



(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)



1-0023264

(51)⁷ C08K 3/04; C08L 95/00; C08K 7/00

(13) B

(21) 1-2017-02955

(22) 28/07/2017

(45) 27/04/2020 385

(43) 27/11/2017 356A

(73) 1. TRUNG TÂM PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ CAO - VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM (VN)

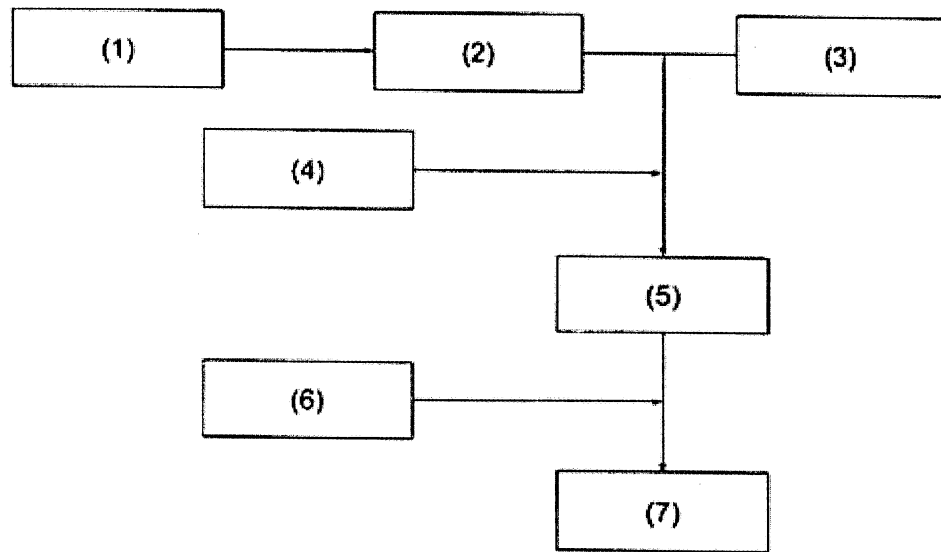
Nhà 2B, số 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

2. VIỆN KHOA HỌC VẬT LIỆU - VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM (VN)

Nhà A2, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội
(72) Phan Ngọc Minh (VN); Bùi Hùng Thắng (VN); Phan Hồng Khôi (VN); Trương Công Định (VN); Nguyễn Văn Thao (VN)

(54) QUY TRÌNH CHẾ TẠO VẬT LIỆU TỔ HỢP NỀN BITUM (BITUMEN) CHỨA THÀNH PHẦN ỐNG NANÔ CACBON ỨNG DỤNG TRONG HẤP THỤ NHIỆT MẶT TRỜI VÀ CÁC LĨNH VỰC KHÁC

(57) Sáng chế đề xuất quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon nhằm mục đích nâng cao khả năng hấp thụ nhiệt mặt trời và một số lĩnh vực khác như xây dựng cơ sở hạ tầng, đường xá giao thông. Vật liệu bitum có các tính chất cơ lý phù hợp và hiệu quả trong hấp thụ nhiệt như màu sắc đen có độ hấp thụ ánh sáng cao nhất trong các dải màu. Sự kết hợp của ống nanô cacbon phân tán đều trong chất nền sẽ giúp nâng cao hệ số dẫn nhiệt và hiệu quả hấp thụ nhiệt mặt trời. Quy trình chế tạo tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon bao gồm các bước: tăng nhiệt bitum rắn (1) lên tới nhiệt độ thích hợp thu được bitum nóng chảy (2); đưa thành phần ống nanô cacbon (3) vào bitum nóng chảy (2) và đồng thời khuấy đều bằng máy khuấy cơ học ở tốc độ thấp (4) đến khi cho hết ống nanô cacbon và đạt trạng thái đồng đều sơ bộ để tạo thành hỗn hợp bitum và ống nanô cacbon (5); sau đó sử dụng máy khuấy trộn cơ học ở tốc độ cao (6) với thời gian và tốc độ phù hợp để tạo thành vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon (7) với sự phân tán đồng đều của ống nanô cacbon trong nền bitum.



Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế này đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon ứng dụng trong hấp thụ nhiệt mặt trời và các lĩnh vực khác. Vật liệu ống nano cacbon có nhiều tính chất ưu việt nên khi đưa vào nền bitum sẽ giúp nâng cao các tính chất của vật liệu tổ hợp như độ cứng, độ bền, độ dẫn nhiệt và đặc biệt là khả năng hấp thụ nhiệt mặt trời của loại vật liệu này.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Sự phát triển mạnh của các ngành công nghiệp ngày nay đòi hỏi nhu cầu lớn về năng lượng, trong khi nguồn tài nguyên nhiên liệu hóa thạch đang dần cạn kiệt, điều này đã đặt ra một vấn đề, mối quan tâm vô cùng cấp bách cho các nước phát triển và đang phát triển trong đó có Việt Nam. Để giải quyết được vấn đề này, những hướng đi mới về năng lượng tái tạo, năng lượng sạch đã ra đời nhằm giảm thiểu việc khai thác tài nguyên năng lượng hóa thạch đang dần đến mức cạn kiệt. Không như các loại năng lượng hóa thạch, mặt trời cung cấp cho chúng ta một nguồn năng lượng dồi dào và vô hạn. Việc khai thác, chuyển đổi và sử dụng năng lượng từ mặt trời luôn được quan tâm và nghiên cứu xuyên suốt thế kỷ 20 đến nay. Với một bề dày nghiên cứu về vật liệu sử dụng cho năng lượng mặt trời, hàng loạt những loại vật liệu có khả năng hấp thụ ánh sáng mặt trời được công bố và hình thành nhiều dòng sản phẩm trong thời gian qua.

Như đã biết, vật liệu bitum là một chất lỏng hay chất bán rắn màu đen có tính chống thấm nước và kết dính. Bên cạnh đó bitum còn có khả năng hấp thụ ánh sáng từ mặt trời và là một loại vật liệu tiềm năng để giải quyết vấn đề khai thác, chuyển đổi, sử dụng năng lượng mặt trời và góp phần giải quyết vấn đề tài nguyên năng lượng hóa thạch đang khan hiếm và dần cạn kiệt.

Ống nano cacbon là vật liệu tạo bởi các nguyên tử cacbon với cấu trúc dạng ống với đường kính trong khoảng 1-100 nm và có chiều dài từ vài nm đến hàng trăm μm . Ống nano cacbon được phát hiện vào năm 1991 bởi Iijima. Với cấu trúc tinh thể đặc biệt và các tính chất cơ học quý (nhẹ, độ cứng rất lớn) tính dẫn điện dẫn nhiệt tốt, tính chất phát xạ điện từ mạnh... ống nano cacbon đang

được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khoa học và công nghệ.

Sáng chế tập trung vào quy trình công nghệ chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon với nhiều tính chất ưu việt về cơ lý và đặc biệt có khả năng hấp thụ nhiệt từ mặt trời với hiệu suất cao. Về cơ bản bitum có hệ số hấp thụ ánh sáng trên bề mặt tốt nhưng độ dẫn nhiệt khá thấp nên khả năng truyền dẫn và trao đổi nhiệt chưa cao. Bên cạnh đó khi ở nhiệt độ cao, bitum ở dạng lỏng nên hiệu quả hấp thụ nhiệt giảm xuống. Ống nano cacbon với tính chất cơ học ưu việt, tính dẫn nhiệt cao, cùng diện tích bề mặt hấp thụ nhiệt lớn nên khi đưa vào kết hợp với chất nền bitum sẽ giải quyết vấn đề nâng cao độ cứng, độ bền, độ dẫn nhiệt, hệ số hấp thụ nhiệt đồng thời tăng hiệu quả truyền dẫn và trao đổi nhiệt của vật liệu này. Sáng chế còn đặt nền tảng để tiếp tục phát triển các ứng dụng đa dạng khác của loại vật liệu này trong tương lai.

Như đã biết bitum sở hữu màu đen là màu có khả năng hấp thụ nhiệt lớn và độ nhớt cao làm cản trở khả năng phản xạ lại của ánh sáng, đây là những yếu tố giúp cho hệ số hấp thụ nhiệt của loại vật liệu này trở nên tốt hơn những loại vật liệu khác. Để làm rõ hơn về điểm này, một số các tính toán đã được hai nhà nghiên cứu người Ấn Độ Vimal Shah và Krishnan Balasubramaniam tại Đại học bang Mississippi đưa ra trong công trình nghiên cứu “Effect of viscosity on ultrasound wave reflection from a solid/liquid interface” được đăng trên tạp chí sciencedirect nằm ở mục Ultrasonics 34 (1996) 817-824 nhằm củng cố và chứng minh mối quan hệ của độ nhớt và hệ số phản xạ. Theo những kết quả thu được, họ kết luận độ nhớt tỷ lệ nghịch với hệ số phản xạ, tức khi độ nhớt tăng cao làm hệ số phản xạ giảm chính vì vậy dẫn đến độ hấp thụ tăng. Vì vậy độ hấp thụ ánh sáng mặt trời và độ phát xạ của bitum ở mức rất cao với hệ số hấp thụ là 91% và hệ số phản xạ là 9%.

Vật liệu ống nano cacbon có tính chất cơ học tốt, bền và nhẹ thích hợp cho việc gia cường các vật liệu như cao su, polyme, kim loại nhằm tăng cường độ bền, độ chống mài mòn ... Suất Young của ống nano cacbon gấp 6, độ bền kéo gấp 35 lần so với thép nhưng lại nhẹ hơn thép rất nhiều. Và tính chất điện, ống nano cacbon phụ thuộc mạnh vào cấu trúc vật liệu và có thể có tính dẫn điện của kim loại hoặc bán dẫn. Ngoài ra ống nano cacbon còn là vật liệu dẫn nhiệt rất tốt (3.10^4 W/m.K) nhưng lại tương đối trơ về mặt hóa học. Để tăng hoạt tính hóa học của vật liệu ống nano cacbon người ta thường biến tính bề mặt

vật liệu với các gốc -OH, -COOH, -NH₂ hoặc nhiều gốc khác tùy theo mục đích nghiên cứu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon nhằm mục đích nâng cao khả năng hấp thụ nhiệt mặt trời và một số lĩnh vực khác như xây dựng cơ sở hạ tầng, đường xá giao thông. Vật liệu bitum có các tính chất cơ lý phù hợp và hiệu quả trong hấp thụ nhiệt như màu sắc đen có độ hấp thụ ánh sáng cao nhất trong các dải màu. Sự kết hợp của ống nano cacbon phân tán đều trong chất nền sẽ giúp nâng cao hệ số dẫn nhiệt và hiệu quả hấp thụ nhiệt mặt trời. Quy trình chế tạo tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon bao gồm các bước: tăng nhiệt bitum rắn (1) lên tới nhiệt độ thích hợp thu được bitum nóng chảy (2); đưa thành phần ống nano cacbon (3) vào bitum nóng chảy (2) và đồng thời khuấy đều bằng máy khuấy cơ học ở tốc độ thấp (4) đến khi cho hết ống nano cacbon và đạt trạng thái đồng đều sơ bộ để tạo thành hỗn hợp bitum và ống nano cacbon (5); sau đó sử dụng máy khuấy trộn cơ học ở tốc độ cao (6) với thời gian và tốc độ phù hợp để tạo thành vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon (7) với sự phân tán đồng đều của ống nano cacbon trong nền bitum.

Với những đặc điểm nêu trên, ống nano cacbon khi đưa vào bitum sẽ giúp gia tăng những tính chất cơ lý của bitum như tuổi thọ, độ cứng, độ bền, độ dẻo dai, điểm mềm, đặc biệt là hệ số hấp thụ nhiệt mặt trời và độ dẫn nhiệt. Đây cũng là nhân tố chính giúp nâng cao hiệu quả hấp thụ nhiệt mặt trời của vật liệu tổ hợp bitum chứa thành phần ống nano cacbon.

Bên cạnh đó loại vật liệu này có tiềm năng ứng dụng trong các lĩnh vực khác như trong xây dựng cơ sở hạ tầng, đường xá giao thông... đã khá quen thuộc. Hướng ứng dụng về hấp thụ nhiệt cũng là hướng mới và độc đáo của vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon, hứa hẹn nhiều khả năng ứng dụng trong lĩnh vực khai thác, chuyển đổi và sử dụng năng lượng mặt trời.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ thể hiện quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon.

Hình 2 là sơ đồ thể hiện quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon, trong đó ống nano cacbon được biến tính bề mặt với các nhóm chức -OH, -COOH, -NH₂,... trước khi kết hợp với bitum.

Hình 3 là sơ đồ thể hiện quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon, trong đó quá trình phân tán có sử dụng thêm các chất hỗ trợ phân tán nhằm nâng cao hiệu quả phân tán của ống nano cacbon trong nền bitum.

Hình 4 là sơ đồ thể hiện quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon, trong đó quá trình phân tán đồng thời sử dụng cả hai loại máy khuấy cơ học tốc độ cao và máy rung siêu âm đầu dò.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo thông qua một số phương án thực hiện. Các hình vẽ, phương án này chỉ nhằm mục đích minh họa chứ không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Sơ đồ thể hiện quy trình sản xuất vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon được mô tả như hình 1. Ban đầu vật liệu bitum dạng rắn 1 được gia nhiệt lên đến nhiệt độ thích hợp để tạo thành bitum nóng chảy 2. Ống nano cacbon 3 được cho từ từ vào bên trong bitum nóng chảy 2 và đồng thời khuấy liên tục bằng máy khuấy cơ học ở tốc độ thấp 4 từ 100 – 300 vòng/phút trong thời gian thích hợp cho đến khi ống nano cacbon được cho hết vào bitum và hỗn hợp đạt trạng thái đồng đều sơ bộ để tạo thành hỗn hợp bitum và ống nano cacbon 5.

Tiếp theo, sử dụng máy khuấy cơ học ở tốc độ cao 6 với tốc độ từ 1.000 - 5.000 vòng/phút (tối đa lên đến 9.000 vòng/phút), trong đó buồng khuấy được đóng nắp kín để hỗn hợp không bị bắn ra ngoài khi khuấy ở tốc độ cao, để khuấy hỗn hợp bitum và ống nano cacbon 5 với thời gian thích hợp để ống nano cacbon 5 phân tán đồng đều trong nền tạo thành vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần nano cacbon 7. Trong sáng chế này ống nano cacbon 3 chiếm tỉ lệ khối lượng từ 0,1% đến 40%.

Trong một phương án khác, ống nano cacbon được biến tính với các nhóm chức -OH, -COOH, -NH₂, hoặc các nhóm chức khác để tạo thành ống nano cacbon biến tính 8, qua đó giúp nâng cao sự tương tác hóa học và khả năng phân tán của ống nano cacbon trong nền vật liệu tổ hợp. Vật liệu ống nano cacbon được sử dụng có thể là loại đơn tường, đôi tường hoặc đa tường với đường kính và chiều dài khác nhau. Quy trình được mô tả chính xác như ở hình 2.

Trong một phương án khác, để giúp cho khả năng phân tán của vật liệu ống nanô cacbon trong chất nền bitum được hiệu quả và đồng đều, các chất hỗ trợ phân tán 9 được sử dụng như trên sơ đồ hình 3. Chất hỗ trợ phân tán là các chất hoạt động bề mặt và dung môi hữu cơ như DMF (Dimethylformamide), NMP (N-Methyl-2-pyrrolidone), SDS (Sodium dodecyl sulfate), SC (Sodium cholate), SDOC (Sodium deoxycholate), SDBS (Sodium dodecylbenzenesulfonate), DCE (1,2-Dichloroethane), DCB (1,2-Dichlorobenzene), DMA (N,N-dimethylacetamide), metanol, acetone, toluen, clorofom, epoxy, GBL (Gamma butyrolactone), THF (Tetrahydrofuran), DCM (Dichloromethane), rượu isopropyl, PEA (Phenyl Ethyl Alcohol), CHP (1-Cyclohexyl-2-pyrrolidone) và các chất hỗ trợ phân tán khác.

Trong một phương án khác, để tối ưu hóa độ phân tán của vật liệu ống nanô cacbon trong nền bitum máy rung siêu âm đầu dò 10 được đưa vào sử dụng như trên sơ đồ hình 4. Cụ thể là cùng quá trình khuấy bằng máy khuấy cơ học ở tốc độ cao 6, hỗn hợp được rung siêu âm bằng máy rung siêu âm đầu dò với thời gian thích hợp để giúp vật liệu ống nanô cacbon phân tán đồng đều hơn. Quá trình rung siêu âm được thực hiện trước hoặc sau quá trình khuấy cơ học ở tốc độ cao.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Bitum ở dạng rắn với khối lượng 100 gram. Vật liệu ống nanô cacbon chiếm 3% về khối lượng. Để chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon gồm các bước sau. Tăng nhiệt bitum dạng rắn lên đến 150°C để thu được bitum dạng lỏng. Ống nanô cacbon được thêm từ từ vào trong bitum được khuấy liên tục bằng một máy khuấy cơ học ở tốc độ 200 vòng/phút để tạo thành hỗn hợp bitum và ống nanô cacbon. Hỗn hợp này tiếp tục được khuấy trộn đều bằng máy trộn cơ học với tốc độ quay lớn 4.000 vòng/phút. Quá trình trộn được duy trì trong một khoảng thời gian phù hợp để ống nanô cacbon có thể phân tán đều trong chất nền bitum để hoàn thành chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon.

Hiệu quả kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế được đề ra nhằm mục đích đưa ra quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon ứng dụng trong hấp thụ nhiệt mặt trời và các lĩnh vực khác. Hiệu quả hấp thụ nhiệt mặt trời được nâng cao thông qua những yếu tố sau:

- Thứ nhất: Bitum có màu đen lý tưởng khiến nó sở hữu độ hấp thụ nhiệt mặt trời khá lớn lên đến 91%.

- Thứ hai: Ống nanô cacbon với tính dẫn nhiệt cao sẽ góp phần tăng hệ số dẫn nhiệt, hiệu quả truyền nhiệt và quá trình trao đổi nhiệt của khối vật liệu.

- Thứ ba: Thành phần ống nanô cacbon phân tán đồng đều bên trong bitum góp phần vào cơ chế hấp thụ trực tiếp. Cụ thể ở nhiệt độ cao, bitum chuyển sang dạng lỏng, trong khi ống nanô cacbon ở dạng rắn với diện tích bề mặt lớn, do vậy phần ánh sáng xuyên vào chất lỏng bitum sẽ tiếp tục bị ống nanô cacbon hấp thụ nhiệt năng qua đó nâng cao hiệu quả hấp thụ nhiệt.

- Thứ tư: Độ nhớt của bitum cao khi thêm ống nanô cacbon làm giảm khả năng phản xạ ánh sáng khiến cho độ hấp thụ nhiệt tăng.

Ngoài ra những tính chất khác của vật liệu bitum cũng được nâng cao thể hiện qua các yếu tố sau:

- Độ bền, độ cứng và độ dẻo dai: nhờ tính chất cơ vượt trội của ống nanô cacbon như độ cứng lớn, độ bền cao, suất Young lớn và diện tích bề mặt riêng vượt trội nên khi đưa ống nanô cacbon phân tán đồng đều trong bitum sẽ làm các tính chất của vật liệu tổ hợp tăng lên.

- Điểm mềm: Là nhiệt độ mà tại đó bitum chuyển từ trạng thái rắn sang mềm. Nhờ tính chất cơ học tốt, khi đưa ống nanô cacbon vào bitum sẽ giúp bitum ổn định hơn, làm điểm mềm tăng lên. Điểm mềm của bitum càng cao thì càng giúp bitum chịu đựng được nhiệt độ lớn và càng khó bị biến dạng.

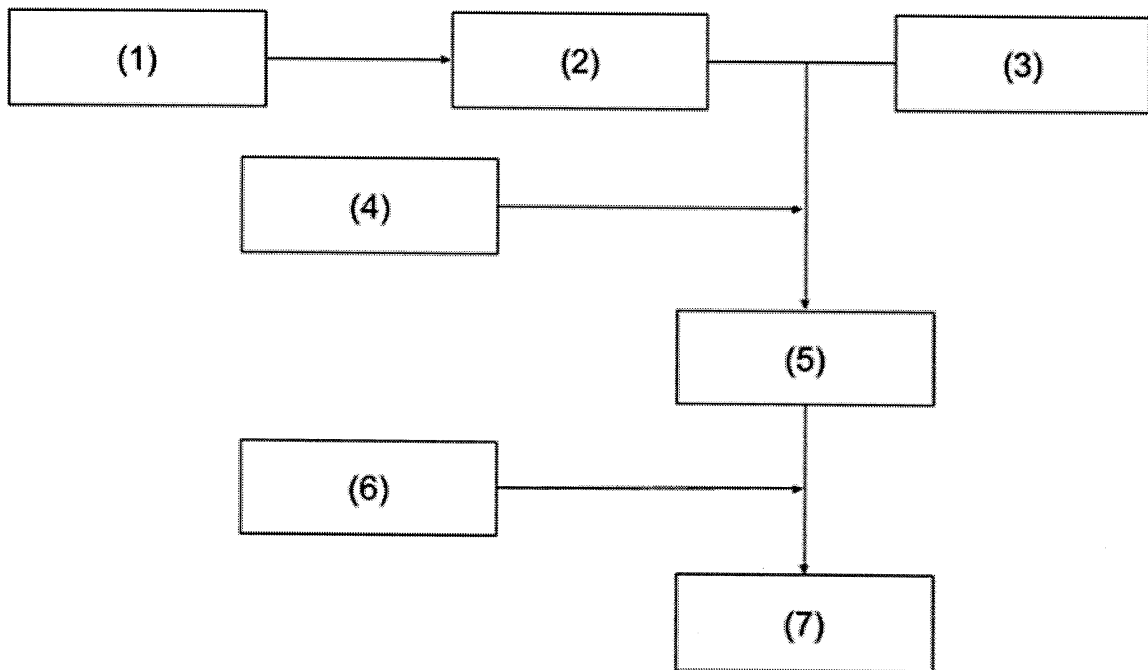
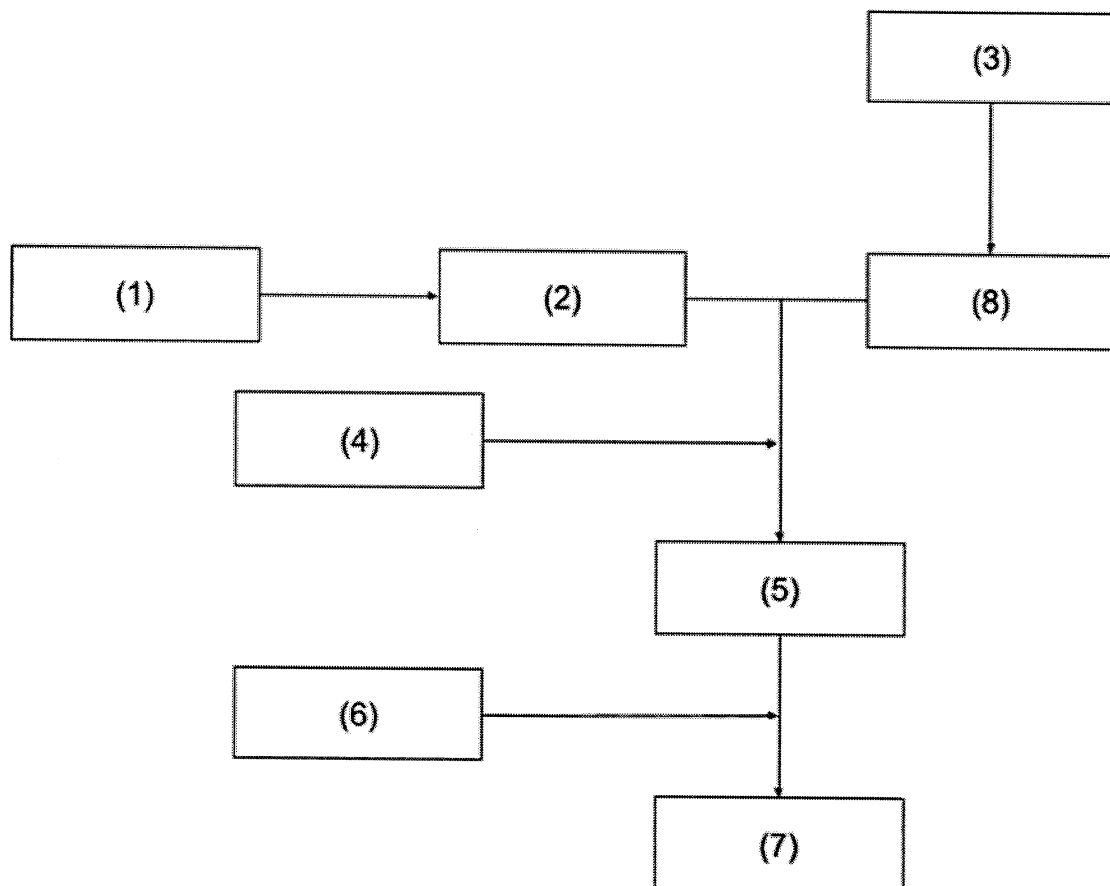
- Độ thâm nhập: Chỉ số này càng cao thì bitum càng mềm và ngược lại. Thông qua chỉ số này có thể biết được trạng thái, chất lượng của bitum. Chỉ số này thường đi kèm với vật liệu bitum, ví dụ như loại bitum 30/40, bitum 60/70, ... thì các số 30/40, 60/70 chính là chỉ độ thâm nhập. Độ thâm nhập giảm dần khi khối lượng ống nanô cacbon trong bitum tăng lên, điều này được giải thích là do ống nanô cacbon có diện tích bề mặt lớn, độ cứng và độ bền kéo cao, qua đó giúp cho vật liệu bitum trở nên cứng hơn.

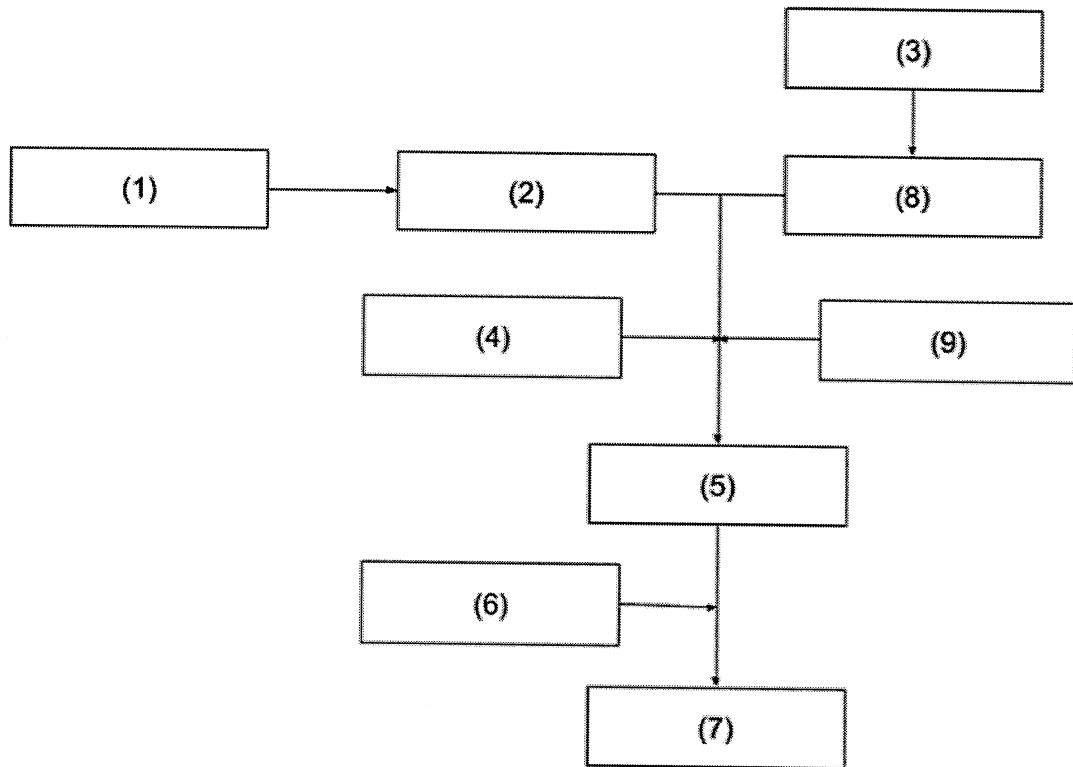
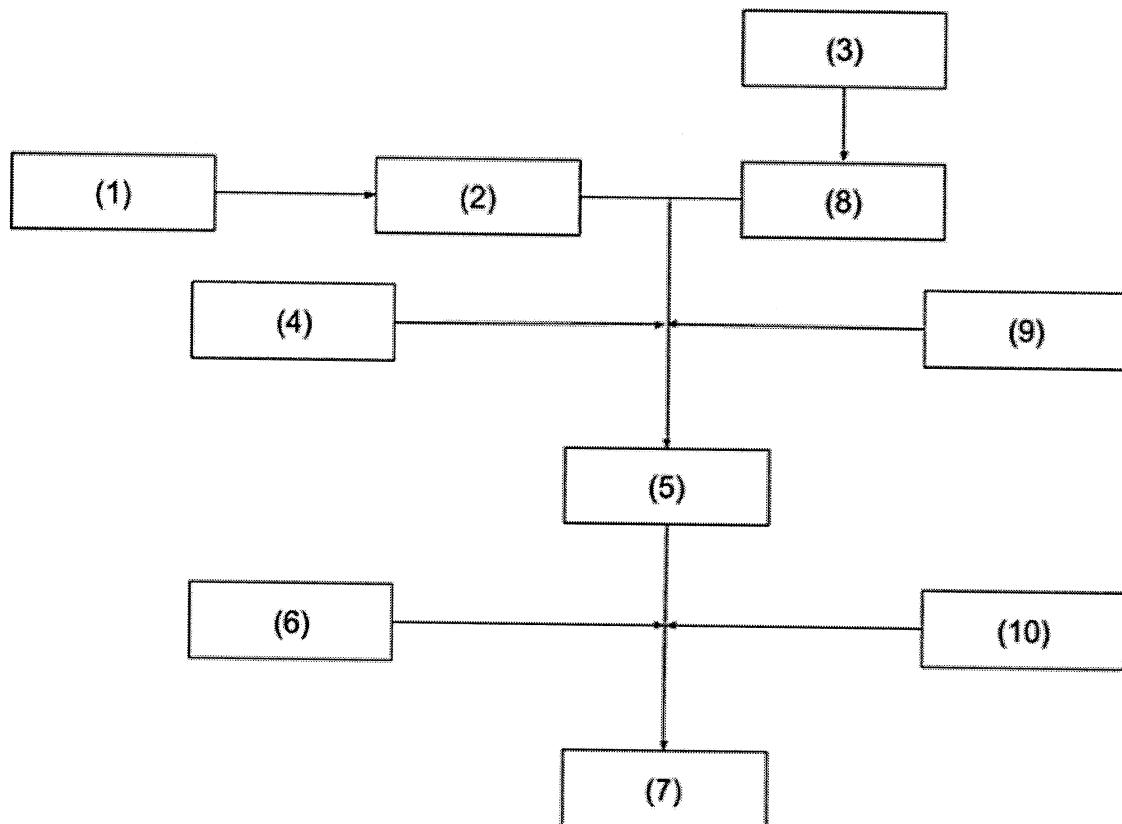
YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon bao gồm các bước như sau:
 gia nhiệt vật liệu bitum dạng rắn (1) lên đến một nhiệt độ thích hợp để thu được bitum nóng chảy (2);
 cho từ từ ống nanô cacbon (3) vào bên trong bitum nóng chảy (2) và đồng thời khuấy liên tục bằng máy khuấy cơ học ở tốc độ thấp (4) từ 100 – 300 vòng/phút trong thời gian thích hợp cho đến khi ống nanô cacbon được cho hết vào bitum và hỗn hợp đạt trạng thái đồng đều sơ bộ để tạo thành hỗn hợp bitum và ống nanô cacbon (5);
 sử dụng máy khuấy cơ học ở tốc độ cao (6) với tốc độ từ 1.000 - 5.000 vòng/phút để khuấy hỗn hợp bitum và ống nanô cacbon (5) với thời gian thích hợp để ống nanô cacbon (5) phân tán đồng đều trong nền tạo thành vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần nanô cacbon (7), trong đó buồng khuấy được đóng nắp kín để hỗn hợp không bị bắn ra ngoài khi khuấy ở tốc độ cao.
2. Quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon như điểm 1, trong đó ống nanô cacbon là loại đơn tường, đôi tường hay đa tường.
3. Quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon theo một trong số các điểm 1, 2, trong đó ống nanô cacbon được biến tính bề mặt với các nhóm chức -OH, -COOH, -NH₂, hoặc các nhóm chức khác để tạo thành ống nanô cacbon biến tính (8) trước khi pha trộn vào bitum nóng chảy (2).
4. Quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon theo một trong số các điểm 1, 2 và 3, trong đó có sử dụng thêm chất hỗ trợ phân tán (9) là một trong số các chất bao gồm: DMF (Dimethylformamide), NMP (N-Methyl-2-pyrrolidone), SDS (Sodium dodecyl sulfate), SC (Sodium cholate), SDOC (Sodium deoxycholate), SDBS (Sodium dodecylbenzenesulfonate), DCE (1,2-Dichloroethane), DCB (1,2-Dichlorobenzene), DMA (N,N-dimethylacetamide), metanol, aceton, toluen, clorofom, epoxy, GBL (Gamma butyrolacone), THF (Tetrahydrofuran), DCM (Dichloromethane), rượu isopropyl, PEA (Phenyl Ethyl Alcohol), CHP (1-Cyclohexyl-2- pyrrolidone) và các chất hỗ trợ phân tán khác.
5. Quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nanô cacbon theo một trong các điểm trên, trong đó tích hợp cả hai phương

pháp rung siêu âm bằng máy rung siêu âm đầu dò (10) và khuấy cơ học ở tốc độ cao (6) để tăng khả năng phân tán của ống nano cacbon trong nền bitum, ngoài ra quá trình rung siêu âm có thể diễn ra trước hoặc sau quá trình khuấy cơ học.

6. Quy trình chế tạo vật liệu tổ hợp nền bitum chứa thành phần ống nano cacbon theo một trong các điểm trên, trong đó ống nano cacbon (3) chiếm tỉ lệ khối lượng từ 0,1% đến 40%.

*Hình 1**Hình 2*

*Hình 3**Hình 4*