



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11)



2-0003757

(51) **C08L 63/00; C09D 5/00**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00606

(22) 12/07/2021

(67) 1-2021-04269

(45) 25/10/2024 439

(43) 25/10/2021 403

(73) Viện Kỹ thuật nhiệt đới - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
Nhà A13, 18 Hoàng Quốc Việt, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

(72) Thái Hoàng (VN); Nguyễn Thúy Chinh (VN); Nguyễn Anh Hiệp (VN); Đào Phi
Hùng (VN); Trịnh Văn Thành (VN); Trần Hữu Trung (VN); Trần Thị Mai (VN);
Hoàng Trần Dũng (VN); Đinh Thị Mỹ Bình (VN).

(54) **PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT HỆ SƠN EPOXY LAI SILOXAN VÀ HỆ SƠN THU
ĐƯỢC TỪ PHƯƠNG PHÁP NÀY**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp sản xuất hệ sơn hệ sơn 2 thành phần và hệ sơn 2 thành phần được tạo ra từ phương pháp này. Hệ sơn này có hai thành phần A và B, trong đó thành phần A gồm nhựa epoxy lai siloxan kết hợp với hạt nano ZnO biến tính hữu cơ, chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi và thành phần B gồm chất đóng rắn polyamin/polyamit. Hệ sơn theo giải pháp hữu ích có độ bền mài mòn, khả năng kháng khuẩn, có khả năng bảo vệ chống ăn mòn kim loại tốt.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ sơn 2 thành phần trên cơ sở chất tạo màng nhựa epoxy lai siloxan bền mài mòn, kháng khuẩn, có khả năng bảo vệ chống ăn mòn kim loại và phương pháp sản xuất hệ sơn này. Trong đó, thành phần A gồm nhựa epoxy lai siloxan kết hợp với hạt nano ZnO biến tính hữu cơ, chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi và thành phần B gồm chất đóng rắn polyamin/polyamit. Hệ sơn này có thể dùng làm sơn bảo vệ cho các thiết bị, kết cấu kim loại làm việc trong môi trường khí quyển biển và nước biển.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Theo báo cáo của Hiệp hội quốc gia kỹ sư ăn mòn (National Association of Corrosion Engineers-NACE) năm 2016, chi phí ăn mòn kim loại toàn cầu hàng năm trên được ước tính khoảng 3 % – 4 % tổng sản phẩm quốc nội (GDP) của thế giới (khoảng 2,5 nghìn tỷ đô la Mỹ). Trên thế giới, chế tạo và ứng dụng các lớp phủ bảo vệ, chống sinh vật, vi sinh vật bám và chống hà hà cho các kết cấu, thiết bị kim loại, trong đó có tàu thuyền làm việc dưới nước biển đã được quan tâm từ thế kỷ XIX. Các loại sinh vật bám và hà hà biển phát triển trên bề mặt các vật liệu kim loại và hợp kim làm vỏ tàu thuyền làm tăng trở lực, tiêu tốn nhiều nhiên liệu, giảm mạnh tốc độ chạy tàu. Để giải quyết vấn đề vi sinh vật và hà bám, từ năm 1800, người ta đã sử dụng các lớp phủ chống vi sinh vật bám và chống hà (Antifouling – AF) sử dụng độc tố là các kim loại nặng (đồng, asen, thủy ngân). Từ năm 1960 đến năm 1985, một số hợp chất cơ thiếc, trong đó có tributyl thiếc (TBT) đã được sử dụng khá phổ biến cho sơn chống hà vì hiệu quả cao của nó.

Trong các loại lớp phủ bảo vệ, lớp phủ hữu cơ trên cơ sở nhựa epoxy thường được sử dụng để bảo vệ chống ăn mòn cho các vật liệu kim loại và thép nhờ khả năng bám dính tốt, độ bền hóa học và cơ học cao, bền nhiệt và thời gian sử dụng tương đối dài.

Công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số US5284682A đề cập đến công thức của hệ sơn epoxy gồm nhựa epoxy, chất đóng rắn polyamit, các hạt hợp kim đồng/niken có đường kính hạt khoảng 15-60 micron (tối thiểu 3 pound (~ 1,36 kg) hạt/1 gallon (~ 3,78 L) của nhựa epoxy và chất đóng rắn polyamit) và quy trình ứng dụng hệ sơn này làm

lớp phủ chống bám bẩn cho các vật liệu như gỗ, sợi thủy tinh, nhôm, thép... Chiều dày lớp phủ chống bám bẩn trong nước biển tối thiểu 20-30 mil (508 – 762 μm). Bề mặt bên ngoài của lớp phủ cứng lại hay đóng rắn trong khoảng 30-45 phút ở nhiệt độ 65-75 °F (18 – 24 °C) và khô hoàn toàn sau 12 - 24 giờ.

Công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số US4692484A đề cập đến các hệ sơn phủ epoxy/phosphat/phenolic để phủ lên bề mặt kim loại. Đặc biệt, hệ sơn này được dùng làm lớp phủ sơn tĩnh điện cho bề mặt các lon nhôm đựng thực phẩm. Các lớp phủ này có khả năng lắng đọng nhanh trên bề mặt kim loại, tạo màng tốt, và ổn định tốt dưới tác động của một số loại thực phẩm. Nhựa epoxy bisphenol-A được sử dụng trong giải pháp hữu ích này với vai trò chất tạo màng của hệ sơn, có khối lượng phân tử trung bình 500-5000. Chất đóng rắn được sử dụng là hợp chất họ amin. Các lớp phủ được phủ lên bề mặt lon nhôm vẫn bám dính tốt vào bề mặt lon khi đựng thực phẩm giàu axit được gia nhiệt tới 120 °C trong 90 phút.

Công bố đơn yêu cầu cấp patent Trung Quốc số CN104479493A đã đề cập tới hệ sơn epoxy kháng khuẩn với 2 thành phần chính. Thành phần A là hỗn hợp của nhựa epoxy (90-100 phần), chất pha loãng epoxy (0-10 phần), polyete glycol (0-15 phần), chất trợ phân tán (0-2 phần), chất làm phẳng (0-1 phần), chất khử bọt (0-2 phần), chất độn (0-50 phần), oxit molypden (0,1-20 phần), dung môi (0-50 phần). Thành phần B gồm các thành phần sau theo khối lượng: 5-100 phần amin béo, 0-50 phần amin thơm, 0-50 phần polyete có nhóm amin đầu mạch (amino terminated polyether), 0-2 phần chất khử bọt, 0-50 phần chất độn và 0-90 phần dung môi. Khi sơn epoxy kháng khuẩn được sử dụng, các thành phần A và B được trộn đều theo tỷ lệ, sau đó thi công. Sơn có thể được sử dụng rộng rãi để áp dụng cho kim loại, nhựa, xi măng, gốm sứ và các chất nền khác. Lớp phủ thu được có khả năng chống nấm mốc và kháng khuẩn tốt, độ bám dính và độ cứng cao, kháng hóa chất tốt và khả năng ứng dụng cao.

Bằng giải pháp hữu ích CN102627905B đề cập đến hệ sơn epoxy gốc nước chống ăn mòn và phương pháp chế tạo hệ sơn này. Hệ sơn gồm 2 thành phần, trong đó thành phần A gồm tro có hàm lượng titan cao, bột feldspar, carbide silic (SiC), bột gốm mịn, dung dịch silic dioxit kích thước nano, kẽm phosphat, nước và một số chất khác. Thành phần B là chất đóng rắn gốc epoxy trong nước. Phương pháp chế tạo hệ sơn bao gồm các bước sau: thêm nhựa epoxy gốc nước và chất trợ phân tán trong nước vào bình phản ứng, khởi động máy phân tán, thêm tro có hàm lượng titan cao, bột feldspar, carbide

silic (SiC), bột gốm mịn, dung dịch silic dioxit kích thước nano, kẽm phosphat, nước theo thứ tự và phân tán; xử lý bằng máy mài cát; và thêm các phụ gia như chất phá bọt trong nước, chất làm phẳng trong nước và các chất tương tự, khuấy đều hỗn hợp để thu được lớp phủ chống ăn mòn epoxy gốc nước dạng màng mỏng. Lớp phủ này có khả năng chống ăn mòn và mài mòn, đáp ứng yêu cầu về lớp phủ cho tường trong của dầm hộp thép cầu kết cấu thép (the inner wall of a steel structure bridge steel box girder) cũng như một số lớp phủ cho các cấu trúc thép trong nhà bị ăn mòn.

Bằng giải pháp hữu ích CN103146284A đề cập đến lớp sơn lót chống ăn mòn trên cơ sở nhựa epoxy gốc nước. Các nguyên liệu được khuấy trộn bằng máy khuấy cơ theo tỷ lệ thành phần A/thành phần B là 7/1, pha loãng bằng nước khử ion ở tốc độ 500 vòng/phút và khuấy trong 15-20 phút, sau đó thi công lớp phủ, thời gian hiệu lực của việc thi công là 4 giờ. Thành phần A gồm 8-10 phần nước khử ion, 50-55 phần AB-EP-20, 0,1-0,5 phần chất phân tán 365, 0,1-0,5 phần chất phân tán 600, 0,1-0,5 phần chất phá bọt gốc nước 1181, 7-10 phần bột sắt đỏ H101, 10-15 phần bari sulfat, 5-10 phần bột talc, 5-10 phần kẽm phosphat tổ hợp, 0,1-0,5 phần chất thấm ướt bề mặt 245, 0,1-0,5 phần chất lưu biến gốc nước 105, 0,1-0,3 phần etylenglycol. Phần B gồm 8-10 phần nước khử ion, 90-95 phần chất đóng rắn epoxy AB-HGA, 0,1-0,5 phần phụ gia phá bọt gốc nước 7015, 0,1-0,5 phần etylenglycol, 0,1-0,5 phần chất thấm ướt bề mặt 245.

Giải pháp hữu ích CN101358099A đề cập đến lớp phủ epoxy chống ăn mòn dẫn điện tĩnh, bao gồm thành phần A và thành phần B, trong đó, thành phần A bao gồm nhựa epoxit, chất pha loãng hoạt tính epoxy, nhựa uretan biến tính chứa nhóm epoxy đầu mạch (epoxy-terminated modified urethane resin), bột mica dẫn điện dạng mảnh (flaky conductive mica powder) và bột màu titan dẫn điện dạng hình cầu. Thành phần B gồm amin béo biến tính, amin mạch vòng biến tính và chất gia tốc đóng rắn. Thành phần A và thành phần B được trộn theo tỷ lệ để chế tạo sơn epoxy chống ăn mòn tĩnh điện 2 thành phần, không chứa cacbon và dung môi. Lớp phủ epoxy chống ăn mòn dẫn điện tĩnh có ưu điểm là tính an toàn cao, tiết kiệm năng lượng, thân thiện với môi trường, tính chất dẫn điện tĩnh tốt, tính chất chống ăn mòn tốt, thi công thuận tiện. Có thể áp dụng lớp phủ epoxy này cho các lĩnh vực dẫn tĩnh điện và chống ăn mòn cho các bể chứa dầu.

Bằng giải pháp hữu ích US5059640 đề cập đến lớp phủ chống ăn mòn cho các loại nền khác nhau, đặc biệt là kim loại và nền nhựa. Lớp phủ đơn lớp có độ bóng cao, bám dính tốt và độ đàn hồi cao. Thành phần của lớp phủ bao gồm khoảng 100 phần theo khối

lượng của nhựa epoxy từ khoảng 0-1000 phần khối lượng của một dung môi hữu cơ, từ khoảng 0-140 phần khối lượng bột màu TiO_2 , 0,01-300 phần khối lượng của chất ức chế ăn mòn, về cơ bản gồm: (a) 10-120 phần khối lượng của kẽm phosphat, (b) 40-260 phần khối lượng của kẽm molybdat và (c) 1-30 phần khối lượng của muối kẽm benzoat.

Morteza Ganjaee Sari và cộng sự (Progress in Organic Coatings, 115, 2018, 143-150) đã sử dụng các hạt nano ZnO biến tính tinh bột để cải thiện tính chất cho lớp phủ epoxy trong suốt. S. A. Haddadi và cộng sự (RSC Advances, 5(36), 2015, 28769-28777) đã sử dụng các hạt nano ZrO_2 biến tính bề mặt để gia cường khả năng bảo vệ ăn mòn cho nền thép của lớp phủ epoxy.

Có thể thấy, các nghiên cứu về hệ sơn/lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn trên cơ sở nhựa epoxy hiện nay chủ yếu tập trung nghiên cứu trên đối tượng nhựa epoxy gốc nước hoặc gốc dung môi kết hợp với một số phụ gia nano như TiO_2 , SiO_2 , ZnO, ZrO_2 ,... và chất đóng rắn gốc amin. Tuy nhiên, bảo vệ chống ăn mòn kim loại, chống hà hà, vi sinh vật bám vẫn là vấn đề cấp thiết hiện nay. Do đó, vẫn cần phát triển các hệ sơn/lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn kim loại, chống hà hà, vi sinh vật bám, cho phép ứng dụng hệ sơn 2 thành phần, trong đó thành phần A gồm nhựa epoxy lai siloxan kết hợp với hạt nano ZnO biến tính hữu cơ, chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia kháng ăn mòn, bột màu, bột độn và một số phụ gia khác; thành phần B gồm chất đóng rắn polyamin/polyamit, dễ dàng thi công cho thiết bị, kết cấu kim loại làm việc trong môi trường khí quyển biển hoặc nước biển.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích nhằm giải quyết các vấn đề nêu trên, bằng cách kết hợp 2 thành phần, trong đó thành phần A gồm nhựa epoxy lai siloxan kết hợp với hạt nano ZnO biến tính hữu cơ, chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit (hàm lượng nguyên tố Ag: 0,44 %, Zn: 1,46 % theo khối lượng), phụ gia kháng ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi; thành phần B gồm chất đóng rắn polyamin/polyamit. Giải pháp hữu ích đã phát triển được hệ sơn bền mài mòn, có khả năng kháng khuẩn và bảo vệ chống ăn mòn kim loại. Theo đó, giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp sản xuất hệ sơn epoxy lai siloxan 2 thành phần và hệ sơn thu được từ phương pháp này bền mài mòn, có khả năng kháng khuẩn và bảo vệ chống ăn mòn kim loại.

Theo khía cạnh thứ nhất, giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp sản xuất hệ sơn epoxy lai siloxan 2 thành phần A và B, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

a) chuẩn bị nguyên liệu bằng cách thu nhận các thành phần nhựa epoxy lai siloxan, hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ, chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi, chất đông rắn polyamin/polyamit theo tỷ lệ % khối lượng sau:

Thành phần A

Nhựa epoxy lai siloxan	17,8 - 20,9
Hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ	0,8-1,2
Chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit	0,4-0,6
Phụ gia chống ăn mòn	0,4-0,8
Phụ gia hỗ trợ phân tán	0,2 - 1
Phụ gia chống lắng	0,2 - 0,6
Phụ gia phá bọt	0,3 - 0,9
Chất lưu biến	0,25 - 0,85
Phụ gia hoạt động bề mặt	0,8-1,2
Bột màu và bột độn	33,86-40
Dung môi	7,17-11,9

Thành phần B

Chất đông rắn polyamin/polyamit	12,5-17,5
---------------------------------	-----------

b) hạt nano ZnO biến tính hữu cơ được đưa vào dung dịch xylen và được tiến hành đồng hóa trên thiết bị khuấy tốc độ cao trong 15 phút;

c) cho chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi vào thùng và khuấy ở tốc độ 400 vòng/phút trong 1 giờ, tiếp theo rung siêu âm hỗn hợp trên trong 10 phút;

d) thêm nhựa epoxy lai siloxan, hạt nano ZnO biến tính hữu cơ đã chuẩn bị ở bước b) và các phụ gia khác vào hỗn hợp chế tạo ở bước c), khuấy hỗn hợp ở tốc độ 600

vòng/phút trong 40 phút, sau đó rung siêu âm hỗn hợp trên trong 10 phút, thu được hệ sơn đồng nhất;

e) đổ hệ sơn thu được ở bước d) vào trong thùng kín và bảo quản ở nhiệt độ phòng thu được thành phần A;

Theo khía cạnh thứ hai, giải pháp hữu ích đề cập đến hệ sơn epoxy lai siloxan 2 thành phần A và B được sản xuất bằng phương pháp theo điểm 1, trong đó hệ sơn này bao gồm các thành phần theo tỷ lệ % khối lượng sau:

Thành phần A

Nhựa epoxy lai siloxan	17,8 - 20,9
Hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ	0,8-1,2
Chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit	0,4-0,6
Phụ gia chống ăn mòn	0,4-0,8
Phụ gia hỗ trợ phân tán	0,2 - 1
Phụ gia chống lắng	0,2 - 0,6
Phụ gia phá bọt	0,3 - 0,9
Chất lưu biến	0,25 - 0,85
Phụ gia hoạt động bề mặt	0,8-1,2
Bột màu và bột độn	33,86-40
Dung môi	7,17-11,9

Thành phần B

Chất đóng rắn polyamin/polyamit	12,5-17,5
---------------------------------	-----------

Theo một khía cạnh khác, giải pháp hữu ích cũng đề cập đến quy trình biến tính hữu cơ hạt nano ZnO với một trong các tác nhân hữu cơ họ silan và titanat như (3-aminopropyl)triethoxysilan, vinyltrimethoxysilan, vinyltris(trimetylsiloxy)silan, triaxetoxysilyl etylen, (3-chloropropyl)trimethoxysilan, isopropyl tri[di(octyl)phosphato] titanat bằng phương pháp ủ nhiệt, trong đó, hạt nano ZnO được ủ ở 60 °C với các silan hữu cơ hoặc titanat hữu cơ và etanol, có bổ sung xúc tác amoniac.

Theo một khía cạnh khác nữa, giải pháp hữu ích cũng đề cập đến quy trình chế tạo nhựa epoxy lai siloxan gồm các bước (i) nhựa epoxy với một trong các tác nhân silan như (3-aminopropyl)triethoxysilan, vinyltrimethoxysilan, vinyltris(trimetylsiloxy)silan, triaxetoxysilyl etylen, (3-chloropropyl)trimethoxysilan và amoniac được trộn với nhau trên

máy khuấy từ ở 70 °C trong 2 giờ và (ii) chiết soxhlet hỗn hợp thu được ở bước i) với etanol để loại bỏ silan dư và thu được nhựa epoxy lai siloxan.

Theo một khía cạnh khác nữa, giải pháp hữu ích cũng đề cập đến phương pháp thi công hệ sơn trên bề mặt thép bằng cách trộn đều 2 thành phần A và B, sau đó phun lên bề mặt thép.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích được mô tả chi tiết với các phương án và các ví dụ thực hiện cụ thể, tuy nhiên, các phương án và các ví dụ này chỉ nhằm làm rõ bản chất của giải pháp hữu ích chứ không nhằm mục đích hạn chế phạm vi yêu cầu bảo hộ của giải pháp hữu ích.

Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp sản xuất hệ sơn epoxy lai siloxan 2 thành phần A và B, trong đó phương pháp này bao gồm các bước: a) chuẩn bị nguyên liệu; b) hạt nano ZnO biến tính hữu cơ được đưa vào dung dịch xylene; c) cho chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi vào thùng rồi khuấy và sau đó rung siêu âm; d) thêm nhựa epoxy lai siloxan, hạt nano ZnO biến tính hữu cơ đã chuẩn bị ở bước b) và các phụ gia khác vào hỗn hợp chế tạo ở bước c) và khuấy và sau đó rung siêu âm; e) đổ hệ sơn thu được ở bước d) vào trong thùng kín và bảo quản ở nhiệt độ phòng thu được thành phần A.

Trong bước chuẩn bị nguyên liệu, các thành phần bao gồm chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi, chất đóng rắn polyamin/polyamit được sử dụng là các sản phẩm thương mại có sẵn trên thị trường.

Nhựa epoxy lai siloxan sử dụng trong giải pháp hữu ích đóng vai trò làm chất tạo màng của lớp phủ epoxy lai siloxan. Lượng epoxy lai siloxan được sử dụng trong hệ sơn theo giải pháp hữu ích là từ 17,8 đến 20,9 % theo khối lượng hệ sơn. Nếu lượng epoxy lai siloxan được sử dụng nhỏ hơn 17,8 %, hệ sơn bị loãng, tạo màng phủ không đồng đều, tuy nhiên, nếu lượng epoxy lai siloxan lớn hơn 20,9 %, tính năng của màng phủ tăng không đáng kể, làm ảnh hưởng đến giá thành. Theo một phương án ưu tiên, nhựa epoxy là sản phẩm thương mại có tên Epikote 1001-X-75 có hàm gốc là 75 %, silan là

sản phẩm thương mại có tên (3-aminopropyl)triethoxysilan. Theo một phương án ưu tiên khác, nhựa epoxy lai siloxan được chế tạo theo các bước (i) nhựa epoxy, (3-aminopropyl)triethoxysilan và amoniac được trộn với nhau trên máy khuấy từ ở 70 °C trong 2 giờ và (ii) chiết soxhlet hỗn hợp thu được ở bước i) với etanol để loại bỏ silan dư và thu được nhựa epoxy lai siloxan. Theo một phương án ưu tiên khác nữa, tỷ lệ khối lượng nhựa epoxy : (3-aminopropyl)triethoxysilan là 90 : 10.

Hạt nano ZnO biến tính hữu cơ được tạo thành từ quá trình tương tác hay phản ứng giữa các hạt nano ZnO (là sản phẩm thương mại) với một trong các tác nhân hữu cơ họ silan và titanat (là các sản phẩm thương mại). Hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ được sử dụng trong giải pháp hữu ích đóng vai trò phụ gia cải thiện tính chất cơ học, khả năng kháng khuẩn và khả năng bảo vệ chống ăn mòn cho lớp phủ được tạo ra từ hệ sơn theo giải pháp hữu ích. Lượng hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ được sử dụng theo giải pháp hữu ích nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,2 % khối lượng hệ sơn. Nếu lượng hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ sử dụng nhỏ hơn 0,8 % thì hiệu quả mang lại thấp trong khi lớn hơn 1,2 %, thì hiệu quả kỹ thuật không cải thiện quá nhiều nhưng làm giá thành tăng. Theo một phương án ưu tiên, hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ được tạo ra từ quá trình biến tính các hạt nano ZnO thương mại với một trong các tác nhân hữu cơ họ silan và titanat như (3-aminopropyl)triethoxysilan, vinyltrimethoxysilan, vinyltris(trimethylsiloxy)silan, triaxetoxysilyl etylen, (3-chloropropyl)trimethoxysilan hoặc isopropyl tri[di(octyl)phosphato] titanat bằng phương pháp ủ nhiệt, trong đó, hạt nano ZnO được ủ ở 60 °C với các tác nhân hữu cơ và etanol, có bổ sung xúc tác amoniac. Theo một phương án ưu tiên khác, hạt ZnO được biến tính hữu cơ với tỷ lệ khối lượng nano ZnO : tác nhân hữu cơ là 100 : 3. Theo một phương án ưu tiên khác nữa, hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ có kích thước hạt trung bình 30-60 nm.

Chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit (là sản phẩm thương mại) được sử dụng trong hệ sơn để tăng khả năng kháng khuẩn cho lớp phủ được tạo ra từ hệ sơn theo giải pháp hữu ích. Lượng phụ gia kháng khuẩn được sử dụng trong giải pháp hữu ích nằm trong khoảng 0,4-0,6 % khối lượng hệ sơn. Nếu sử dụng lượng chất kháng khuẩn nhỏ hơn 0,4 % thì màng sơn thu được không có hiệu quả diệt khuẩn hoàn toàn, trong khi nếu sử dụng lượng chất kháng khuẩn lớn hơn 0,6 %, hiệu quả diệt khuẩn của màng sơn không tăng mà gia tăng chi phí sản xuất. Theo một phương án ưu tiên, chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit có

tên thương mại Irguagard B5000 (với hàm lượng nguyên tố Ag: 0,44 %, Zn: 1,46 % theo khối lượng).

Các phụ gia sơn như phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt được sử dụng trong giải pháp hữu ích với các vai trò khác nhau. Phụ gia hỗ trợ phân tán là các chất hoạt động bề mặt không phân cực có tác dụng làm giảm sức căng bề mặt và dẫn đến tăng áp suất phân bố để quá trình thấm ướt các hạt bột màu xảy ra nhanh hơn và dễ đi vào môi trường phân tán. Tuy nhiên, nếu sử dụng nhiều các phụ gia hỗ trợ phân tán sẽ ảnh hưởng đến tính chất của màng sơn: giảm độ bóng, khuynh hướng tạo bọt... Phụ gia phá bọt được sử dụng vì trong quá trình khuấy trộn sơn tạo nên rất nhiều bọt khí, và các bọt khí này ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng màng sơn, khi lăn sơn mà bọt khí trên màng sơn ứt vỡ hay chậm vỡ sẽ tạo các khuyết tật trên bề mặt. Phụ gia chống ăn mòn được sử dụng để tăng khả năng bảo vệ chống ăn mòn của lớp sơn phủ được tạo ra từ hệ sơn theo giải pháp hữu ích. Chất lưu biến được sử dụng để đảm bảo độ nhớt của hệ sơn. Phụ gia chống lắng được sử dụng để đảm bảo độ đồng đều của hệ sơn. Theo một phương án ưu tiên, phụ gia hỗ trợ phân tán có thể là chất phân tán cao phân tử không ion (polymeric non-ionic dispersing) (có tên thương mại Additol VXW 6208/60), phụ gia chống lắng có thể là phụ gia gốc silica khói (fumed silica) (có tên thương mại ACEMATT OK 500) hoặc bentonit, phụ gia phá bọt có thể là phụ gia gốc polysiloxan (có tên thương mại BYK141), chất lưu biến có thể là phụ gia gốc organoclay bentonit (có tên thương mại BENGEL 908), phụ gia hoạt động bề mặt có thể là phụ gia gốc polyurethan (có tên thương mại AFCONA4050),...

Bột màu và bột độn như TiO_2 , Fe_2O_3 được sử dụng để tạo màu cho màng sơn, các phụ gia này cũng cải thiện tính chất cơ học của màng sơn, đồng thời giảm giá thành sản phẩm.

Dung môi được sử dụng trong giải pháp hữu ích là dung môi hữu cơ. Theo một phương án ưu tiên, dung môi được sử dụng trong giải pháp hữu ích là một trong các loại dung môi xylen, butyl acetat, hỗn hợp dung môi có vòng thơm (aromatic fluid-based solvent) (có tên thương mại Solvensso 100), hỗn hợp dung môi của hydrocarbon no trung bình (medium aliphatic) (có tên thương mại Solvent naphata),...

Thành phần B gồm chất đóng rắn polyamin/polyamit được sử dụng trong giải pháp hữu ích để đóng rắn nhựa epoxy. Theo một phương án ưu tiên, chất đóng rắn polyamin/polyamit được sử dụng trong giải pháp hữu ích là một trong các loại polyamit trên cơ sở axit béo (có tên thương mại Versamid), polyamin (có tên thương mại Jointmine 9024),...

Trong bước d) của phương pháp sản xuất hệ sơn theo giải pháp hữu ích, quá trình thêm nhựa, hạt nano ZnO biến tính hữu cơ và các phụ gia khác vào hỗn hợp chế tạo ở bước c) cần tiến hành khuấy liên tục và rung siêu âm để đảm bảo nhựa, phụ gia và các hạt nano được phân tán tốt vào nhau và không bị vón cục, để thu được hệ sơn đồng nhất.

Theo khía cạnh thứ hai, giải pháp hữu ích đề cập đến hệ sơn epoxy lai siloxan 2 thành phần A và B được sản xuất theo phương pháp của giải pháp hữu ích, trong đó hệ sơn này bao gồm các thành phần theo tỷ lệ % khối lượng sau:

Thành phần A

Nhựa epoxy lai siloxan	17,8 - 20,9
Hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ	0,8-1,2
Chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit	0,4-0,6
Phụ gia chống ăn mòn	0,4-0,8
Phụ gia hỗ trợ phân tán	0,2 - 1
Phụ gia chống lắng	0,2 - 0,6
Phụ gia phá bọt	0,3 - 0,9
Chất lưu biến	0,25 - 0,85
Phụ gia hoạt động bề mặt	0,8-1,2
Bột màu và bột độn	33,86-40
Dung môi	7,17-11,9

Thành phần B

Chất đóng rắn polyamin/polyamit	12,5-17,5
---------------------------------	-----------

Theo khía cạnh thứ ba, giải pháp hữu ích cũng đề cập đến quy trình biến tính hữu cơ hạt nano ZnO với một trong các tác nhân hữu cơ họ silan và titanat như (3-aminopropyl)triethoxysilan, vinyltrimethoxysilan, vinyltris(trimetylsiloxy)silan, triaxetoxysilyl etylen, (3-chloropropyl)trimethoxysilan, isopropyl

tri[di(octyl)phosphato] titanat bằng phương pháp ủ nhiệt, trong đó, hạt nano ZnO được ủ ở 60 °C với các silan hữu cơ hoặc titanat hữu cơ và etanol, có bổ sung xúc tác amoniac. Sau đó, các hạt nano ZnO biến tính được rửa bằng axeton và sấy trong tủ sấy chân không ở 50 °C trong 24 giờ để thu được hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ. Nhờ quá trình biến tính, các hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ có thể phân tán tốt hơn vào nhựa epoxy. Trong quy trình này, lượng silan hoặc titanat hữu cơ được sử dụng để biến tính là 3 % so với lượng hạt nano sử dụng. Nếu sử dụng hàm lượng silan hoặc titanat thấp hơn 3 %, hạt nano phân tán không đều vào trong hệ sơn làm giảm tính chất của hệ sơn trong khi đó nếu biến tính với tỉ lệ cao hơn 3 % thì lại làm giảm tính chất của lớp phủ.

Theo khía cạnh thứ tư, giải pháp hữu ích cũng đề cập đến quy trình chế tạo nhựa epoxy lai siloxan gồm các bước (i) nhựa epoxy, silan hữu cơ và amonac được trộn với nhau trên máy khuấy ở 70 °C trong 2 giờ và (ii) chiết soxhlet hỗn hợp thu được ở bước i) với etanol để loại bỏ silan dư và thu được nhựa epoxy lai siloxan. Tỷ lệ khối lượng nhựa epoxy : silan là 90 : 10.

Theo khía cạnh thứ năm, giải pháp hữu ích cũng đề cập đến phương pháp thi công hệ sơn trên bề mặt thép bằng cách trộn đều 2 thành phần A và B, sau đó phun lên bề mặt thép. Hệ sơn dễ dàng thi công và bám dính tốt với nền thép. Lớp phủ thu được bền mài mòn, có khả năng kháng khuẩn và bảo vệ chống ăn mòn kim loại.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn nữa thông qua các ví dụ cụ thể minh họa cho giải pháp hữu ích. Do đó giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Ví dụ 1. Biến tính các hạt nano ZnO với (3-aminopropyl)triethoxysilan

Hạt nano ZnO, (3-aminopropyl)triethoxysilan (APTES), etanol, amonac được ủ trong tủ sấy đối lưu không khí ở 60 °C trong 24 giờ. Trong 10 giờ đầu, sau mỗi 2 giờ ủ, hỗn hợp được đảo đều để các thành phần được trộn lẫn với nhau và để phản ứng ghép APTES lên bề mặt hạt nano ZnO xảy ra. Tỷ lệ khối lượng hạt nano ZnO: APTES: etanol: amoniac là 10: 0,3: 3: 0,05 (g/g/g/g). Sau đó, hỗn hợp được rửa bằng axeton và sấy chân không ở 50 °C trong 24 giờ để thu được hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ.

Ví dụ 2. Biến tính các hạt nano ZnO với vinyltrimethoxysilan

Hạt nano ZnO, vinyltrimethoxysilan (VTMS), etanol, amoniac được ủ trong tủ sấy đối lưu không khí ở 60 °C trong 24 giờ. Trong 10 giờ đầu, sau mỗi 2 giờ ủ, hỗn hợp được đảo đều để các thành phần được trộn lẫn với nhau và để phản ứng ghép VTMS lên bề mặt hạt nano ZnO xảy ra. Tỷ lệ khối lượng hạt nano ZnO: VTMS: etanol: amoniac là 10: 0,3: 3: 0,05 (g/g/g/g). Sau đó, hỗn hợp được rửa bằng axeton và sấy chân không ở 50 °C trong 24 giờ để thu được hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ.

Ví dụ 3. Biến tính các hạt nano ZnO với vinyltris(trimetylsiloxy)silan

Hạt nano ZnO, vinyltris(trimetylsiloxy)silan (VTTMS), etanol, amoniac được ủ trong tủ sấy đối lưu không khí ở 60 °C trong 24 giờ. Trong 10 giờ đầu, sau mỗi 2 giờ ủ, hỗn hợp được đảo đều để các thành phần được trộn lẫn với nhau và để phản ứng ghép VTTMS lên bề mặt hạt nano ZnO xảy ra. Tỷ lệ khối lượng hạt nano ZnO: VTTMS: etanol: amoniac là 10: 0,3: 3: 0,05 (g/g/g/g). Sau đó, hỗn hợp được rửa bằng axeton và sấy chân không ở 50 °C trong 24 giờ để thu được hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ.

Ví dụ 4. Biến tính các hạt nano ZnO với triaxetoxysilyl etylen

Hạt nano ZnO, triaxetoxysilyl etylen (TAVS), etanol, amoniac được ủ trong tủ sấy đối lưu không khí ở 60 °C trong 24 giờ. Trong 10 giờ đầu, sau mỗi 2 giờ ủ, hỗn hợp được đảo đều để các thành phần được trộn lẫn với nhau và để phản ứng ghép TAVS lên bề mặt hạt nano ZnO xảy ra. Tỷ lệ khối lượng hạt nano ZnO: TAVS: etanol: amoniac là 10: 0,3: 3: 0,05 (g/g/g/g). Sau đó, hỗn hợp được rửa bằng axeton và sấy chân không ở 50 °C trong 24 giờ để thu được hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ.

Ví dụ 5. Biến tính các hạt nano ZnO với (3-chloropropyl)trimethoxysilan

Hạt nano ZnO, (3-chloropropyl)trimethoxysilan (CTMS), etanol, amoniac được ủ trong tủ sấy đối lưu không khí ở 60 °C trong 24 giờ. Trong 10 giờ đầu, sau mỗi 2 giờ ủ, hỗn hợp được đảo đều để các thành phần được trộn lẫn với nhau và để phản ứng ghép CTMS lên bề mặt hạt nano ZnO xảy ra. Tỷ lệ khối lượng hạt nano ZnO: CTMS: etanol: amoniac là 10: 0,3: 3: 0,05 (g/g/g/g). Sau đó, hỗn hợp được rửa bằng axeton và sấy chân không ở 50 °C trong 24 giờ để thu được hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ.

Ví dụ 6. Biến tính các hạt nano ZnO với isopropyl tri[di(octyl)phosphato] titanat

Hạt nano ZnO, isopropyl tri[di(octyl)phosphato] titanat (tên thương mại KR-12), etanol, amoniac được ủ trong tủ sấy đối lưu không khí ở 60 °C trong 24 giờ. Trong 10 giờ đầu, sau mỗi 2 giờ ủ, hỗn hợp được đảo đều để các thành phần được trộn lẫn với nhau và để phản ứng ghép isopropyl tri[di(octyl)phosphato] titanat lên bề mặt hạt nano

ZnO xảy ra. Tỷ lệ khối lượng hạt nano ZnO: isopropyl tri[di(octyl)phosphato] titanat: etanol: amoniac là 10: 0,3: 3: 0,05 (g/g/g/g). Sau đó, hỗn hợp được rửa bằng axeton và sấy chân không ở 50 °C trong 24 giờ để thu được hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ.

Ví dụ 7. Chế tạo nhựa epoxy lai siloxan

Nhựa epoxy, (3-aminopropyl)triethoxysilan và amoniac được trộn với nhau trên máy khuấy ở 70 °C trong 2 giờ. Hỗn hợp được chiết soxhlet hỗn hợp với etanol trong 24 giờ để loại bỏ silan dư và thu được nhựa epoxy lai siloxan. Tỷ lệ khối lượng nhựa epoxy : (3-aminopropyl)triethoxysilan là 90 : 10 (g/g).

Ví dụ 8. Sản xuất hệ sơn phủ epoxy lai siloxan

03 hệ sơn phủ epoxy lai siloxan với tỷ lệ thành phần A và B và lượng theo tỷ lệ cụ thể như được mô tả trong Bảng 1.

Bảng 1. Hệ sơn và thành phần tương ứng

	<i>Hệ sơn 1</i>	<i>Hệ sơn 2</i>	<i>Hệ sơn 3</i>
<i>Thành phần A</i>			
Nhựa epoxy lai siloxan	19,92	20,81	19,71
Hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ	1,00	0,95	1,16
Chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit	0,40	0,47	0,45
Phụ gia chống ăn mòn	0,40	0,38	0,54
Phụ gia hỗ trợ phân tán	0,40	0,95	0,90
Phụ gia chống lắng	0,40	0,57	0,54
Phụ gia phá bọt	0,40	0,38	0,72
Chất lưu biến	0,40	0,76	0,72
Phụ gia hoạt động bề mặt	1,00	0,95	0,90
Bột màu và bột độn	35,86	34,06	35,84
Dung môi hữu cơ	9,96	11,35	11,65
<i>Thành phần B</i>			
Chất đóng rắn polyamin/polyamit	14,94	14,19	13,44

Cần lưu ý là các hệ sơn được chế tạo bằng cách xử lý các thành phần nêu trên theo phương pháp tạo ra hệ sơn như được mô tả trên đây. Ngoài ra, cần lưu ý rằng, các hệ

sơn khác cũng có thể được tạo ra một cách dễ dàng bằng cách điều chỉnh tỷ lệ các thành phần theo khoảng tỷ lệ về thành phần như được mô tả trên đây theo giải pháp hữu ích.

Ví dụ 9. Phương pháp thi công hệ sơn trên bề mặt thép

Trộn đều 2 thành phần A và B, sau đó phun lên bề mặt thép. Lớp phủ thu được được bảo quản ở nhiệt độ phòng.

Ví dụ 10. Đánh giá đặc trưng, tính chất của hệ sơn thu được

Các lớp phủ được tạo ra từ hệ sơn thu được trên đây được xác định đặc trưng và tính chất. Kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Đặc trưng, tính chất của lớp phủ được tạo ra từ hệ sơn thu được

TT	Đặc trưng, tính chất	Theo giải pháp hữu ích
1.	Độ cứng tương đối (ISO 1522:2006)	0,35 – 0,5
2.	Độ bền va đập (ISO 6272-1:2011) (kG.cm)	45 - 70
3.	Độ bám dính (ASTM 4541 – 17) (MPa)	8,4 – 12,33
4.	Thời gian khô bề mặt (ISO 9117-1:2009)	60-75 phút
5.	Thử nghiệm mù muối (ISO 9227:2012)	Sau 1440 giờ thử nghiệm, màng sơn không có thay đổi về ngoại quan
6.	Độ chịu mặn (JIS K 5600:1990)	Sau 240 giờ thử nghiệm, màng sơn không có thay đổi về ngoại quan
7.	Độ chịu axit (JIS K 5600:1990)	Sau 168 giờ thử nghiệm, màng sơn không có thay đổi về ngoại quan
8.	Độ chịu kiềm (JIS K 5600:1990)	Sau 168 giờ thử nghiệm, màng sơn không có thay đổi về ngoại quan
9.	Độ bền mài mòn (ASTM D968-15) (L/mil)	160,8 - 183,5
10.	Hoạt tính kháng khuẩn (TCVN 9064-2012): Tỷ lệ (%) diệt khuẩn sau 24 giờ	
	- <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	99,990
	- <i>S.Aureus</i> ATCC® 25923TM	99,998

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Hệ sơn chứa các thành phần cụ thể theo giải pháp hữu ích là hoàn toàn mới và có khả năng bền mài mòn, kháng khuẩn và bảo vệ chống ăn mòn kim loại. Hiện nay, tại

Việt Nam, chưa có bất kỳ công trình khoa học/nghiên cứu và giải pháp hữu ích nào bộc lộ hệ sơn chứa các thành phần cụ thể theo giải pháp hữu ích.

Giải pháp theo giải pháp hữu ích đã giải quyết được bản chất của vấn đề, cả về tính thực tiễn và học thuật. Cụ thể hơn, hệ sơn này có độ bền mài mòn 160,8 - 183,5 L/mil, có khả năng diệt khuẩn mạnh (trên 99,99 %) với vi khuẩn gram âm (*E.coli*) và gram dương (*S.aureus*). Hệ sơn có khả năng bảo vệ chống ăn mòn kim loại cao với độ chịu mặn trên 240 giờ, độ chịu axit trên 168 giờ, độ chịu kiềm trên 168 giờ, độ bền muối trên 1440 giờ. Hệ sơn và phương pháp tạo ra hệ sơn này còn phù hợp với điều kiện chế tạo, có thể áp dụng ở quy mô bán công nghiệp và công nghiệp trong sản xuất sơn đa chức năng chất lượng cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất hệ sơn epoxy lai siloxan 2 thành phần A và B, phương pháp này bao gồm các bước:

a) chuẩn bị nguyên liệu bằng cách thu nhận các thành phần nhựa epoxy lai siloxan, hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ, chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi, chất đông rắn polyamin/polyamit theo tỷ lệ % khối lượng sau:

thành phần A bao gồm:

nhựa epoxy lai siloxan	17,8 - 20,9
hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ	0,8-1,2
chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit	0,4-0,6
phụ gia chống ăn mòn	0,4-0,8
phụ gia hỗ trợ phân tán	0,2 - 1
phụ gia chống lắng	0,2 - 0,6
phụ gia phá bọt	0,3 - 0,9
chất lưu biến	0,25 - 0,85
phụ gia hoạt động bề mặt	0,8-1,2
bột màu và bột độn	33,86 - 40
dung môi	7,17 - 11,9

thành phần B:

chất đông rắn polyamin/polyamit	12,5-17,5
---------------------------------	-----------

b) hạt nano ZnO biến tính hữu cơ được đưa vào dung dịch xylen và được đem đi đồng hóa trên thiết bị khuấy tốc cao trong 15 phút;

c) cho chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit, phụ gia chống ăn mòn, phụ gia hỗ trợ phân tán, phụ gia chống lắng, phụ gia phá bọt, chất lưu biến, phụ gia hoạt động bề mặt, bột màu và bột độn, dung môi vào thùng và khuấy ở tốc độ 400 vòng/phút trong 1 giờ, tiếp theo rung siêu âm hỗn hợp trên bằng thiết bị rung siêu âm trong 10 phút;

d) thêm nhựa epoxy lai siloxan, hạt nano ZnO biến tính hữu cơ đã chuẩn bị ở bước b) và các phụ gia khác vào hỗn hợp chế tạo ở bước c), khuấy hỗn hợp ở tốc độ 600

vòng/phút trong 40 phút, sau đó rung siêu âm hỗn hợp trên bằng thiết bị rung siêu âm trong 10 phút, thu được hệ sơn đồng nhất;

e) đổ hệ sơn thu được ở bước d) vào trong thùng kín và bảo quản ở nhiệt độ phòng thu được thành phần A.

2. Hệ sơn thu được theo phương pháp ở điểm 1, trong đó hệ sơn này bao gồm 2 thành phần A và B theo tỷ lệ % khối lượng sau:

thành phần A bao gồm:

nhựa epoxy lai siloxan	17,8 - 20,9
hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ	0,8-1,2
chất kháng khuẩn Ag/Zn zeolit	0,4-0,6
phụ gia chống ăn mòn	0,4-0,8
phụ gia hỗ trợ phân tán	0,2 - 1
phụ gia chống lắng	0,2 - 0,6
phụ gia phá bọt	0,3 - 0,9
chất lưu biến	0,25 - 0,85
phụ gia hoạt động bề mặt	0,8-1,2
bột màu và bột độn (TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ ...)	33,86 - 40
dung môi	7,17 - 11,9

thành phần B:

chất đóng rắn polyamin/polyamit	12,5-17,5
---------------------------------	-----------

3. Hệ sơn theo điểm 2, trong đó nhựa epoxy lai siloxan được tạo ra từ quá trình biến tính nhựa epoxy với một trong tác nhân silan như (3-aminopropyl)triethoxysilan, vinyltrimethoxysilan, vinyltris(trimetylsiloxy)silan, triaxetoxysilyl etylen, (3-chloropropyl)trimethoxysilan.

4. Hệ sơn theo điểm 3, trong đó tỷ lệ khối lượng nhựa epoxy : silan là 90 : 10.

5. Hệ sơn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 4, trong đó hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ được tạo ra từ quá trình biến tính các hạt nano ZnO với một trong các tác nhân hữu cơ họ silan và titanat như (3-aminopropyl)triethoxysilan, vinyltrimethoxysilan, vinyltris(trimetylsiloxy)silan, triaxetoxysilyl etylen, (3-chloropropyl)trimethoxysilan hoặc isopropyl tri[di(octyl)phosphato] titanat.

6. Hệ sơn theo điểm 5, trong đó hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ với một trong các tác nhân hữu cơ họ silan và titanat bằng phương pháp ủ nhiệt ở 60 °C, có bổ sung xúc tác amoniac.
7. Hệ sơn theo điểm 6, trong đó hạt ZnO được biến tính hữu cơ với tỷ lệ khối lượng nano ZnO: tác nhân hữu cơ là 100 : 3.
8. Hệ sơn theo điểm 7, trong đó hạt nano ZnO được biến tính hữu cơ có kích thước hạt trung bình 30-60 nm.