

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THIẾT BỊ TẠO MẪU COMPOSITE TỪ CARBON/EPOXY DẠNG BĂNG TẤM

STUDY ON MANUFACTURE OF THE EQUIPMENT FOR THE FABRICATION OF CARBON/EPOXY PREPREG COMPOSITES

Phạm Thanh Nhựt

Trường Đại học Nha Trang, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 17/1/2018, ngày phản biện đánh giá 03/2/2018, ngày chấp nhận đăng 23/2/2018.

TÓM TẮT

Vật liệu composite độ bền cao đã được nghiên cứu và ứng dụng phổ biến trên thế giới nhưng vẫn còn khá hạn chế ở Việt nam. Một trong những rào cản lớn nhất chính là giá thành của thiết bị chế tạo mẫu vật liệu quá cao. Do đó, việc chế tạo và thử nghiệm thiết bị tạo mẫu composite độ bền cao như carbon/epoxy hay glass/epoxy dạng băng tấm bằng phương pháp thủ công (CPME-1) là rất hữu ích cho việc học tập, nghiên cứu trong các trường đại học liên quan đến vật liệu ở Việt Nam. Thiết bị được thiết kế và chế tạo trên cơ sở các yêu cầu kỹ thuật của nồi hấp (Autoclave) tạo mẫu tiêu chuẩn. Ưu điểm của CPME-1 là nhỏ gọn, an toàn, dễ sử dụng và đặc biệt là giá thành rất thấp, chỉ bằng khoảng 1/8 giá thành của nồi hấp tiêu chuẩn tương ứng. Kết quả thử nghiệm kéo, uốn của các mẫu carbon/epoxy được chế tạo từ thiết bị này đạt từ 80% đến trên 95% so với mẫu được chế tạo từ nồi hấp tiêu chuẩn. Do đó, thiết bị này bước đầu chỉ đáp ứng yêu cầu cho giảng dạy và học tập chuyên ngành vật liệu composite.

Từ khóa: Vật liệu composite; carbon/epoxy; nồi hấp; thử nghiệm; CPME-1.

ABSTRACT

Advanced composite materials have been studied and applied widely in the world but still limited in Vietnam. One of the reasons for this problem is the high cost of a machine. Hence, the equipment for the manufacture of carbon/epoxy prepreg composites (CPME-1) was fabricated and tested. CPME-1 can be used for study and research in the universities of Vietnam. Design of CPME-1 was based on the operation principle of the Autoclave machine. The advantages of CPME-1 are safe, small and easy to use. Additionally, it's low cost compared to the price of Autoclave (about 1/8 times). The tensile test and flexural test results of carbon/epoxy prepreg composites were made by CPME-1 show that these values received from 80% to 95% compared to standard values. Therefore, this equipment initially only meets the requirements for teaching and study of the composite material field.

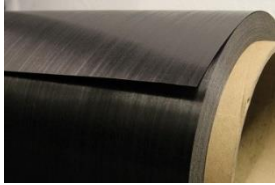
Keywords: Composite materials; carbon/epoxy; autoclave; test; CPME-1.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu composite đã du nhập và phát triển rất mạnh mẽ ở Việt Nam, được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực công nghiệp và dân dụng. Trong những năm gần đây, vật liệu này được sử dụng với một tỉ lệ rất lớn trong ngành đóng tàu du lịch và đánh cá. Tuy nhiên, đó là những vật liệu có đặc tính cơ học tương đối thấp, còn các loại siêu nhẹ, siêu bền như composite từ sợi carbon và nhựa epoxy vẫn

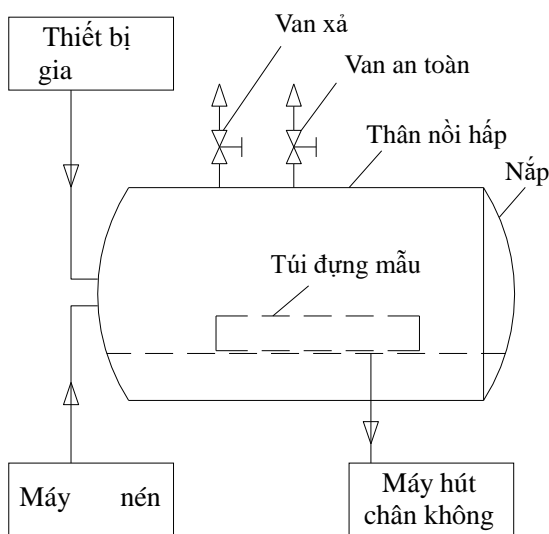
chưa được tiếp cận nhiều. Với ưu điểm như nhẹ, độ bền cao, hệ số dẫn nở nhiệt thấp, rất bền vững với nhiều điều kiện khí hậu và các phản ứng hóa học thì các sản phẩm từ carbon/epoxy được sử dụng chủ yếu trong ngành hàng không vũ trụ, quân sự, y tế, thể thao. Ở Việt Nam, các sản phẩm từ composite siêu nhẹ, siêu bền hầu hết là nhập khẩu từ các nước có ngành công nghệ vật liệu phát triển. Cho đến nay, có rất ít công trình nghiên cứu trong nước về loại vật liệu này.

Một trong những dạng phổ biến của vật liệu composite từ sợi carbon và nhựa epoxy là dạng băng tấm, nghĩa là các sợi carbon đồng phương được dệt thành tấm mỏng và tấm sẵn nhựa epoxy (hình 1). Carbon/epoxy dạng băng tấm được lưu giữ ở nhiệt khoảng -19°C đến -22°C .



Hình 1. Composite carbon/epoxy băng tấm

Các sản phẩm hoặc mẫu thử từ các composite carbon/epoxy dạng băng tấm được chế tạo nhờ hệ thống nồi hấp tiêu chuẩn như hình 2. Trong hệ thống này, mẫu thử được hút chân không, sau đó được tạo áp lực và gia nhiệt [1]. Hiện nay, giá thành của bộ nồi hấp tiêu chuẩn tại Việt Nam có giá thành khá cao, một bộ dung tích 30 lít có giá trên 15.000 usd. Điều này cho thấy chúng chỉ phù hợp để trang bị cho các phòng thí nghiệm trọng điểm hoặc nghiên cứu chuyên sâu về vật liệu composite. Do đó, cần phải nghiên cứu thiết kế và chế tạo ra được thiết bị có giá thành thấp, có thể trang bị cho các phòng thí nghiệm thông thường hoặc không chuyên sâu về vật liệu. Thiết bị chế tạo mẫu composite carbon/epoxy dạng băng tấm bằng phương pháp thủ công phiên bản 1 (CPME-1) có thể đáp ứng được nhu cầu trên.



Hình 2. Hệ thống nồi hấp tiêu chuẩn

2. THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ

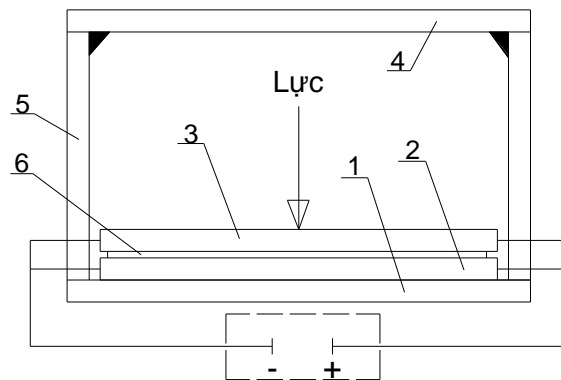
2.1 Yêu cầu kinh tế, kỹ thuật

Thiết bị CPME-1 được thiết kế, chế tạo dựa trên các yêu cầu kinh tế, kỹ thuật sau:

- Tuỳ theo loại nhựa epoxy mà mức nhiệt độ và áp suất cần để xảy ra quá trình lưu hoá là khác nhau. Theo [2], nhiệt độ sử dụng cho nồi hấp có thể trên 540°C và áp suất đến 85psi ($0,586\text{N}/\text{mm}^2$). Trong nghiên cứu này, nhiệt độ được điều chỉnh vô cấp trong dải $0 - 120^{\circ}\text{C}$, áp suất từ $0 - 0,25\text{N}/\text{mm}^2$.
- Thiết bị đảm bảo chế tạo được tấm mẫu có kích thước lớn nhất là 200mm (dài) x 140mm (rộng) x 15mm (dày), kích thước này đủ để cắt thành 5 mẫu thử tiêu chuẩn.
- Thiết bị phải đảm bảo an toàn, nhỏ gọn.
- Thiết bị dễ chế tạo, sử dụng, bảo dưỡng, sửa chữa.
- Giá thành thấp

2.2 Mô hình thiết bị

Trên cơ sở các yêu cầu kinh tế kỹ thuật đặt ra, sơ đồ nguyên lý chung của CPME-1 được thiết lập như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của CPME-1

Trong sơ đồ hình 3, mẫu carbon/epoxy (6) được đặt giữa nửa khuôn trên (3) và nửa khuôn dưới (2). Toàn bộ khuôn được đặt trên bệ đỡ (1) và được kết nối với nguồn điện 220V (7) để gia nhiệt cho khuôn. Lực ép lên mẫu được thiết kế bằng một cơ cấu tác dụng gián tiếp vào khuôn trên và được đỡ bởi khung (4), (5). Mẫu được đặt vào và tách ra khỏi khuôn nhờ việc tháo lắp nửa khuôn trên.

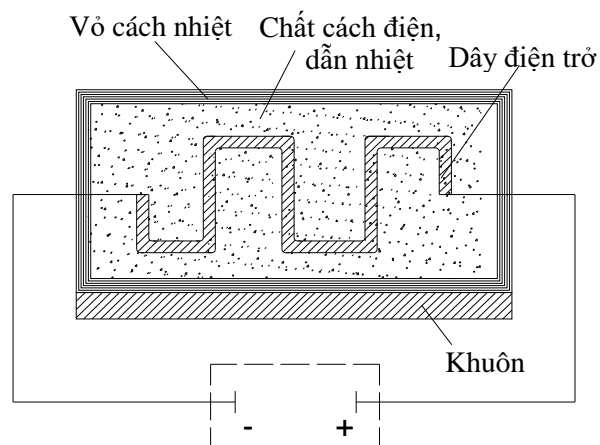
2.3 Tính toán, lựa chọn thiết bị

Lựa chọn vật liệu:

Vật liệu làm bộ đỡ khuôn và giá đỡ phải đảm bảo bền tương đối cao, liên kết dễ dàng, ở đây chọn thép C45 (giới hạn bền 750MPa, giới hạn chảy 360MPa). Vật liệu làm khuôn trên và dưới phải đảm bảo độ cứng, độ bền nhiệt cao, tính dẫn nhiệt tốt và hệ số giãn nở nhiệt thấp, ở đây chọn thép SA516Gr70 (giới hạn bền kéo 485-620MPa, độ giãn dài 17%, hệ số giãn nở nhiệt $12\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$, hệ số dẫn nhiệt $52\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$). Tấm gia nhiệt cho khuôn được làm từ tổ hợp vật liệu Niken-Crom. Để đảm bảo tính an toàn, cách nhiệt, cách điện giữa khuôn với bộ đỡ, lò xo và người sử dụng, sử dụng một tấm lót bằng vật liệu composite chịu nhiệt dày 5mm.

Nguyên lý gia nhiệt:

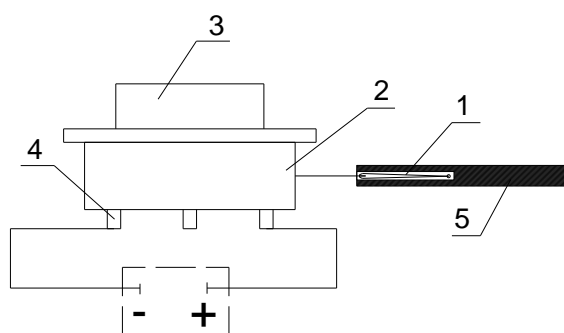
Hiện nay, việc gia nhiệt được thực hiện theo nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp cảm ứng, hồ quang, điện trở, điện môi, plasma,... Với yêu cầu kinh tế, kỹ thuật đã đặt ra, khuôn trên và khuôn dưới của CPME-1 được gia nhiệt bằng phương pháp nung nóng bằng điện trở gián tiếp như hình 4. Theo phương pháp này, bộ phận biến năng lượng điện thành nhiệt được sử dụng là dây đốt kín, là loại có phần tử nung nóng đặt trong vỏ bọc bằng kim loại để bảo vệ khỏi tác động của môi trường được nung nóng, phần tử nung nóng được định vị trong chất cách điện nhưng dẫn nhiệt (bột MgO). Ở đây, vật liệu điện trở là Niken-Crom, điện áp sử dụng là 220V, công suất là 400W.



Hình 4. Sơ đồ phương pháp gia nhiệt

Lựa chọn cảm biến và điều chỉnh nhiệt:

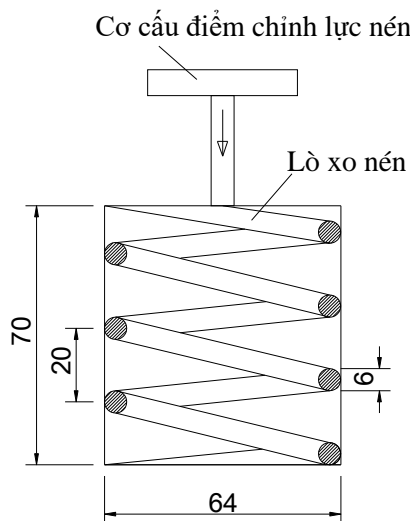
Lựa chọn cảm biến nhiệt có sơ đồ nguyên lý như hình 5. Trong đó, đầu cảm biến (1) được đặt bên trong tấm khuôn (5) qua một lỗ khoan. Mút của đầu cảm biến tiếp xúc trực tiếp với tấm khuôn. Tín hiệu nhiệt từ đầu cảm biến đưa về bộ xử lý (2) và được điều chỉnh nhờ nút điều chỉnh nhiệt độ (3). Khi vặn nút điều chỉnh nhiệt độ, thông qua bộ xử lý và các tiếp điểm (4), nguồn điện cấp cho dây điện trở sẽ thay đổi tương ứng. Bộ cảm biến nhiệt này có khả năng điều chỉnh nhiệt độ vô cấp trong dải từ 0 đến 120°C .



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý cảm biến nhiệt

Lựa chọn cơ cấu tạo áp lực:

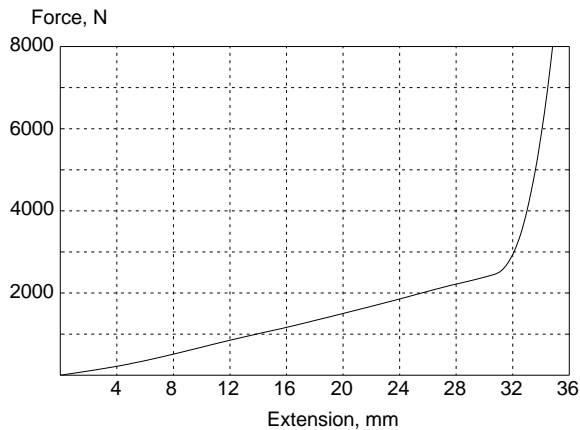
Cơ cấu tạo áp lực lên khuôn gồm một lò xo và bộ phận điều khiển lực nén như hình 6.



Hình 6. Sơ đồ cơ cấu tạo áp lực

Lò xo là loại chịu nén bằng vật liệu thép carbon trung bình với ứng suất xoắn cho phép là 600 - 800 MPa. Lò xo được thử nghiệm để xác định lực nén, kết quả cho thấy lực nén tối đa là 2500N ứng với khoảng chuyển vị 31mm.

Với lực nén này cho phép tạo áp lực lên khuôn tương đương với áp lực tạo ra trong lò hấp tiêu chuẩn (hình 7). Khi cần điều chỉnh áp lực của khuôn tác dụng lên mẫu, ta chỉ cần điều chỉnh quay cần dịch chuyển đi xuống một đoạn tương ứng với khoảng chuyển vị của lò xo đã được thử nghiệm.



Hình 7. Kết quả thử nghiệm nén lò xo

2.4 Chế tạo thiết bị

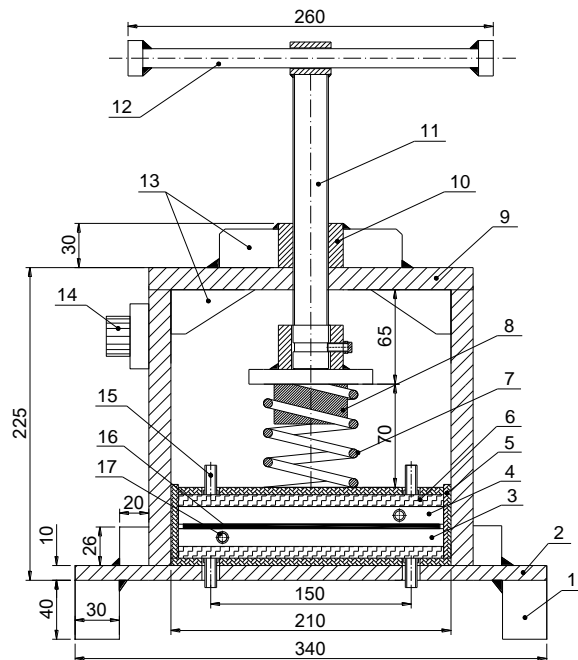
Sau khi tính toán, lựa chọn được các bộ phận như đã đề cập ở phần 2.3, tiến hành lắp ráp các bộ phận lại với nhau để được một thiết bị hoàn chỉnh (CPME-1). Bản vẽ cấu tạo của CPME-1 được thể hiện ở hình 8. Toàn bộ thiết bị bao gồm các chi tiết sau: 1- chân đế, 2- bộ đỡ khuôn, 3- khuôn dưới, 4- khuôn trên, 5- lớp cách nhiệt, cách điện, 6- bộ gia nhiệt, 7- lò xo, 8- chốt định vị lò xo, 9- khung đỡ, 10- đai ốc, 11- trục vít, 12- tay quay, 13- tấm gia cường, 14- bộ điều chỉnh nhiệt, 15- vị trí kết nối với nguồn điện, 16- tấm mẫu, 17- vị trí đặt cảm biến nhiệt.

Từ bản vẽ cấu tạo, tiến hành chế tạo thiết bị theo các bước sau:

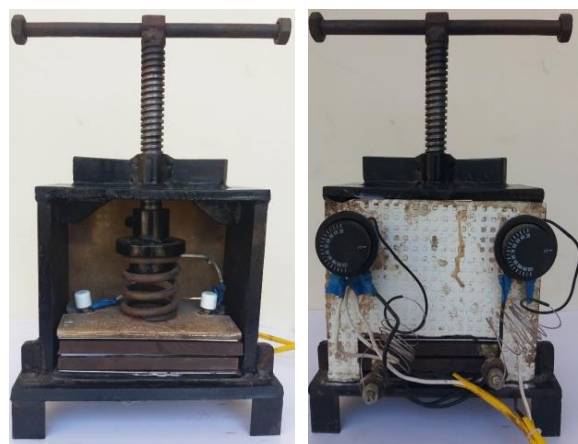
- Chế tạo phần khung và bộ đỡ bằng phương pháp hàn.
- Chế tạo tấm khuôn trên, khuôn dưới và bộ phận gia nhiệt gắn với hai nửa khuôn.
- Chế tạo bộ phận tạo và điều khiển áp lực gồm lò xo, cơ cấu định vị, cơ cấu tay quay – trục vít.
- Lắp ráp nửa khuôn dưới, bộ phận tạo áp lực vào khung và bộ đỡ.

- Lắp ráp cảm biến nhiệt vào hai nửa khuôn, núm điều chỉnh nhiệt độ vào bộ đỡ và kết nối với nguồn điện.

Sản phẩm CPME-1 đã chế tạo thể hiện ở hình 9. Mặt trước của thiết bị (hình 9a) là mặt không bị che kín nhằm thao tác đưa mẫu vào và lấy ra dễ dàng, đồng thời cũng thuận tiện cho việc quan sát mẫu và đo độ dịch chuyển của lò xo. Mặt sau (hình 9b) có lắp tấm che cố định với khung đỡ nhằm chặn sự dịch chuyển của nửa khuôn trên và tấm mẫu, trên tấm che lắp hai núm điều chỉnh nhiệt độ cho hai nửa khuôn (khác với vị trí thể hiện trên bản vẽ cấu tạo ở hình 8).



Hình 8. Cấu tạo thiết bị CPME-1



a) Mặt trước

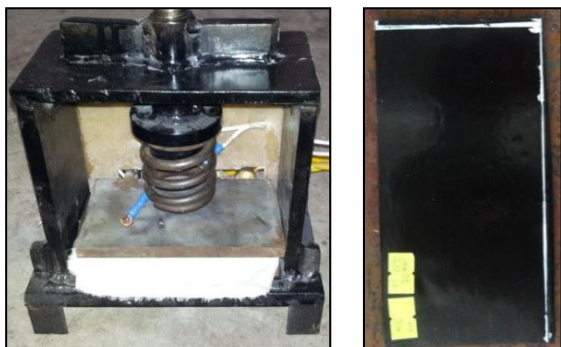
b) Mặt sau

Hình 9. Thiết bị CPME-1

3. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

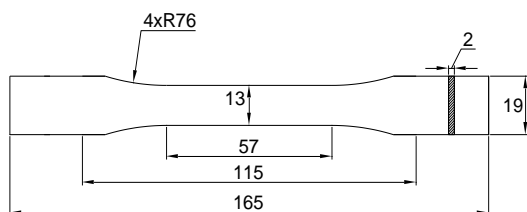
Về chất lượng sản phẩm, CPME-1 đã chế tạo đáp ứng được các yêu cầu kinh tế, kỹ thuật đặt ra. Các kích thước đúng với bản vẽ. Giá trị áp lực được tạo ra theo giá trị độ nén của lò xo nên có thể điều chỉnh vô cấp từ 0 đến 31mm. Nhiệt độ được điều chỉnh ở một số giá trị khác nhau và kết quả đo kiểm tra nhiệt độ trực tiếp trên hai khuôn đúng với chỉ báo ghi trên núm điều chỉnh nhiệt độ. Giá thành của toàn bộ thiết bị khoảng 8,5 triệu đồng.

Để đánh giá hiệu quả của thiết bị CPME-1, tiến hành chế tạo hai tấm mẫu thử từ vật liệu carbon/epoxy dạng băng tấm (USN-125) ở cùng điều kiện nhiệt độ 80°C, áp suất 0,12N/mm² và thời gian 180 phút. Một tấm sử dụng cho thử nghiệm kéo [3] và một tấm sử dụng cho thử nghiệm uốn [4] (hình 10). Tấm gồm 16 lớp (mỗi lớp có chiều dày 0,125mm), tương ứng với chiều dày là 2mm, được ép lại với nhau bằng tay ở nhiệt độ thường.



a) Mẫu đang chế tạo trong khuôn b) Tấm mẫu sau khi tách khuôn

Hình 10. Chế tạo mẫu thử từ CPME-1

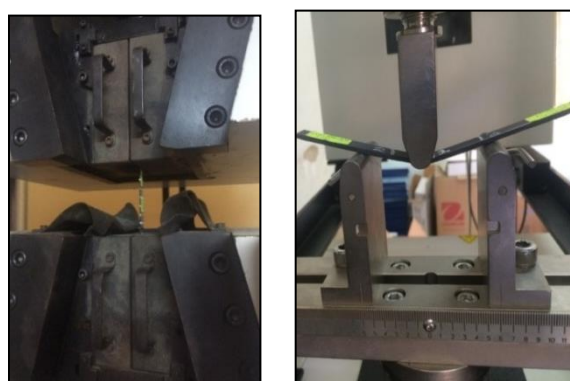


a) Mẫu thử kéo

b) Mẫu thử uốn

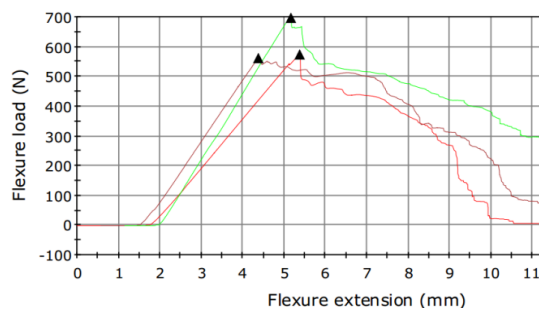
Hình 11. Mẫu thử tiêu chuẩn

Mẫu thử nghiệm kéo được chế tạo và xác định ứng suất, mô đun đàn hồi theo tiêu chuẩn ASTM D – 638, tương ứng đối với thử nghiệm uốn là tiêu chuẩn ASTM D – 790 (hình 11). Mẫu thử sau khi chế tạo được tiến hành thử nghiệm trên máy kéo nén vạn năng CHT với lực kéo 2000KN tại phòng kiểm nghiệm thuộc Viện nghiên cứu chế tạo tàu thủy, Trường Đại học Nha Trang (hình 12). Điều kiện thử nghiệm uốn: tốc độ uốn là 2mm/phút, khoảng cách giữa hai gối là 60mm, nhiệt độ 28°C, độ ẩm 60% và kéo: tốc độ kéo là 1mm/phút, khoảng cách giữa hai ngàm kẹp là 60mm, nhiệt độ 28°C, độ ẩm 60%.



Hình 12. Thử nghiệm mẫu

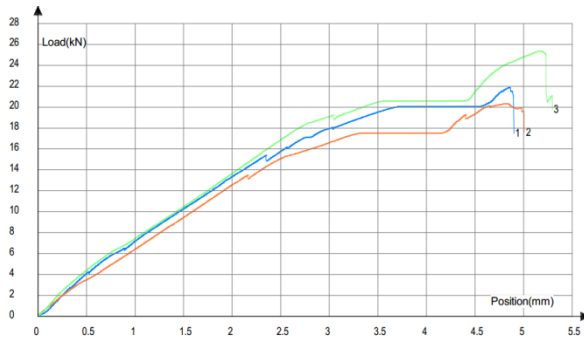
Kết quả thử nghiệm uốn được thể hiện ở hình 13 và bảng 1. Kết quả thử nghiệm kéo được thể hiện ở hình 14 và bảng 2.



Hình 13. Đồ thị thử nghiệm uốn

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm uốn

Thông số	Giá trị thử nghiệm	Giá trị tham khảo [5,6]	Sai số, %
Ứng suất, MPa	1112,74	1300	14,40
Mô đun đàn hồi, GPa	92,72	110	15,71



Hình 14. Đồ thị thử nghiệm kéo

Bảng 2. Kết quả thử nghiệm kéo

Thông số	Giá trị thử nghiệm	Giá trị tham khảo [7]	Sai số, %
Ứng suất, MPa	594,41	600	0,93
Mô đun đàn hồi, GPa	55,37	70	20,90

Kết quả thử nghiệm uốn cho thấy cả giá trị ứng suất uốn và mô đun đàn hồi đều đạt khá cao, trên 84% so với giá trị tương ứng của mẫu chuẩn. Đối với thử nghiệm kéo, giá trị ứng suất đạt rất cao, gần bằng với giá trị ứng suất tiêu chuẩn (99,07%). Tuy nhiên, mô đun

đàn hồi đạt giá trị khá thấp so với giá trị tiêu chuẩn (chỉ trên 79,1%). Các giá trị ứng suất và mô đun đàn hồi của mẫu thử chế tạo bằng CPME-1 đều thấp hơn giá trị tiêu chuẩn tương ứng là do việc xếp lớp được thực hiện bằng tay, phương sợi giữa các lớp không hoàn toàn song song với nhau và điều kiện nhiệt độ, độ ẩm khi chế tạo giữa mẫu chuẩn và mẫu nghiên cứu khác nhau.

4. KẾT LUẬN

Thiết bị CPME-1 được thiết kế phù hợp yêu cầu thực tế, chủ yếu dựa trên các cơ sở lý thuyết về cơ học và nhiệt. Sản phẩm đã chế tạo đáp ứng tốt các yêu cầu kinh tế, kỹ thuật đặt ra. Thiết bị cũng được đánh giá thông qua việc chế tạo và thử nghiệm cơ tính (kéo và uốn) của mẫu thử bằng vật liệu carbon/epoxy dạng băng tằm ở điều kiện nhiệt độ 80°C và áp suất 0,12/mm². Kết quả thử nghiệm cho thấy hầu hết các giá trị đạt được còn thấp so với mẫu chuẩn. Do đó, cần tiếp tục nghiên cứu chế tạo thêm các mẫu ở các điều kiện nhiệt độ và áp suất khác để có đánh giá chính xác thiết bị. Tuy nhiên, với những kết quả đã đạt được, CPME-1 hoàn toàn có thể áp dụng cho học tập và nghiên cứu ở các phòng thí nghiệm không chuyên về vật liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Suong V. Hoa, *Principles of the manufacturing of composite materials*, Destech Publications, Inc., USA, 2009.
- [2] Vasileios M. Drakonakis, James C. Seferis, and Charalambos C. Doumanidis, *Curing pressure influence of out-of-autoclave processing on structural composites for commercial aviation*, *Advances in Materials Science and Engineering*, Volume 2013, pp. 1-14, 2013.
- [3] ASTM D638-03 – Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
- [4] ASTM D790-03 – Standard Test Methods for Flexural Properties of Plastics.
- [5] MatWeb, *Overview of materials for Epoxy/Carbon Fiber Composite*, MatWeb.com.
- [6] Zhiyuan Yu, Rongchang Li, Zhenghua Peng, Yonglian Tang, *Carbon Fiber Reinforced Epoxy Resin Matrix Composites*, *Materials Science: Advanced Composite Materials*, 1(1), pp. 1-6, 2017.
- [7] ACP Composite, “ISO 9001:2008,” Certified I No. 49881, 2009.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Phạm Thanh Nhựt

Khoa Kỹ thuật giao thông, Trường ĐH Nha Trang

Email: nhutpt@ntu.edu.vn