

TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU COMPOSITE SINH HỌC TRÊN CƠ SỞ NHỰA EPOXY EPIKOTE 828 GIA CƯỜNG BẰNG SỢI XƠ MƯỚP

MECHANICAL PROPERTIES OF BIOCOMPOSITE MATERIALS BASED ON EPOXY EPIKOTE 828 REINFORCED WITH LOOFAH FIBERS

Đặng Hữu Trung^{1,*}, Lê Văn Long²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huic5804.2024.098>

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã xác định tính chất cơ học của vật liệu composite sinh học trên cơ sở nhựa epoxy epikote 828 gia cường bằng sợi xơ mướp ở các hàm lượng 0, 5, 10 và 15% khối lượng (KL). Kết quả cho thấy độ bền kéo và độ bền va đập izod được cải thiện tốt khi sử dụng sợi xơ mướp gia cường cho nhựa epoxy. Cụ thể độ bền kéo và độ bền va đập izod của vật liệu composite sinh học đạt giá trị cao nhất tương ứng là 45,6MPa và 9,1kJ/m² ở hàm lượng 15% KL sợi xơ mướp gia cường. Độ bền uốn có giảm đôi chút khi gia cường sợi mướp và đạt giá trị nhỏ nhất là 73,9MPa ở hàm lượng sợi xơ mướp 15% KL. Đặc trưng cấu trúc vật liệu composite sinh học được khảo sát bằng các phương pháp hiển vi điện tử quét (SEM) và phân tích nhiệt trọng lượng (TGA). Kết quả cho thấy ở mẫu không gia cường sợi xơ mướp có bề mặt đứt gãy nhẵn, phẳng thể hiện cho phá hủy giòn. Trong khi đó, ở các mẫu có gia cường sợi xơ mướp thì bề mặt đứt gãy gồ ghề, lộ rõ các xơ sợi mướp có chức năng gia cường trong bề mặt cấu trúc. Điều này cho thấy khi có mặt xơ sợi mướp gia cường làm cho cấu trúc của vật liệu composite sinh học tốt hơn.

Từ khóa: Composite sinh học, nhựa epoxy epikote 828, tính chất cơ học, sợi xơ mướp.

ABSTRACT

In this work, we determined the mechanical properties of biocomposite materials based on epoxy epikote 828 reinforced with loofah fibers at concentrations of 0%, 5%, 10%, and 15%. The results show that the tensile strength and izod impact strength are improved when using loofah fibers to reinforce epoxy resin. Specifically, the tensile strength and izod impact strength of the biocomposite material reached the highest values of 45.6MPa and 9.1kJ/m², respectively, at a content of 15% reinforced loofah fiber. Flexural strength decreased slightly when reinforcing loofah fiber and reached the smallest value of 73.9MPa at 15% loofah fiber content. Structural characteristics of biocomposite materials were investigated using scanning electron microscopy (SEM) and thermogravimetric analysis (TGA) methods. The results show that the unreinforced loofah fiber sample has a smooth, flat fracture surface, indicating brittle failure. In contrast, samples with loofah fiber reinforcement have a rough fracture surface, clearly revealing the loofah fibers that have a reinforcing function in the structural surface. This demonstrates that the presence of loofah fiber reinforcement improves the structure of the biocomposite material.

Keywords: Biocomposite, epoxy epikote 828, mechanical properties, loofah fibers.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trung tâm Vật liệu Hữu Cơ và Hóa phẩm Xây dựng, Viện Vật liệu Xây dựng

*Email: huutrong@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/11/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/3/2024

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, việc sử dụng vật liệu polymer composite có nguồn gốc tự nhiên (biocomposite) đang trở thành một xu thế tất yếu, do chúng thân thiện với môi trường, tiết kiệm năng lượng và ít tác động xấu đến sức khỏe cho người sử dụng. Vật liệu composite trên cơ sở nhựa nền kết hợp với sợi tự nhiên gia cường là một loại composite sinh học đặc trưng. Chất gia cường cho loại vật liệu này thường là sợi tự nhiên, chúng có khả năng tự phân hủy sinh học, nên được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm nghiên cứu [1-12].

C. C. Daniel-Mkpume và cộng sự [13] đã nghiên cứu ảnh hưởng của xơ sợi mướp ở các hàm lượng 2, 4, 6% kết hợp với 10% xơ sợi mướp dạng bột nghiền trên cơ sở nhựa nền epoxy đến tính chất kéo, uốn và va đập của vật liệu composite. Kết quả nghiên cứu cho thấy ở hàm lượng xơ sợi mướp 4% kết hợp với 10% xơ sợi mướp dạng bột nghiền cho độ bền cơ học tốt nhất. R. Panneerdhassa và cộng sự [14] đã nghiên cứu chế tạo vật liệu composite sinh học trên cơ sở nhựa epoxy gia cường bằng xơ sợi mướp kết hợp với vỏ hạt lạc ở các hàm lượng 10, 20, 30, 40 và 50%. Nhóm tác giả đã xác định tính chất cơ học, bề mặt ảnh SEM phá hủy của mẫu và độ hấp thụ nước, kết quả cho thấy hàm lượng sợi gia cường càng

lớn thì độ bền cơ học càng cao. M. Wang và nhóm nghiên cứu [15] đã sử dụng sợi nano cellulose có nguồn gốc từ cây đay ở các hàm lượng 0; 0,5; 1,0; 1,5 và 2,0% gia cường cho polyvinyl alcohol (PVA). Kết quả cho thấy ở hàm lượng 2,0% nano xenlulo cho tính chất cơ học tốt nhất.

Một số nghiên cứu trong nước [16-22] đã sử dụng các loại sợi thực vật như tre, nứa, đay, chuối gia cường cho các loại nền nhựa như polypropylen, polyvinylclorua, polyste không no và epoxy. Kết quả cho thấy khi có mặt sợi tự nhiên gia cường cho nền nhựa đã cải thiện đáng kể về tính chất cơ học, đặc biệt là độ bền kéo và độ bền va đập của vật liệu. Composite sinh học có ưu điểm là thân thiện với môi trường, nhẹ, có khả năng giảm âm cao hơn so với composite gia cường bằng sợi tổng hợp, đồng thời có giá thành thấp nên chúng ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp, đặc biệt là ngành công nghiệp ô tô [23, 24].

Từ những công trình trong và ngoài nước được phân tích, cập nhật chúng tôi triển khai thực hiện chế tạo vật liệu composite sinh học trên cơ sở nhựa epoxy epikote 828 gia cường bằng sợi xơ mướp của Việt Nam đã qua xử lý kiềm ở các hàm lượng 0, 5, 10 và 15% KL, sử dụng chất khâu mạch fujicure FXD 822, đồng thời khảo sát tính chất nhiệt, hình thái cấu trúc và tính chất cơ học của composite sinh học chế tạo được.

2. THỰC NGHIỆM

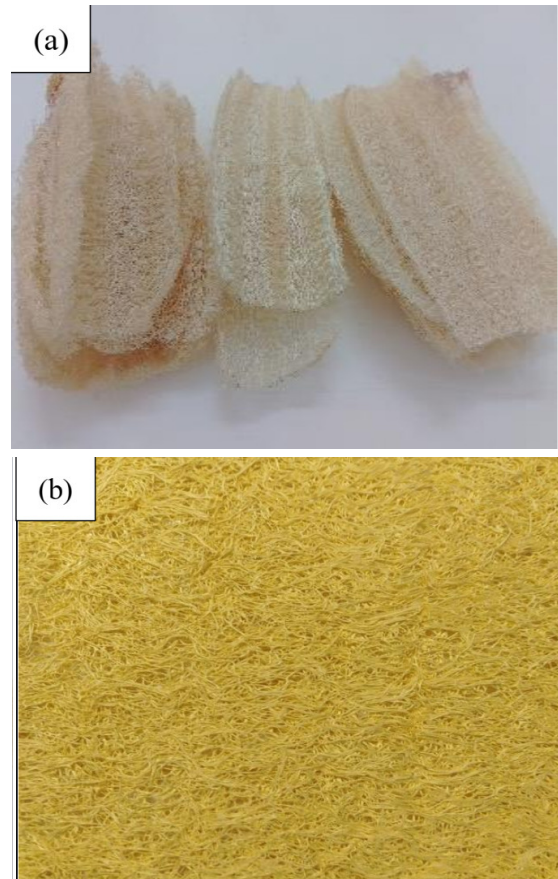
2.1. Hóa chất, thiết bị

- Xơ sợi mướp được thu hái tại huyện Thanh Trì - TP. Hà Nội.
- Nhựa epoxy Epikote 828 (Shell Chemicals) có khối lượng riêng ở 25°C là 1,16, hàm lượng nhóm epoxy 22,63%, độ nhớt 12 - 14Pa.s (25°C).
- Chất đóng rắn fujicure FXD 822 (Đài Loan) có độ nhớt ở 25°C là 600 ÷ 700mPa.s, tỷ trọng ở 25°C là 1,03 và có điểm chớp cháy 115°C.
- Tủ sấy, bơm hút chân không, tấm kính phẳng, chất chống dính was 8, lô sắt và con lăn ép nhựa.

2.2. Chế tạo vật liệu biocomposite

Quả mướp khô được tách vỏ, lấy ruột và được xử lý kiềm ở nồng độ 6%, trong thời gian 6h, ở nhiệt độ 70°C [25], rồi rửa sạch kiềm cho đến trung tính. Sau khi xử lý kiềm, mẫu được ép phẳng theo dạng tấm và sấy khô ở nhiệt độ 80°C trong thời gian 8h. Sản phẩm thu được là các tấm sợi xơ mướp phẳng có kích thước 20 x 30 cm (hình 1).

Vật liệu composite sinh học được chế tạo bằng phương pháp lăn ép bằng tay ở nhiệt độ phòng. Trong quá trình chế tạo, do đặc tính của sợi mướp có cấu trúc tổ ong, khối lượng riêng của sợi xơ mướp thấp nên khi chế tạo mẫu ở các hàm lượng sợi lớn hơn 15% KL dẫn tới lượng nhựa không điền đầy ở các mẫu, làm cho mẫu bị khuyết tật. Với những phân tích ở trên, chúng tôi khống chế hàm lượng sợi không vượt quá 15% KL và đã chế tạo vật liệu composite sinh học ở các hàm lượng sợi xơ mướp 0, 5; 10 và 15% KL. Thành phần chi tiết các cấu tử của composite sinh học được trình bày trong bảng 1.



Hình 1. Quả mướp khô tách vỏ (hình 1a) và tấm sợi xơ mướp thành phẩm (hình 1b)

Bảng 1. Thành phần các cấu tử trong vật liệu biocomposite

Composite sinh học	Hàm lượng sợi xơ mướp (% LK)	Nhựa epoxy (% LK)	Fujicure (% KL)
1	0	66,5	33,5
2	5	63,3	31,7
3	10	60,0	30,0
4	15	56,5	28,5

2.3. Phân tích nhiệt trọng lượng (TGA)

Phân tích nhiệt trọng lượng TGA của mẫu composite sinh học được thực hiện trên máy LINSEIS (Đức). Mẫu được đựng trong chén platin, gia nhiệt với tốc độ 10°C/phút trong môi trường không khí từ nhiệt độ phòng đến 800°C.

2.4. Tính chất cơ học

Độ bền kéo đứt của mẫu composite sinh học được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D638 trên thiết bị Shimadzu AGX-50kNVD (Nhật Bản). Độ bền uốn của mẫu composite sinh học được xác định theo tiêu chuẩn D790-03 trên thiết bị Shimadzu AGX-50kNVD (Nhật Bản). Độ bền va đập của mẫu composite sinh học được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D256 trên thiết bị Charpy 402D-Z2 Testresources (Mỹ).

2.5. Hình vi điện tử quét (SEM)

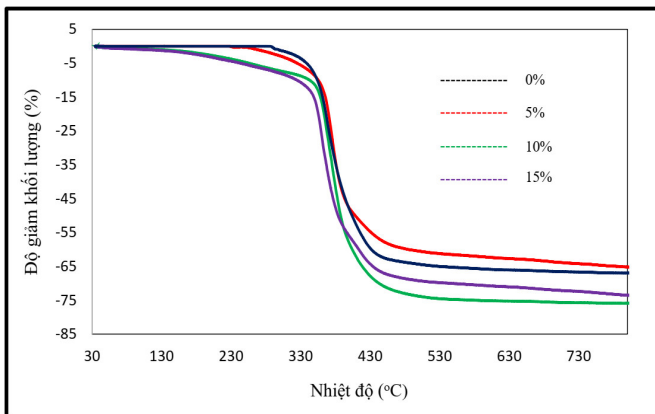
Hình thái học bề mặt phá hủy của các mẫu composite sinh học được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM)

JEOL 6490 (Nhật Bản). Trước khi quan sát bằng ảnh SEM, tất cả các mẫu composite sinh học được phủ bằng lớp mỏng Pt để tránh hiện tượng tích điện.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng hàm lượng xơ sợi mướp gia cường đến tính chất nhiệt của vật liệu composite sinh học

Các nghiên cứu chỉ ra rằng khi đưa sợi xenlulo vào gia cường nền nhựa polyme dẫn đến tính chất nhiệt của vật liệu composite có xu hướng giảm tỷ lệ thuận với hàm lượng cellulose gia cường [15, 25]. Đã xác định tính chất nhiệt TGA của vật liệu composite sinh học chế tạo từ nhựa nền epoxy, sử dụng chất khâu mạch Fujicure, gia cường bằng xơ sợi mướp dạng tấm mat ở các hàm lượng 0, 5, 10 và 15% PKL, kết quả nhận được trình bày trên hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của hàm lượng xơ sợi mướp gia cường đến tính chất nhiệt của composite sinh học

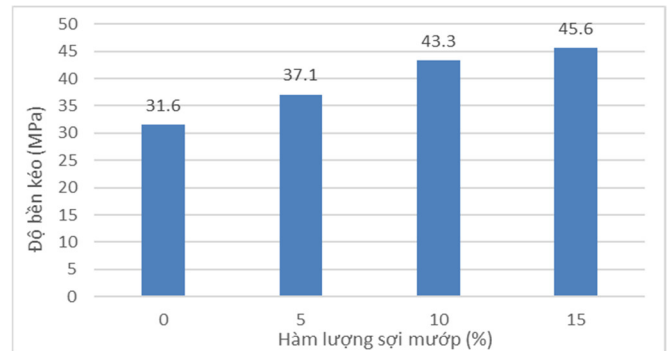
Kết quả trên hình 2 cho thấy, không có sự thay đổi nhiều về tính chất nhiệt của các mẫu composite sinh học. Quá trình phân hủy vật liệu composite sinh học qua hai giai đoạn. Giai đoạn đầu có nhiệt độ phân hủy cực đại khoảng 300°C, được cho là sự phân hủy của hemicellulose và sự phân cắt liên kết glycoside của cellulose [15]. Giai đoạn 2 ở nhiệt độ phân hủy cực đại khoảng 400°C, được cho là quá trình phân hủy của nhựa epoxy [15, 25]. Nhìn chung, hàm lượng xơ sợi mướp gia cường trong vật liệu composite sinh học càng tăng thì đường phổ TGA có xu hướng càng dịch về phía dưới trục hoành, điều này cho thấy lượng vật chất bị suy giảm do nhiệt càng lớn.

3.2. Ảnh hưởng hàm lượng xơ sợi mướp đến độ bền kéo của vật liệu composite sinh học

Các mẫu vật liệu composite chế tạo từ nhựa nền epoxy, sử dụng chất khâu mạch Fujicure, được gia cường bằng xơ sợi mướp dạng tấm mat với các hàm lượng 0; 5; 10 và 15% KL. Sau một tuần mẫu ổn định đem xác định độ bền kéo, kết quả nhận được trình bày trên hình 3.

Kết quả trên hình 3 cho thấy, hàm lượng xơ sợi mướp gia cường ảnh hưởng đáng kể đến độ bền kéo của vật liệu composite sinh học. Hàm lượng xơ sợi mướp gia cường càng tăng thì độ bền kéo tăng tương ứng. Hàm lượng xơ tăng từ 0 lên 10% KL thì độ bền kéo tăng tương ứng từ 31,6 đến 43,3MPa, nếu tiếp tục tăng hàm lượng xơ gia cường lên 15%

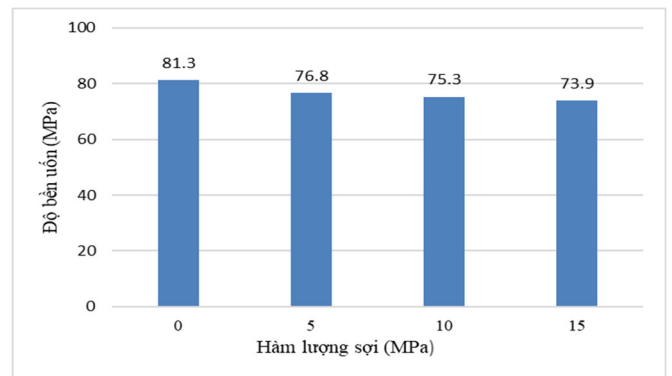
KL thì độ bền kéo tăng không nhiều và đạt 45,6MPa. Như vậy, khi gia cường xơ mướp lên 15% KL độ bền kéo tăng từ 31,6MPa lên 45,6MPa (tăng 44,3%), chúng đóng vai trò như một chất gia cường cho vật liệu composite sinh học.



Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng xơ sợi mướp đến độ bền kéo của composite sinh học

3.3. Ảnh hưởng hàm lượng xơ sợi mướp đến độ bền uốn của vật liệu composite sinh học

Đã xác định độ bền uốn của mẫu composite sinh học, gia cường bằng xơ sợi mướp ở các hàm lượng khác nhau, kết quả nhận được trình bày trên hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của hàm lượng xơ sợi mướp đến độ bền uốn của composite sinh học

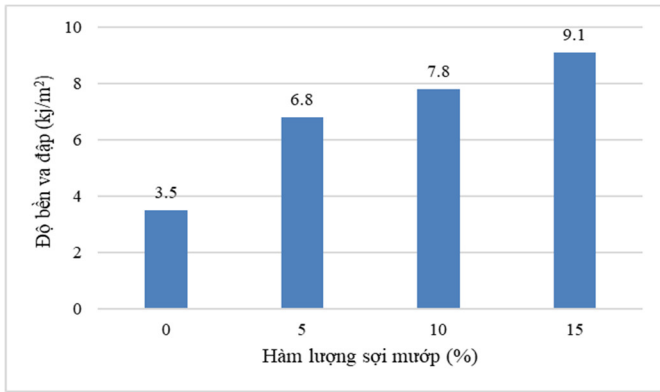
Kết quả trên hình 4 cho thấy, hàm lượng xơ sợi mướp gia cường ảnh hưởng không nhiều đến độ bền uốn của vật liệu composite sinh học. Quy luật chung là hàm lượng xơ sợi mướp càng cao thì độ bền uốn càng giảm và đạt giá trị nhỏ nhất 73,9MPa ở hàm lượng xơ mướp 15% KL.

Các nghiên cứu trước đây cho thấy khi gia cường sợi cellulose trên nền nhựa nhiệt rắn tính chất uốn đều có xu hướng giảm xuống và kết quả nhận được trong nghiên cứu này cũng hoàn toàn tương tự với các công trình nghiên cứu [11, 12, 20].

Xây ra điều này có thể là do sợi thực vật có đặc tính mềm dẻo, khả năng chịu uốn kém nên khi gia cường sẽ ảnh hưởng ít nhiều đến độ bền uốn của vật liệu composite.

3.4. Ảnh hưởng hàm lượng xơ sợi mướp đến độ bền va đập của vật liệu composite sinh học

Đã xác định độ bền va đập của mẫu vật liệu composite sinh học ở các hàm lượng xơ sợi mướp gia cường khác nhau, kết quả nhận được trình bày trên hình 5.



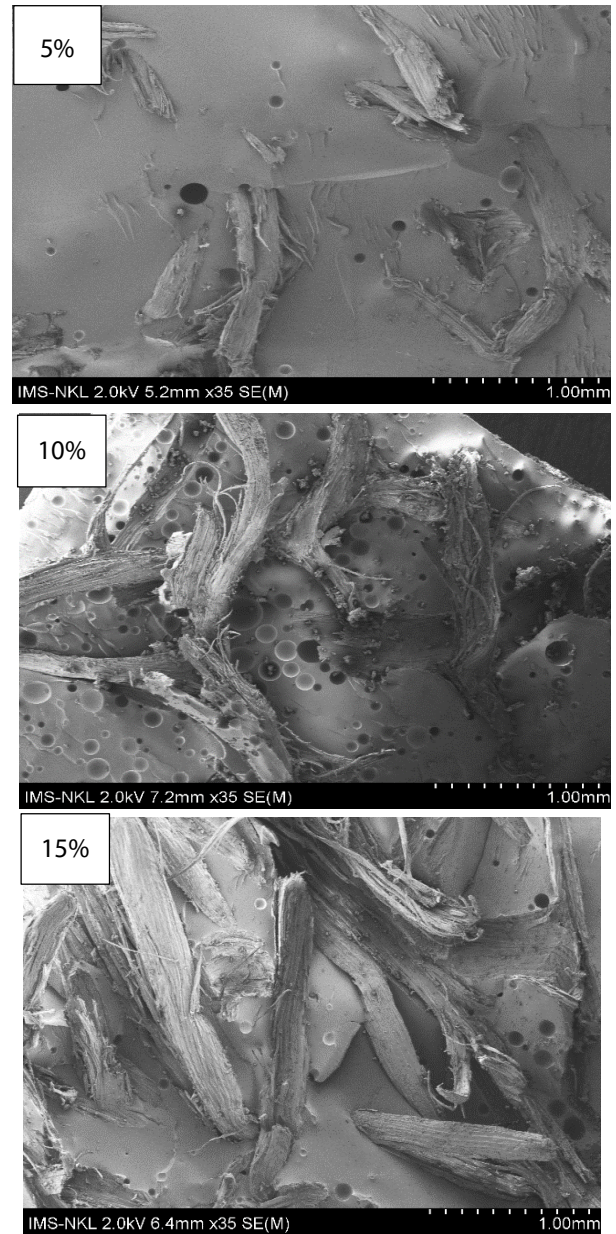
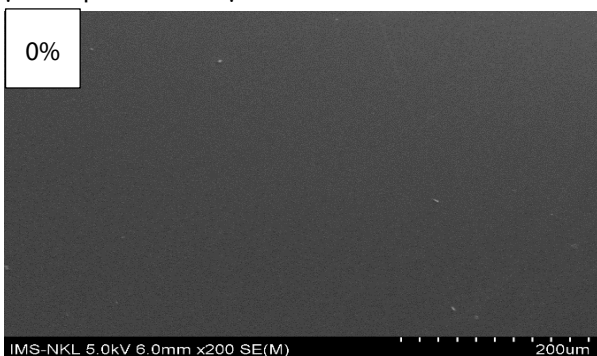
Hình 5. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi mướp đến độ bền và đập của composite sinh học

Kết quả trên hình 5 cho thấy, hàm lượng sợi mướp gia cường ảnh hưởng lớn đến độ bền và đập izod của vật liệu composite sinh học, hàm lượng sợi càng cao độ bền và đập càng lớn. Cụ thể khi tăng hàm lượng sợi gia cường lên từ 0 đến 15% thì độ bền và đập tăng tương ứng từ 3,5 đến 9,1kJ/m² (tăng 160%). Các nghiên cứu trước đây cho thấy, khi đưa chất gia cường cellulose vào nền nhựa epoxy đều cải thiện được độ bền kéo và đặc biệt là độ bền va đập của vật liệu composite một cách đáng kể. Độ bền va đập của vật liệu composite liên quan đến độ bền dai và thường độ bền dai của vật liệu càng lớn thì độ bền va đập của composite càng tăng [26, 27], sợi xơ mướp trong trường hợp này đóng vai trò như một chất tăng dai và gia cường cho vật liệu composite sinh học.

3.5. Hình thái cấu trúc SEM

Đã xác định cấu trúc bề mặt đứt gãy của mẫu vật liệu composite sinh học ở các hàm lượng sợi xơ mướp gia cường khác nhau. Kết quả nhận được trình bày trong hình 6.

Từ hình 6 cho thấy, cấu trúc bề mặt đứt gãy có sự khác biệt. Cụ thể ở mẫu không chứa sợi mướp gia cường (mẫu 0%) bề mặt đứt gãy nhẵn và phẳng thể hiện tính chất phá hủy dòn của vật liệu, đối với tính chất này thì độ bền cơ học thường không cao. Trong khi đó ở các mẫu gia cường bằng sợi xơ mướp dạng tấm ở các hàm lượng 5%, 10% và 15% cho bề mặt đứt gãy gồ ghề, xuất hiện sợi mướp kết dính với nền nhựa epoxy với tuần suất nhiều hơn khi tăng hàm lượng sợi. Điều này cho thấy với sự có mặt của sợi gia cường đã làm cho vật liệu composite sinh học có kết cấu chặt chẽ và bền vững hơn, sợi đã đóng vai trò là một chất gia cường cho nền nhựa composite sinh học.



Hình 6. Bề mặt phá hủy của mẫu composite sinh học ở các hàm lượng sợi xơ mướp gia cường khác nhau

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu ảnh hưởng của sợi xơ mướp gia cường ở các hàm lượng 0%, 5%, 10% và 15% KL đến độ bền nhiệt, tính chất cơ học và bề mặt phá hủy mẫu thông qua ảnh SEM của vật liệu composite sinh học. Kết quả cho thấy độ bền nhiệt của vật liệu composite sinh học có xu hướng giảm khi tăng hàm lượng sợi gia cường. Trong khi đó, độ bền cơ học được cải thiện đáng kể, độ bền kéo tăng từ 31,6MPa lên 45,6MPa (tăng 44,3%) và độ bền va đập izod tăng 160% (từ 3,5kJ/m² lên 9,1kJ/m²) khi gia cường sợi xơ mướp với hàm lượng 15% KL. Ở hàm lượng sợi xơ mướp gia cường lớn hơn 15% KL, do đặc tính của sợi xơ mướp có cấu trúc tổ ong, khối lượng riêng thấp nên khi chế tạo dẫn tới lượng nhựa không điền đầy trong toàn bộ mẫu vật liệu composite, làm cho mẫu bị khuyết tật và điều này dẫn đến sự suy giảm tính chất cơ

học của biocomposite, do đó chúng tôi đã khống chế lượng sợi gia cường không lớn hơn 15% KL. Bề mặt đứt gãy của mẫu biocomposite sinh học thông qua ảnh SEM ở các hàm lượng sợi gia cường khác nhau cho thấy ở mẫu không gia cường có bề mặt đứt gãy nhẵn và phẳng, còn ở các mẫu có gia cường thì bề mặt đứt gãy gồ gề, lượng sợi bám dính lên nền nhựa nhiều hơn khi tăng hàm lượng sợi. Những kết luận trên cho thấy khi có mặt sợi xơ mướp gia cường đã làm cho vật liệu composite sinh học có cấu trúc bền vững và chặt chẽ hơn nên cải thiện đáng kể về tính chất cơ học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Mohamad Alhijazi, Babak Safaei, Qasim Zeeshan, Mohammed Asmael, Arameh Eyvazian and Zhaoye Qin, "Recent Developments in Luffa Natural Fiber Composites: Review," *Sustainability*, 12, 7683, 2020. doi:10.3390/su12187683.
- [2]. Md Syduzzaman, Md Abdullah Al Faruque, Kadir Bilisik, Maryam Naebe, "Plant-Based Natural Fibre Reinforced Composites: A Review on Fabrication, Properties and Applications," *Coatings*, 10, 973, 2020. doi:10.3390/coatings10100973.
- [3]. M. Boopalan, M. Niranjana, M. J. Umapathy, "Study on the mechanical properties and thermal properties of jute and banana fiber reinforced epoxy hybrid composites," *Composite s: Part B* 51, 54-57, 2013.
- [4]. A. Issa, A. Salihi, A. B. Aliyu, "Automotive Applications of Animal and Plant Fiber Based Thermoplastic Composite: A Review," *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 11, 08, 83-94, 2022.
- [5]. Venkatesh Naik, Mohan Kumar and Vijayananda Kaup, "A Review on Natural Fiber Composite Materials in Automotive Applications," *Eng. Sci.*, 18, 1-10, 2022.
- [6]. Mohamed H. Gabra, Mostafa Abd Elrahman, Kazuya Okubo, Toru Fujii, "A study on mechanical properties of bacterial cellulose/epoxy reinforced by plain woven carbon fiber modified with liquid rubber," *Composites: Part A.*, 41, 1263-1271, 2010.
- [7]. Marissa A. Paglicawan, Ma. Susana Cabillon, Rosito P. Cerbito, Elizabeth O. Santos, "Loofah Fiber as Reinforcement Material for Composite," *Philippine Journal of Science*, 134 (2): 113-120, 2005.
- [8]. H. P. S Albdul Khalil, A. H. Bhat, A. F. Ireana Yusra, "Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review," *Carbohydrate Polymers*, 87, 963-979, 2012.
- [9]. Kaho Matsuoka, Kazuya Okubo, Toru Fujii, "Application of high homogenization technique to fabrication of electric testing drive disk using microfibrillated cellulose bacteria cellulose," *Proceedings of 3rd Int.conference on Material and Processing*, OCT 2008 Northwestern univers. Evanston, Illinois, USA, 2008.
- [10]. Mohamed E. Malainine, Mostapha Mahrouz, Alain Dufresne, "Thermoplastic nanocomposites based on cellulose microfibrils from *Opuntia ficus-indica* farenchyma cells," *Composite Sci. and Technol*, 65, 1520-1525, 2005.
- [11]. A. Dufresne, J. Y Cavaillé, M. R. Vignon, "Mechanical behaviors of sheets prepared from sugar beet cellulose microfibrils," *J. Appl. Polym Sci.*, 64, 1185-1194, 1997.
- [12]. Nathalie Lavoine, Isabelle Desloges, Alain Dufresne, Juken Bras, "Microfibrillated cellulose Its barrier properties and application," *Carbohydrate Polymers*, 90, 735-764, 2012.
- [13]. C. C. Daniel-Mkpume, C. Ugochukwu, E. G. Okonkwo, O. S. I. Fayomi, S. M. Obiorah, "Effect of Luffa cylindrica fiber and particulate on the mechanical properties of epoxy," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102:3439-3444, 2019. https://doi.org/10.1007/s00170-019-03422-w.
- [14]. R. Panneerdhassa, A. Gnanavelbabub, K. Rajkumar, "Mechanical Properties of Luffa Fiber and Ground nut Reinforced Epoxy Polymer Hybrid Composites," *Procedia Engineering*, 97, 2042 – 2051, 2014.
- [15]. M. Wang, X. Miao, H. Li, Ch. Chen, "Effect of Length of Cellulose Nanofibers on Mechanical Reinforcement of Polyvinyl Alcohol," *Polymers*, 14, 128. https://doi.org/10.3390/polym14010128. 2022.
- [16]. Tran Vinh Dieu, *Nghien cuu trien khai vat lieu polymer composit su dung trong ky thuat dien va dien tu*. State-level scientific research topic, Code KHCN 03.16, Hanoi, Vietnam, 2001.
- [17]. Tran Vinh Dieu, *Che tao vom che may bay quan su SU*. State-level scientific research topic, Hanoi, Vietnam, 2001.
- [18]. Tran Vinh Dieu, Bui Chuong, *Nghien cuu vau dung soi thuc vat nguon nguyn lieu co kha nang tai tao de bao ve moi trung*. Publishing House for Science and Technology, 2011.
- [19]. Bui Chuong, *Nghien cuu che tao cac loai soi ngan va vai mat tu tre va luong de gia cuong cho vat lieu polyme composit than thien moi trung*. State-level scientific research topic, Code KC02.02/06-10, 2010.
- [20]. Bui Chuong, *Nghien cuu va phat trien vat lieu composit di tu soi tu nhien*. Ministry of Education and Training scientific research topic, Hanoi. 2009.
- [21]. Tran Vinh Dieu, Nguyen Pham Duy Linh, Pham Gia Huan, "Research on manufacturing polymer composites based on polypropylene (PP) short bamboo fiber reinforced and their products," *Journal of Chemistry*, 43(2), 223-227, 2005.
- [22]. Tran Vinh Dieu, Bui Chuong, Nguyen Huy Tung, Phan Thi Minh Ngoc, Nguyen Pham Duy Linh, Pham Gia Huan, Nguyen Thi Thuy, Tran Kim Dung, Tran Hai Ninh, "Review: Research and application of bamboo and jute fibers reinforced polymer composites in Vietnam." *Journal of Chemistry*, 47(2), 236 - 246. 2009.
- [23]. Tran Vinh Dieu, Ho Xuan Nang, Pham Anh Tuan, Doan Thi Yen Oanh, *Vat lieu polymer composite*. Publishing House for Science and Technology, 2020.
- [24]. Ho Xuan Nang, Tran Vinh Dieu, *Chat deo va polymer composite trong cong nghiep che tao ô tô*. Publishing House for Science and Technology, 2021.
- [25]. Dang Huu Trung, Nguyen The Huu, Nguyen Tuan Anh, Doan Thi Yen Oanh, Nguyen Minh Viet, Trinh Thi Hai, Tran Van Bach, Nguyen Van Bang, "Effect of micro-sized luffa cylindrica fibers on the mechanical properties of epoxy epikote 828," *Vietnam J. Chem.*, 2023, DOI: 10.1002/vjch.202300212.
- [26]. M. H. Gabr, M. A. Elrahman, K. Okubo, T. Fujii, "Effect of microfibrillated cellulose on mechanical properties of plain-woven CFRP reinforced epoxy," *Compos. Struct.*, 92, 1999- 2006, 2010.
- [27]. H. Saghafi, M. Fotouhi, G. Minak, "Improvement of the Impact Properties of Composite Laminates by Means of Nano-Modification of the Matrix-A Review," *Appl. Sci.*, 8, 1-26, 2018.

AUTHORS INFORMATION

Dang Huu Trung¹, Le Van Long²

¹Hanoi University of Industry, Vietnam

²Center for Organic Materials and Construction Chemicals, VietNam Institute For Building Materials, Vietnam