

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẬT LIỆU CẢN TIA GAMMA
TRÊN NỀN NHỰA EPOXY E-128.
PHẦN I- ẢNH HƯỞNG CỦA THÀNH PHẦN ĐƠN
ĐẾN TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU**

Vũ Ngọc Toán^{1*}, Nguyễn Văn Hoàng, Tô Phương Linh¹, Nguyễn Quang Lý²

Tóm tắt: Ô nhiễm phóng xạ gây ra nhiều bệnh cấp tính, mạn tính, thậm chí tử vong nếu tiếp xúc với liều lượng lớn hoặc trong thời gian dài. Vật liệu che chắn phóng xạ có nhiều loại như chì, vữa, gạch, vải, màng, cao su, composite, ... Với ưu điểm về cơ lý, nhẹ, dễ chế tạo, hiệu quả cản xạ tốt đối với tia gamma, ... composite cản xạ đang được tập trung nghiên cứu ứng dụng. Nhằm đóng góp thêm cho hướng nghiên cứu này, bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần đơn đến tính chất cơ lý của vật liệu composite cản xạ trên cơ sở nhựa epoxy E-128. Kết quả thực nghiệm cho thấy, mẫu với tỷ lệ DOP 20%, B₄C 10% so với nhựa E-128 cho sản phẩm có tính chất cơ lý tốt nhất.

Từ khóa: Vật liệu cản xạ; Vật liệu composite; Ô nhiễm phóng xạ.

1. MỞ ĐẦU

Phóng xạ là hiện tượng hạt nhân nguyên tử không bền tự biến đổi, giải thoát năng lượng dư thừa và phát ra các bức xạ hạt nhân. Phóng xạ có thể bắt nguồn từ tự nhiên, nhân tạo hoặc từ năng lượng mặt trời. Nhìn chung, dù từ nguồn nào thì các chất phóng xạ đều gây ảnh hưởng không tốt tới sức khỏe con người khi chúng vượt ngưỡng cho phép. Khi nhiễm vào cơ thể, tùy theo mức độ các tia phóng xạ có thể gây nên các biến đổi ở nucleic và nhiễm sắc thể, gây rối loạn tổng hợp ADN và ARN, các protein, kháng thể làm ức chế sự phân chia tế bào gây tới chết tế bào. Mức độ tác động sẽ phụ thuộc vào lượng chất, suất liều, loại chất phóng xạ, cách thức tiếp xúc và khoảng thời gian tiếp xúc [1].

Các tia phóng xạ như α , β , γ , neutron được phát ra trong quá trình phân rã có khả năng đâm xuyên qua cơ thể sống và phá hủy các chức năng sinh học của tế bào. Một số ảnh hưởng của tia phóng xạ với cơ thể như sau [2, 3, 5].

- Tia α : Có khả năng đâm xuyên yếu, trong không khí có thể chỉ đi được vài cm, trong tế bào đi được vài μ m.
- Tia β : Có khả năng đâm xuyên mạnh, trong không khí có thể đi được vài cm đến m, trong tế bào có thể đâm xuyên nhiều cm.
- Tia γ và tia X: Có khả năng đâm xuyên rất mạnh, tác động nguy hiểm trong môi trường không khí và trong cơ thể.
- Tia neutron: Có khả năng đâm xuyên cực mạnh, rất nguy hiểm cho cơ thể.

Các tia phóng xạ khi chiếu vào người sẽ gây nên những biến đổi sinh học trong cơ thể do hiện tượng ion hóa các nguyên tử, phân tử trong tế bào cơ thể, làm thay đổi cấu trúc hóa học của các phân tử albumin và phá hoại hoạt động của hệ thần kinh trung ương, hệ tuần hoàn và cơ quan tạo máu [2, 3, 5].

Có nhiều nghiên cứu về vật liệu cản xạ như vữa, bê tông, cao su, hợp kim... Với ưu điểm về cơ lý, độ thuận tiện trong việc chế tạo- sử dụng- gia công, hiệu quả che chắn mà hiện nay composite cản xạ có chứa chì hoặc không chứa chì đang được nhiều nhà khoa học công nghệ quan tâm. Thế hệ vật liệu này không những có ưu điểm về khía cạnh hiệu quả che chắn mà cả về khía cạnh bảo vệ môi trường, khi thay thế hoặc hạn chế sử dụng chì trong thành phần đơn [4, 5]. Về mặt thành phần, composite cản xạ được chế tạo trên nền polyme, có hoặc không có sợi gia cường, hóa dẻo, hóa rắn, phụ gia và phối trộn thêm chất độn. Trong đó, chất độn được xem là thành phần chính có ảnh hưởng tới hiệu quả che chắn và cơ lý tính của mẫu vật liệu. Thông

thường, người ta hay sử dụng chất độn là các nguyên tố kim loại hoặc muối hoặc oxit của kim loại có tỷ trọng cao, ví dụ như Bo , W , Sm_2O_3 , Bi_2O_3 , PbO , PbWO_4 , CuO , WO_3 , nano vàng,... [2, 4]. Tùy thuộc vào tỷ lệ thành phần độn mà tính chất cơ lý của vật liệu như độ cứng, độ bền kéo đứt và độ bền va đập,... sẽ thay đổi. Các tính chất cơ lý cơ bản này sẽ ảnh hưởng tới khả năng ứng dụng của vật liệu composite trong thực tiễn. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần độn chế tạo đến tính chất cơ lý của vật liệu composite căn xạ trên cơ sở nhựa E-128 phối trộn với một số chất độn, chất hóa dẻo, hóa rắn.

2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất và dụng cụ

2.1.1. Hóa chất

- Nhựa epoxy E-128 (Trung Quốc), đương lượng epoxy là 184-190 g/eq;
- PbO (Chemapol - CH Séc) độ tinh khiết 99,0%;
- Al_2O_3 (Xilong Chemical Co., Ltd - Trung Quốc) độ tinh khiết 95,0%;
- BaSO_4 (Xilong Scientific Co., Ltd - Trung Quốc) độ tinh khiết 98,0%;
- B_4C (Shanghai Macklin Biochemical Co., Ltd - Trung Quốc) độ tinh khiết 98,0%, kích thước hạt 1-10 μm ;
- Bi_2O_3 (Shanghai Macklin Biochemical Co., Ltd - Trung Quốc) độ tinh khiết 99,9%, kích thước hạt $\leq 5 \mu\text{m}$;
- WC (Shanghai Macklin Biochemical Co., Ltd - Trung Quốc) độ tinh khiết 99,9%, kích thước hạt $\leq 1 \mu\text{m}$;
- Chất hóa dẻo dioctylphthalat (DOP) (Trung Quốc), tinh khiết phân tích;
- Chất đóng rắn PEPA (Trung Quốc), tinh khiết phân tích.

2.1.2. Dụng cụ và thiết bị nghiên cứu

Bảng 1. Dụng cụ và thiết bị nghiên cứu.

TT	Dụng cụ	TT	Thiết bị
1	Cốc nhựa dung tích 500 mL	8	Cân phân tích OHAUS, độ chính xác 10^{-3} g (Mỹ)
2	Khuôn gỗ kích thước (30×15×2) cm	9	Máy đo phổ hồng ngoại TENSOR II (Mỹ)
3	Tấm kính kích thước (1×1) m	10	Máy đo độ cứng Shore Scale Durometer Hardness Tester (Anh)
4	Băng dính	11	Máy đo độ bền kéo đứt GOTECH AL-7000-M (Đài Loan)
5	Que khuấy	12	Máy đo độ bền va đập (Trung Quốc)
6	Ống đong dung tích 25 mL, 50 mL và 100 mL	13	Một số trang thiết bị nghiên cứu khác
7	Pipet thể tích 5 mL và 10 mL		

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chế tạo vật liệu composite

a. Chế tạo và khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng chất hóa dẻo đến tính chất cơ lý của vật liệu composite:

- Cân 80 g nhựa E-128 và x (g) hóa dẻo DOP vào trong cốc nhựa 500 mL, khuấy đều trong vòng 30 phút.
- Cân một lượng xác định bột chất độn bột kim loại hoặc oxit kim loại hoặc muối cho vào cối và nghiền nhỏ, sau đó đổ vào cốc nhựa đã trộn đều, tiếp tục khuấy trộn trong vòng 1 giờ. Để yên hỗn hợp đã được khuấy trộn từ 1-2 giờ.

- Thêm 8,112 g chất hóa rắn PEPA vào và tiếp tục khuấy hỗn hợp trong 15 phút.
- Đổ hỗn hợp ra khuôn đã được chuẩn bị sẵn và để yên ở nhiệt độ phòng trong vòng 24 giờ, khi vật liệu khô hoàn toàn tiến hành tháo và đánh dấu mẫu. Mẫu vật liệu thu được có kích thước (14x15x0,5) cm được đánh giá các tính chất cơ lý để xác định tỷ lệ chất hóa dẻo tối ưu nhất cho các thí nghiệm tiếp theo.

b. Chế tạo và khảo sát ảnh hưởng của hỗn hợp chất dẻo tới tính chất cơ lý của vật liệu composite:

- Cân 80 g nhựa E-128 và 20 g chất hóa dẻo DOP vào trong cốc nhựa 500 mL, khuấy đều trong vòng 30 phút.
- Cân một lượng xác định bột kim loại hoặc oxit/muối kim loại hoặc hỗn hợp oxit và muối kim loại vào cối sứ và nghiền nhỏ, sau đó, đổ toàn bộ vào hỗn hợp nhựa đã trộn. Tiếp tục khuấy trộn hỗn hợp ở nhiệt độ phòng thêm 1 giờ và để yên hỗn hợp trong vòng 1-2 giờ.
- Thêm 8,112 g chất hóa rắn PEPA vào và khuấy đều hỗn hợp trong 15 phút.
- Đổ hỗn hợp ra khuôn đã được chuẩn bị sẵn và để yên ở nhiệt độ phòng trong vòng 24 giờ, khi vật liệu khô hoàn toàn tiến hành tháo và đánh dấu mẫu. Mẫu vật liệu thu được có kích thước (14x15x0,5) cm được đánh giá các tính chất cơ lý để xác định thành phần hỗn hợp chất dẻo tối ưu nhất.

2.2.2. Phương pháp đánh giá tính chất của vật liệu chế tạo được

a. Phương pháp phân tích phổ hồng ngoại: Phân tích phổ hồng ngoại của các mẫu nhựa epoxy E-128, DOP và PEPA trên máy Tensor II (Brucker) bằng kỹ thuật ép viên với KBr tại Phòng Phân tích/Viện Hóa học - Vật liệu.

b. Phương pháp đo độ cứng: Đo độ cứng của các mẫu theo TCVN 4502:2008 (ISO 868:2003) trên máy đo Shore Scale Durometer Hardness Tester (Anh). Việc đo đạc được tiến hành tại Viện Hóa học - Vật liệu/Viện KH-CN quân sự, đo 5 điểm trên một mẫu và lấy giá trị trung bình.

c. Phương pháp đo độ bền kéo đứt: Các mẫu nghiên cứu được xác định độ bền kéo đứt theo tiêu chuẩn ISO 3268:1978 (E) trên máy đo GOTECH AL-7000-M (Đài Loan), tốc độ kéo 5 mm/phút tại Viện Khoa học Vật liệu/Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam.

d. Phương pháp đo độ bền va đập: Các mẫu được xác định độ bền va đập theo tiêu chuẩn ISO 179-1:2010 trên máy H.J.M TECHNOLOGY CO., LTD (Trung Quốc) tại Viện Hóa học - Vật liệu/Viện KH-CN quân sự.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích phổ hồng ngoại của một số thành phần nguyên liệu sử dụng để chế tạo composite cần xạ

Phổ hồng ngoại của các mẫu được đo trên máy FT-IR Tensor II (Brucker) bằng kỹ thuật ép viên với KBr. Trên phổ xuất hiện các băng sóng hấp thụ đặc trưng cho dao động của các nhóm chức có mặt trong phân tử. Cụ thể như sau:

Đối với mẫu nhựa epoxy E-128, δ (cm^{-1}): 3443 (ν_{OH}); 3055 ($\nu_{\text{CH thơm}}$); 2966; 2928 và 2873 ($\nu_{\text{CH no}}$); 1607, 1509 và 1458 ($\nu_{\text{C=C thơm}}$); 1246 và 1035 ($\nu_{\text{s, as, C-O}}$); 831 ($\delta_{\text{oop, CH}}$).

Đối với mẫu DOP, δ (cm^{-1}): 3070 ($\nu_{\text{CH thơm}}$); 2959, 2929 và 2862 ($\nu_{\text{CH no}}$); 1728 ($\nu_{\text{C=O}}$); 1599, 1580 và 1462 ($\nu_{\text{C=C thơm}}$); 1273 và 1123 ($\nu_{\text{s, as, C-O}}$); 743 ($\delta_{\text{oop, CH}}$).

Đối với mẫu PEPA, δ (cm^{-1}): 3419 (ν_{NH}); 1633 (δ_{NH}); 1485 (δ_{CH}), 1321 ($\nu_{\text{C-N}}$).

Chất lượng của các thành phần bột dẻo lấy theo công bố của nhà sản xuất.

Từ các kết quả IR cho thấy, nhựa nền, chất hóa dẻo và chất hóa rắn có các nhóm chức phù hợp với công thức cấu tạo đã được công bố, các pic thu được sắc nét, có cường độ tốt.

3.2. Kết quả nghiên cứu chế tạo và đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố

3.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng chất hóa dẻo tới tính chất cơ lý của vật liệu chế tạo

Nghiên cứu này sử dụng tỷ lệ của nhựa nền epoxy E-128 và chất hóa rắn PEPA là 10:1 phần khối lượng theo khuyến cáo của nhà sản xuất. Tuy nhiên, trong quá trình tháo gỡ mẫu khỏi khuôn thường xảy ra hiện tượng mẫu bị vỡ do cứng và rất giòn. Do đó, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu bổ sung thêm hợp phần chất hóa dẻo DOP vào trong thành phần đơn với mục đích thu được vật liệu có tính chất cơ lý tốt hơn cũng như có khả năng ứng dụng cao hơn.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của chất hóa dẻo tới vật liệu chúng tôi đã tiến hành thay đổi hàm lượng hóa dẻo lần lượt 15%, 20% và 25%.

Kết quả thu được cho thấy, việc thay đổi hàm lượng chất hóa dẻo từ 15-25% trong đơn thành phần chế tạo có ảnh hưởng rất đáng kể tới các tính chất cơ lý của vật liệu composite cần xạ thu được thông qua việc đánh giá các chỉ tiêu về độ cứng, độ bền kéo đứt và độ bền va đập. Cụ thể, khi tăng hàm lượng chất hóa dẻo DOP trong thành phần đơn chế tạo thì tính chất cơ lý của sản phẩm thu được tăng theo (khoảng 14 - 23% tương ứng với các tỷ lệ DOP 15-25%). Bên cạnh đó, việc đưa vào các loại oxit hay muối của các kim loại khác nhau bao gồm: PbO, Al₂O₃, BaSO₄, B₄C, Bi₂O₃, WC cũng ít nhiều ảnh hưởng tới tính năng cơ lý của vật liệu composite thu được đối với nhựa nền E-128.

Mẫu có cơ lý tính tốt nhất là mẫu có thành phần B₄C với độ cứng trong khoảng 77-78 Shore D, độ bền kéo trong khoảng 23,85 - 27,12 MPa, độ bền va đập trong khoảng 14,75-18,06 KJ/m². Điều này có thể là do B₄C với kích thước hạt 1-10 μm đã có tương tác hóa học hoặc tương tác vật lý với nhựa nền tốt hơn so với các oxit hoặc các muối khác dẫn tới các tính chất cơ lý của vật liệu thu được cao hơn. Trong khi đó, mẫu chứa 10% WC có tính năng cơ lý kém hơn cả là mẫu (độ bền kéo đứt đạt 18,79 MPa, độ bền va đập đạt 13,42 KJ.m²) và mẫu chứa 10% BaSO₄ (độ bền kéo đứt đạt 19,98 MPa, độ bền va đập đạt 12,88 KJ.m²).

Như vậy, từ kết quả thu được, chúng tôi đã lựa chọn tỷ lệ chất hóa dẻo DOP đưa vào đơn thành phần chế tạo là 20% để tiến hành các nghiên cứu tiếp theo.

3.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của hợp phần bột độn đến tính chất cơ lý vật liệu chế tạo

Để khảo sát ảnh hưởng của hợp phần bột độn đến tính chất cơ lý sản phẩm, chúng tôi đã tiến hành sử dụng phối trộn 02 loại oxit hoặc muối kim loại theo tỷ lệ 1:1 của 10 phần khối lượng và 03 loại oxit hoặc muối kim loại theo tỷ lệ 1:1:1 của 10 phần khối lượng. Kết quả thu được cụ thể như sau:

Đối với các mẫu nghiên cứu với tỷ lệ phối trộn 1:1 hệ 02 oxit hoặc 02 muối thì cả 3 chỉ tiêu cơ lý (độ cứng, độ bền kéo đứt và độ bền va đập) của sản phẩm thu được đều giảm so với việc chỉ sử dụng đơn oxit hoặc đơn muối kim loại làm chất độn. Cụ thể, mẫu có độ cứng cao nhất (73,2 Shore D) là mẫu sử dụng hỗn hợp WC và Al₂O₃, giảm khoảng 6% so với mẫu chỉ sử dụng B₄C. Mẫu có độ bền kéo đứt cao nhất (25,85 MPa) là mẫu dùng hỗn hợp PbO và BaSO₄, giảm khoảng 4,7% so với mẫu chỉ dùng B₄C. Mẫu có độ bền va đập tốt nhất (15,24 KJ/m²) là mẫu dùng hỗn hợp PbO và B₄C, giảm khoảng 15,6% so với mẫu chỉ dùng B₄C.

Đối với các mẫu nghiên cứu với tỷ lệ phối trộn 1:1:1 hệ 03 oxit hoặc muối, cả 3 số liệu cơ lý về độ cứng, độ bền kéo đứt và độ bền va đập đều giảm so với việc chỉ sử dụng 01 loại oxit hoặc 01 muối kim loại làm chất độn; chỉ tiêu về độ cứng tăng, chỉ tiêu về độ bền kéo đứt và độ bền va đập giảm so với việc sử dụng 02 oxit theo tỷ lệ 1:1. Cụ thể, mẫu có độ cứng cao nhất (77,5 Shore D) là mẫu sử dụng hỗn hợp WC, Al₂O₃, BaSO₄, giảm khoảng 0,65% so với mẫu chỉ dùng B₄C. Mẫu có độ bền kéo đứt cao nhất (22,42 MPa) là mẫu dùng hỗn hợp B₄C, WC và BaSO₄, giảm khoảng 13,2% so với mẫu chỉ dùng B₄C. Mẫu có độ bền va đập tốt nhất (13,23 KJ/m²) là mẫu dùng hỗn hợp WC, Al₂O₃ và Bi₂O₃, giảm khoảng 15,6% so với mẫu chỉ dùng B₄C.

Như vậy, việc bổ sung thêm 02 loại hay 03 loại oxit hoặc muối vào trong thành phần chất độn sẽ dẫn tới việc suy giảm cơ lý của composite thu được. Kết quả này có thể được giải thích như

sau: Khi sử dụng nhiều loại chất độn, đã xảy ra sự tương tác vật lý hay hóa học giữa các thành phần làm cho sản phẩm xuất hiện nhiều bọt, sau khi khô sẽ tạo thành nhiều lỗ trống trong cấu trúc vật liệu composite, dẫn tới việc các tính chất cơ lý như độ cứng, độ bền va đập, độ bền kéo đứt đều giảm so với việc chỉ sử dụng một loại chất độn.

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ chất hóa dẻo tới các tính chất cơ lý như độ cứng, độ bền kéo đứt, độ bền va đập của vật liệu composite cần xạ trên nền nhựa E-128. Kết quả cho thấy với hàm lượng chất hóa dẻo DOP là 20% cho sản phẩm có tính chất cơ lý tốt nhất.

Đã nghiên cứu ảnh hưởng của việc sử dụng một hay nhiều loại chất độn trong đơn thành phần chế tạo vật liệu composite cần xạ để thu được vật liệu có cơ lý tính tốt nhất. Kết quả thu được là việc chỉ sử dụng đơn thành phần chất độn sẽ cho sản phẩm có các tính chất cơ lý tốt. Trong nghiên cứu này, loại chất độn cho giá trị cơ lý tính tốt nhất là B₄C.

Lời cảm ơn: Các tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí của đề tài cấp Bộ Quốc phòng thuộc Chương trình KC.AT: Nghiên cứu chế tạo chất và phương tiện mô phỏng tình huống hoặc sự cố phóng xạ trên mặt đất sử dụng trong huấn luyện, diễn tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thomas et al (2016), "Radiation exposure and health effects-Is it time to reassess the real consequences?", Clinical Oncology, 28(4), pp. 231-236.
- [2]. Gh. Eid et al. (2011), "Neutron shielding using Li₃BO₃/Epoxy composite", Researcher, Vol. 3(12), pp. 85-91.
- [3]. R. Hussain et al. (1997), "A study of the shielding properties of poly ethylene glycol-lead oxide composite", Journal of Islamic Academy of Sciences, Vol. 10(3), pp. 81-84.
- [4]. R. Mirji and B. Lobo (2017), "Radiation shielding materials: A brief review on methods, scope and significance", P. C. Jabin Science College, Huballi, India, Vol: Jabintronics, pp. 96-100.
- [5]. W. Osei-Mensah et al. (2012), "Assessment of Radiation Shielding Properties of Polyester Steel Composite using MCNP5", International Journal of Science and Technology, Vol. 2(7), pp. 231-236.

ABSTRACT

STUDY ON THE EFFECTS OF UNIT COMPONENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF RADIATION SHIELDING COMPOSITE MATERIAL ON E-128 RESIN

Treatment of radioactive contamination is gaining great attention on a global scale due to its dangerous effects on human health. Radioactive contamination causes many acute, chronic, and even fatal illnesses if exposed to large doses or for long periods of time. The creation of a material capable of shielding radiation has attracted much attention, such as lead, rubber, barite mortar, RS anti-radioactive bricks, especially radiation shielding composite material is receiving great attention due to its fabrication ability, mechanical properties and its resistance to radiation. This paper presents the results of studying the effect of unit component on the mechanical properties of the radiation shielding composite based on E-128 epoxy resin. The result shows that with the DOP plasticizer ratio of 20%(w/w), the filler component is B₄C with the rate of 10%(w/w) compare with E-128, allowing to obtain the product with the best mechanical properties.

Keywords: Radiation shielding material; Composite material; Radiation pollution.

Nhận bài ngày 23 tháng 11 năm 2020

Hoàn thiện ngày 19 tháng 4 năm 2021

Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 6 năm 2021

Địa chỉ: ¹Viện Công nghệ mới/Viện KH-CN quân sự;

²Trường Sĩ quan Lục quân I.

*Email: vntoanchem@gmail.com.