghệ chế tạo tối ưu trên quan điểm độ bền cơ học vật liệu PC cực đại.

- Phương trình hồi quy thực nghiệm biểu diễn ảnh hưởng của ba thông số công nghệ chế tạo đến độ bền kéo đứt PC:

$$Y_k = 102,71 + 0,90x_1 + 3,24x_2 - 0,89x_3 - 9,96x_1^2 - 10,12x_2^2 - 19,68x_3^2 + 0,46x_1x_2 - 0,65x_1x_3 + 2,44x_2x_3 \\ R^2=0,85$$

- Phương trình hồi quy thực nghiệm biểu diễn ảnh hưởng của ba thông số công nghệ chế tạo đến độ bền nén PC:

$$Y_n = 87,10 + 0,55x_1 + 6,55x_2 - 3,53x_3 - 8,86x_1^2 - 7,21x_2^2 - 17,06x_3^2 - 0,02x_1x_2 + 0,48x_1x_3 + 0,85x_2x_3 \\ R^2=0,89$$

- Phương trình hồi quy thực nghiệm biểu diễn ảnh hưởng của ba thông số công nghệ chế tạo đến độ bền va đập PC:

$$Y_v = 104,69 + 2,78x_1 + 8,52x_2 - 3,46x_3 - 15,69x_1^2 - 13,68x_2^2 - 17,38x_3^2 + 0,87x_1x_2 - 1,13x_1x_3 + 2,62x_2x_3 \quad R^2=0,93$$

Trong đó: X_1 : Nhiệt độ gia công, $^{\circ}\text{C}$.

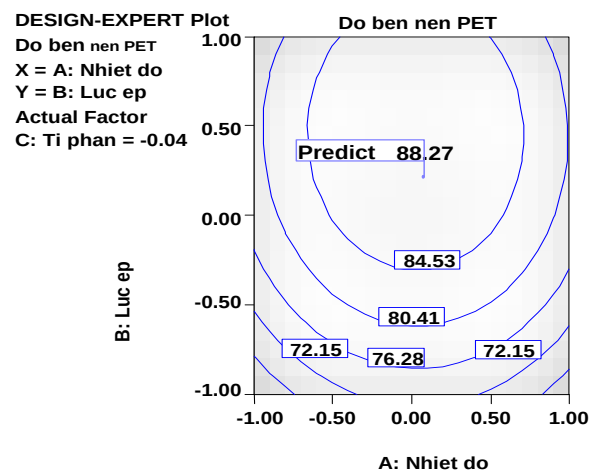
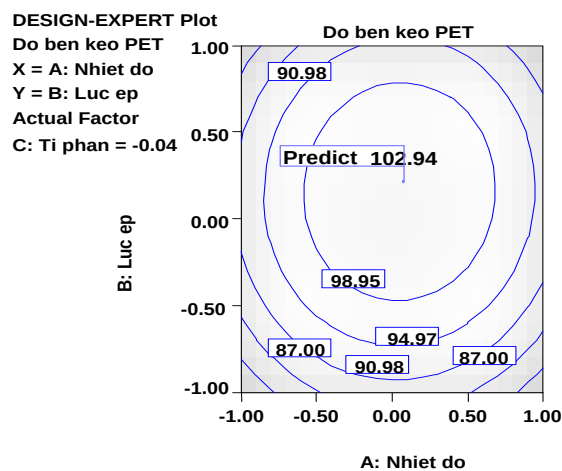
X_2 : Áp lực ép, MPa.

X_3 : Tỷ phần vải/nhựa, %

Bảng 2. Kế hoạch thí nghiệm và kết quả xác định độ bền cơ học vật liệu PC

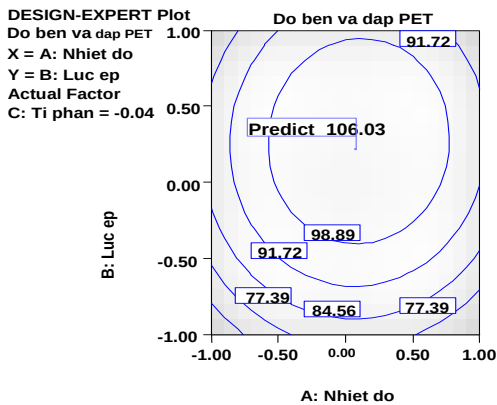
Phương án	Nhiệt độ gia công	Lực ép	Tỷ phần khối lượng	Độ bền kéo đứt (MPa)	Độ bền nén (MPa)	Độ bền va đập (kJ/m^2)
1	-	-	-	54.44	36.68	38
2	+	-	-	110.38	87.64	98
3	-	+	-	65.36	56.25	58
4	+	+	-	68.96	70.97	65
5	-	-	+	77.42	71.93	73
6	+	-	+	114.16	86.75	113
7	-	+	+	70.42	52.88	60
8	+	+	+	66.9	58.5	66
9	-1,215	0	0	82.74	72.73	71
10	+1,215	0	0	64.34	58.2	74
11	0	-1,215	0	61.02	45.17	49
12	0	+1,215	0	86.04	75.99	89
13	0	0	-1,215	74.02	65.08	68
14	0	0	+1,215	70.42	65.5	83
15	0	0	0	80.26	80.05	91
16	0	0	0	60.96	46.44	45

Phương trình hồi quy thực nghiệm được biểu diễn dưới dạng đồ thị:

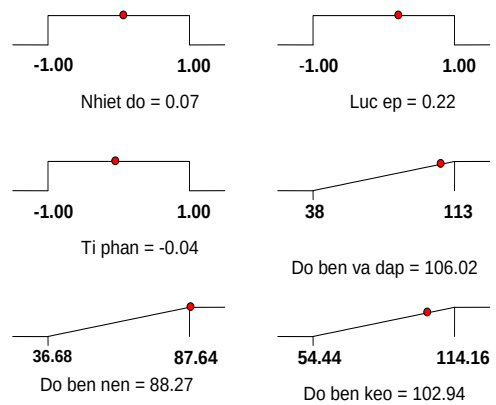


Hình 1. Đường đẳng trị độ bền kéo đứt vật liệu PC với các thông số công nghệ chế tạo

Hình 2. Đường đẳng trị độ bền nén vật liệu PC với các thông số công nghệ chế tạo



Hình 3. Đường đẳng trị độ bền và đập vật liệu PC với các thông số công nghệ chế tạo



Hình 4. Giá trị mã hóa các thông số công nghệ chế tạo tối ưu trên quan điểm độ bền cơ học PC cực đại

Từ kết quả trên hình 4 chuyển các giá trị mã hóa sang giá trị thực nhận được các thông số công nghệ chế tạo tối ưu vật liệu PC nhựa PF cốt gia cường vải PET.

- Phương trình hồi quy thực nghiệm độ bền vật liệu PC là một hàm số bậc hai với hệ số x_1^2 , x_2^2 , x_3^2 mang giá trị âm thể hiện mặt đáp của các phương trình ở dạng lồi cho nên có cực đại. Các đường tròn trên các hình 1, hình 2, hình 3 là các đường đẳng trị độ bền xu hướng hội tụ về đỉnh mặt đáp lồi. Như vậy các thông số công nghệ chế tạo ảnh hưởng đồng thời đến độ bền cơ học vật liệu PC với mức độ khác nhau.

- Khi giá trị của các thông số này tăng lên thì độ bền vật liệu PC tăng đến một giá trị nhất định, nếu giá trị các thông số tiếp tục tăng thì độ bền vật liệu PC giảm.

- Các thông số công nghệ chế tạo tối ưu nhiệt độ, áp lực, tỷ phần các cấu tử và các thông số độ bền cơ học cực đại cũng được xác định trên các hình biểu diễn đường đẳng trị độ bền cơ học vật liệu PC. Bảng 3

Bảng 3. Thông số công nghệ tối ưu

	Thông số tối ưu
Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	142
Lực ép (MPa)	2,25
Tỷ phần (%)	56
Độ bền kéo đứt (MPa)	102,94
Độ bền nén (MPa)	88,27
Độ bền va đập (kJ/m^2)	106,02

3.2 Khảo sát tác động của môi trường đến độ bền vật liệu PC

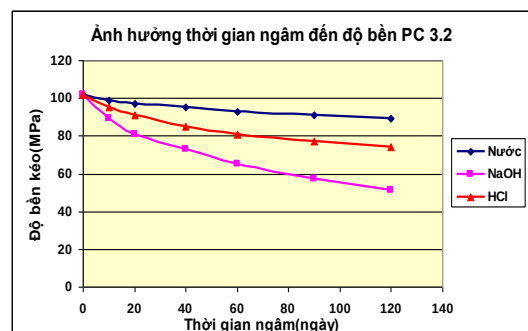
Các chi tiết máy làm việc trong dây chuyền nhuộm vải thường chịu tác động của hóa chất dẫn đến làm suy giảm độ bền. Do vậy khảo sát tác động của môi trường hóa chất sẽ giúp cho các nhà kỹ thuật bảo quản và sử dụng các chi tiết máy bằng vật liệu PC một cách hiệu quả.

Mẫu PC được ngâm trong nước, dung dịch kiềm 10% và HCl 10% ở nhiệt độ phòng thí nghiệm các khoảng thời gian 10 ngày, 20 ngày, 40 ngày, 60 ngày, 90 ngày, 120 ngày.

Độ bền vật liệu PC sau khi ngâm trong hóa chất được thể hiện trên bảng 4 và hình 5.

Bảng 4. Độ bền vật liệu PC

	Độ bền kéo vật liệu PC (MPa)					
Thời gian (ngày)	10	20	40	60	90	120
H ₂ O	99,2	97,1	95,5	93,7	91,4	89,5
NaOH	89,2	81,5	73,4	65,7	57,4	51,2
HCl	95,7	91,3	85,6	81,8	77,4	74,5



Hình 5. Sự giảm độ bền của PC

Sau thời gian ngâm 120 ngày, độ bền kéo vật liệu PC giảm 13% trong môi trường nước, giảm 50% trong môi trường kiềm và giảm 27% trong môi trường axit. Độ bền kéo giảm nhiều nhất trong môi trường kiềm, trong môi trường nước và axit độ bền kéo giảm ít hơn. Điều này có thể được giải thích xơ polyeste thuộc loại xơ kỵ nước, mạch đại phân tử sắp xếp rất chặt chẽ, nước và axit chủ yếu làm giảm mối liên kết giữa mặt phân chia pha dẫn đến giảm độ bền kéo vật liệu PC. Trong môi trường kiềm, do xơ polyeste có chứa nhóm chức ester, dưới tác dụng của kiềm nhóm ester bị xà phòng hóa và đứt mạch hòa tan vào dung dịch chủ yếu xảy ra ở lớp xơ mặt ngoài tiếp xúc làm giảm độ bền của vải và giảm độ kết dính giữa xơ với nhựa nền, từ đó độ bền PC giảm nhiều nhất khi ngâm trong môi trường kiềm.

IV. KẾT LUẬN

- Các thông số công nghệ chế tạo nhiệt độ, lực ép và tỉ phần cấu tử ảnh hưởng đến độ bền cơ học vật liệu PC gia cường vải polyeste trên cơ sở nhựa PF. Sử dụng phần mềm toán học Design-Experts cho phép xác định nhanh và chính xác các thông số công nghệ chế tạo tối ưu nhằm đạt được độ bền vật liệu PC lớn nhất.
- Độ bền kéo vật liệu PC bị suy giảm khi ngâm trong môi trường hóa chất. Độ bền kéo PC cốt vải gia cường từ xơ polyeste giảm nhiều nhất trong môi trường kiềm (50%) do các nhóm chức ester bị xà phòng hóa và đứt mạch, và giảm ít nhất trong môi trường nước do xơ polyeste là nhóm xơ kỵ nước hầu như không thấm nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Thị Minh Ngọc, Cao Hoàng Long; Nghiên cứu chế tạo vật liệu polyme compozit (PC) trên cơ sở nhựa phenol-fomandehit (PF) gia cường bằng phoi tre; Tạp chí hóa học T43(1), 95-99(2005).
2. Trần Vĩnh Diệu, Lê Thị Phái; Hướng phát triển của vật liệu polime compozit; Hội nghị khoa học vật liệu Việt Nam 1994.
3. Trần Vĩnh Diệu, Lê Thị Phái; Vật liệu compozit, Các vấn đề khoa học, hướng phát triển và ứng dụng; Trung Tâm KHTN và CNQG 1998.
4. Nguyễn Hoa Thịnh, Nguyễn Đình Đức; Vật liệu compozit-Cơ học và Công nghệ; Nhà xuất bản KHKT 2002.
5. 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.
6. A. Stamboulis, C.A. Baillie, T. Peijs, Effects of Environmental Conditions on Mechanical and Physical Properties of Flax Fibers, Composites Part A 2001
7. N.Svensson, R. Shishoo, and M.D. Gilchrist, The Tensile and Flexural Properties of Textile Composites, J. Text, Inst, Part 1, No 4 1998.
8. 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 Công nghệ Dệt May & Thời trang
 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội