



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0036728

(51)^{2016.01} **B29B 7/00; C08K 7/02; C08J 9/00; B01J 15/00; C01B 33/00** (13) **B**

(21) 1-2020-05696

(22) 06/10/2020

(45) 25/08/2023 425

(43) 26/04/2021 397

(73) Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh (VN)
244 Điện Biên Phủ, phường 7, quận 3, thành phố Hồ Chí Minh

(72) LÊ THỊ KIM PHỤNG (VN); ĐỖ NGUYỄN HOÀNG NGÀ (VN).

(54) QUY TRÌNH TỔNG HỢP VẬT LIỆU AEROGEL COMPOZIT TỪ TRO BAY VÀ SỢI POLYETYLEN TEREPHTALAT TÁI CHẾ

(57) Quy trình tổng hợp aerogel compozit từ tro bay kết hợp sợi polyetylen terephtalat tái chế (rPET) bao gồm ba giai đoạn: phân tán hạt tro bay vào dung dịch gồm xanthan; phối trộn hỗn hợp tro bay/gôm xanthan với khối sợi rPET; cấp đông và sấy thăng hoa.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực Công nghệ hóa học và vật liệu, cụ thể là đề cập đến quy trình tổng hợp aerogel compozit từ tro bay kết hợp sợi polyetylen terephthalat tái chế (rPET).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Aerogel là nhóm vật liệu rắn siêu nhẹ với độ xốp cao có thể lên đến 99% và khối lượng riêng cực thấp từ $0,003 - 0,5 \text{ g/cm}^3$. Do đó vật liệu sở hữu tính chất cách nhiệt nổi bật với độ dẫn nhiệt siêu thấp từ $0,018 - 0,075 \text{ W/m.K}$. Aerogel được tổng hợp bằng cách thay thế dung môi trong hệ gel bằng pha khí nhờ các phương pháp sấy gồm sấy siêu tới hạn, sấy thăng hoa và sấy ở điều kiện thường kết hợp biến tính. Nguồn nguyên liệu tổng hợp aerogel rất đa dạng từ hợp chất vô cơ (silic oxit, magie oxit, nhôm oxit) đến hợp chất hữu cơ (polysacarit, cacbon), trong đó silic oxit aerogel được phát minh lần đầu tiên vào năm 1931 bởi nhà khoa học Mỹ Kistler. Mặc dù vậy, việc thương mại hóa vật liệu này đến nay còn nhiều hạn chế bởi độ giòn và co rút thể tích sau khi sấy. Độ bền uốn của silic oxit aerogel tinh khiết với khối lượng riêng $0,1 \text{ g/cm}^3$ là khoảng 0,02 MPa và cường độ sụp đổ khi nén với khối lượng riêng $0,21 \text{ g/cm}^3$ là khoảng 2,5 MPa.

Trong thập kỷ qua, vật liệu aerogel compozit từ silic oxit aerogel với các vật liệu hữu cơ và vô cơ khác được nghiên cứu rộng rãi. Những compozit được tổng hợp theo cách tương tự như aerogel truyền thống nhưng có bổ sung thêm thành phần thứ hai vào hệ gel trước khi sấy khô. Do đó, các compozit của aerogel với các polyme, kim loại và hợp chất vô cơ khác được tổng hợp để đạt được các tính chất tương tự aerogel nhưng độ bền cơ học được cải thiện như tính dẻo dai, tính bền nén, tính đàn hồi và tỉ lệ mô-đun trên khối lượng cao. Bằng việc phát triển vật liệu mới như aerogel compozit, nguồn nguyên liệu để tổng hợp trở nên đa dạng hơn. Một trong những hướng đi của khoa học vật liệu ở Việt Nam là tái chế phụ phẩm của các ngành công nghiệp thành vật liệu tái tạo có giá trị kỹ thuật cao.

Tro bay là sản phẩm phụ ở dạng bột mịn (đường kính từ 10 đến $30 \mu\text{m}$) sinh ra từ quá trình đốt các nguyên liệu hóa thạch trong nhà máy nhiệt điện. Thành phần của tro bay bao gồm các chất không cháy trong than, chủ yếu là silic oxit (SiO_2) và nhôm oxit (Al_2O_3), một lượng nhỏ cacbon còn lại từ quá trình đốt cháy không hoàn toàn. Tro bay được ứng dụng vào lĩnh vực vật liệu xây dựng như dùng trong bê tông, vữa xây, xi măng và gạch không nung. Tuy nhiên, chỉ khoảng hơn 30% tổng lượng tro thải ra hàng năm được tiêu thụ. Vì vậy, 70% tồn đọng đang gây áp lực rất lớn đến các bãi chứa tro bay và vấn đề ô nhiễm môi trường.

Vì thành phần silic oxit trong tro bay lớn trên 55%, một số nghiên cứu trước đã công bố quy trình tổng hợp aerogel compozit từ tro bay. Năm 2016, các hạt tro bay và silic oxit aerogel

được phối trộn thành một khối hỗn hợp nhẹ, bổ sung sợi polyvinyl ancol (PVA) để tăng cơ tính cho thành phẩm. Hỗn hợp bột nhão này được đưa vào khuôn thép đã được bôi trơn từ trước và được nén trên bàn rung để loại bỏ bọt khí. Độ chịu nén và độ đàn hồi của vật liệu lần lượt là 18,63 – 23,54 MPa và 3,66 – 4,94 MPa, đồng thời độ dẫn nhiệt đạt 0,3197 W/m.K. Cũng trong năm 2016, dẫn xuất silic oxit – nhôm oxit aerogel từ tro bay kết hợp với các hạt titan đioxit (TiO_2) tạo thành aerogel compozit bằng phương pháp sol-gel có sử dụng axit làm chất xúc tác. Các hạt aerogel được phân tán vào dung môi etanol/axit axetic và siêu âm để đồng hóa. Đồng thời, dung dịch TiO_2 được chuẩn bị bằng cách hòa tan tetrabutyl titanat vào hỗn hợp etanol/axit axetic. Dung dịch TiO_2 được thêm vào huyền phù $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ để thực hiện phản ứng thủy phân tạo thành dung dịch keo. Hệ được khuấy trộn trong 2 giờ, già hóa trong vào 12 giờ ở nhiệt độ phòng, nhiệt phân trong 14 tiếng và sấy thăng hoa tạo thành $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ aerogel compozit. Vật liệu thể hiện hoạt tính xúc tác quang tốt khi phân hủy 2-sec-butyl-4,6-đinitrophenol tốt hơn các hạt TiO_2 nguyên chất, cho tiềm năng cao trong xử lý nước thải công nghiệp. Năm 2018, tro bay kết hợp với quặng trona để tạo vật liệu silic oxit aerogel kỵ nước thông qua phương pháp rắn-rắn. Vật liệu được tạo thành có độ bền nhiệt cao khi vẫn giữ được đặc tính kỵ nước ở nhiệt độ lên đến 476 °C, diện tích bề mặt lớn (516,3 – 856,2 m^2/g), thể tích lỗ xốp lớn (1,24 – 2,92 cm^3/g) và đường kính lỗ bé (8,3 – 17,1 nm). Ngoài ra, tro bay còn được dùng để tổng hợp geopolymer và dùng geopolymer này kết hợp với các hạt silic oxit aerogel tạo thành aerogel/geopolymer compozit. Cụ thể, tro bay và thủy tinh lỏng được trộn đều trong vòng 2 đến 3 phút với tốc độ khuấy là 450 – 500 vòng/phút. Tiếp theo, chất tạo bọt có nguồn gốc từ protein được thêm vào hỗn hợp và khuấy trộn thêm 6 phút nữa. Hỗn hợp đồng nhất được đưa vào khuôn cao su và được hóa rắn bằng cách bay hơi nước bề mặt tự nhiên trong 48 giờ tạo geopolymer. Để tổng hợp aerogel/geopolymer compozit, geopolymer được ngâm tẩm vào dung dịch silic oxit, già hóa và tạo gel trong etanol liên tục 6 giờ ở 45 °C. Dung dịch etanol trong hệ gel được chuyển đổi sang n-hexan và bề mặt gel được biến tính bằng trimethylclosilan (TMCS) trước khi sấy thường ở 100 °C trong 5 giờ để tạo aerogel/geopolymer compozit. Vật liệu tạo thành có độ dẫn nhiệt rất thấp (0,048 – 0,067 W/m.K) và độ bền nén tối đa trong khoảng 0,45 đến 0,79 MPa.

Nhìn chung, tro bay đang là đối tượng được quan tâm nghiên cứu để tổng hợp thành các vật liệu có giá trị kỹ thuật cao như aerogel và aerogel compozit. Tuy nhiên, một số hạn chế còn tồn đọng trong các nghiên cứu trước, cụ thể là, tro bay chỉ mới được sử dụng như một chất bổ sung vào thành phần vật liệu, gia cố thêm kết cấu mà chưa được sử dụng như nguồn nguyên liệu chính. Quy trình tổng hợp nhìn chung còn phức tạp, sử dụng nhiều hóa chất độc hại không thân thiện với môi trường khiến cho việc áp dụng vào quy mô công nghiệp còn nhiều hạn chế. Với cách tiếp cận giải quyết các hạn chế đã trình bày theo hướng phát triển bền vững, hóa học xanh và đơn giản hóa quy trình tổng hợp, trong giải pháp này, tro bay phát thải từ nhà máy nhiệt điện được sử

dùng làm nguyên liệu chính kết hợp với sợi polyetylen terephthalat tái chế (rPET) để tổng hợp aerogel composít tính năng cao. Sợi rPET sở hữu các tính chất cơ học nổi bật như độ giãn dài khi đứt là 39,13%, độ bền kéo là 172 MPa và đã được sử dụng như vật liệu tăng cứng cho bê tông trong xây dựng.

Thành phần của aerogel composít bao gồm tro bay, sợi rPET và gôm xanthan. Sợi rPET được sử dụng để tạo khung cấu trúc 3D của aerogel composít kết hợp với các hạt tro bay nhằm tăng cường khả năng cách nhiệt. Tro bay được chuyển hóa hoàn toàn thành aerogel composít mà không trải qua bước tiền xử lý nào. Gôm xanthan trong thành phần aerogel composít đóng vai trò chống lắng các hạt tro bay trong hệ gel. Đây là một hợp chất polysacarít thông dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm nên hoàn toàn không độc hại. Hiện nay, chưa có công bố nào về tổng hợp vật liệu aerogel composít từ tro bay và sợi rPET bằng phương pháp phối trộn vật lý.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế này là tổng hợp aerogel composít tính năng cao từ phụ phẩm tro bay của các nhà máy nhiệt điện kết hợp với sợi rPET bằng phương pháp phối trộn vật lý có sử dụng gôm xanthan như một chất chống sa lắng các hạt tro bay. Thành phần chính của tro bay gồm SiO_2 (55,07%), Al_2O_3 (19,1%), Fe_2O_3 (7,25%) và các thành phần khác. Quy trình tổng hợp vật liệu aerogel composít từ tro bay và sợi rPET bao gồm ba giai đoạn được mô tả như sau:

- Giai đoạn 1: phân tán hạt tro bay vào dung dịch gôm xanthan

Dung dịch gôm xanthan được chuẩn bị bằng cách hòa tan bột gôm xanthan vào nước thủy cục bằng máy khuấy đĩa trong vòng 45 phút với tốc độ 600 - 800 vòng/phút ở nhiệt độ phòng. Các hạt tro bay được bổ sung vào dung dịch gôm xanthan theo tỉ lệ mong muốn và khuấy trong vòng 30 phút với tốc độ 500 vòng/phút ở nhiệt độ phòng.

- Giai đoạn 2: phối trộn tro bay và sợi rPET

Sợi rPET có đường kính 30 μm và chiều dài 64 mm được trải trên khuôn. Hỗn hợp tro bay và gôm xanthan được đổ vào khuôn và tạo thành hệ gel. Để tăng cường khả năng phân tán tro bay vào khung sợi có sẵn, toàn bộ hỗn hợp tro bay/rPET/gôm xanthan được đồng hóa bằng máy siêu âm trong 10 phút với công suất 200W.

- Giai đoạn 3: cấp đông và sấy thăng hoa

Hỗn hợp tro bay/rPET/gôm xanthan được gel hóa ở $-50\text{ }^\circ\text{C}$ để hóa rắn toàn bộ chất lỏng (nước) và tiếp tục được sấy thăng hoa ở để tạo thành aerogel composít có cấu trúc rỗng xốp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là ảnh chụp SEM hình thái học của tro bay aerogel compozit với các hàm lượng tro bay khác nhau: (a,d) 1,0%, (b,e) 2,0% và (c,f) 4,0% ở các độ phóng đại tương ứng 80 và 500.

Hình 2 là biểu đồ thể hiện tính chất cơ học của tro bay aerogel compozit với nồng độ tro bay thay đổi lần lượt là 1,0%; 2,0% và 4,0%.

Hình 3 là sơ đồ quy trình tổng hợp vật liệu aerogel compozit từ tro bay và sợi rPET.

Mô tả chi tiết sáng chế

Quy trình tổng hợp aerogel compozit từ tro bay và sợi rPET gồm ba giai đoạn chính:

- Giai đoạn 1: phân tán hạt tro bay vào dung dịch gồm xanthan

Dung dịch gồm xanthan được chuẩn bị bằng cách hòa tan bột gồm xanthan vào nước thủy cục bằng máy khuấy đĩa trong vòng 45 phút với tốc độ 600 - 800 vòng/phút ở nhiệt độ phòng. Các hạt tro bay được phân tán vào hỗn hợp chứa gồm xanthan và nước theo tỉ lệ khối lượng hạt tro bay và khối lượng gồm xanthan là 2,5:1 hoặc 5:1 hoặc 10:1, trong đó hàm lượng gồm xanthan trong hỗn hợp được giữ ở 0,4% (khối lượng/thể tích). Hỗn hợp huyền phù được khuấy trộn bằng máy khuấy trong vòng 30 phút với tốc độ 500 vòng/phút ở nhiệt độ phòng nhằm phân tán đều các hạt trong dung dịch gồm xanthan.

- Giai đoạn 2: phối trộn tro bay và sợi rPET

Các bó sợi rPET có đường kính 30 μm và chiều dài 64 mm được vuốt thẳng và trải trên khuôn. Hỗn hợp tro bay và gồm xanthan được đổ từ từ vào khuôn. Để tăng cường khả năng phân tán và len lỏi của tro bay vào khung sợi có sẵn, toàn bộ hỗn hợp tro bay/rPET/gồm xanthan được đồng hóa bằng máy siêu âm trong 10 phút với công suất 200W.

- Giai đoạn 3: cấp đông và sấy thăng hoa

Hỗn hợp được gel hóa bằng cách cấp đông ở $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 4 giờ để hóa rắn hoàn toàn chất lỏng (nước) và sau đó được sấy thăng hoa nhằm thăng hoa các tinh thể nước đá và đảm bảo cấu trúc rỗng 3D của aerogel compozit. Quá trình sấy thăng hoa diễn ra ở môi trường chân không gồm hai giai đoạn: sấy sơ cấp với nhiệt độ tăng dần từ $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 7 giờ và sấy thứ cấp ở $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 37 giờ kế tiếp.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Dung dịch nhớt gồm xanthan được chuẩn bị bằng cách hòa tan bột gồm xanthan vào nước thủy cục bằng máy khuấy đĩa sử dụng cánh khuấy tuabin cánh nghiêng trong vòng 45 phút với tốc độ 600 - 800 vòng/phút ở nhiệt độ phòng. Các hạt tro bay được phân tán vào hỗn hợp chứa gồm xanthan và nước theo tỉ lệ khối lượng hạt tro bay và khối lượng gồm xanthan là 2,5:1 hoặc 5:1 hoặc 10:1, trong đó hàm lượng gồm xanthan trong hỗn hợp được giữ ở 0,4% (khối lượng/thể tích). Hỗn hợp huyền phù được đồng hóa bằng máy khuấy đĩa trong vòng 30 phút với tốc độ 500 vòng/phút ở nhiệt độ phòng.

Các bó sợi rPET được vuốt thẳng và trải trên khuôn. Hỗn hợp tro bay và gôm xanthan đã chuẩn bị được đổ từ từ vào khuôn và tạo thành hệ gel. Toàn bộ hỗn hợp tro bay/rPET/gôm xanthan được đồng hóa bằng máy siêu âm trong 10 phút với công suất 200W. Sau đó, hỗn hợp tro bay/rPET/gôm xanthan được gel hóa ở $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 4 giờ trước khi sấy thăng hoa trong môi trường chân không gồm hai giai đoạn: sấy sơ cấp với nhiệt độ tăng dần từ $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 7 giờ và sấy thứ cấp ở $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 37 giờ kế tiếp.

Bảng 1. Các điều kiện khảo sát

STT	Hàm lượng tro bay (% khối lượng/thể tích)	Hàm lượng sợi rPET (% khối lượng/thể tích)	Hàm lượng gôm xanthan (% khối lượng/thể tích)
1	1,0	1,0	0,4
2	2,0	1,0	0,4
3	4,0	1,0	0,4

Tiến hành tổng hợp aerogel composít từ tro bay và sợi rPET theo quy trình đề xuất hình 4 cho kết quả như sau:

a. Đặc điểm của vật liệu

Bảng 2. Thông số vật lý của vật liệu

Tro bay (%)	Sợi rPET (%)	Khối lượng riêng (g/cm^3)	Độ rỗng (%)
1,0	1,0	$0,028 \pm 0,002$	$98,34 \pm 0,13$
2,0	1,0	$0,039 \pm 0,002$	$97,85 \pm 0,09$
4,0	1,0	$0,056 \pm 0,004$	$97,11 \pm 0,21$

Kết quả cho thấy vật liệu aerogel composít từ tro bay được tăng cứng bằng sợi rPET có khối lượng riêng rất thấp từ 0,028 đến 0,056 g/cm^3 với độ rỗng lớn từ 97,11 đến 98,34%. Với sự tăng dần hàm lượng tro bay từ 1,0 đến 4,0%, khối lượng riêng của aerogel composít tăng dần cùng với sự giảm dần của độ rỗng xấp cho sự dày đặc của các hạt tro bay trong cấu trúc vật liệu. Điều này được giải thích do mật độ vật chất trong khối vật liệu tăng dần khiến cho vật liệu trở nên đặc hơn và các lỗ rỗng bị thu hẹp dần, tương ứng với sự giảm độ rỗng.

b. Hình thái học của vật liệu

Qua hình 1 có thể thấy các hạt tro bay được kết dính với nhau nhờ các mảng gôm xanthan. Cấu trúc rỗng xốp của aerogel composít được hình thành với sự đan xen của các sợi rPET kết hợp với mạng lưới gôm xanthan chứa các hạt tro bay. Như vậy, gôm xanthan vừa đóng vai trò chống lắng và liên kết các hạt tro bay, vừa là cầu nối bám dính khối tro bay và khối sợi với nhau. Thêm vào đó, khi hàm lượng tro bay tăng dần từ 1,0% đến 4,0%, kích thước lỗ xốp ngày càng nhỏ khiến cho độ rỗng của vật liệu cũng giảm theo (Hình 1a,b,c). Các lỗ xốp trong khối vật liệu có kích thước ước tính khoảng 10 - 30 μm .

c. Khả năng cách nhiệt của vật liệu

Bảng 3. Độ dẫn nhiệt và module Young của aerogel composít từ tro bay và sợi rPET.

Tro bay (%)	Sợi rPET (%)	Độ dẫn nhiệt (W/m.K)	Mô-đun nén (kPa)
1,0	1,0	$0,037 \pm 0,001$	$4,47 \pm 0,02$
2,0	1,0	$0,038 \pm 0,001$	$11,51 \pm 0,01$
4,0	1,0	$0,041 \pm 0,001$	$5,22 \pm 0,02$

Độ dẫn nhiệt của tro bay aerogel composít thể hiện trong khoảng 37 – 41 mW/m.K như bảng 3. Theo TCVN 7194:2002, tro bay aerogel composít được xếp vào loại vật liệu cách nhiệt siêu nhẹ với độ dẫn nhiệt siêu thấp dưới 0,060 W/m.K. Với sự tăng dần hàm lượng tro bay trong một đơn vị thể tích khối vật liệu, độ dẫn nhiệt của tro bay aerogel composít tăng dần từ 0,037 đến 0,041 W/m.K. Điều này được giải thích bởi sự giảm dần độ rỗng của vật liệu từ 98,34 đến 97,11%, đồng nghĩa khối không khí bên trong vật liệu giảm mà không khí là một chất cách nhiệt với độ dẫn nhiệt thấp 0,026 W/m.K. Mặt khác, sự tăng hàm lượng tro bay trong aerogel composít khiến cho độ dẫn nhiệt tổng của vật liệu tăng do sự truyền nhiệt qua khung chất rắn hình thành bởi sợi rPET và tro bay. Độ dẫn nhiệt của tro bay aerogel composít nhìn chung tương đương với các vật liệu cách nhiệt thương mại khác như bông khoáng (34 – 45 mW/m.K), bông thủy tinh (31 – 43 mW/m.K), bọt thủy tinh (38 – 50 mW/m.K), polystyren (29 – 55 mW/m.K).

d. Độ bền cơ học của vật liệu

Tính chất nén của tro bay aerogel composít được thể hiện ở hình 2 và bảng 3. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô-đun nén của tro bay aerogel composít thấp từ 4,47 đến 11,51 kPa. Tuy nhiên, giá trị này của tro bay aerogel composít cao hơn so với aerogel từ sợi rPET (1,16 – 2,87 kPa), chứng tỏ sự có mặt của tro bay giúp làm tăng khả năng chịu nén của vật liệu. So với vật liệu aerogel composít tổng hợp từ tro bay, polyvinyl ancol và laponite có mô-đun nén đạt 2,44 – 31,14 MPa, tro bay aerogel composít thể hiện khả năng đàn hồi và tính dẻo dai tốt hơn, do đó hình dáng vật liệu có thể thay đổi. Sự tăng hàm lượng tro bay nhìn chung làm tăng độ cứng của aerogel composít, trong đó với hàm lượng tro bay 2,0% cho mô-đun nén cao nhất đạt 11,51 kPa.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Quy trình tổng hợp aerogel composít từ tro bay và sợi rPET đạt được những hiệu quả sau:

- Nguồn phụ phẩm tro bay từ hoạt động đốt than ở nhà máy nhiệt điện được tận dùng hoàn toàn để tổng hợp vật liệu aerogel composít có giá trị kỹ thuật cao.

- Aerogel composít từ tro bay và sợi rPET có cấu trúc rỗng xốp với khối lượng riêng cực thấp ($0,028 - 0,056 \text{ g/cm}^3$) thể hiện đặc tính cách nhiệt nổi bật với độ dẫn nhiệt cực thấp ($0,037 - 0,041 \text{ W/m.K}$) và mô-đun nén thấp ($4,47 - 11,51 \text{ kPa}$).

- Việc tổng hợp aerogel compozit từ tro bay và sợi rPET đáp ứng xu hướng phát triển bền vững của Việt Nam hiện nay. Nguyên liệu của quá trình tổng hợp gồm hạt tro và bay và sợi rPET không trải qua giai đoạn tiền xử lý bằng cơ học hay hóa học, điều đặc biệt khác hẳn so với các nghiên cứu trước đó. Do đó, quy trình tổng hợp được đơn giản hóa so với các quy trình trước đây và không phát thải chất hóa học nào ra ngoài môi trường. Bên cạnh đó, gồm xanthan được bổ sung vào aerogel compozit như một chất chống lắng tro bay là một polysacarit thông dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm nên hoàn toàn không độc hại.

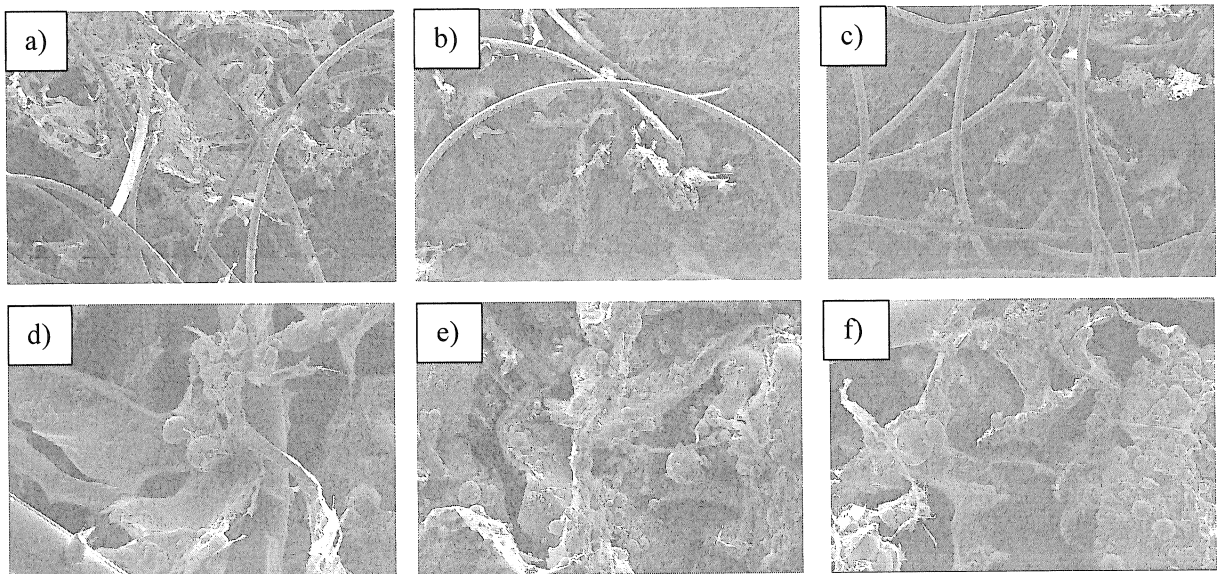
YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình tổng hợp aerogel composít từ tro bay kết hợp sợi polyetylen terephthalat tái chế (rPET) bao gồm ba giai đoạn chính:

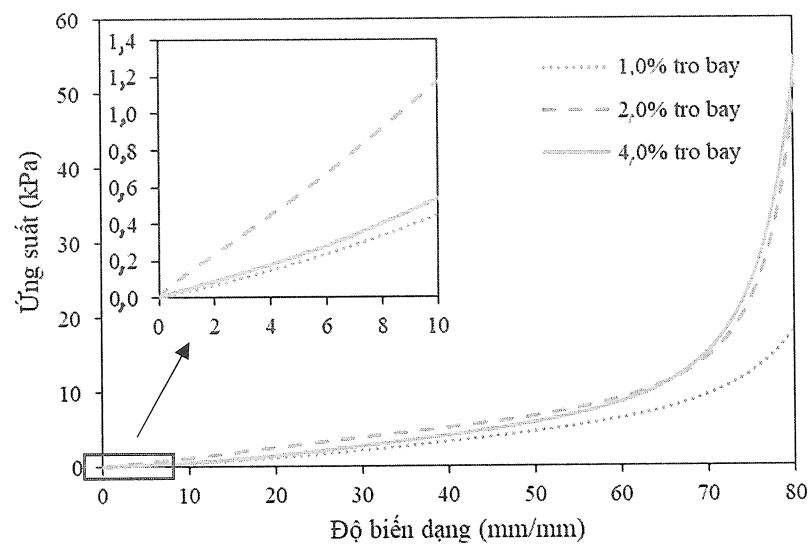
- giai đoạn 1: hòa tan bột gôm xanthan vào nước thủy cục bằng máy khuấy sử dụng cánh khuấy tuabin cánh nghiêng trong vòng 45 phút với tốc độ 600 - 800 vòng/phút ở nhiệt độ phòng; các hạt tro bay được phân tán vào hỗn hợp chứa gôm xanthan và nước theo tỉ lệ khối lượng hạt tro bay và khối lượng gôm xanthan là 2,5:1 hoặc 5:1 hoặc 10:1, trong đó hàm lượng gôm xanthan trong hỗn hợp được giữ ở 0,4% (khối lượng/thể tích), hỗn hợp huyền phù được khuấy trộn bằng máy khuấy trong vòng 30 phút với tốc độ 500 vòng/phút ở nhiệt độ phòng;

- giai đoạn 2: tạo hỗn hợp tro bay/rPET/gôm xanthan bằng cách vuốt thẳng các bó sợi rPET có đường kính 30 μm và chiều dài 64 mm và trải trên khuôn; hỗn hợp tro bay và gôm xanthan được đổ từ từ vào khuôn; toàn bộ hỗn hợp tro bay/rPET/gôm xanthan được đồng hóa bằng máy siêu âm trong 10 phút với công suất 200W;

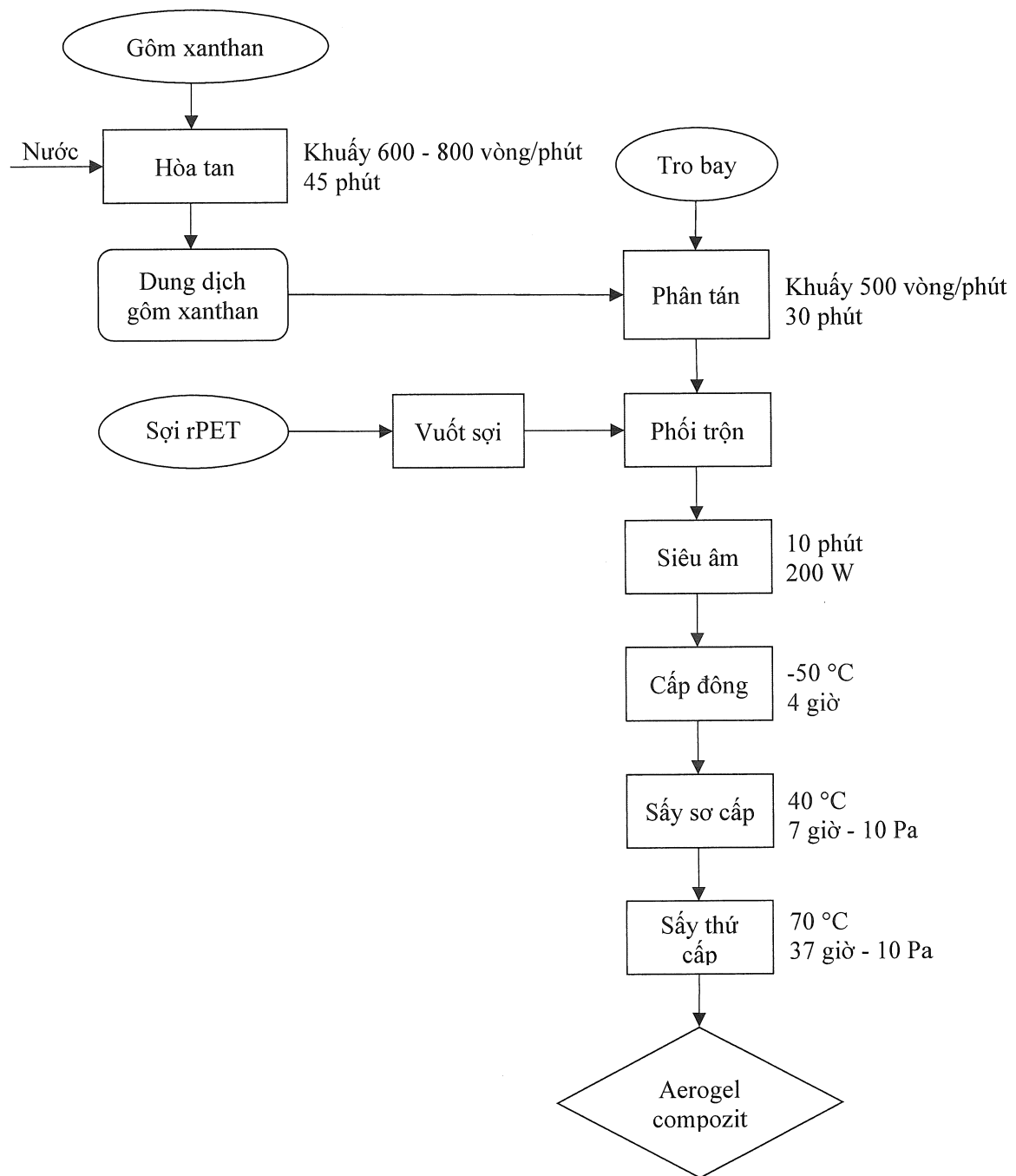
- giai đoạn 3: thu được vật liệu aerogel composít bằng cách gel hóa hỗn hợp tro bay/rPET/gôm xanthan bằng cách cấp đông ở $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 4 giờ, trước khi sấy thăng hoa trong môi trường chân không (10 Pa) gồm hai giai đoạn: sấy sơ cấp với nhiệt độ tăng dần từ $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 7 giờ và sấy thứ cấp ở $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 37 giờ kế tiếp.



Hình 1.



Hình 2.



Hình 3.