



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

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

(11)



1-0032898

(51)^{2019.01} B29B 15/00; C08J 11/00; B29C 53/00

(13) B

(21) 1-2020-00411

(22) 20/01/2020

(45) 25/08/2022 413

(43) 25/05/2020 386ASC

(73) Công ty TNHH CAPIWORLD (VN)

57/29 Phạm Thái Bường, khu phố Nam Thiên 1, phường Tân Phong, quận 7, thành phố Hồ Chí Minh

(72) Nguyễn Võ Tuấn Huy (VN).

(54) QUY TRÌNH CHẾ TẠO VẬT LIỆU AEROGEL TỪ SỢI CAO SU PHẾ LIỆU

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu aerogel từ sợi cao su phế liệu để sử dụng trên nhiều lĩnh vực khác nhau như: xây dựng, xử lý chất thải, vận tải, hàng không, cách nhiệt trong các hệ thống làm lạnh, v.v.. Vật liệu aerogel được sản xuất theo sáng chế bằng cách sử dụng rượu polyvinyllic và glutaraldehyt làm chất tạo liên kết trong mạng lưới 3D và nước làm môi trường phân tán sợi và được làm tăng cường khả năng kỵ nước. Các đặc điểm hình thái và đặc tính kỹ thuật của vật liệu aerogel cho thấy sản phẩm có cấu trúc mạng xốp cao 90,07 - 95,10%, mật độ cực thấp 0,048 - 0,091 g/cm³, tính kỵ nước với khả năng hấp thụ dầu lên tới 24,95 g/g và độ đàn hồi cao với mô đun Young có độ nén lên tới 458 kPa. Vật liệu aerogel theo sáng chế có khả năng cách nhiệt vượt trội với độ dẫn nhiệt thấp 0,035 - 0,049 W/m.K, đồng thời có độ hấp thụ âm thanh vượt trội hơn so với chất hấp thụ bọt âm thương mại trên một dải tần số.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực công nghệ hóa học, công nghệ vật liệu, cụ thể là sáng chế đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu aerogel từ sợi cao su phế liệu, ví dụ từ lốp xe phế liệu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Aerogel là vật liệu siêu nhẹ và xốp, được tổng hợp bằng cách thay thế chất lỏng trong hệ gel thành chất khí. Aerogel sở hữu độ rỗng lên đến 99% với mật độ chất rắn cực thấp và độ dẫn nhiệt thấp ($0,018 - 0,075 \text{ W/mK}$). Vì vậy, aerogel được ứng dụng làm chất cách nhiệt trong công trình xây dựng. Mặc dù rất nhẹ nhưng aerogel có thể chịu vật nặng với tải trọng gấp 500 đến 4.000 lần trọng lượng của nó. Aerogel có thể được chế tạo từ nhiều nguồn nguyên liệu khác nhau như silic dioxit, resorcinol-formandehit, oxit kim loại, sợi thực vật, nhựa, v.v..

Có hơn 1,2 tỷ lốp xe ô tô phế liệu được thải ra hằng năm trên toàn thế giới nhưng chỉ có 40% trong số đó được phế liệu thành các sản phẩm có giá trị gia tăng thấp. Khoảng 49% lốp cao su thải được đốt để tạo ra năng lượng. Lốp cao su có nhiều năng lượng (Btu) hơn than nhưng đốt một lốp xe có thể tạo ra khí cacbon đioxit (CO_2), nitơ oxit (NO_x), oxit lưu huỳnh (SO_x) và hơn hai gallon chất độc. Một số khác được chôn lấp dưới đất, tuy nhiên, hầu hết các lốp xe cao su đều không thể phân hủy được và nước rỉ từ các khu vực này gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng đến môi trường, đặc biệt là môi trường nước.

Khoảng 26% lốp cao su thải được nghiền thành chất độn cho nhựa đường và vật liệu cách nhiệt, 7% được trộn vào nền đường, rào chắn, tường chắn và sử dụng kỹ thuật dân dụng khác và 7% còn lại được phế liệu thành các cấu trúc cho bề mặt sân chơi và lốp xe. Mặc dù việc phế liệu lốp cao su giúp làm giảm khối lượng chất thải, tuy nhiên, hơn 70GW năng lượng bị lãng phí mỗi năm khi tiêu tốn năng lượng để nghiền lốp xe ô tô.

Với cách tiếp cận giải quyết hạn chế còn tồn đọng, giảm tác động gây ô nhiễm của lốp xe ô tô phế thải đối với môi trường và đơn giản hóa quy trình chế tạo, trong giải pháp này, sợi cao su từ lốp xe ô tô phế liệu được sử dụng làm nguyên liệu chế tạo

aerogel tính năng cao. Trong thành phần vật liệu gồm sợi cao su phế liệu, rượu polyvinyllic (PVA) và glutaraldehyt (GA) làm chất tạo liên kết trong mạng lưới 3D và nước làm môi trường phân tán sợi. Lớp cao su được nghiền trực tiếp thành sợi cao su và được chuyển hóa hoàn toàn thành aerogel mà không trải qua bước tiền xử lý nào. Rượu polyvinyllic được sử dụng rộng rãi nhờ vào khả năng tự phân hủy sinh học, độ bền kéo lớn và là một chất kết dính tốt. Hiện nay, chưa có công bố nào về chế tạo vật liệu aerogel từ sợi cao su phế liệu từ lốp xe bằng phương pháp phối trộn vật lý với chi phí năng lượng thấp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là chế tạo vật liệu aerogel tận dụng lốp xe phế liệu, bằng phương pháp phối trộn vật lý sol-gel, kết hợp với hỗn hợp rượu polyvinyllic và glutaraldehyt làm chất tạo liên kết và nước làm môi trường phân tán hạt.

Quy trình chế tạo vật liệu aerogel từ sợi cao su phế liệu theo sáng chế bao gồm các bước sau:

(i) chuẩn bị dung dịch phản ứng chứa rượu polyvinyllic và glutaraldehyt bằng cách hòa tan bột rượu polyvinyllic và glutaraldehyt vào nước khử ion bằng máy khuấy từ có gia nhiệt với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30 đến 90°C;

(ii) phân tán sợi cao su phế thải vào dung dịch phản ứng thu được ở bước (i) tỉ lệ ở điều kiện nhiệt độ 30°C;

(iii) khuấy trộn huyền phù thu được ở bước (ii) bằng máy khuấy trong thời gian nằm trong khoảng từ 3 đến 5 giờ ở nhiệt độ đến 90°C để tăng tốc độ phản ứng tạo liên kết ngang;

(iv) làm đông lạnh huyền phù thu được ở bước (iii) trong tủ cấp đông ở nhiệt độ -25°C trong thời gian nằm trong khoảng từ 12 đến 24 giờ;

(v) rã đông huyền phù đông lạnh thu được ở bước (iv) thành gel ở nhiệt độ đến 70°C trong thời gian 30 phút;

(vi) làm đông khô gel thu được ở bước (v) thành khối rắn và sấy đông khô nhằm loại bỏ toàn bộ chất lỏng trong mẫu bằng sự thăng hoa, giúp đảm bảo cấu trúc rỗng của vật liệu ở nhiệt độ -70°C, điều kiện áp suất nằm trong khoảng từ 1 Pa đến 10

Pa và trong thời gian nằm trong khoảng từ 36 đến 48 giờ;

(vii) gia nhiệt vật liệu thu được ở bước (vi) cùng với polytetrafloetylen và metyltrimetoxysilan đến nhiệt độ 90°C trong thời gian 24 giờ để tăng khả năng kỵ nước của vật liệu để thấm hút dầu và các hợp chất hữu cơ tốt hơn.

Theo một phương án, tỉ lệ trọng lượng bột rượu polyvinyllic và thể tích glutaraldehyt nằm trong khoảng từ 1:1 đến 1:3.

Theo một phương án được ưu tiên, tỉ lệ trọng lượng sợi cao su so với trọng lượng rượu polyvinyllic ở bước (ii) là 1:1 đến 5:1.

Theo một phương án tỷ lệ trọng lượng của vật liệu aerogel với polytetrafloetylen ở bước (vii) là nằm trong khoảng từ 5:1 đến 10:1.

Theo một phương án được ưu tiên, tỷ lệ trọng lượng của vật liệu aerogel với polytetrafloetylen ở bước (vii) là 6:1.

Theo một phương án, tỷ lệ trọng lượng/thể tích của vật liệu aerogel và metyltrimetoxysilan ở bước (vii) là nằm trong khoảng từ 1:1 đến 10:1.

Theo một phương án được ưu tiên, tỷ lệ trọng lượng/thể tích của vật liệu aerogel và metyltrimetoxysilan ở bước (vii) là 2:3.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1a và 1b là hình ảnh hình thái của vật liệu aerogel chế tạo được từ cao su phế liệu với nồng độ khác nhau, hình 1c là hình ảnh vật liệu aerogel chế tạo được từ sợi cao su phế liệu ở các kích cỡ khác nhau.

Hình 2 là hình thể hiện độ dẫn nhiệt của các vật liệu aerogel chế tạo được từ cao su phế liệu khác nhau.

Hình 3 là đường cong TGA và DTA của mẫu vật liệu aerogel chế tạo được từ cao su phế liệu.

Hình 4a và 4b lần lượt là hình vẽ thể hiện hiệu suất hấp thụ âm thanh của vật liệu aerogel chế tạo được từ cao su phế liệu ở các độ dày khác nhau và nồng độ sợi cao su khác nhau.

Hình 5a, 5b và 5c lần lượt là hình ảnh các góc tiếp xúc của vật liệu aerogel chế tạo được từ cao su phế liệu ở bề mặt bên ngoài, trong mặt cắt ngang và trên bề mặt bên ngoài sau 90 ngày tiếp xúc.

Hình 6 là đồ thị thể hiện độ bền nén của các vật liệu aerogel chế tạo được từ cao su phế liệu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết liên quan đến khía cạnh và phương án được ưu tiên. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng các cải biến và thay đổi tương tự sẽ không nằm ngoài phạm vi của sáng chế này.

Dung dịch phản ứng chứa rượu polyvinyllic và glutaraldehyt bằng cách hòa tan bột rượu polyvinyllic và glutaraldehyt vào nước khử ion bằng máy khuấy từ có gia nhiệt với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30 đến 90°C.

Tỷ lệ trọng lượng của rượu polyvinyllic và thể tích glutaraldehyt được ưu tiên là nằm trong khoảng từ 1:1 đến 1:3.

Dung dịch phản ứng thu được sẽ có nồng độ rượu polyvinyllic nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5% theo trọng lượng.

Sau khi chuẩn bị xong dung dịch phản ứng, sợi cao su phế thải được phân tán vào dung dịch phản ứng này ở điều kiện nhiệt độ 30°C kèm khuấy.

Các tác giả sáng chế đã nhận thấy rằng việc tăng tỷ lệ sợi cao su phế liệu sẽ làm tăng mật độ của vật liệu aerogel tạo thành đồng thời làm giảm độ xốp của vật liệu.

Tỷ lệ trọng lượng sợi cao su so với trọng lượng rượu polyvinyllic được ưu tiên theo sáng chế là nằm trong khoảng từ 1:1 đến 5:1.

Sau khi phân tán sợi cao su trong dung dịch phản ứng, huyền phù thu được sẽ được khuấy trộn bằng máy khuấy trong thời gian nằm trong khoảng từ 3 đến 5 giờ ở nhiệt độ đến 90°C để tăng tốc độ phản ứng tạo liên kết ngang.

Kết thúc giai đoạn phản ứng tạo liên kết ngang, huyền phù thu được làm đông lạnh trong tủ cấp đông ở nhiệt độ -25°C trong thời gian nằm trong khoảng từ 12 đến 24 giờ trước khi được rã đông thành gel ở nhiệt độ đến 70°C trong thời gian 30 phút.

Gel thu được tiếp tục được làm đông thành khối rắn và được sấy đông khô nhằm loại bỏ toàn bộ chất lỏng trong mẫu bằng sự thăng hoa, giúp đảm bảo cấu trúc rỗng của vật liệu. Quá trình sấy đông khô được thực hiện ở điều kiện nhiệt độ -70°C , và điều kiện áp suất nằm trong khoảng từ 1 Pa đến 10 Pa và trong thời gian nằm trong khoảng từ 36 đến 48 giờ.

Để tăng khả năng kỵ nước của vật liệu để thấm hút dầu và các hợp chất hữu cơ tốt hơn, vật liệu aerogel được gia nhiệt cùng với polytetrafloetylen và methyltrimetoxysilan đến nhiệt độ 90°C trong thời gian 24 giờ cho phản ứng silan hóa xảy ra trên bề mặt vật liệu, cụ thể là các nhóm silan hóa các nhóm hidroxy.

Theo một phương án tỷ lệ trọng lượng của vật liệu aerogel với polytetrafloetylen là nằm trong khoảng từ 5:1 đến 10:1.

Theo một phương án được ưu tiên, tỷ lệ trọng lượng của vật liệu aerogel với polytetrafloetylen là 6:1.

Theo một phương án, tỷ lệ trọng lượng/thể tích của vật liệu aerogel và polytetrafloetylen là nằm trong khoảng từ 1:1 đến 10:1.

Theo một phương án được ưu tiên, tỷ lệ trọng lượng/thể tích của vật liệu aerogel và polytetrafloetylen là 8:1.

Tốt hơn nữa, polytetrafloetylen là ở dạng bột mịn với kích cỡ hạt nằm trong khoảng từ 50nm đến 20nm. Điều này sẽ giúp cho khả năng phân tán của polytetrafloetylen vào trong vật liệu aerogel được tốt hơn, kết quả là bề mặt aerogel cả bên trong và bên ngoài đều có thể được tăng cường khả năng thấm hút.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1. Chế tạo các vật liệu aerogel từ sợi cao su phế liệu

Hòa tan 1kg bột rượu polyvinyllic và 2ml glutaraldehyt trong nước khử ion đủ bằng máy khuấy từ có gia nhiệt với nhiệt độ lên đến 90°C (nước bay hơi trong quá trình này có thể được bổ sung tương ứng) để thu được dung dịch phản ứng cuối cùng có nồng độ của rượu polyvinyllic là 1%.

Phân tán 1kg sợi cao su phế thải dung dịch phản ứng thu được ở trên với điều kiện nhiệt độ 30°C kèm khuấy.

Khuấy trộn huyền phù thu được bằng máy khuấy trong thời gian 4,5 giờ ở nhiệt độ đến 90°C để tăng tốc độ phản ứng tạo liên kết ngang.

Kết thúc giai đoạn phản ứng tạo liên kết ngang, làm đông lạnh huyền phù thu được trong tủ cấp đông ở nhiệt độ -25°C trong thời gian 20 giờ trước khi được rã đông thành gel ở nhiệt độ đến 70°C trong thời gian 30 phút.

Gel thu được tiếp tục được làm đông thành khối rắn và được sấy đông khô nhằm loại bỏ toàn bộ chất lỏng trong mẫu bằng sự thăng hoa, giúp đảm bảo cấu trúc rỗng của vật liệu. Quá trình sấy đông khô được thực hiện ở điều kiện nhiệt độ -70°C, và điều kiện áp suất khoảng 5 Pa và trong thời gian nằm trong khoảng từ 40 giờ.

Gia nhiệt vật liệu aerogel thu được với 0,3kg polytetrafloetylen và 200ml metyltrimetoxysilan đến nhiệt độ 90°C trong thời gian 24 giờ để silan hóa nhóm hydroxyl trên bề mặt và thu vật liệu aerogel thành phẩm.

Quy trình này được lặp lại với các lượng sợi cao su khác nhau để thu được các vật liệu aerogel với hàm lượng khác nhau như được thể hiện trong bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Các vật liệu aerogel khác nhau

Tên mẫu	Trọng lượng sợi cao su phế thải (kg)	Nồng độ rượu polyvinyllic trong dung dịch phản ứng (% trọng lượng)	Thể tích glutaraldehyt được sử dụng (ml)
RB01	1,0	1,0	2,0
RB02	2,0	1,0	2,0
RB03	3,0	1,0	2,0
RB04	4,0	1,0	2,0
RB05	5,0	1,0	2,0

Ví dụ 2. Thử nghiệm các tính chất của vật liệu aerogel theo sáng chế

Hình thái của vật liệu aerogel

Hình ảnh SEM của các mẫu aerogel từ sợi cao su phế liệu với nồng độ sợi khác nhau được thể hiện trong hình 1a và 1b cho thấy cấu trúc xốp của vật liệu. Hình 1c cho thấy các mẫu aerogel từ sợi cao su phế liệu có kích thước khác nhau, lần lượt là 30 mm, 60 mm và 100 mm. Điều này chỉ ra rằng các vật liệu aerogel theo sáng chế có thể dễ dàng mở rộng mà không làm hỏng hình dạng của chúng.

Thông số vật lý của các vật liệu aerogel chế tạo được từ sợi cao su phế liệu được tóm tắt trong bảng 2. Có thể thấy rằng cấu trúc của các mẫu aerogel RB01 đến RB05, khi tăng nồng độ sợi, mật độ tăng từ 0,048 - 0,091 g/cm³, độ xốp giảm từ 90,07 - 95,1%.

Bảng 2. Thông số vật lý của các vật liệu aerogel chế tạo được từ sợi cao su phế liệu

Tên mẫu	Khối lượng riêng ρ_a (g/cm ³)	Độ xốp Φ (%)	Khả năng hấp phụ dầu (g/g)	Mô đun Young E (kPa)
RB01	0,048 ± 0,001	95,1 ± 0,1	24,95	1,37 ± 0,01
RB02	0,050 ± 0,001	94,6 ± 0,1	15,88	25,31 ± 0,30
RB03	0,061 ± 0,001	93,2 ± 0,1	11,18	112,39 ± 1,56
RB04	0,070 ± 0,001	92,0 ± 0,2	8,23	290,81 ± 3,53
RB05	0,091 ± 0,001	90,7 ± 0,2	6,42	514,62 ± 0,80

Độ dẫn nhiệt của aerogel

Như được thể hiện trên hình 2, độ dẫn nhiệt của các vật liệu aerogel chế tạo được từ sợi cao su phế liệu nằm trong khoảng từ 0,035 đến 0,049 W/mK. Như thể hiện trong hình này, nồng độ sợi cao su ảnh hưởng đáng kể đến độ dẫn nhiệt của vật liệu aerogel, với nồng độ sợi cao su tăng từ mẫu RB01 đến RB05, độ dẫn nhiệt tăng từ 0,035 đến 0,049 W/mK. Với độ dẫn nhiệt thấp này, aerogel từ sợi cao su phế liệu là một ứng cử viên đầy triển vọng cho các ứng dụng cách nhiệt.

Độ ổn định nhiệt

Hình 3 cho thấy kết quả phân tích nhiệt trọng lượng (TGA) và phân tích nhiệt vi sai (DTA) của mẫu aerogel chế tạo được từ sợi cao su phế liệu. Trong giai đoạn đầu, khối lượng của mẫu giảm không đáng kể trước 350°C. Trong giai đoạn thứ hai, khối lượng giảm nhanh chóng ở nhiệt độ trên 400°C. Vật liệu aerogel chế tạo được từ sợi cao su phế liệu có thể chịu được nhiệt độ tối đa 550°C. Độ ổn định nhiệt của nó vào khoảng 420°C.

Khả năng cách âm của aerogel

Theo quan sát trong hình 4, có thể thấy rằng, sự gia tăng nồng độ sợi và độ dày làm tăng hiệu suất hấp thụ âm thanh của các mẫu aerogel chế tạo được từ sợi cao su phế liệu. Mẫu vật liệu aerogel RB05 với độ dày 30 mm có khả năng hấp phụ âm thanh tốt hơn 25% so với các tấm bọt hấp phụ trên thị trường, đặc biệt là ở 2000-3000 Hz, với NRC là 0,52.

Khả năng hấp phụ dầu

Như được thấy trên hình 5, các góc tiếp xúc của aerogel cao su phế liệu ở bề mặt bên ngoài (a), trong mặt cắt ngang (b) và trên bề mặt bên ngoài sau 90 ngày tiếp xúc (c) cho thấy tính siêu kỵ nước của aerogel từ sợi cao su phế liệu được thể hiện trong hình 5 với các góc dính ướt lớn lần lượt là 152,8° và 151,2°.

Như có thể thấy trong Bảng 1, khả năng hấp thụ dầu giảm khi nồng độ sợi tăng và độ xốp giảm. Kết quả thử nghiệm khả năng hấp thụ dầu của vật liệu aerogel chế tạo được từ sợi cao su tái cho thấy lượng dầu được thấm hút xấp xỉ 25 lần khối lượng ban đầu của nó, và cao hơn gần gấp đôi sản phẩm thương mại được sử dụng hiện nay là polypropylen.

Tính chất cơ học của aerogel

Tính chất cơ học của các vật liệu aerogel được tiến hành thông qua thử nghiệm độ bền nén. Hình 6 chỉ ra rằng với mô đun Young thay đổi từ 1,37- 514,62 kPa khi tăng nồng độ sợi cao su, các mẫu aerogel từ sợi cao su phế liệu có độ bền, độ linh hoạt cao, có thể uốn cong mà không bị hư hỏng.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Quy trình theo sáng chế giúp tận dụng nguồn nguyên liệu phế liệu, tạo ra sản phẩm có giá trị cao, giúp giảm thiểu tác hại đến môi trường của lốp cao su thải.

Vật liệu aerogel được tổng hợp bằng công nghệ sản xuất xanh giúp tiết kiệm năng lượng, tài nguyên, giảm phát thải CO₂, thân thiện với môi trường và an toàn cho người sử dụng.

Việc sử dụng nguồn nguyên liệu phế liệu, kết hợp với công nghệ xanh trong sản xuất giúp tối ưu hoá quy trình, giảm chi phí sản xuất nhưng vẫn giữ được các đặc tính của sản phẩm.

Sản phẩm có lượng siêu nhẹ, trên 95% thể tích là không khí, độ dày 3mm, có thể làm phế liệu và tái sử dụng nhiều lần. Sản phẩm còn có độ bền cơ học cao và khả năng đàn hồi tốt, không bị nứt, vỡ hoặc biến dạng dưới tác động cơ học hay thời tiết khắc nghiệt, có khả năng chịu nhiệt và kháng cháy cao cùng độ dẫn nhiệt cực thấp, góp phần làm tăng sự an toàn và tính thẩm mỹ cho các công trình.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình chế tạo vật liệu aerogel từ sợi cao su phế liệu, trong đó quy trình này bao gồm các bước:

(i) chuẩn bị dung dịch phản ứng chứa rượu polyvinyllic và glutaraldehyt bằng cách hòa tan bột rượu polyvinyllic và glutaraldehyt vào nước khử ion bằng máy khuấy từ có gia nhiệt với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30 đến 90°C;

(ii) phân tán sợi cao su phế liệu mà không cần xử lý trước vào dung dịch phản ứng thu được ở bước (i) ở điều kiện nhiệt độ 30°C;

(iii) khuấy trộn huyền phù thu được ở bước (ii) bằng máy khuấy trong thời gian nằm trong khoảng từ 3 đến 5 giờ ở nhiệt độ đến 90°C để tăng tốc độ phản ứng tạo liên kết ngang;

(iv) làm đông lạnh huyền phù thu được ở bước (iii) trong tủ cấp đông ở nhiệt độ -25°C trong thời gian nằm trong khoảng từ 12 đến 24 giờ;

(v) rã đông huyền phù đông lạnh thu được ở bước (iv) thành gel ở nhiệt độ đến 70°C trong thời gian 30 phút;

(vi) làm đông khô gel thu được ở bước (v) thành khối rắn và sấy đông khô nhằm loại bỏ toàn bộ chất lỏng trong mẫu bằng sự thăng hoa, giúp đảm bảo cấu trúc rỗng của vật liệu ở nhiệt độ -70°C, điều kiện áp suất nằm trong khoảng từ 1 Pa đến 10 Pa và trong thời gian nằm trong khoảng từ 36 đến 48 giờ;

(vii) gia nhiệt vật liệu thu được ở bước (vi) cùng với polytetrafloetylen và metyltrimetoxysilan đến nhiệt độ 90°C trong thời gian 24 giờ để tăng khả năng kỵ nước của vật liệu để thấm hút dầu và các hợp chất hữu cơ tốt hơn.

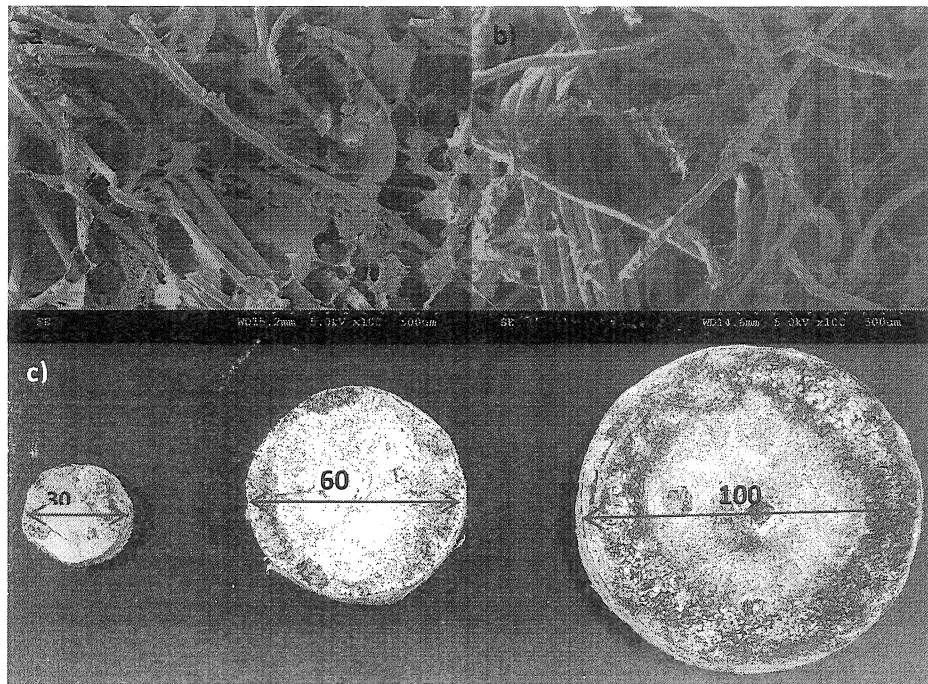
2. Quy trình theo điểm 1, trong đó tỉ lệ trọng lượng bột rượu polyvinyllic và thể tích glutaraldehyt nằm trong khoảng từ 1:1 đến 1:3.

3. Quy trình theo điểm 1, trong đó tỉ lệ trọng lượng sợi cao su so với trọng lượng rượu polyvinyllic ở bước (ii) là nằm trong khoảng từ 1:1 đến 5:1.

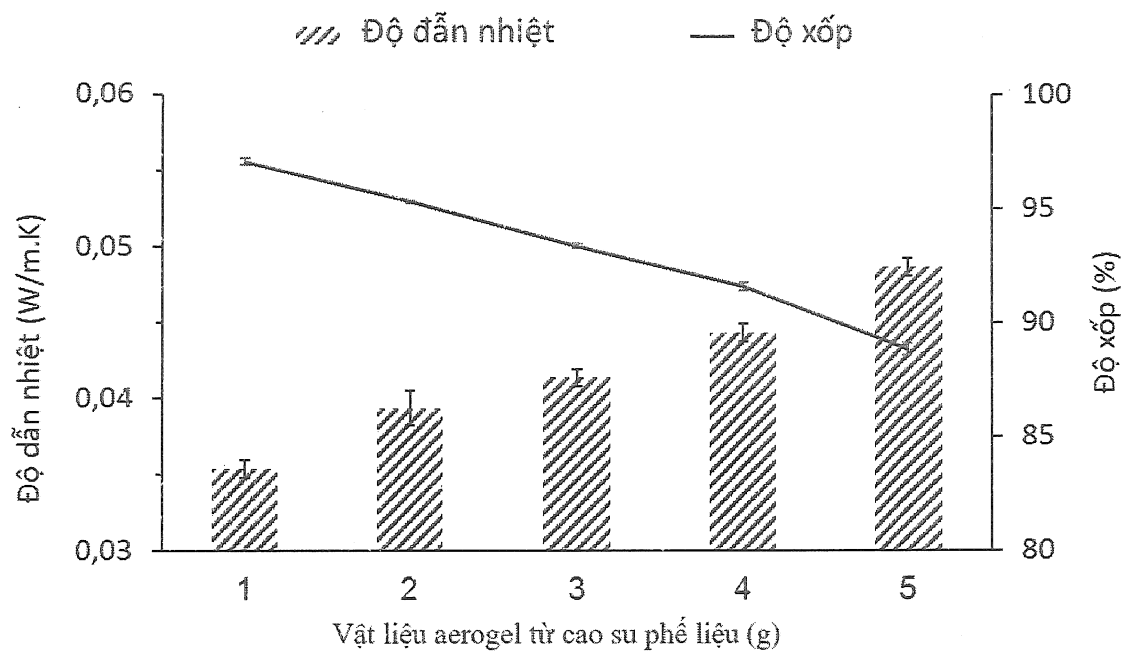
4. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tỷ lệ trọng lượng của vật liệu aerogel với polytetrafloetylen ở bước (vii) là nằm trong khoảng từ 5:1 đến 10:1.

5. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tỷ lệ trọng lượng của vật liệu aerogel với polytetrafloetylen ở bước (vii) là 6:1.
6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tỷ lệ trọng lượng/thể tích của vật liệu aerogel và metyltrimetoxysilan ở bước (vii) là nằm trong khoảng từ 1:1 đến 10:1.
7. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tỷ lệ trọng lượng/thể tích của vật liệu aerogel và metyltrimetoxysilan ở bước (vii) là 3:2.
8. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó polytetrafloetylen là ở dạng bột mịn với kích cỡ hạt nằm trong khoảng từ 50nm đến 200nm.

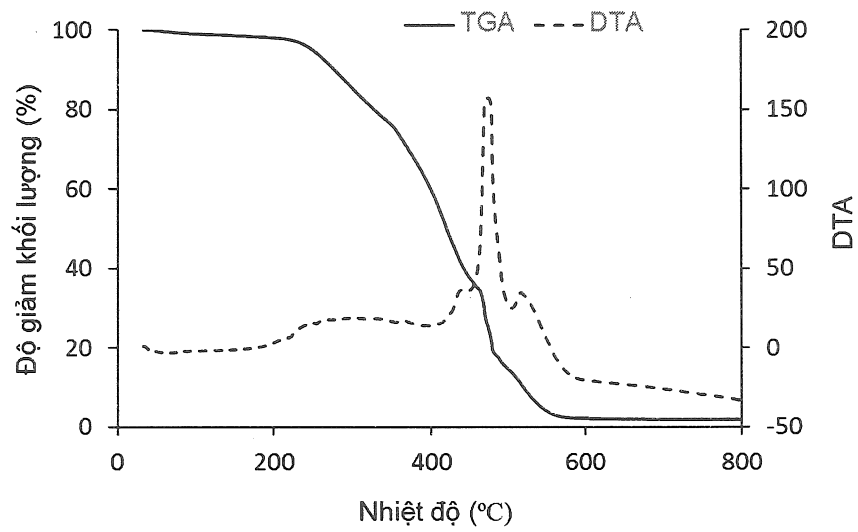
Hình 1



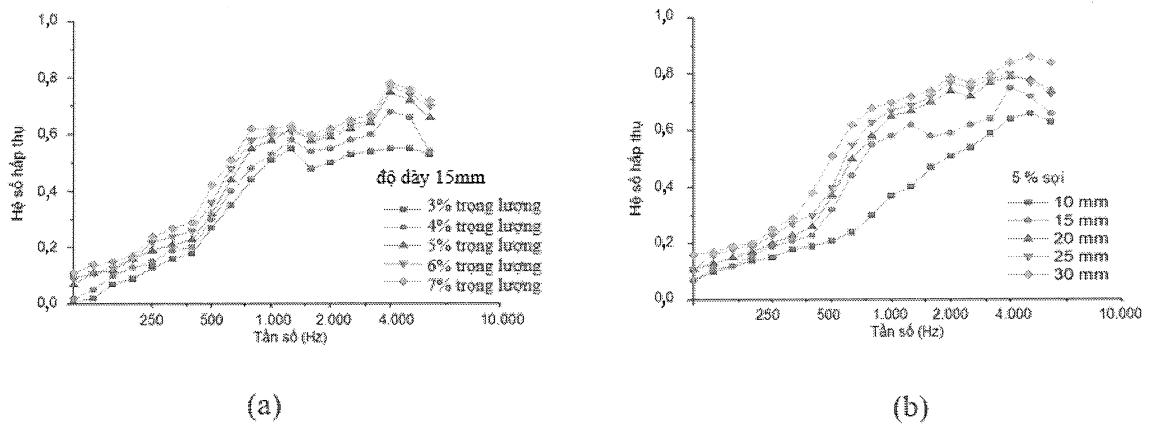
Hình 2



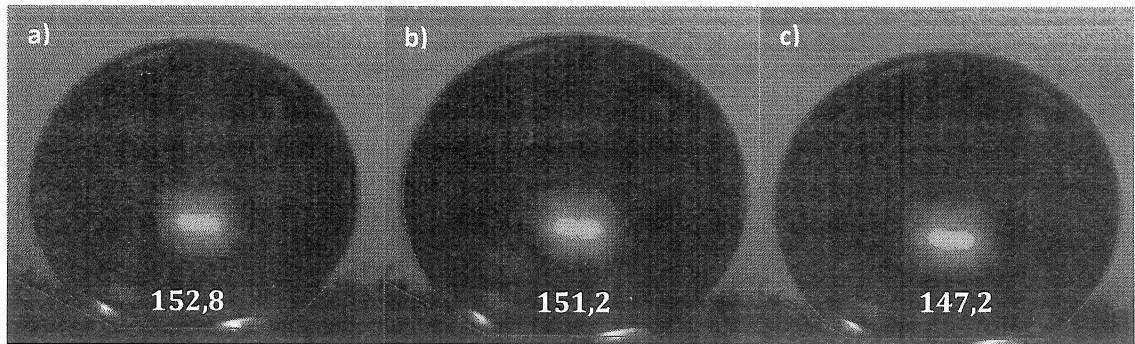
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6

