

Nghiên cứu khả năng sử dụng xơ da thuộc để chế tạo vật liệu compozit nền nhựa epoxy

Study on the Possibility of using Leather Fibers to Make Epoxy Composite

Bùi Văn Huân^{1,*}, Đoàn Anh Vũ¹, Nguyễn Phạm Duy Linh¹, Ngô Thị Kim Thoa²

¹ Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

² Trường Đại học Công nghiệp Dệt may Hà Nội, Xã Lê Chi, huyện Gia Lâm, thành phố Hà Nội

Đến Tòa soạn: 23-01-2018; chấp nhận đăng: 18-01-2019

Tóm tắt

Ngành sản xuất giày và sản phẩm da nước ta tạo ra lượng lớn da thuộc phế liệu và việc xử lý chúng gặp nhiều khó khăn. Trong nghiên cứu này, da thuộc phế liệu được nghiền xé thành dạng xơ da có đường kính $0,08 \div 0,3$ mm, chiều dài $5 \div 15$ mm. Xơ da được trộn với nhựa nền epoxy (có các phụ gia) và được ép thành vật liệu compozit (có tỷ lệ xơ da/nhựa nền khác nhau) với các chế độ công nghệ ép khác nhau. Các mẫu vật liệu compozit được thử nghiệm độ bền đứt, độ bền uốn, độ bền va đập. Hình thái học của vật liệu compozit được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét hiệu ứng trường (FE-SEM). Vật liệu compozit có các tính chất tốt với tỷ lệ pha trộn xơ da là 40%. Chế độ ép vật liệu compozit phù hợp: áp suất ép 5 atm, nhiệt độ ép 60 °C và thời gian ép 2 h.

Từ khóa: Compozit xơ da, xơ da thuộc, xơ da epoxy

Abstract

Vietnamese footwear and leather goods industries generate large amounts of chrome tanned leather wastes and their treatment is difficult. In this study, the dry leather waste was grounded in a hammer miller, to get short leather fibers with a diameter of $0.08 \div 0.3$ mm, length $5 \div 15$ mm. Fibers are mixed with epoxy resin (with additives) and pressed into composite materials (with different ration of epoxy resin/leather fibers) by different press technology parameters. Composite samples were tested for breaking strength, bending strength and impact strength. The morphology of the composite material was observed by field effect electromagnetic microscope (FE-SEM). Composite materials have good properties with a leather fibers ratio of 40%. The suitable press technology parameters for the composite are pressure of 5 atm, pressing temperature of 60 °C and pressing time of 2h.

Keywords: Composite epoxy/leather, composite leather, leather fiber.

1. Đặt vấn đề

Theo kết quả Dự án “Khảo sát, đánh giá thực trạng tiêu hao các loại nguyên vật liệu và chất thải rắn trong ngành da giày Việt Nam” do Viện Nghiên cứu Da giày thực hiện, năm 2014, ở nước ta, hàng năm, các doanh nghiệp sản xuất giày dép và túi cặp thải vào môi trường trên 150 nghìn tấn chất thải rắn, trong đó khoảng 60% là da thuộc phế liệu. Với tốc độ phát triển như hiện nay, đến năm 2025, lượng chất thải rắn của ngành Da giày nước ta đạt khoảng 300 nghìn tấn. Hiện nay, tại Việt Nam chất thải rắn của ngành Da giày được xử lý bằng cách chôn lấp hoặc đốt bỏ nên gây ô nhiễm môi trường, lãng phí nguồn xơ collagen tự nhiên trong da.

Trên thế giới, giải pháp được sử dụng nhiều đối với phế thải rắn dạng xơ sợi là sử dụng làm thành phần phân tán cho vật liệu compozit [1-6]. Đối với

phế liệu da thuộc, đã có nhiều nghiên cứu sử dụng các nền polyme khác nhau như nhựa nhiệt rắn (epoxy [1], nhựa gốc phenol [2]), nhựa nhiệt dẻo (polyvinyl butyral [3], polyvinyl clorua [4,5], polymethyl methacrylat...), các loại cao su tổng hợp (butadien, styren butadien, cao su nitril...) để chế tạo vật liệu compozit. Tuy vậy, chưa có nghiên cứu chuyên sâu về vật liệu compozit epoxy với pha phân tán là xơ da.

Nhựa epoxy là một loại nhựa nhiệt rắn tồn tại ở trạng thái lỏng nhớt, khi có mặt của chất đóng rắn sẽ chuyển sang trạng rắn. Nhựa epoxy được sử dụng nhiều trong sản xuất vật liệu compozit. Trong nghiên cứu này, tiến hành khảo sát khả năng sử dụng loại nhựa này kết hợp với xơ da thuộc phế liệu để chế tạo vật liệu compozit.

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất và xơ da sử dụng

Nhựa epoxy (ER) Epikote 828, có xuất xứ từ Mỹ, hàm lượng nhóm epoxy 22,63%, độ nhớt 12-14 Pa.s (25⁰).

* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 989890521
Email: huan.buiivan@hust.edu.vn

Chất đóng rắn diethyltriamin (DETA), của Trung Quốc. Khối lượng chất đóng rắn KL cho vào nhựa epoxy là 11,5% và được xác định theo công thức:

$$KL = (M \cdot a \cdot k) / (43 \cdot n),$$

trong đó: *M*: Khối lượng phân tử DETA;

k: Hệ số phụ thuộc thời tiết;

43: Khối lượng phân tử nhóm epoxy;

n: Số nguyên tử hydro hoạt động trong amin;

a: % nhóm epoxy có trong nhựa epoxy.

Dung môi axeton của Trung Quốc.

Chất hoạt động bề mặt Levotan: Đây là hợp chất hữu cơ có tác dụng làm tăng khả năng thấm ướt của nhựa nền epoxy vào xơ da.

Xơ da mịn có đường kính 0,08 ÷ 0,3 mm, chiều dài 5 ÷ 15 mm thu được sau quá trình nghiền xé khô (bằng máy nghiền búa) từ phế liệu da bò cật không nhuộm màu.

2.2. Các nội dung nghiên cứu

Khảo sát khả năng đóng rắn của epoxy với chất khâu mạch DETA khi có mặt xơ da thông qua xác định hàm lượng phần gel.

Khảo sát ảnh hưởng của áp lực, nhiệt độ và thời gian nén ép định hình tới độ bền cơ học của vật liệu composit epoxy/xơ da: Thử nghiệm ép mẫu với các điều kiện ép khác nhau: nhiệt độ 50, 60 và 70 °C, thời gian 1, 2 và 3 h, áp suất 3, 5, 10 atm. Đánh giá các tính chất cơ học của các mẫu vật liệu.

Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da, chất hoạt động bề mặt (chất HDBM) tới độ bền cơ học của vật liệu composit epoxy/xơ da, sự phân tán xơ da trong vật liệu composit.

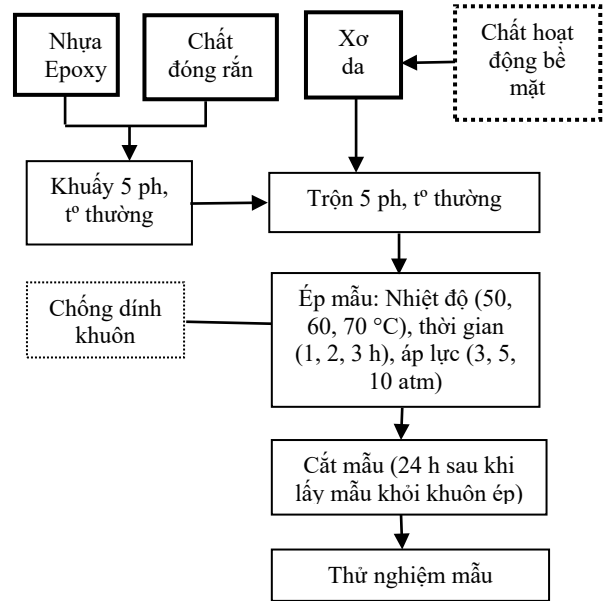
2.3. Phương pháp và trang thiết bị nghiên cứu

Chuẩn bị mẫu thí nghiệm cho các nội dung nghiên cứu theo quy trình như trên hình 1.

Để chuẩn bị mẫu, sử dụng các dụng cụ và thiết bị của Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu Polyme, trường đại học Bách khoa Hà Nội, cụ thể: Bộ soxhlet; Cân điện tử DJ-300TW, VIBRA, SHINKO; Khuôn ép mẫu kích thước 20x20 cm, lô lãn; Máy khuấy cơ học; Máy ép mẫu Gotech có lực ép đến 30 tấn.

Tiêu chuẩn và thiết bị thử mẫu: Độ bền kéo đứt của mẫu thử được xác định theo ISO 527-1993, độ bền uốn theo ISO 178: 1993 trên máy INSTRON 5582, độ bền va đập theo ISO 179:1993 trên máy TINIUS OLSEN. Hình thái học của vật liệu được đánh giá thông qua sự phân bố của các pha trong vật liệu theo ảnh chụp bề mặt của vật liệu bằng máy chụp hiển vi điện tử quét (SEM) JEOLJSM-7600F. Đánh

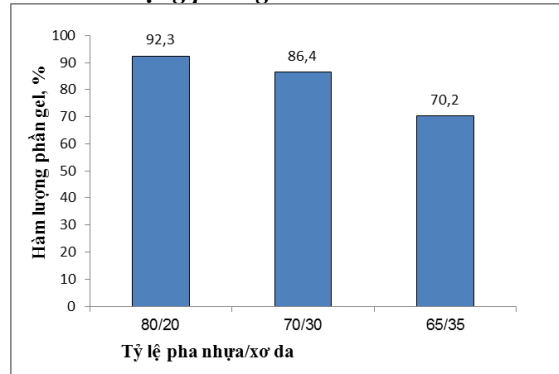
giá độ hút nước, độ trương nở của vật liệu bằng phương pháp cân, đo. Xác định hàm lượng phần gel sử dụng bộ soxhlet.



Hình 1. Quy trình chuẩn bị mẫu thí nghiệm

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng xơ da tới hàm lượng phần gel



Hình 2. Hàm lượng phần gel theo tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da

Kết quả trên hình 2 cho thấy hàm lượng phần gel tỷ lệ nghịch với hàm lượng xơ. Khi hàm lượng xơ trong mẫu tăng từ 20% lên tới 35%, hàm lượng phần gel giảm 21,74%. Như vậy, sự có mặt xơ làm giảm hiệu suất phản ứng đóng rắn. Về lý thuyết, để một phản ứng hóa học xảy ra thì điều kiện cần thiết cơ bản nhất là phải có sự tiếp xúc giữa các thành phần tham gia phản ứng. Do đó, muốn tăng hiệu suất phản ứng đóng rắn thì cần tăng cường điều kiện tiếp xúc bằng cách bổ sung áp lực và thời gian ép nhằm khắc phục sự cản trở của các xơ da đối với sự tiếp xúc của các phân tử nhựa epoxy và các phân tử chất đóng rắn EDTA.

3.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của áp lực, nhiệt độ và thời gian nén ép định hình tới độ bền cơ học của vật liệu composit epoxy/xơ da

3.2.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của áp lực ép

Kết quả thử nghiệm trong bảng 1 cho thấy khi áp lực ép mẫu thay đổi tăng từ 3 atm lên 5 atm, cả 3 chỉ tiêu độ bền đã đo đều tăng lên đáng kể (khoảng 9-12%). Tuy nhiên, khi tăng tiếp áp lực ép định hình của mẫu từ 5 atm lên 10 atm, cả 3 chỉ tiêu độ bền thu được lại giảm xuống rất nhanh. Như vậy với vật liệu epoxy/xơ da, nén ép định hình ở áp lực quá cao hay quá thấp đều làm cho sự thấm ướt, bao phủ thực tế của nhựa lên bề mặt xơ giảm. Với áp lực nhỏ, nhựa không phân bố đều vào khoảng trống giữa các xơ để hình thành sự thấm ướt; với áp lực quá lớn, nhựa sẽ bị đẩy khỏi khuôn làm giảm lượng nhựa thực tế liên kết với xơ da. Do vậy, mức nén ép phù hợp để định hình vật liệu composit epoxy/xơ da trong nghiên cứu này là 5 atm và mức nén ép này sẽ được sử dụng trong quá trình tạo mẫu ở các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 1. Kết quả xác định tính chất cơ học của vật liệu composit epoxy/xơ da với các áp lực khác nhau

Tính chất	Áp lực ép, atm		
	3	5	10
Độ bền kéo, MPa	17,3	18,9	15,8
Độ bền uốn, MPa	34,7	38,8	30,9
Độ bền va đập, KJ/m ²	17,6	19,1	15,5

3.2.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian ép

Bảng 2. Kết quả xác định tính chất cơ học của vật liệu composit epoxy/xơ da với thời gian ép khác nhau

Tính chất	Thời gian ép, h		
	1	2	3
Độ bền kéo, MPa	17,1	18,9	19,4
Độ bền uốn, MPa	26,6	38,8	39,1
Độ bền va đập, KJ/m ²	15,1	19,1	19,7

Từ các số liệu trong bảng 2 nhận thấy cả 3 chỉ tiêu độ bền đo được của các mẫu epoxy/xơ da đều tăng lên khi kéo dài thời gian định hình. Điều này là hợp lý vì thời gian càng dài thì các phân tử chất đóng rắn càng có khả năng khuếch tán và phân bố tốt trên toàn bộ mẫu do vậy tỷ lệ hình thành mạng không gian sẽ tăng lên. Tuy nhiên, mức độ thay đổi các độ bền không hoàn toàn tuyến tính với mức thay đổi về thời gian nén ép. Với thời gian nén ép chưa dài thì khi tăng thời gian, độ bền của mẫu tăng lên rất nhiều. Cụ thể: khi tăng thời gian nén ép từ 1 h lên 2 h, độ bền uốn tăng tới 45%, độ bền va đập tăng thêm 26%. Khi tăng thời gian đóng rắn từ 2 h lên 3 h, nhìn chung cả 3 chỉ tiêu độ bền vẫn tăng lên nhưng mức độ tăng chậm hơn rất nhiều (khoảng 3%). Đây có thể coi là mức tăng không thật sự hiệu quả. Do vậy để đảm bảo thu được mẫu có độ bền cơ học tốt nhưng không kéo

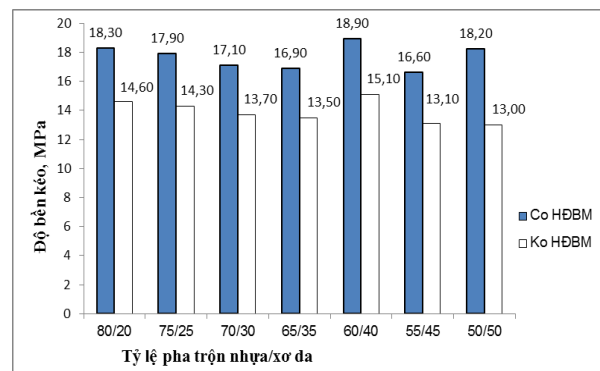
dài quá trình gia công vật liệu, nên nén ép định hình vật liệu composit epoxy/xơ da với thời gian 2 h.

3.2.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ ép

Số liệu trong bảng 3 cho thấy nhiệt độ gia công có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất của vật liệu composit epoxy/xơ da. Ở nhiệt độ 60°C, các tính chất cơ học của vật liệu đạt lớn nhất: Độ bền uốn, độ bền kéo, độ bền va đập cao hơn so với gia công ở nhiệt độ 50°C lần lượt khoảng 19,01%, 8%, 21,11% và ở nhiệt độ 70°C khoảng 24,95%, 6,29%, 12%. Ở nhiệt độ gia công 50°C và 70°C các tính chất cơ học của vật liệu kém hơn. Kết quả này có thể là do chất đóng rắn amin DETA có phản ứng xảy ra nhanh ở nhiệt độ tương đối thấp, dễ bay hơi, nên khi gia công ở nhiệt độ 70°C có thể chất đóng rắn bị bay hơi một phần làm sai lệch tỷ lệ đóng rắn. Hơn nữa ở 70°C phản ứng đóng rắn xảy ra nhanh, tỏa nhiều nhiệt làm ảnh hưởng đến tính chất vật liệu. Bên cạnh đó, kết quả khảo sát về ảnh hưởng của xơ da đến khả năng đóng rắn của nhựa epoxy (hàm lượng phần gel hóa) ở mục 3.1 cho thấy sự có mặt của xơ da làm giảm khả năng đóng rắn của nhựa epoxy do xơ da cản trở khả năng tiếp xúc của chất đóng rắn với nhựa nền. Ở nhiệt độ 50°C sự cản trở này vẫn còn khá mạnh nên các tính chất cơ học của vật liệu không cao. Ở nhiệt độ 60°C, độ nhớt của nhựa epoxy được giảm đi dẫn đến tăng khả năng bao phủ và khả năng tiếp xúc giữa DETA và epoxy nên làm tăng tính chất cơ học của vật liệu. Do vậy nên ép định hình vật liệu composit epoxy/xơ da ở nhiệt độ 60°C.

Bảng 3. Kết quả xác định tính chất cơ học của vật liệu composit epoxy/xơ da với nhiệt độ ép khác nhau

Tính chất	Nhiệt độ ép, °C		
	50	60	70
Độ bền kéo, MPa	24,1	26,2	24,6
Độ bền uốn, MPa	35,5	43,8	32,9
Độ bền va đập, KJ/m ²	17,9	22,9	19,9



Hình 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da, chất HDBM đến độ bền kéo của vật liệu composit epoxy/xơ da

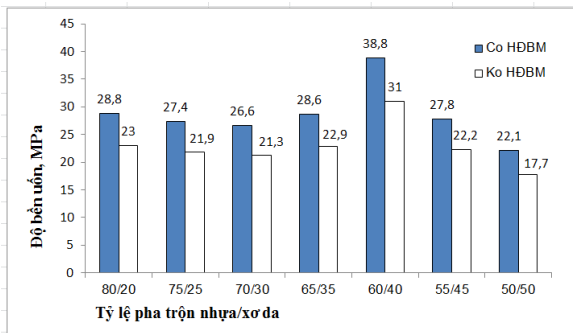
3.3. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da, chất hoạt động bề mặt tới độ bền cơ học của vật liệu composit epoxy/xơ da

3.3.1. Ảnh hưởng đến độ bền kéo

Số liệu trên hình 3 cho thấy, ở tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da là 60/40, độ bền kéo đạt giá trị cao nhất. Điều này có thể giải thích là do tỷ lệ pha trộn này là vừa đủ để nhựa đảm nhận vai trò bao bọc và kết dính giữa các xơ phân tán. Lực kéo tác động lên mẫu sẽ được nhựa truyền đến các xơ kết dính với nền epoxy (qua các cầu nối liên kết là nhựa nền) nên độ bền kéo đứt đạt mức cao nhất. Ở các mẫu có hàm lượng xơ da nhỏ, nhựa có xu hướng di chuyển về bề mặt xơ da, nhờ vào khả năng thấm hút tốt của xơ da sẽ gây ra hiện tượng tách lớp, làm giảm độ bền của vật liệu. Với tỷ lệ pha trộn có hàm lượng xơ da lớn, xơ chiếm phần lớn thể tích mẫu (do tỷ trọng của xơ da là rất nhỏ), nên càng tăng hàm lượng xơ, khả năng thấm ướt xơ của nhựa càng giảm, xơ không phân bố tốt, giữa các xơ có thể thiếu cầu nối liên kết, bề mặt xơ da không được thấm ướt đều tạo nên khuyết tật làm giảm độ bền của vật liệu. Ngoài ra, hàm lượng xơ da lớn cũng gây cản trở cho quá trình đóng rắn của nhựa, do đó làm giảm độ bền kéo của nhựa epoxy.

Với tất cả các tỷ lệ pha trộn nhựa/xơ khác nhau (từ 80/20 đến 50/50), khi cho thêm chất hoạt động bề mặt, độ bền kéo của mẫu đều tăng khoảng 25%. Điều này cho thấy khả năng kết dính của nhựa và xơ tăng lên khi có chất hoạt động bề mặt. Với các mẫu không có chất hoạt động bề mặt, do sức căng bề mặt giữa các pha lớn nên khả năng phân bố pha kém, khả năng bao phủ của nhựa trên bề mặt xơ không hoàn toàn đồng nhất, nên tồn tại khuyết tật làm giảm tính chất của vật liệu.

3.3.2. Ảnh hưởng đến độ bền uốn



Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da, chất HDBM đến độ bền uốn của vật liệu composit epoxy/xơ da

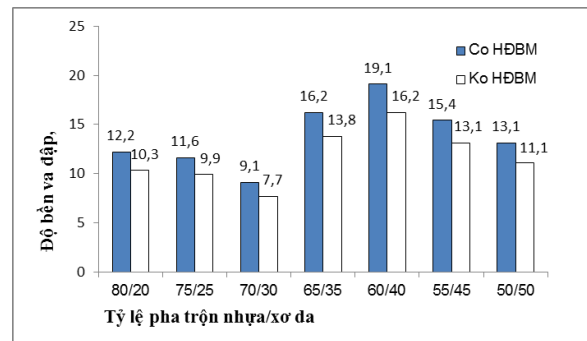
Từ kết quả thí nghiệm trên hình 4 thấy rằng với hầu hết các tỷ lệ pha trộn, độ bền uốn của mẫu không có sự biến đổi nhiều, trừ mẫu có tỷ lệ pha trộn là 60/40. Độ bền uốn ở tỷ lệ pha trộn 60/40 cao hơn hẳn

so với các mẫu còn lại. Trong vật liệu composit, thành phần xơ sợi gia cường là yếu tố chịu uốn chính vì vậy sự liên kết các xơ này là yếu tố quyết định tới độ bền uốn. Độ bền uốn chỉ đạt được kết quả tốt nhất khi các xơ được liên kết tốt với nhau. Hàm lượng xơ quá thấp hay khi không đủ hàm lượng nhựa để kết dính các xơ đều làm giảm độ bền uốn của vật liệu composit.

Tại tất cả các tỷ lệ pha trộn nhựa/xơ (từ 80/20 đến 50/50), khi cho thêm chất hoạt động bề mặt, độ bền uốn của mẫu đều tăng trên 20%. Kết quả này hoàn toàn tương thích với kết quả về độ bền kéo thu được trong mục 3.3.1.

3.3.3. Ảnh hưởng đến độ bền va đập

Số liệu thể hiện trên hình 5 cho thấy mẫu có tỷ lệ pha trộn 60/40 cho giá trị độ bền uốn cao nhất là 19,1 KJ/m². Do tác động va đập là tác động tức thời, tập trung và không có tính chu kỳ nên có ảnh hưởng rất mạnh làm phá vỡ mối liên kết bề mặt giữa xơ và nhựa. Sự biến đổi tính chất của độ bền va đập thu được trong thực nghiệm này hoàn toàn phù hợp với các kết quả về độ bền kéo và độ bền uốn đã được phân tích ở các mục 3.3.1 và 3.3.2.



Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da, chất HDBM đến độ bền va đập của vật liệu composit epoxy/xơ da

Với tất cả các tỷ lệ pha trộn nhựa/xơ khác nhau (từ 80/20 đến 50/50), xơ da được xử lý bằng chất hoạt động bề mặt làm tăng độ bền uốn của mẫu khoảng 16 - 18%. Kết quả này hoàn toàn tương thích với kết quả về độ bền kéo và độ bền uốn đã trình bày ở các mục 3.3.1 và 3.3.2.

Như vậy, vật liệu polyme composit có tỷ lệ nhựa epoxy/xơ da 60/40 cho các tính chất cơ học tốt nhất. Với các tỷ lệ pha trộn đã tiến hành khảo sát, sự có mặt của chất hoạt động bề mặt làm cho tính chất cơ học của vật liệu tăng lên. Sự có mặt của chất hoạt động bề mặt làm tăng khả năng thấm ướt của xơ, nên làm tăng khả năng tương hợp giữa hai pha xơ – nhựa.

3.3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn tới độ hút nước và khả năng trương nở của vật liệu

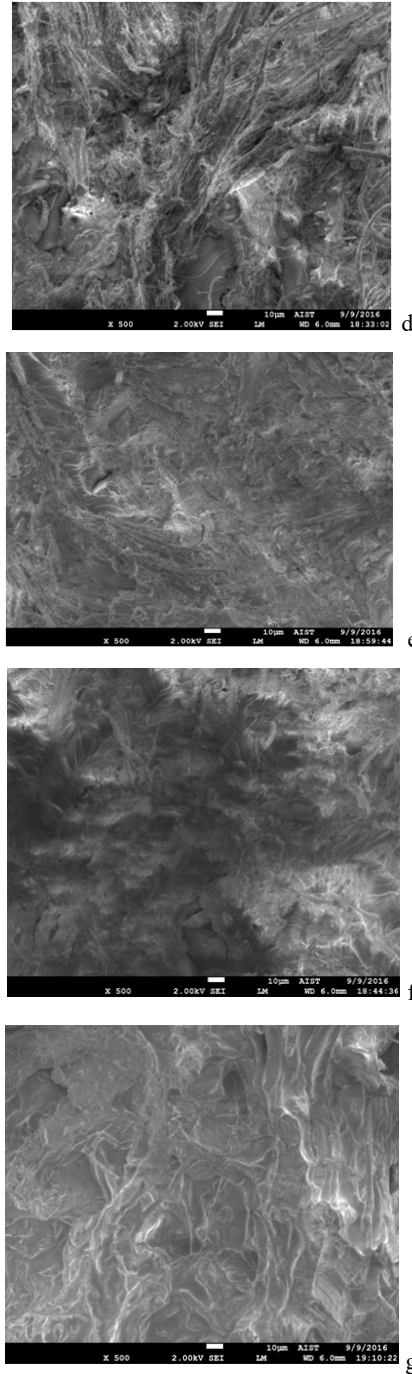
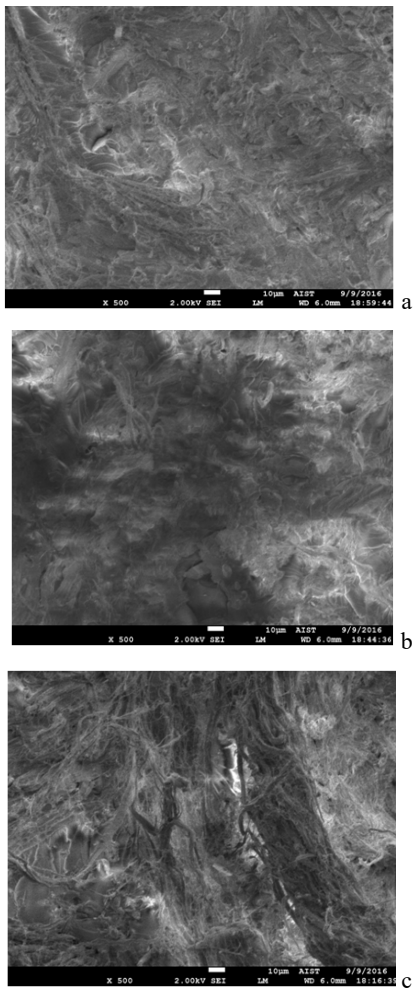
Bảng 4. Kết quả xác định độ hút nước trung bình của các mẫu vật liệu composit epoxy/xơ da (60/40)

	Thời gian ngâm nước, h			
	2	4	26	50
Mức tăng khối lượng mẫu, %	0,01	0,01	0,03	0,06

Bảng 5. Kết quả xác định độ trương nở của các mẫu vật liệu composit epoxy/xơ da (60/40)

Kích thước trung bình của 3 mẫu, mm	Kích thước mẫu, mm		
	Rộng	Dài	Dày
Mẫu ban đầu	55,50	56,23	6,40
Sau khi ngâm nước 50 h	55,50	56,23	6,60
Chênh lệch	0,00	0,00	0,20

Các số liệu thí nghiệm trong các bảng 4 và 5 cho thấy các mẫu vật liệu composit epoxy/xơ da hầu như không hút nước. Sau 50 giờ ngâm trong nước, các mẫu vật liệu có độ hút nước rất nhỏ, đạt 0,06% khối lượng mẫu ban đầu. Sau 50 giờ ngâm nước, các mẫu vật liệu composit nghiên cứu không thay đổi kích thước theo chiều dọc và chiều ngang. Riêng kích thước theo độ dày tăng từ 1,56 đến 4,68%.



Hình 6. Hình ảnh FE-SEM của các mẫu vật liệu epoxy/xơ da có độ phóng đại 500 lần: a, b, c, d, e, f, g tương đương tỷ lệ pha trộn: 80/20, 75/25, 70/30, 65/35, 60/40, 55/45, 50/50

3.3.5. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn epoxy/xơ da đến hình thái học của vật liệu composit

Để có thể đánh giá một cách trực quan về cấu trúc hình thái và sự phân bố pha trong vật liệu, đã chụp bề mặt các mẫu vật liệu có tỷ lệ xơ da từ 20 đến 80% bằng kính hiển vi điện tử quét với độ phóng đại 500

lần. Kết quả được thể hiện trên hình 6.

4. Kết luận

Có thể sử dụng xơ da thuộc phế liệu kết hợp với nhựa nền epoxy để chế tạo vật liệu compozit có các tính chất cơ học tốt và khả năng hút nước, trương nở thấp. Xơ da cản trở và làm chậm tốc độ và hiệu suất của phản ứng đóng rắn, khâu mạch của nhựa epoxy. Do vậy, với loại vật liệu epoxy/xơ da, quá trình đóng rắn cần có sự hỗ trợ của áp lực, nhiệt độ và thời gian. Với các điều kiện đã khảo sát, áp lực, nhiệt độ và thời gian nén ép định hình phù hợp để chế tạo vật liệu epoxy/xơ da là 5 atm, 60 °C và 2 h. Điều kiện này vừa đảm bảo thu được vật liệu có đặc tính cơ học tốt vừa đảm bảo thời gian gia công phù hợp. Chất hoạt động bề mặt Lavotan phù hợp để giảm sức căng bề mặt phân chia pha giữa epoxy và xơ da, làm tăng khả năng tương hợp của chúng, tăng các chỉ tiêu độ bền cơ học của vật liệu compozit epoxy/xơ da. Trong khoảng tỷ lệ pha trộn đã khảo sát, mẫu có tỷ lệ epoxy/xơ da 60/40 có độ bền cơ học và hình thái học tốt nhất. Các kết quả thu được trong nghiên cứu này là cơ sở quan trọng để tiếp tục nghiên cứu về vật liệu compozit epoxy/xơ da.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Rethinam Senthil, Sathyaraj Weslen Vedakumari, Leather fibers as reinforcement for epoxy composites: A novel perspective, *Fibers and Polymers*, Vol.16, No.1 (2015) 181-187.
- [2]. B. Ramaraj, Mechanical and thermal properties of ABS and leather waste composites, *Journal of Applied polymer science*, Vol. 101 (2006) 3062–3066.
- [3]. J.D. Ambro' sio, A.A. Lucas, H. Otaguro, L.C. Costa, Preparation and characterization of poly (vinyl butyral)-leather fiber composites, *Polymer Composites* (2011).
- [4]. J. Tomaz, S. Madera, C.T. Alberto and A.M. Lucedo, Extrusion and mechanical characterization of PVC-leather fiber composites, *J. Polymer Composites*, Vol. 19, No. 4 (1998) 431-439.
- [5]. A. G. Andreopoulos and P.A. Tarantili, Waste leather particles as a filler for poly (vinyl chloried) plastisols, *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied chemistry*, A37 (11) (2000) 1353–1362.
- [6]. M. Ashokkumar, P. Thanikaivelan. R. Murali, Preparation and characterization of composite sheets from collagenous and chromium–collagen complex wastes using polyvinylpyrrolidone: Two problems, one solution, *Waste Biomass Valor*, (2010) 347–355.