



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

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

(11)



1-0032059

(51)⁷ C23C 22/00; H01F 1/18; C08L 33/00; (13) B
C09D 5/00; C09D 7/40; C21D 8/12;
C21D 9/46; C22C 38/00; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/38;
C23C 22/34; C23C 22/36; B05D 3/02;
B05D 7/14

(21) 1-2017-03344

(22) 02/02/2016

(86) PCT/JP2016/053041 02/02/2016

(87) WO 2016/125783 A1 11/08/2016

(30) 2015-021081 05/02/2015 JP

(45) 25/05/2022 410

(43) 27/11/2017 356A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, Japan

(72) TAKEDA, Kazutoshi (JP); KOSUGE, Kenji (JP); TAKASE, Tatsuya (JP);
MUNEDA, Koji (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện trên bề mặt tấm thép. Lớp phủ cách điện bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm muối vô cơ, oxit, và nhựa hữu cơ. Lớp phủ cách điện bao gồm muối vô cơ và/hoặc oxit với hàm lượng 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ cách điện. Lớp phủ cách điện có nồng độ flo nằm trong khoảng từ 2ppm đến 130ppm. Lớp phủ cách điện không chứa hợp chất crôm. Lớp phủ cách điện của tấm thép kỹ thuật điện này có khả năng tương thích của lớp phủ tuyệt vời.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nói chung, khi thiết bị điện, chẳng hạn, động cơ và máy biến thế được sản xuất bằng cách sử dụng tấm thép kỹ thuật điện, đầu tiên tấm thép kỹ thuật điện được cuộn được dập cắt phôi thành hình dạng xác định trước, và sau đó các tấm thép kỹ thuật điện đã được dập cắt phôi được cán mỏng để tạo ra lõi sắt và dây đồng được quấn quanh các răng và các phần khác của lõi sắt. Rồi sau đó, đầu để nối dây đồng, mặt bích, và các bộ phận khác được gắn vào lõi sắt sau khi nó được đưa đi nhúng tấm bằng véc-ni và các quy trình khác, và sau đó lõi sắt được siết chặt vào vỏ bọc. Theo cách này, các động cơ, các máy biến thế, và các thiết bị khác được sản xuất.

Đối với quy trình sản xuất lõi sắt nêu trên, gần đây có xu hướng loại bỏ việc siết chặt lõi sắt vào vỏ bọc mà thay thế bằng việc phủ lên bên ngoài lõi sắt được cán mỏng lớp phủ bột, lớp mạ điện, hoặc lớp phủ nước để tăng cường khả năng chống ăn mòn và độ bền.

Lớp phủ bột là loại lớp phủ được áp dụng bằng cách mạ tĩnh điện trên lõi sắt, bột phủ được phân tán ở dạng bột và sau đó sấy khô và hóa cứng lớp phủ để phủ hoàn toàn lõi sắt. Lớp mạ điện là một loại lớp phủ được áp dụng bằng cách mạ điện lên lõi sắt, các hạt phủ được phân tán trong nước và sau đó sấy khô và hóa cứng lớp phủ để phủ hoàn toàn lõi sắt. Lớp phủ nước là một loại lớp phủ được ứng dụng bằng cách lắng đọng dung dịch mạ trên lõi sắt bằng cách phun dung dịch phủ hoặc nhúng trong dung dịch phủ và sau đó sấy khô và hóa cứng lớp phủ để phủ hoàn toàn lõi sắt.

Về lớp phủ bột, lớp mạ điện, lớp phủ nước, hoặc các lớp phủ khác mà có khả năng gì có thể xuất hiện ở khe hở giữa lớp phủ và lõi sắt nếu độ dính giữa lớp phủ và lõi sắt thấp, và do đó độ dính với lõi sắt là quan trọng.

Các bề mặt trên và dưới của lõi sắt được cán mỏng được cấu tạo bởi các bề mặt của tấm thép đã xử lý bề mặt, trong khi các phần mặt bên của lõi sắt được cán mỏng được cấu tạo bởi chính thép này, các phần mặt bên này bị lộ ra

bởi việc dập cắt phôi, và do đó có các đặc tính khác với các đặc tính của các bề mặt trên và dưới của lõi sắt.

Thông thường, các tấm thép kỹ thuật điện được tạo ra có lớp phủ cách điện trên bề mặt để làm giảm tổn thất dòng điện xoáy. Lớp phủ cách điện cần có các đặc tính phủ tốt không những về mặt các đặc tính cách điện mà còn về khả năng chống ăn mòn, độ dính với tấm thép, khả năng đục lỗ, và độ bền nhiệt.

Như đã biết, các lớp phủ cách điện như vậy được tạo ra một cách điển hình từ thành phần gốc muối, chẳng hạn, muối cromat và muối phosphat, oxit, chẳng hạn, silic đioxit dính và mica, nhựa hữu cơ, chẳng hạn, nhựa acrylic và nhựa epoxy, và hỗn hợp của chúng.

Các ví dụ về các công nghệ liên quan đến lớp phủ cách điện của tấm thép kỹ thuật điện như sau. Tài liệu JP50-15013, được liệt kê dưới đây, bộc lộ kỹ thuật tạo ra lớp phủ cách điện bằng cách sử dụng dung dịch xử lý gốc muối bicromat và nhũ tương của nhựa hữu cơ, chẳng hạn, copolyme của nhựa vinyl axetat- acrylic, copolyme butadien-styren, hoặc nhựa acrylic. Tài liệu JP03-36284, được liệt kê dưới đây, bộc lộ kỹ thuật tạo ra lớp phủ cách điện bằng cách sử dụng dung dịch xử lý bao gồm dung dịch nước axit crôm, nhựa loại nhũ tương, và chất khử hữu cơ, và ngoài ra còn bao gồm hợp chất nhôm dễ hòa tan, oxit hoặc một hợp chất khác của kim loại có hóa trị hai (Me), và H_3BO_3 , trong đó, trong dung dịch axit crôm, tỷ lệ mol của Me^{2+} so với Al^{3+} nằm trong khoảng từ 0 đến 7,0, tỷ lệ mol của $(Al^{3+} + Me^{2+})$ so với CrO_3 nằm trong khoảng từ 0,2 đến 0,5, và tỷ lệ mol của H_3BO_3 so với CrO_3 nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1,5.

Trong những năm gần đây, với sự gia tăng nhận thức về các vấn đề môi trường, các công nghệ đã được phát triển để tạo ra lớp phủ cách điện mà không sử dụng dung dịch nước của hợp chất crôm mà chứa crôm có hóa trị sáu. Các ví dụ về các công nghệ này như sau. Tài liệu JP06-330338, được liệt kê dưới đây, bộc lộ kỹ thuật trộn, với tỷ lệ cụ thể, muối phosphat có thành phần cụ thể, ít nhất một chất được chọn từ nhóm bao gồm axit boric và silic đioxit dính, và nhũ tương của nhựa hữu cơ có kích thước hạt cụ thể, và nung hỗn hợp này trên tấm thép. Kỹ thuật này sử dụng dung dịch xử lý không chứa hợp chất crôm nhưng có thể đạt được các đặc tính phủ tốt so với các đặc tính phủ của các lớp phủ cách

điện chứa hợp chất crôm thông thường, và ngoài ra, có thể giữ lại tính chất trơn tuyệt vời sau khi ủ giảm ứng suất.

Tài liệu JP09-323066, được liệt kê dưới đây, bộc lộ tấm thép kỹ thuật điện mà trên bề mặt tấm thép này có lớp phủ cách điện bao gồm copolyme của etylen-axit cacboxylic chưa bão hòa, nhựa epoxy, chất liên kết silan, và silic đioxit với tỷ lệ cụ thể.

Tài liệu JP2002-309379, được liệt kê dưới đây, bộc lộ tấm thép kỹ thuật điện để dập cắt phôi có tính chất trơn và độ dính tuyệt vời. Tấm thép kỹ thuật điện này bao gồm lớp phủ mặt trên không chứa hợp chất crôm và lớp phủ này chứa từ 40 đến 90% khối lượng nhựa flocacbon, và nhựa hữu cơ. Tài liệu JP2002-309379 cũng bộc lộ rằng nhựa flocacbon được chứa trong lớp phủ mặt trên này là polytetrafluoroetylen, và nhựa hữu cơ được chứa trong lớp phủ mặt trên này là một hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều nhựa được chọn từ nhóm bao gồm nhựa polyetesulfon, nhựa polyphenylensulfit, polyeteketon, và nhựa polysulfon.

Liên quan đến các nhựa flocacbon, tài liệu JP05-98207 bộc lộ kỹ thuật liên quan đến hợp phần phủ nước bao gồm copolyme chứa flo. Copolyme chứa flo này là copolyme của floolefin và hợp chất chưa bão hòa etylen, và chứa từ 30 đến 70% đơn vị gốc floolefin. Copolyme chứa flo này có trị số hydro nằm trong khoảng từ 30 đến 200mg KOH/g, chỉ số axit nằm trong khoảng từ 2 đến 200mg KOH/g, và trọng lượng phân tử trung bình số nằm trong khoảng từ 3000 đến 40000.

Tài liệu JP07-41913 bộc lộ kỹ thuật liên quan đến tấm thép kỹ thuật điện bao gồm lớp phủ cách điện được làm bằng muối phosphat và nhựa hữu cơ. Công bố đơn quốc tế số WO 2012/57168 bộc lộ kỹ thuật tạo ra lớp phủ cách điện có độ dính vào tấm thép kỹ thuật điện tốt bằng cách trộn, với tỷ lệ cụ thể, copolyme của floolefin và hợp chất chưa bão hòa etylen với hỗn hợp của phosphat kim loại và nhựa acrylic, nhựa epoxy, hoặc nhựa polyeste, có kích thước hạt cụ thể.

Công bố đơn quốc tế số WO 2012/011442 bộc lộ kỹ thuật liên quan đến tấm thép kỹ thuật điện được tạo ra có lớp phủ cách điện bao gồm thành phần thứ nhất, thành phần này bao gồm phosphat kim loại và nhựa acrylic, nhựa epoxy, hoặc nhựa polyeste, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của chúng, có kích thước hạt

cụ thể, và thành phần thứ hai, thành phần này bao gồm chất làm phân tán hoặc bột của nhựa flocacbon có kích thước hạt cụ thể.

Danh sách tài liệu tham khảo

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP50-15013

Tài liệu sáng chế 2: JP03-36284

Tài liệu sáng chế 3: JP06-330338

Tài liệu sáng chế 4: JP09-323066

Tài liệu sáng chế 5: JP2002-309379

Tài liệu sáng chế 6: JP05-98207

Tài liệu sáng chế 7: JP07-41913

Tài liệu sáng chế 8: WO 2012/57168

Tài liệu sáng chế 9: WO 2012/011442

Trong quy trình sản xuất các lõi sắt dùng cho thiết bị điện, điều cần thiết là độ dính tốt được đảm bảo đối với lớp phủ bột, lớp mạ điện, và lớp phủ nước, và cũng cần thiết là các mặt bên của tấm mỏng của lõi sắt và các phần bề mặt tấm thép trên và dưới của lõi sắt có khả năng tương thích của lớp phủ có thể so sánh được.

Tuy nhiên, ở các tấm thép kỹ thuật điện thông thường được tạo ra bằng cách sử dụng các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu JP50-15013, JP03-36284, JP06-330338, JP09-323066, JP2002-309379, JP05-98207, JP07-41913, WO 2012/57168, và, WO 2012/011442, nêu trên, có sự khác nhau giữa khả năng tương thích của lớp phủ của các lớp phủ cách điện và khả năng tương thích của lớp phủ của kim loại mà được lộ ra ở các phần mặt bên của các tấm mỏng. Điều này có thể dẫn đến kết quả là độ dày của lớp phủ trên các phần lớp phủ cách điện cực mỏng, điều này dẫn đến khả năng chống ăn mòn thấp, hoặc có thể dẫn đến kết quả là độ dày của lớp phủ trên các mặt bên của các tấm mỏng cực lớn, mà dẫn đến việc độ dính thấp, và ngoài ra, có thể dẫn đến sự không đồng đều của lớp phủ trên các phần lớp phủ cách điện, điều này dẫn đến sự xuất hiện lớp phủ không bằng phẳng, và hơn thế nữa, có thể dẫn đến thất bại trong việc tạo ra hiệu quả cải thiện khả năng chống ăn mòn bất kỳ của lớp phủ

bột, lớp mạ điện, hoặc lớp phủ nước trên thực tế.

Ngoài ra, khi lớp phủ cách điện trên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện được tạo ra bằng cách sử dụng nhựa flocacbon trọng lượng phân tử cao làm thành phần cơ bản, thì như được bộc lộ trong các tài liệu JP2002-309379, JP05-98207, và WO 2012/011442 nêu trên, các vấn đề phát sinh, ví dụ, chi phí cao và độ dính thấp của lớp phủ sau khi đập cắt phôi. Ngoài ra, các nhựa flocacbon trọng lượng phân tử cao có khả năng phân tán kém. Do đó, có vấn đề ở chỗ việc khuấy trong thời gian dài khiến cho nhựa flocacbon tạo ra các cụm lớn và điều này dẫn đến việc nồng độ của nhựa flocacbon trong bề mặt của lớp phủ cách điện không đều.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Sáng chế được thực hiện để giải quyết các vấn đề nêu trên, và do đó, mục đích của sáng chế là đưa ra tấm thép kỹ thuật điện có khả năng tương thích của lớp phủ được cải thiện và khả năng chống ăn mòn trong các môi trường ẩm ướt được cải thiện và cũng có các đặc tính phủ tốt về mặt, ví dụ, các đặc tính cách điện, độ dính, hình thức bên ngoài, và độ bền nhiệt.

Giải pháp để giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã giải quyết các vấn đề nêu trên bằng cách bao gồm hợp chất chứa flo có trọng lượng phân tử thấp trong thành phần cơ bản của lớp phủ cách điện. Ý chính của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện được đề cập dưới đây.

(1) tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện trên bề mặt tấm thép, trong đó lớp phủ cách điện bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm muối vô cơ, oxit và nhựa hữu cơ, trong đó

lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng là muối vô cơ và/hoặc oxit,

có nồng độ flo nằm trong khoảng từ 2ppm đến 130ppm, và

không chứa hợp chất crôm.

(2) Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm (1), trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính

theo tổng khối lượng của phosphat kim loại, và một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.

(3) Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm (1), trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của oxit, và một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.

(4) Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm (2), trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của:

100 phần khối lượng của phosphat kim loại bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố kim loại được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, kẽm, canxi, coban, stronti, ziriconi, titan, niken, bari, ma-giê và mangan, và;

từ 1 đến 50 phần khối lượng của một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.

(5) Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm (3), trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của:

100 phần khối lượng của oxit bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm silic đioxit dính, kẽm oxit, canxi oxit, coban oxit, ziriconi oxit, titan oxit và ma-giê oxit và;

từ 1 đến 100 phần khối lượng của một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.

Lợi ích của sáng chế

Như đã nêu trên, theo sáng chế, nồng độ flo cụ thể được đưa ra đối với lớp phủ cách điện chứa 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng muối vô cơ và/hoặc oxit trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ cách điện hoặc chứa 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng phosphat kim loại và nhựa hữu cơ trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ cách điện. Bằng cách này, sáng chế đã đưa ra

tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện thể hiện khả năng tương thích của lớp phủ tốt đối với lớp mạ điện, lớp phủ bột, và lớp phủ nước và cũng thể hiện các đặc tính tốt về mặt khả năng chống ăn mòn trong các môi trường ẩm ướt, các đặc tính cách điện, độ dính, hình thức bên ngoài, độ bền nhiệt, và các đặc tính khác.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án cụ thể của sáng chế sẽ được mô tả sau đây.

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có thể được sử dụng làm vật liệu cho các lõi sắt của, ví dụ, thiết bị điện. Cụ thể, sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện bao gồm lớp phủ cách điện không chứa hợp chất crôm và thể hiện các đặc tính cách điện, độ dính, và khả năng chống ăn mòn trong các môi trường ẩm ướt tốt, và cũng có khả năng tương thích của lớp phủ phù hợp.

Tấm thép kỹ thuật điện theo sáng chế mà trên bề mặt tấm thép có lớp phủ cách điện không chứa hợp chất crôm và trong đó nồng độ flo nằm trong khoảng từ 2ppm đến 130ppm. Lớp phủ cách điện này bao gồm, ví dụ, hỗn hợp muối vô cơ và/hoặc oxit với hàm lượng 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, hoặc bao gồm, ví dụ, phosphat kim loại và nhựa hữu cơ, chẳng hạn, nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste, với hàm lượng 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ cách điện.

Đầu tiên, tấm thép kỹ thuật điện mà lớp phủ cách điện được tạo ra trên tấm thép theo phương án này được mô tả.

Theo phương án này, ví dụ phù hợp của tấm thép kỹ thuật điện mà lớp phủ cách điện được tạo ra trên thép này có thể là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng ít nhất chứa, tính theo % khối lượng, Si: 0,1% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 4,0% và Al: 0,05% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 3,0%, còn lại là Fe và các tạp chất. Si làm tăng điện trở và cải thiện các đặc tính từ cùng với sự tăng hàm lượng của nó, nhưng vì Si làm giảm khả năng chịu cán, nên hàm lượng Si tốt hơn là nhỏ hơn 4,0% khối lượng. Tương tự như vậy, Al cải thiện các đặc tính từ cùng với sự tăng hàm lượng của nó, nhưng vì Al làm giảm khả năng chịu cán, nên hàm lượng Al tốt hơn là nhỏ hơn 3,0% khối lượng. Tấm thép kỹ thuật điện được sử dụng theo phương án này có thể còn chứa các nguyên tố khác ngoài Si

và Al, chẳng hạn, Mn, Sn, Cr, và P, với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01% khối lượng đến 3,0% khối lượng. Tấm thép kỹ thuật điện được sử dụng theo phương án này có thể chứa thêm các nguyên tố bổ sung, chẳng hạn, S, N, và C với hàm lượng nhỏ hơn 100ppm, tốt hơn là với hàm lượng nhỏ hơn 20ppm.

Theo phương án này, tấm thép kỹ thuật điện để sử dụng có thể được tạo ra, ví dụ, bằng cách làm nóng phôi tấm có thành phần thép nêu trên đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000 đến 1250°C, cán nóng phôi tấm và cuộn thành cuộn, tôi, nếu cần, tấm này trong điều kiện như được cán nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1050°C, sau đó cán nguội tấm này đến chiều dày nằm trong khoảng từ đến 0,15 đến 0,5mm, và tôi tấm này thêm ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 750 đến 1100°C.

Bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện, mà lớp phủ cách điện được tạo ra trên bề mặt này, có thể được trải qua xử lý sơ bộ tùy ý trước khi phủ dung dịch xử lý được mô tả dưới đây. Các ví dụ về việc xử lý sơ bộ bao gồm xử lý tẩy nhờn bằng cách sử dụng chất kiềm hoặc tương tự và xử lý tẩy gỉ bằng cách sử dụng axit clohydric, axit sulfuric, axit phosphoric hoặc tương tự. Bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện, trước khi áp dụng dung dịch xử lý được mô tả dưới đây, có thể không được trải qua bất kỳ sự xử lý sơ bộ nào như vậy nhưng có thể là bề mặt ở điều kiện như đã hoàn thành việc tôi.

Tiếp theo, lớp phủ cách điện được tạo ra trên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện theo phương án này được mô tả.

Theo phương án này, muối vô cơ được bao gồm trong lớp phủ cách điện là muối chứa axit, chẳng hạn, axit sulfuric, axit nitric, hoặc axit cacbonic và các ion kim loại với hàm lượng 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng trên cơ sở tổng khối lượng của muối vô cơ. Các ví dụ cụ thể của muối vô cơ bao gồm stronti sulfat, nhôm sulfat, ma-giê sulfat, canxi sulfat, nhôm nitrat, sắt nitrat, ziriconi cacbonat, muối kép của ziriconi cacbonat và amoni cacbonat, bari cacbonat, ma-giê cacbonat, kẽm oxit, canxi oxit, ziriconi oxit, ma-giê oxit, titan oxit, và côban oxit. Các ví dụ cụ thể của oxit được bao gồm trong lớp phủ cách điện bao gồm các oxit kim loại, silic đioxit, và oxit nhôm, và các ví dụ cụ thể hơn nữa bao gồm silic đioxit dính, kẽm oxit, canxi oxit, côban oxit, ziriconi oxit, titan oxit, và ma-giê oxit.

Các muối vô cơ và các oxit có thể được sử dụng riêng lẻ hoặc ở dạng hỗn hợp của hai hoặc nhiều loại.

Theo phương án này, không có giới hạn cụ thể đối với loại của axit phosphoric được bao gồm trong phosphat kim loại mà được bao gồm trong lớp phủ cách điện, nhưng, ví dụ, axit octophosphoric, axit metaphosphoric, và axit polyphosphoric được ưu tiên. Các ion kim loại được bao gồm trong phosphat kim loại nêu trên tốt hơn là các ion của Li, Al, Mg, Ca, Sr, Ti, Ni, Mn, Co, Zn, Zr, hoặc Ba ví dụ, tốt hơn nữa là các ion của Al, Zn, Ca, Co, Sr, Zr, Ti, Ni, Ba, Mg, hoặc Mn, và tốt hơn nữa là các ion của Al, Ca, Mn, hoặc Ni. Chế phẩm của dung dịch phosphat kim loại tốt hơn là được thực hiện, ví dụ, bằng cách trộn oxit, cacbonat, hoặc hydroxit của các ion kim loại nêu trên với axit phosphoric, chẳng hạn, axit octophosphoric và điều chế dung dịch này.

Phosphat kim loại có thể được sử dụng ở dạng phosphat đơn hoặc ở dạng hỗn hợp của hai hoặc nhiều phosphat. Ngoài ra, chất phụ gia, chẳng hạn, axit phosphonic hoặc axit boric cũng có thể được sử dụng cùng với phosphat kim loại.

Theo phương án này, trong số các ví dụ cụ thể của oxit được bao gồm trong lớp phủ cách điện, silic đioxit dính có thể là, ví dụ, silic đioxit dính có kích thước hạt trung bình nằm trong khoảng từ 5 đến 40nm và hàm lượng Na là 0,5% hoặc thấp hơn tính theo khối lượng. Hàm lượng Na tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,3% khối lượng.

Như được sử dụng theo phương án này, kích thước hạt trung bình của silic đioxit dính và cỡ hạt trung bình của các nhựa hữu cơ được mô tả dưới đây là các giá trị trung bình số (cỡ hạt trung bình số) của các đường kính của các hạt sơ cấp miễn là các hình dạng hạt gần như hình cầu. Kích thước hạt trung bình của silic đioxit dính có thể được đo bằng, ví dụ, phương pháp hấp thụ nitơ, và cỡ hạt trung bình của các nhựa hữu cơ có thể được đo bằng, ví dụ, phương pháp nhiễu xạ laze.

Theo sáng chế, điều cần thiết là nồng độ flo trong lớp phủ cách điện nằm trong khoảng từ 2 đến 130ppm. Nồng độ flo trong lớp phủ cách điện tốt hơn là không nhỏ hơn 5ppm, và tốt hơn nữa là không nhỏ hơn 8ppm. Ngoài ra, nồng độ flo trong lớp phủ cách điện tốt hơn là không lớn hơn 100ppm, và tốt hơn nữa là

không lớn hơn 50ppm, và tốt hơn nữa là không lớn hơn 30ppm.

Không có giới hạn cụ thể đối với phương pháp đo nồng độ flo trong lớp phủ cách điện, nhưng, ví dụ, phép sắc ký ion có thể được sử dụng một cách thích hợp. Nếu các nguyên tố gây phiền phức có mặt trong các thành phần của lớp phủ cách điện, thì phương pháp đo có độ nhạy cao, chẳng hạn, ví dụ, sự kết hợp của phép sắc ký ion và phương pháp phức hợp lantan alizarin như được bộc lộ trong tài liệu JP7-198704 có thể được sử dụng. Bằng cách sử dụng các phương pháp phân tích này, sự định lượng chính xác nồng độ flo trong lớp phủ cách điện có thể được thực hiện.

Sáng chế đề xuất, ví dụ, tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện trên bề mặt mỏng, với lớp phủ chứa hỗn hợp của muối vô cơ và/hoặc oxit với hàm lượng 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ, và có nồng độ flo trong lớp phủ nằm trong khoảng cụ thể từ 2 đến 130ppm. Ngoài ra, sáng chế đề xuất, ví dụ, tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện trên bề mặt mỏng, với lớp phủ chứa phosphat kim loại và nhựa hữu cơ với hàm lượng 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ, và có nồng độ flo trong lớp phủ nằm trong khoảng cụ thể từ 2 đến 130ppm. Chiều dày của các lớp phủ cách điện này tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,3 đến 3,0 μ m, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 μ m.

Theo phương án này, từng nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste mà có thể được bao gồm trong lớp phủ cách điện có thể là nhũ tương nhựa có bán sẵn trên thị trường.

Nhựa acrylic có thể là nhựa được tạo ra từ đơn phân, chẳng hạn, methyl acrylat, ethyl acrylat, n-butyl acrylat, i-butyl acrylat, n-octyl acrylat, i-octyl acrylat, 2-ethylhexyl acrylat, n-nonyl acrylat, n-dexyl acrylat, và n-dodexyl acrylat, hoặc tốt hơn nữa có thể là nhựa được tạo ra bằng cách đồng trùng hợp đơn phân này với đơn phân chứa nhóm chức, chẳng hạn, axit acrylic, axit metacrylic, axit maleic, anhydrit maleic, axit fumaric, axit crotonic, và axit itaconic hoặc với đơn phân chứa nhóm hydroxyl, chẳng hạn, 2-hydroxyetyl (met)acrylat, 2-hydroxypropyl (met)acrylat, 3-hydroxybutyl (met)acrylat, và 2-hydroxyetyl (met)allyl etc.

Nhựa epoxy có thể là nhựa được tạo ra bằng, ví dụ, cho nhựa epoxy biến

tính amin phản ứng với axit cacboxylic anhydrit. Cụ thể là, nhựa epoxy có thể là nhựa được tạo ra bằng cách biến tính nhựa epoxy của, ví dụ, bisphenol A diglycidyl ete, sản phẩm cộng caprolacton mở vòng của bisphenol A diglycidyl ete, bisphenol F diglycidyl ete, bisphenol S diglycidyl ete, novolac glycidyl ete, hoặc chất nhũ trùng hợp axit glycidyl ete, với một amin, chẳng hạn, isopropanolamin, monopropanolamin, monobutanolamin, monoetanolamin, diethylentriamin, etylendiamin, butalamin, propylamin, isophorondiamin, tetrahydrofurfurylamin, xylendiamin, hexylamin, nonylamin, trietylentetramin, tetrametylenpentamin, và diaminodiphenyl sulfon, và cho nhựa đã biến tính phản ứng với axit cacboxylic anhydrit, chẳng hạn, succinic anhydrit, itaconic anhydrit, anhydrit maleic, xitraconic anhydrit, phthalic anhydrit, và trimelitic anhydrit.

Nhựa polyeste có thể là nhựa polyeste được tạo ra bằng cách cho axit dicarboxylic phản ứng với glycol. Các ví dụ của dicarboxylic axit bao gồm axit terephthalic, axit isophthalic, axit octophtalic, axit naphtalen dicarboxylic, axit biphenyl dicarboxylic, axit succinic, axit adipic, axit sebacic, axit fumaric, axit maleic, anhydrit maleic, axit itaconic, và axit xitraconic, và các ví dụ của glycol bao gồm etylen glycol, 1,2-propylenglycol, 1,3-propandiol, 1,4-butandiol, 1,5-pentanediol, neopentylidiol, 1,6-hexanediol, trietylen glycol, dipropylen glycol, và polyetylen glycol. Ngoài ra, các nhựa polyeste nêu trên có thể được trùng hợp ghép với, ví dụ, axit acrylic, axit metacrylic, axit maleic, axit fumaric, axit itaconic, axit xitraconic, hoặc axit metacrylic anhydrit, và các nhựa tạo thành có thể được sử dụng.

Nhũ tương của nhựa hữu cơ có thể là nhũ tương của một trong số các nhựa hữu cơ nêu trên hoặc có thể là nhũ tương của hỗn hợp của hai hoặc nhiều nhựa hữu cơ nêu trên. Nhũ tương của nhựa hữu cơ tốt hơn là có kích thước hạt trung bình nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,50 μm . Nếu kích thước hạt trung bình nhỏ hơn 0,05 μm , nhựa hữu cơ có khuynh hướng kết tụ trong dung dịch xử lý và điều này có thể làm giảm sự đồng đều của lớp phủ cách điện. Do đó, kích thước hạt trung bình như vậy không được ưu tiên. Nếu kích thước hạt trung bình lớn hơn 0,50 μm , độ ổn định của dung dịch xử lý có thể giảm đi, và do đó kích thước hạt trung bình này không được ưu tiên. Tốt hơn nữa là, kích thước hạt trung bình của nhũ tương của nhựa hữu cơ nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,3 μm .

Trong trường hợp mà phosphat kim loại và một hoặc nhiều nhựa hữu cơ được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste được bao gồm trong lớp phủ cách điện, tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1 đến 50 phần khối lượng trên cơ sở 100 phần khối lượng của phosphat kim loại. Nếu tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ nhỏ hơn 1 phần khối lượng, nồng độ của nhựa hữu cơ cực kỳ thấp, điều này có khả năng gây ra sự kết tụ của nhựa hữu cơ và có thể dẫn đến độ ổn định của dung dịch xử lý thấp. Do đó, tỷ lệ trộn này không được ưu tiên. Nếu tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ lớn hơn 50 phần khối lượng, độ bền nhiệt của lớp phủ cách điện có thể giảm đi, và do đó tỷ lệ trộn này không được ưu tiên. Tốt hơn nữa là, tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ nằm trong khoảng từ 6 đến 25 phần khối lượng trên cơ sở 100 phần khối lượng của phosphat kim loại.

Trong trường hợp mà oxit, chẳng hạn, silic đioxit dính và một hoặc nhiều nhựa hữu cơ được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste được trộn trong lớp phủ cách điện, thì tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1 đến 100 phần khối lượng trên cơ sở 100 phần khối lượng của oxit. Nếu tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ nhỏ hơn 1 phần khối lượng, thì các đặc tính tạo màng đối với lớp phủ cách điện là kém và sự bong ra có thể xuất hiện trên lớp phủ cách điện. Do đó, tỷ lệ trộn này không được ưu tiên. Nếu tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ lớn hơn 100 phần khối lượng, độ bền nhiệt của lớp phủ cách điện có thể giảm đi, và do đó tỷ lệ trộn này không được ưu tiên. Tốt hơn nữa là, tỷ lệ trộn của nhựa hữu cơ nằm trong khoảng từ 5 đến 80 phần khối lượng trên cơ sở 100 phần khối lượng của oxit.

Lớp phủ cách điện của tấm thép kỹ thuật điện theo sáng chế là để chứa flo ở nồng độ nằm trong khoảng từ 2 đến 130ppm. Để thực hiện điều này, ví dụ, hợp chất chứa flo được bổ sung vào lớp phủ cách điện. Các ví dụ phù hợp của hợp chất chứa flo có thể bao gồm các hợp chất flo có trọng lượng phân tử thấp, các cao su flocacbon, và các nhựa flocacbon, mỗi chất ở dạng nhũ tương, được phân tán tốt trong dung dịch nước. Khi hợp chất chứa flo tan được trong nước được sử dụng, hợp chất chứa flo có thể là được bổ sung một cách đơn giản và được trộn mà không cần nhũ hóa theo cách thích hợp.

Các ví dụ của hợp chất flo có trọng lượng phân tử thấp có thể bao gồm

chất hoạt động bề mặt của hóa chất chứa flo và dầu flocacbon. Các ví dụ cụ thể của chất hoạt động bề mặt của hóa chất chứa flo bao gồm các muối của axit perflobutansulfonic, các sản phẩm cộng perfloalkyl etylen oxit, và các phosphat este đã trung hòa amin chứa nhóm perfloalkyl. Các ví dụ của dầu flocacbon bao gồm các polyme thấp phân tử clotrifloetylen, các polyme thấp phân tử perflopolyete, các polyme thấp phân tử perfloalkyl polyete, các silicon biến tính flo.

Các ví dụ phù hợp của cao su flocacbon có thể bao gồm copolyme vinyliden florit. Các ví dụ cụ thể của copolyme vinyliden florit có thể bao gồm các copolyme vinyliden florit-tetrafloetylen, các copolyme vinyliden florit-hexaflopropylen, các copolyme vinyliden florit-tetrafloetylen-propylen, và các copolyme vinyliden florit-hexaflopropylen-tetrafloetylen.

Các ví dụ của nhựa flocacbon có thể bao gồm polytetrafloetylen, polyclotrifloetylen, các copolyme floetylen-vinyl ete, chẳng hạn, các copolyme tetrafloetylen-perfloalkyl vinyl ete, các copolyme tetrafloetylen-etylen, các copolyme tetrafloetylen-hexaflopropylen, polyvinyliden florit, và các copolyme etylen-clotrifloetylen. Ngoài ra, ví dụ, các biến tính khác nhau của các nhựa flocacbon và các copolyme của các nhựa flocacbon này với các nhựa trùng hợp được khác cũng có thể được sử dụng.

Hợp chất flo có trọng lượng phân tử thấp, cao su flocacbon, nhựa flocacbon, và các copolyme của chúng nêu trên chỉ các hợp chất có trọng lượng phân tử tương đối thấp, ví dụ, còn được gọi là các hợp chất oligome, trong số các hợp chất chứa flo. Các trọng lượng phân tử của hợp chất có trọng lượng phân tử thấp, cao su flocacbon, nhựa flocacbon, và các copolyme của chúng tốt hơn là không nhỏ hơn 200 và tốt hơn nữa là không nhỏ hơn 1.000, và tốt hơn là không lớn hơn 100.000 và tốt hơn nữa là không lớn hơn 20.000. Hợp chất flo có trọng lượng phân tử thấp, cao su flocacbon, nhựa flocacbon, và các copolyme của chúng có thể được sử dụng riêng lẻ, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều chất trong số chúng, ví dụ, với các nhóm chức khác nhau và/hoặc các trọng lượng phân tử khác nhau có thể được sử dụng.

Trong số các hợp chất chứa flo nêu trên, các hợp chất tan được trong nước có thể được trộn trực tiếp với dung dịch xử lý. Tuy nhiên, cao su flocacbon

và nhựa flocacbon tốt hơn là có thể được nhũ hóa bằng cách sử dụng, ví dụ, chất hoạt động bề mặt của hóa chất chứa flo trước khi được trộn với dung dịch xử lý. Kích thước hạt để nhũ hóa không bị giới hạn một cách cụ thể nhưng, ví dụ, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,50 μm , và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,20 μm . Nếu kích thước hạt của các hạt sơ cấp nhỏ hơn 0,05 μm , hợp chất chứa flo có khuynh hướng kết tụ trong dung dịch, điều này có thể làm giảm độ ổn định của dung dịch, và do đó kích thước hạt như vậy không được ưu tiên. Nếu kích thước hạt của các hạt sơ cấp lớn hơn 0,50 μm , lớp phủ cách điện được tạo ra dễ bị tách lớp và có thể bong ra, và do đó kích thước hạt như vậy không được ưu tiên. Cụ thể, độ ổn định của dung dịch bị giảm đi không được ưu tiên bởi vì điều này có thể gây ra sự kết tụ trong dung dịch và sự kết tụ này có thể làm tắc đường ống hoặc máy bơm hoặc có thể được bao gồm trong lớp phủ cách điện để gây ra các khiếm khuyết lớp phủ. Mặt khác, nếu kích thước hạt của các hạt sơ cấp không lớn hơn 0,20 μm , lớp phủ cách điện được tạo ra sẽ có khả năng có hình thức bên ngoài tốt, và do đó kích thước hạt như vậy được ưu tiên hơn. Cụ thể, kích thước hạt của hợp chất chứa flo khi nó ở dạng nhũ tương là kích thước hạt trung bình số và có thể được đo, ví dụ, theo phương pháp JIS (JIS Z8825-1) bằng cách sử dụng máy phân tích sự phân bố kích thước hạt nhiễu xạ/tán xạ laze có bán sẵn trên thị trường.

Tỷ lệ trộn của hợp chất chứa flo và vật liệu mà tạo thành thành phần cơ bản của lớp phủ cách điện (một chất, hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nguyên liệu vô cơ, oxit, và nhựa hữu cơ, hoặc phosphat kim loại và nhựa hữu cơ) không bị giới hạn một cách cụ thể miễn là nồng độ flo xác định trước được đạt được. Thích hợp là, hợp chất chứa flo có thể được trộn với lớp phủ cách điện với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 50 phần khối lượng trên cơ sở 100 phần khối lượng của lượng các chất rắn của nguyên liệu tạo thành thành phần cơ bản của lớp phủ cách điện. Tỷ lệ trộn của hợp chất chứa flo nhỏ hơn 0,3 phần khối lượng không được ưu tiên vì nó có thể dẫn đến sự phân bố không đồng đều của flo trong lớp phủ cách điện, và tỷ lệ trộn của hợp chất chứa flo lớn hơn 50 phần khối lượng không được ưu tiên bởi vì nó dẫn đến sự tạo ra một vài phần có nồng độ flo cao trong lớp phủ cách điện, mà có thể làm giảm khả năng tương thích của lớp phủ. Tốt hơn nữa là, tỷ lệ trộn của hợp chất chứa flo nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 phần khối lượng trên cơ sở 100

phần khối lượng của lượng các chất rắn của vật liệu tạo thành thành phần cơ bản của lớp phủ cách điện. Ở đây, "thành phần cơ bản" có nghĩa là thành phần được bao gồm với hàm lượng 50% khối lượng hoặc lớn hơn trên cơ sở tổng khối lượng của lớp phủ cách điện.

Theo phương án này, cũng có thể bổ sung, vào lớp phủ cách điện, thành phần khác ngoài nguyên liệu nêu trên mà tạo thành thành phần cơ bản của lớp phủ cách điện và hợp chất chứa flo. Ví dụ, các hợp chất hữu cơ có trọng lượng phân tử thấp của, ví dụ, polyol, xenlosolve, các axit cacboxylic, các ete, hoặc các este cũng có thể được bao gồm làm chất phụ gia trong lớp phủ cách điện.

Theo phương án này, tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện trên bề mặt có thể được sản xuất bằng cách sử dụng tấm thép kỹ thuật điện có thành phần nêu trên, phủ dung dịch xử lý chứa các thành phần nêu trên lên tấm thép này, và sau đó đưa đi làm nóng, và nung và sấy khô.

Theo phương án này, không có giới hạn cụ thể về phương pháp phủ để phủ dung dịch xử lý lên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện. Ví dụ, phương pháp máy phủ cán có thể được sử dụng để phủ dung dịch xử lý lên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện, hoặc phương pháp phủ, chẳng hạn, phương pháp phun hoặc phương pháp nhúng có thể được sử dụng để phủ dung dịch lên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện.

Ngoài ra, không có giới hạn cụ thể về phương pháp làm nóng để nung và sấy khô dung dịch xử lý. Ví dụ, có thể sử dụng lò nung bức xạ thông thường hoặc lò nung làm nóng bằng không khí, hoặc sử dụng phương pháp nung nóng cảm ứng hoặc phương pháp làm nóng cao tần.

Đối với các điều kiện nung và sấy khô dung dịch xử lý, ví dụ, nhiệt độ làm nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 200 đến 380°C và thời gian nung nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 15 đến 60 giây. Nếu nhiệt độ làm nóng nhỏ hơn 200°C, hơi ẩm trong lớp phủ cách điện không thể được loại bỏ hoàn toàn, và do đó nhiệt độ này không được ưu tiên. Nếu nhiệt độ làm nóng lớn hơn 380°C, nhựa hữu cơ trong đó bị đốt cháy, và do đó nhiệt độ này không được ưu tiên. Ngoài ra, nếu thời gian nung nóng nhỏ hơn 15 giây, việc làm nóng đồng đều khó và do đó thời gian nung như vậy không được ưu tiên, và nếu thời gian nung nóng lớn hơn 60 giây, thì chi phí sản xuất tăng lên nhiều, và do đó thời gian

nung như vậy không được ưu tiên. Ngoài ra, trong trường hợp mà dung dịch xử lý chứa phosphat kim loại, nhiệt độ làm nóng tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 260 đến 330°C, và trong trường hợp mà dung dịch xử lý chứa silic đioxit dính, nhiệt độ làm nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 200 đến 300°C và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 240 đến 280°C.

Ngoài ra, các chất phụ gia, chẳng hạn, chất hoạt động bề mặt có thể được bổ sung vào dung dịch xử lý. Các ví dụ được ưu tiên của chất hoạt động bề mặt bao gồm các chất hoạt động bề mặt polyoxyalkylen ete béo, và các ví dụ về các chất phụ gia khác mà có thể được bổ sung bao gồm các chất làm sáng, các chất bảo quản, và các chất chống oxy hóa.

Theo sáng chế, hợp chất chứa flo chủ yếu có mặt ở lớp bề mặt trong lớp phủ cách điện và do đó truyền tính kỵ nước và dầu lên bề mặt của lớp phủ cách điện. Tuy nhiên, nếu bề mặt được phủ hoàn toàn bằng hợp chất chứa flo, có các vấn đề phát sinh ở chỗ khả năng tương thích với các thành phần của lớp phủ giảm đi và do đó độ dính của lớp phủ giảm đi. Vì lý do này, sáng chế sử dụng khoảng cụ thể của nồng độ flo sao cho lớp phủ bề mặt bằng hợp chất chứa flo tạo thành một phần của lớp phủ. Kết cấu này được tin là làm tối ưu hóa khả năng tương thích của lớp phủ bột hoặc khả năng tương thích của lớp mạ điện của lớp phủ cách điện và cũng cải thiện khả năng chống ăn mòn trong các môi trường ẩm ướt của nó.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Đầu tiên, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được điều chế bao gồm các nguyên tố sau, theo khối lượng, Si: 2,4%, Al: 0,3%, Mn: 0,5%, và còn lại là: Fe và các tạp chất và thép này có độ dày tấm là 0,35mm.

Tiếp theo, các dung dịch phosphat kim loại đã được điều chế bằng cách sử dụng axit octophosphoric làm phosphat kim loại theo cách sau đây. Các hydroxit, các oxit, hoặc các cacbonat của các kim loại, ví dụ, $Mg(OH)_2$ và $Al(OH)_3$, mỗi loại được hòa tan trong nước cùng với axit octophosphoric để thu được nồng độ phosphat kim loại là 40% khối lượng, và mỗi dung dịch được trộn và được khuấy.

Ngoài ra, với muối vô cơ hoặc oxit, các hạt mịn của titan oxit, ma-giê oxit, và ziriconi hydroxit (kích thước hạt trung bình nhỏ hơn 1µm) (các sản

phẩm thương mại) và bề mặt nhôm đã biến đổi 30% khối lượng silic đioxit dính với kích thước hạt trung bình là 15nm (sản phẩm thương mại) được sử dụng. Các muối vô cơ hoặc các oxit này mỗi loại được phân tán trong nước để thu được nồng độ là 40% khối lượng, và do đó các dung dịch vô cơ được điều chế. Được tin rằng hydroxit (ziriconi hydroxit) được biến đổi một phần thành oxit (ziriconi oxit) do kết quả của việc làm nóng để phủ và sấy khô.

Đối với các nhựa hữu cơ, 4 loại sau đây chiếm 40% khối lượng các nhũ tương được sử dụng.

(1) Nhựa acrylic

Nhũ tương của nhựa acrylic được tạo ra bằng cách đồng trùng hợp 30% khối lượng metyl metacrylat, 10% khối lượng 2-hydroxyetyl metacrylat, 30% khối lượng n-butyl acrylat, 10% khối lượng đơn phân styren, và 20% khối lượng isobutyl acrylat

(2) Nhựa epoxy

Nhũ tương của nhựa epoxy được biến tính nhóm cacboxyl mà được tạo ra bằng cách biến tính bisphenol A với trietanolamin và cho chất thu được phản ứng với succinic anhydrit

(3) Nhựa polyeste

Nhũ tương của nhựa polyeste chứa nhóm cacboxyl được tạo ra bằng cách đồng trùng hợp 35% khối lượng dimetyl terephtalat và 35% khối lượng neopentyl glycol và sau đó đồng trùng hợp ghép copolyme này với 15% khối lượng axit fumaric và 15% khối lượng trimellitic anhydrit

Ngoài ra, đối với hợp chất chứa flo, các hợp chất được liệt kê trong bảng 1 được bổ sung riêng rẽ và được trộn để thu được nồng độ flo được trình bày trong bảng 1,

[Bảng 1]

Bảng 1

	Dung dịch phosphat kim loại hoặc dung dịch vô cơ		Nhựa hữu cơ		Hợp chất chứa flo		Nồng độ flo (ppm)
	Hợp chất	Tỷ lệ [phần khối lượng]	Hợp chất	Tỷ lệ [phần khối lượng]	Hợp chất	Tỷ lệ [phần khối lượng]	
Ví dụ sáng chế 1	$\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$	100	Nhựa acrylic	20	A	10	25
Ví dụ sáng chế 2	$\text{Mn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	100	Nhựa acrylic	40	A	20	3
Ví dụ sáng chế 3	$\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3 + \text{Ni}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (70 : 30)	100	Nhựa acrylic	5	C	30	45
Ví dụ sáng chế 4	$\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3 + \text{Silic đioxit dính}$ (80 : 20)	100	-	-	C	30	36
Ví dụ sáng chế 5	TiO_2	100	Nhựa polyeste	70	B	30	130
Ví dụ sáng chế 6	Silic đioxit dính	100	Nhựa epoxy	60	E	40	97
Ví dụ sáng chế 7	$\text{Zr}(\text{OH})_2 + \text{Silic đioxit dính}$	100	Nhựa acrylic	20	F	10	6
Ví dụ sáng chế 8	$\text{TiO}_2 + \text{Zr}(\text{OH})_2$ (20 : 80)	100	Nhựa acrylic	30	D	10	9
Ví dụ sáng chế 9	$\text{MgO} + \text{TiO}_2$ (50 : 50)	100	Nhựa acrylic	50	D	20	24
Ví dụ so sánh 1	$\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$	100	Nhựa acrylic	30	-	-	-
Ví dụ so sánh 2	$\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3 + \text{Zn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (50 : 50)	100	Nhựa epoxy	60	A	100	240
Ví dụ so sánh 3	-	-	Nhựa acrylic	100	B	30	56
Ví dụ so sánh 4	$\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$	100	-	-	B	50	220
Ví dụ tham khảo	Magie crômat	100	Nhựa acrylic	30	-	-	-

Trong bảng 1, các chữ cái từ "A" đến "F" thể hiện các hợp chất chứa flo sau đây và ký hiệu "-" biểu thị rằng không có hợp chất đó được sử dụng.

A: vinyliden florit-hexaflopropylen

B: copolyme thấp phân tử tetrafloetylen-vinyl ete

C: muối của axit perflobutansulfonic

D: polyme thấp phân tử perfloalkyl polyete

E: silicon đã biến tính flo

F: polyme thấp phân tử clotrifloetylen

Trong bảng 1, các phần ion kim loại là các phần khối lượng và hàm lượng của các nhựa hữu cơ và các hợp chất chứa flo là trên cơ sở lượng các chất rắn.

Các dung dịch xử lý có các tỷ lệ trộn được trình bày trong bảng 1 được áp dụng riêng rẽ vào bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện có thành phần nêu trên, và việc nung được thực hiện ở các nhiệt độ sấy khô được trình bày trong bảng 2, để điều chế các tấm thép kỹ thuật điện theo các ví dụ từ 1 đến 9, các ví dụ so sánh 1 đến 4, và ví dụ tham khảo. Phương pháp máy phủ cán được sử dụng để phủ dung dịch xử lý vào bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện, và lượng áp lực cán và các yếu tố khác được điều chỉnh để thu được lớp phủ cách điện có chiều dày xấp xỉ $0,8\mu\text{m}$. Việc sấy khô được thực hiện bằng cách sử dụng lò nung bức xạ. Nhiệt độ tấm ở điểm kết thúc và thời gian nung nóng được điều chỉnh để nhiệt độ tấm ở điểm kết thúc nằm trong khoảng từ 200 đến 360°C và thời gian nung nóng nằm trong khoảng từ 10 đến 60 giây, phụ thuộc vào các mẫu.

Nồng độ flo được phân tích bằng phương pháp sắc ký đốt cháy - ion. Phép đo được thực hiện bằng kỹ thuật phân tích theo phương pháp JIS (JIS K0102) và bằng cách sử dụng sắc phổ ion có bán sẵn trên thị trường.

Sau đây, phương pháp đánh giá các mẫu đã sản xuất sẽ được mô tả chi tiết.

Các đặc tính cách điện được đánh giá như sau trên cơ sở điện trở lớp trung gian được đo theo phương pháp JIS (JIS C2550): nhỏ hơn $5\Omega\cdot\text{cm}^2/\text{tấm}$ là " $\times$ "; 5Ω hoặc lớn hơn $\cdot\text{cm}^2/\text{tấm}$ và nhỏ hơn $10\Omega\cdot\text{cm}^2/\text{tấm}$ là " Δ "; 10Ω hoặc lớn hơn $\cdot\text{cm}^2/\text{tấm}$ và nhỏ hơn $50\Omega\cdot\text{cm}^2/\text{tấm}$ là " $\bigcirc$ "; và $50\Omega\cdot\text{cm}^2/\text{tấm}$ hoặc lớn hơn là " $\odot$ ". Đối với các đặc tính cách điện, các mẫu được đánh giá là " $\odot$ " hoặc " $\bigcirc$ " được xác định là có thể chấp nhận được.

Đối với độ dính, mỗi mẫu tấm thép có băng dính được dán trên đó, được quấn quanh các thanh kim loại có đường kính 10mm, 20mm, và 30mm và sau đó băng dính này được bóc ra khỏi mỗi mẫu tấm thép, và việc đánh giá được thực hiện trên cơ sở xuất hiện sự tách lớp trong các lớp phủ cách điện. Các mẫu không có sự tách lớp trong lớp phủ cách điện ở độ cong ϕ 10mm được đánh giá

là "φ 10mm OK", các mẫu không có sự tách lớp trong lớp phủ cách điện ở độ cong φ 20mm được đánh giá là "φ 20mm OK", các mẫu không có sự tách lớp trong lớp phủ cách điện ở độ cong φ 30mm được đánh giá là "φ 30mm OK", và các mẫu có sự tách lớp trong lớp phủ cách điện ở độ cong φ 30mm được đánh giá là "φ 30mm OUT". Đối với độ dính, các mẫu được đánh giá là "φ 10mm OK", "φ 20mm OK", hoặc "φ 30mm OK" được xác định là có thể chấp nhận được.

Khả năng chống ăn mòn trong các môi trường ẩm ướt được đánh giá theo thử nghiệm phun muối JIS (JIS Z2371). Đầu tiên, dung dịch nước NaCl 5% được cho phép nhỏ giọt tự nhiên lên mỗi mẫu trong thời gian 1 giờ trong khí quyển ở nhiệt độ 35°C, và sau đó mẫu này được giữ để trải qua 5 chu kỳ, với mỗi chu kỳ bao gồm 3 giờ giữ ở nhiệt độ 60°C và hàm lượng ẩm 40% và 3 giờ giữ ở nhiệt độ 40°C và hàm lượng ẩm 95%. Sau đó, diện tích gỉ được đánh giá bằng cách đánh giá thang điểm 10. Tiêu chuẩn đánh giá như sau. Đối với khả năng chống ăn mòn, các mẫu được đánh giá là 7 hoặc cao hơn được xác định là có thể chấp nhận được.

10: Không tạo gỉ

9: Tạo gỉ rất ít (phần diện tích không lớn hơn 0,1%)

8: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 0,1% và không lớn hơn 0,25%

7: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 0,25% và không lớn hơn 0,50%

6: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 0,50% và không lớn hơn 1%

5: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 1% và không lớn hơn 2.5%

4: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 2,5% và không lớn hơn 5%

3: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 5% và không lớn hơn 10%

2: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 10% và không lớn hơn 25%

1: Phần diện tích gỉ = lớn hơn 25% và không lớn hơn 50%

Đối với khả năng tương thích của lớp phủ bột, đầu tiên, dung dịch phủ bột polyeste hóa cứng ở nhiệt độ thấp có bán sẵn trên thị trường được phun lên mỗi mẫu bằng cách sử dụng súng ma sát để thu được chiều dày lớp phủ trung bình là 50μm, và mỗi mẫu được hóa cứng bởi nhiệt ở nhiệt độ 160°C trong thời gian 15 phút. Sau đó, mỗi mẫu đã được phủ được trải qua việc phun muối trong

thời gian 100 giờ và sau đó thử nghiệm độ dính mặt cắt ngang được thực hiện để đánh giá khả năng tương thích của lớp phủ bột. Trong thử nghiệm độ dính mặt cắt ngang, các mẫu trong đó lớp phủ bột không tách lớp được đánh giá là "◎", các mẫu trong đó lớp phủ bột bị tách lớp nhẹ được đánh giá là "○", các mẫu trong đó lớp phủ bột bị tách lớp một phần nhưng vẫn dính được đánh giá là "△", và các mẫu trong đó lớp phủ bột bị ăn mòn và bong tróc được đánh giá là "×". Đối với khả năng tương thích của lớp phủ bột, các mẫu được đánh giá là "◎" hoặc "○" được xác định là có thể chấp nhận được.

Đối với lớp mạ điện, đầu tiên, việc xử lý sơ bộ bề mặt được thực hiện bằng cách sử dụng dung dịch tẩy nhờn có bán sẵn trên thị trường, và sau đó, dung dịch mạ điện có khả năng chịu thời tiết cao loại epoxy-acrylic được phủ lên mỗi mẫu trong dung dịch mạ ở nhiệt độ 25°C để thu được chiều dày lớp phủ trung bình là 20µm. Các mẫu đã phủ được rửa bằng nước để làm sạch lượng dư của thành phần lớp phủ và sau đó được sấy khô bằng nhiệt ở nhiệt độ 160°C trong thời gian 20 phút. Sau đó, mỗi mẫu đã phủ được trải qua việc phun muối trong thời gian 80 giờ và sau đó thử nghiệm độ dính mặt cắt ngang được thực hiện để đánh giá khả năng tương thích của lớp mạ điện. Trong thử nghiệm độ dính mặt cắt ngang, các mẫu trong đó lớp mạ điện không tách lớp được đánh giá là "◎", các mẫu trong đó lớp mạ điện bị tách lớp nhẹ được đánh giá là "○", các mẫu trong đó lớp mạ điện bị tách lớp một phần nhưng vẫn dính được đánh giá là "△", và các mẫu trong đó lớp mạ điện bị ăn mòn và bong tróc được đánh giá là "×". Đối với khả năng tương thích của lớp mạ điện, các mẫu được đánh giá là "◎" hoặc "○" được xác định là có thể chấp nhận được.

Đối với khả năng tương thích của lớp phủ nước, đầu tiên, hợp phần phủ nước nhựa acrylic có bán sẵn trên thị trường được phun để thu được chiều dày lớp phủ trung bình là 10µm, và sau đó lớp phủ được sấy khô ở nhiệt độ trong phòng và được đánh giá bằng cách nhìn bề ngoài. Các mẫu trong đó lớp phủ nước bóng và đồng đều được đánh giá là "5", các mẫu trong đó lớp phủ nước bóng nhưng ít đồng đều hơn được đánh giá là "4", các mẫu trong đó lớp phủ nước ít đồng đều hơn nhưng hoàn toàn ứng dụng được được đánh giá là "3", các mẫu trong đó lớp phủ nước ít đồng đều hơn và mỏng một phần được đánh giá là "2", và các mẫu trong đó lớp phủ nước hoàn toàn không đồng đều được đánh giá là "1". Đối với khả năng tương thích của lớp phủ nước, các mẫu được đánh giá

là "3" hoặc cao hơn được xác định là có thể chấp nhận được.

Đối với hình thức bên ngoài, các mẫu có lớp phủ cách điện bóng, nhẵn, và đồng đều được đánh giá là "5", các mẫu có lớp phủ cách điện bóng nhưng ít đồng đều hơn được đánh giá là "4", các mẫu có lớp phủ cách điện hơi bóng và nhẵn nhưng ít đồng đều hơn được đánh giá là "3", các mẫu có lớp phủ cách điện ít bóng hơn, hơi ít nhẵn hơn, và ít đồng đều hơn được đánh giá là "2", và các mẫu có lớp phủ cách điện ít bóng hơn, ít đồng đều hơn, và ít nhẵn hơn được đánh giá là "1". Đối với hình thức bên ngoài, các mẫu được đánh giá là "4" hoặc cao hơn được xác định là có thể chấp nhận được.

Đối với độ bền nhiệt, sau khi tấm thép kỹ thuật điện được trải qua việc ủ giảm ứng suất ở nhiệt độ 750°C trong thời gian 2 giờ trong khí quyển nitơ, bề mặt của nó được mài bằng lưới thép mịn kích thước 2mm × 30mm ở tải 100gf (xấp xỉ 0,98 N), và sau đó việc đánh giá được thực hiện trên cơ sở của việc xuất hiện sự tách lớp trong lớp phủ cách điện. Các mẫu không có sự tách lớp sau khi mài bằng lưới thép mịn được đánh giá là "5", các mẫu có sự tách lớp nhẹ được đánh giá là "4", các mẫu có sự tách lớp rõ ràng được đánh giá là "3", các mẫu có sự tách lớp nghiêm trọng được đánh giá là "2", và các mẫu có sự tách lớp ngay cả khi không mài bằng lưới thép mịn được đánh giá là "1". Đối với độ bền nhiệt, các mẫu được đánh giá là "4" hoặc cao hơn được xác định là có thể chấp nhận được.

Các kết quả đánh giá tấm thép kỹ thuật điện nêu trên được tổng hợp trong bảng 2.

[Bảng 2]

Bảng 2

Thử nghiệm số	Các đặc tính cách điện	Độ dính	Khả năng chống ăn mòn	Khả năng tương thích của lớp phủ bột	Khả năng tương thích của lớp mạ điện	Khả năng tương thích của lớp phủ nước	Hình thức bên ngoài	Độ bền nhiệt
Ví dụ sáng chế 1	⊙	φ 20mm OK	10	○	⊙	5	5	5
Ví dụ sáng chế 2	⊙	φ 20mm OK	10	⊙	⊙	5	5	5
Ví dụ sáng chế 3	○	φ 20mm OK	10	○	○	4	4	5
Ví dụ sáng chế 4	○	φ 20mm OK	7	⊙	⊙	4	5	5
Ví dụ sáng chế 5	⊙	φ 20mm OK	9	⊙	○	3	4	4
Ví dụ sáng chế 6	○	φ 20mm OK	7	○	○	3	5	4
Ví dụ sáng chế 7	○	φ 20mm OK	8	○	○	5	4	4
Ví dụ sáng chế 8	○	φ 20mm OK	9	○	○	5	4	5
Ví dụ sáng chế 9	⊙	φ 30mm OK	7	○	○	5	4	5
Ví dụ so sánh 1	○	φ 20mm OK	7	Δ	×	5	3	4
Ví dụ so sánh 2	○	φ 30mm OUT	8	Δ	Δ	2	4	4
Ví dụ so sánh 3	⊙	φ 30mm OK	2	○	○	3	2	4
Ví dụ so sánh 4	○	φ 30mm OUT	9	Δ	Δ	2	5	4
Ví dụ tham khảo	○	φ 20mm OK	8	○	○	5	5	5

Các kết quả được trình bày trong bảng 2 làm rõ các lợi ích của sáng chế.

Các kết quả trong bảng 2 chứng minh rằng các ví dụ từ 1 đến 9 theo sáng

chế có khả năng tương thích của lớp phủ bột, khả năng tương thích của lớp mạ điện, và khả năng tương thích của lớp phủ nước tuyệt vời. Các kết quả này cũng chứng minh rằng các ví dụ từ 1 đến 9 của sáng chế có các đặc tính cách điện, độ dính, khả năng chống ăn mòn, hình thức bên ngoài, và độ bền nhiệt tuyệt vời, ngoài khả năng tương thích của lớp phủ bột, khả năng tương thích của lớp mạ điện, và khả năng tương thích của lớp phủ nước tuyệt vời. Cụ thể, có thể thấy rằng ở các ví dụ từ 1 đến 9 có các đặc tính cách điện, độ dính, khả năng chống ăn mòn, khả năng tương thích của lớp phủ bột, khả năng tương thích của lớp mạ điện, khả năng tương thích của lớp phủ nước, hình thức bên ngoài, và độ bền nhiệt có thể so sánh là đạt hoặc tốt hơn so với ví dụ tham khảo, mà bao gồm lớp phủ cách điện chứa hợp chất crôm.

Mặt khác, liên quan đến các ví dụ so sánh từ 1 đến 4, hầu hết các ví dụ này có khả năng tương thích của lớp phủ bột, khả năng tương thích của lớp mạ điện, và khả năng tương thích của lớp phủ nước thấp, và không có ví dụ nào trong số chúng tuyệt vời trong tất cả các phạm trù về các đặc tính cách điện, độ dính, khả năng chống ăn mòn, khả năng tương thích của lớp phủ bột, khả năng tương thích của lớp mạ điện, hình thức bên ngoài, và độ bền nhiệt.

Cụ thể, có thể thấy rằng ở ví dụ so sánh 1, mà không bao gồm hợp chất chứa flo, có khả năng tương thích của lớp phủ bột và khả năng tương thích của lớp mạ điện thấp, và cũng không có hình thức bên ngoài tốt. Ngoài ra, có thể thấy rằng ở ví dụ so sánh 2, mà có nồng độ flo cao hơn so với phạm vi của sáng chế, có khả năng tương thích của lớp phủ bột, khả năng tương thích của lớp mạ điện, và khả năng tương thích của lớp phủ nước thấp và cũng có độ dính thấp. Ngoài ra, có thể thấy rằng ở ví dụ so sánh 3, mà không chứa muối vô cơ hoặc oxit, hoặc, phosphat kim loại, có khả năng chống ăn mòn và hình thức bên ngoài kém. Ngoài ra, có thể thấy rằng ở ví dụ so sánh 4, mà không bao gồm nhựa hữu cơ, có khả năng tương thích của lớp phủ bột, khả năng tương thích của lớp mạ điện, và khả năng tương thích của lớp phủ nước thấp, và cũng có độ dính thấp.

Như đã mô tả ở trên, tấm thép kỹ thuật điện theo phương án của sáng chế thể hiện khả năng tương thích của lớp phủ tốt đối với lớp phủ bột, lớp mạ điện, và lớp phủ nước để sản xuất các lõi sắt làm từ các tấm mỏng, và lớp phủ cách điện thể hiện các đặc tính tốt đối với tấm thép kỹ thuật điện.

Trong phần mô tả nêu trên, phương án ưu tiên của sáng chế đã được mô tả chi tiết, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ đó. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể tìm ra các thay thế và các cải biến khác nhau nằm trong phạm vi kỹ thuật được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo đây, và nên hiểu rằng chúng hiển nhiên thuộc phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện trên bề mặt tấm thép, trong đó lớp phủ cách điện bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm muối vô cơ, oxit và nhựa hữu cơ, trong đó

lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của: muối vô cơ và/hoặc oxit,

chứa hợp chất chứa flo, mà có trọng lượng phân tử là không lớn hơn 100.000, với lượng nằm trong khoảng từ 0,3 đến 50 phần khối lượng trên cơ sở 100 phần khối lượng của tổng lượng rắn của nguyên liệu vô cơ, oxit, và nhựa hữu cơ,

hợp chất chứa flo mà là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm các polyme thấp phân tử clotrifloetylen, các polyme thấp phân tử perflopolyete, các polyme thấp phân tử perfloalkyl polyete, các silicon biến tính flo, các copolyme vinyliden florit-tetrafloetylen, các copolyme vinyliden florit-hexaflopropylen, và các copolyme vinyliden florit-hexaflopropylen-tetrafloetylen,

có nồng độ flo nằm trong khoảng từ 2ppm đến 130ppm, và

không chứa hợp chất crôm.

2. Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm 1, trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của: phosphat kim loại, và một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.

3. Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm 1, trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của: oxit, và một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.

4. Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm 2, trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của:

100 phần khối lượng của phosphat kim loại bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố kim loại được chọn từ nhóm bao gồm nhôm, kẽm, canxi, coban, stronti, ziriconi, titan, niken, bari, ma-giê và mangan, và;

từ 1 đến 50 phần khối lượng của một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.

5. Tấm thép kỹ thuật điện theo điểm 3, trong đó lớp phủ cách điện chứa, dựa trên tổng khối lượng của lớp phủ cách điện, 50% hoặc lớn hơn tính theo tổng khối lượng của:

100 phần khối lượng của oxit bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm silic đioxit dính, kẽm oxit, canxi oxit, coban oxit, ziriconi oxit, titan oxit và ma-giê oxit và;

từ 1 đến 100 phần khối lượng của một chất được chọn từ, hoặc hỗn hợp hoặc copolyme của hai hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nhựa acrylic, nhựa epoxy, và nhựa polyeste.