



(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)



1-0026583

(51)⁷ C09D 1/00; H01F 1/18; C23C 18/12;
C23C 22/74; C09D 5/08; C09D 5/44

(13) B

(21) 1-2013-03941

(22) 29/08/2012

(86) PCT/JP2012/005423 29/08/2012

(87) WO2013/031200 A1 07/03/2013

(30) 2011-190155 31/08/2011 JP

(45) 25/12/2020 393

(43) 25/06/2014 315A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) FUJIBAYASHI, Nobue (JP); SASHI, Kazumichi (JP); OKUMURA, Yusuke (JP);
OSHIMA, Yasuhide (JP); KUBOTA, Takahiro (JP); NAGOSHI, Masayasu (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN CÓ LỚP PHỦ CÁCH ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện, có các khả năng đột dập, đặc tính bám dính lớp phủ và đặc tính màng phủ sau khi ủ cao, ngay cả khi không chứa thành phần crom bất kỳ trong lớp phủ cách điện này. Lớp phủ cách điện này được tạo ra bằng cách phủ chất xử lý bề mặt lên ít nhất là một mặt tấm thép kỹ thuật điện và sấy khô chất xử lý bề mặt này. Chất xử lý bề mặt này chứa trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A) trong đó chất thay thế liên kết với Si được tạo ra chỉ bởi ít nhất là một chất thay thế không phản ứng được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm hydro, nhóm alkyl và nhóm phenyl; và chất kết hợp silan (B), với tỷ lệ khối lượng (A/B) nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện. Cụ thể, sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện, có khả năng đột dập, đặc tính bám dính lớp phủ và đặc tính màng phủ sau khi ủ cao, thậm chí khi không chứa thành phần crom bất kỳ trong lớp phủ cách điện này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Lớp phủ cách điện được phủ lên tấm thép kỹ thuật điện được sử dụng cho các mô tơ, các máy biến thế và dạng tương tự đòi hỏi phải có các đặc tính khác nhau như không chỉ điện trở liên lớp mà còn đặc tính bám dính lớp phủ, khả năng đột dập và khả năng hàn và v.v.. Vì các tấm thép kỹ thuật điện được sử dụng trong các ứng dụng khác nhau, nên đã có cố gắng phát triển các lớp phủ cách điện khác nhau phụ thuộc vào mục đích sử dụng. Khi tấm thép kỹ thuật điện được cho trải qua quá trình đột dập, quá trình cắt, quá trình uốn hoặc tương tự, thì các đặc tính từ trường bị giảm đi do ứng suất dư như là ứng suất còn lại sau quá trình ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700⁰C đến 800⁰C thường được tiến hành để giải quyết vấn đề này. Do đó, trong trường hợp này, lớp phủ cách điện phải chịu được quá trình ủ khử ứng suất.

Các lớp phủ cách điện được phủ lên các tấm thép kỹ thuật điện được phân loại một cách tổng quát thành ba dạng như sau:

(1) Lớp phủ vô cơ đóng vai trò quan trọng đối với khả năng hàn và tính chịu nhiệt và chịu được quá trình ủ khử ứng suất;

(2) Lớp phủ vô cơ chứa nhựa đạt được mục đích cả khả năng đột dập và khả năng hàn và đạt được độ bền đối với quá trình ủ khử ứng suất (tức là, lớp phủ bán hữu cơ); và

(3) Lớp phủ hữu cơ không thể chịu được quá trình ủ khử ứng suất trong một ứng dụng cụ thể.

Tuy nhiên, chỉ các lớp phủ chứa thành phần vô cơ thuộc dạng (1) và (2) nêu trên là có đủ độ bền đối với quá trình ủ khử ứng suất đối với sản phẩm phổ biến và cả hai được sử dụng đối với sản phẩm thường chứa thành phần crom.

Chẳng hạn, JP 02-038582A (tài liệu sáng chế 1) bộc lộ tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện bao gồm hai lớp phủ silic oxit và một lớp phủ phía trên chứa axit cromic, trên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện. Ít nhất là một trong hai lớp phủ cách điện chứa chất kết hợp silan, nhờ đó cải thiện được các đặc tính như là đặc tính bám dính lớp phủ của lớp phủ cách điện với tấm thép kỹ thuật điện. Công nghệ này tương ứng với công nghệ của mục (2) nêu trên.

Tuy nhiên, đối với sự nhận thức về môi trường tăng lên trong những năm gần đây, các sản phẩm không chứa cromat có lớp phủ cách điện không chứa thành phần crom được yêu cầu bởi người tiêu dùng ngay cả trong lĩnh vực các tấm thép kỹ thuật điện.

JP 2010-255105A (tài liệu sáng chế 2) bộc lộ công nghệ tạo ra màng xử lý bề mặt không chứa thành phần crom được ứng dụng qua kẽm hoặc hợp kim kẽm được phủ lên tấm thép (tấm thép được mạ kẽm), nhằm thu được tấm thép được mạ kẽm đáp ứng về các đặc tính như là độ bền chống ăn mòn và đặc tính bám dính lớp phủ. Tấm thép được mạ kẽm bao gồm màng xử lý bề mặt thu được nhờ sự phủ chất xử lý bề mặt lên bề mặt của tấm thép và sấy khô chất xử lý bề mặt này, trong đó chất xử lý bề mặt chứa thành phần ziricon hòa tan trong nước, tetraalkoxysilan, thành phần chứa nhóm epoxy, tác nhân chelat, thành phần vanadat và thành phần kim loại chứa một hoặc một số các kim loại được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm titan, nhôm và kẽm với các tỷ lệ định trước.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP 02-038582A

Tài liệu sáng chế 2: JP2010-255105A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Mong muốn là có lớp phủ cách điện được tạo ra trên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện phải có độ bền chống ăn mòn cao và đặc tính bám dính lớp phủ như với trường hợp của màng xử lý bề mặt trên bề mặt của kẽm hoặc hợp kim kẽm được phủ

lên tấm thép. Như nêu trên, các tác giả sáng chế đã phủ chất xử lý bề mặt theo tài liệu sáng chế 2, tạo khả năng đạt được đặc tính bám dính lớp phủ cao của màng xử lý bề mặt được tạo ra trên tấm thép được phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm với bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện. Chất xử lý bề mặt được sấy khô để tạo ra lớp phủ cách điện. Chất xử lý bề mặt này có độ pH từ 8 đến 10 và chứa thành phần ziricon, tetraalkoxysilan, thành phần chứa nhóm epoxy, tác nhân chelat, thành phần vanadat và thành phần kim loại chứa một hoặc một số kim loại được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, Al và Zn. Kết quả là, một cách bất ngờ, nhận thấy rằng, chất xử lý bề mặt này không thể tạo ra độ bền chống ăn mòn và đặc tính bám dính lớp phủ thích hợp cho tấm thép kỹ thuật điện. Cuối cùng, các tác giả sáng chế tiến hành các nghiên cứu khác nhau để tìm kiếm độ bền chống ăn mòn đạt yêu cầu đối với tấm thép kỹ thuật điện có thể đạt được bằng cách sử dụng chất xử lý bề mặt thu được bằng cách trộn tetraalkoxysilan và chất kết hợp silan trong nước. Tuy nhiên, ngay cả trong trường hợp này, đặc tính bám dính lớp phủ thích hợp có thể không đạt được; ngoài ra, khả năng đột dập cũng không đạt được. Tiếp theo, cũng nhận thấy rằng, đặc tính màng phủ sau khi ủ (mức tổn hao sắt thấp) là đặc tính độc đáo của các tấm thép kỹ thuật điện có thể không đạt được một cách thích hợp.

Do đó, để giải quyết vấn đề nêu trên, mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện có khả năng đột dập, đặc tính bám dính lớp phủ và đặc tính màng phủ sau khi ủ cao mà không chứa thành phần crom bất kỳ được chứa trong lớp phủ cách điện.

Giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế tiếp tục nghiên cứu tìm kiếm giải pháp đối với vấn đề này và nhận thấy rằng, mục đích này có thể đạt được bằng cách sử dụng chất xử lý bề mặt tạo lớp phủ cách điện trên tấm thép kỹ thuật điện, là tấm thép chứa các thành phần như trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan thay thế tetraalkoxysilan và chất kết hợp silan bổ sung vào thành phần chính. Như vậy, sáng chế được hoàn thành.

Sáng chế trên cơ sở các phát hiện được đề cập ở trên và khác biệt ở các đặc điểm như sẽ được mô tả dưới đây.

Khía cạnh thứ nhất của sáng chế là đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện được tạo ra bằng cách phủ chất xử lý bề mặt lên ít nhất là một mặt của tấm thép kỹ thuật điện và sấy khô chất xử lý bề mặt này, trong đó chất xử lý bề mặt chứa trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A), trong đó chất thay thế được liên kết với Si được tạo ra chỉ bởi ít nhất là một chất thay thế không phản ứng được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm hydro, nhóm alkyl và nhóm phenyl; và chất kết hợp silan (B), với tỷ lệ khối lượng (A/B) nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0.

Khía cạnh thứ hai của sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện theo khía cạnh thứ nhất, trong đó chất xử lý bề mặt chứa silic oxit dạng tấm (C) có cỡ hạt trung bình nằm trong khoảng từ 0,08 μm đến 0,9 μm và tỷ lệ cạnh nằm trong khoảng từ 10 đến 100 và lượng silic oxit dạng tấm là từ 2% khối lượng đến 30% khối lượng, tính theo tổng lượng chất rắn của chất xử lý bề mặt.

Khía cạnh thứ ba của sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện theo khía cạnh thứ hai, trong đó silic oxit dạng tấm (C) có cỡ hạt trung bình nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 0,3 μm và tỷ lệ cạnh nằm trong khoảng từ 10 đến 50.

Khía cạnh thứ tư của sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ từ thứ nhất đến thứ ba, trong đó chất xử lý bề mặt chứa từ 0,5% khối lượng đến 30% khối lượng chất bôi trơn (D), tính theo tổng lượng chất rắn của chất xử lý bề mặt.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan và chất kết hợp silan là thành phần chính được sử dụng làm các thành phần của chất xử lý bề mặt tạo lớp phủ cách điện, được phủ lên tấm thép kỹ thuật điện, nhờ đó tạo ra tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện, là đáp ứng về khả năng đột dập, đặc tính bám dính lớp phủ và đặc tính màng phủ sau khi ủ là đặc tính độ dẻo của các tấm thép kỹ thuật điện, mà không chứa thành phần crom bất kỳ trong lớp phủ cách điện này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Tấm thép kỹ thuật điện

Theo sáng chế, tấm thép kỹ thuật điện là vật liệu ban đầu không bị giới hạn cụ thể và các tấm thép kỹ thuật điện được biết bất kỳ có thể được sử dụng một cách thích hợp. Tức là, các tấm thép cán nguội thông thường bất kỳ như là các tấm được gọi là nhiễm từ yếu (các tấm thép kỹ thuật điện) có mật độ dòng từ thông cao và SPCC, các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa Si và/hoặc Al để làm tăng điện trở cụ thể và dạng tương tự là có lợi.

Chất xử lý bề mặt

Chất xử lý bề mặt được sử dụng theo sáng chế chứa trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A), trong đó chất thay thế liên kết với Si được tạo ra chỉ bởi ít nhất là một chất thay thế không phản ứng được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm: hydro, nhóm alkyl và nhóm phenyl; chất kết hợp silan (B); và nước.

Loại trialkoxysilan không bị giới hạn một cách cụ thể. Trialkoxysilan được biểu thị theo công thức tổng quát $R_1Si(OR')_3$, và một hoặc một số trialkoxysilan được biểu thị theo công thức tổng quát có thể được sử dụng. R_1 là chất thay thế không phản ứng được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm hydro, nhóm alkyl và nhóm phenyl. Khi R_1 là nhóm alkyl, thì nhóm alkyl tốt hơn là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 6 nguyên tử cacbon, tốt hơn nữa là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 3 nguyên tử cacbon. R' là nhóm alkyl và nhóm alkyl tốt hơn là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 4 nguyên tử cacbon, tốt hơn nữa là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có 1 hoặc 2 nguyên tử cacbon. Chẳng hạn, methyltrimetoxysilan, ethyltrimetoxysilan, methyltriethoxysilan, ethyltriethoxysilan, phenyltriethoxysilan, phenyltrimetoxysilan, các hydrolysat của chúng và dạng tương tự có thể được sử dụng. Cụ thể là, trialkoxysilan trong đó R_1 là nhóm alkyl là được ưu tiên khi xét đến thực tế là có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và khả năng đột dập tốt hơn mà tấm thép kỹ thuật điện có thể đạt được.

Loại dialkoxysilan không bị giới hạn một cách cụ thể. Dialkoxysilan được biểu thị theo công thức tổng quát $R_2R_3Si(OR'')_2$, và một hoặc một số dialkoxysilan được biểu thị theo công thức tổng quát có thể được sử dụng. Ở đây, R_2 và R_3 là các

chất thay thế không phản ứng, từng chất này được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm hydro, nhóm alkyl và nhóm phenyl, tốt hơn là các nhóm mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 6 nguyên tử cacbon, tốt hơn nữa là các nhóm mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 3 nguyên tử cacbon. R'' là nhóm alkyl và nhóm alkyl, tốt hơn là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 4 nguyên tử cacbon, tốt hơn nữa là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có 1 hoặc 2 nguyên tử cacbon. Chẳng hạn, dimetyldimetoxysilan, dimetyldietoxysilan, diphenyldimetoxysilan, các hydrolysat của chúng và dạng tương tự có thể được sử dụng. Cụ thể là, dialkoxysilan trong đó R2 và R3 là các nhóm alkyl được ưu tiên khi xét đến thực tế có độ bền chống ăn mòn cao tốt hơn và khả năng đột dập tốt hơn của tấm thép kỹ thuật điện có thể đạt được.

Dạng chất kết hợp silan (B) không bị giới hạn một cách cụ thể. Chất kết hợp silan được biểu thị theo công thức tổng quát $\text{XSi}(\text{R}_4)_n(\text{OR})_{3-n}$ (n ở đây nằm trong khoảng từ 0 đến 2) và một hoặc một số chất kết hợp silan được biểu thị theo công thức tổng quát có thể được sử dụng đồng thời. X ít nhất là một nhóm chức hoạt tính được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm nhóm amino chứa hydro hoạt tính, nhóm epoxy, nhóm amercapto và nhóm ametacryloxy. R4 là nhóm alkyl và nhóm alkyl tốt hơn là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 4 nguyên tử cacbon, tốt hơn nữa là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có 1 hoặc 2 nguyên tử cacbon. OR là nhóm thủy phân cụ thể bất kỳ, và R là nhóm alkyl chẳng hạn. Nhóm alkyl tốt hơn là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 4 nguyên tử cacbon, tốt hơn nữa là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có 1 hoặc 2 nguyên tử cacbon. Tiếp theo, R là nhóm axyl (-COR5), chẳng hạn và R5 tốt hơn là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 1 đến 4 nguyên tử cacbon, tốt hơn nữa là nhóm alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có 1 hoặc 2 nguyên tử cacbon. Các ví dụ theo sáng chế của chất kết hợp silan (B) bao gồm N-(aminoetyl)-3-aminopropyltrimetoxysilan, 3-aminopropyltrimetoxysilan, 3-glyxidoxypropyltrimetoxysilan, 3-glyxidoxypropylmetyl-dimetoxysilan, 2-(3,4-epoxyxyclohexyl)-etyltriethoxysilan, vinyl-triethoxysilan, 3-mercaptopropyl trimetoxysilan và các hydrolysat của chúng. Cụ thể là, chất kết hợp silan có nhóm amino hoặc nhóm epoxy là được ưu tiên khi

xét đến thực tế là độ bền chống ăn mòn tốt hơn và khả năng đột dập tốt hơn của tấm thép kỹ thuật điện có thể đạt được.

Chất xử lý bề mặt được sử dụng theo sáng chế khác biệt ở chỗ chứa trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A) thay thế cho tetraalkoxysilan. Như nêu trên, khi chất xử lý bề mặt được phủ lên tấm thép kỹ thuật điện chứa tetraalkoxysilan, thì đặc tính bám dính lớp phủ thích hợp có thể không đạt được và mức tổn hao sắt cao hơn xảy ra sau khi ủ. Như vậy, đặc tính màng phủ thích hợp sau khi ủ có thể không đạt được. Tuy nhiên, khi lớp phủ cách điện được tạo ra bằng cách sử dụng chất xử lý bề mặt chứa trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A); đáng ngạc nhiên là, đặc tính bám dính lớp phủ thích hợp của lớp phủ cách điện vào bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện có thể đạt được và ngoài ra, sự tổn hao sắt sau quá trình ủ khử ứng suất có thể tiếp tục được ngăn chặn.

Giả thiết rằng, độ bền chống ăn mòn và đặc tính bám dính lớp phủ không đạt yêu cầu trên tấm thép kỹ thuật điện xảy ra do chất xử lý bề mặt được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 vì các lý do như sau. Nhận thấy rằng, thành phần axit vanadic được tập trung đặc biệt ở bề mặt phân cách giữa kẽm và lớp phủ, trên tấm thép được phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm. Do đó, giả thiết rằng, kẽm hòa tan là nhờ axit và sau đó sản phẩm hoạt tính được tạo ra trên bề mặt phân cách. Đối với tấm thép kỹ thuật điện, vì màng oxit của Si và/hoặc Al được tạo ra trên bề mặt của tấm thép, nên phản ứng giữa thép và thành phần axit vanadic không xảy ra. Do đó, thành phần axit vanadic dư nằm lại trong lớp phủ sẽ dẫn đến làm cho độ bền chống ăn mòn không đạt yêu cầu. Đối với phương pháp cải thiện độ bền chống ăn mòn của tấm thép kỹ thuật điện, màng oxit như là silic oxit và/hoặc nhôm oxit có thể được loại bỏ bằng cách sử dụng dung dịch hóa học có độ hoạt tính được tăng lên. Tuy nhiên, phương pháp này sẽ gây gì do sự loại bỏ không đồng đều màng oxit và/hoặc sự hòa tan sắt dư dưới màng oxit. Kết quả là các nghiên cứu khác nhau nhằm giải quyết vấn đề nêu trên, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng, độ bền chống ăn mòn đạt yêu cầu có thể đạt được bằng cách tạo lớp phủ cách điện bằng cách sử dụng chất xử lý bề mặt theo sáng chế với màng oxit nằm lại trên bề mặt của tấm thép.

Đặc điểm khác của chất xử lý bề mặt được sử dụng theo sáng chế là đặc điểm mà tỷ lệ khối lượng (A/B) của trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A) với chất kết

hợp silan (B) là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0. Khi tỷ lệ khối lượng này là hơn 1,0, thì lượng chất kết hợp silan (B) là không đạt yêu cầu, như vậy độ bền cần thiết của lớp phủ cách điện có thể không đạt được. Do đó, khả năng đột dập cần thiết có thể không đạt được và ngoài ra độ bền chịu kéo của lớp lót bị suy giảm một cách dễ dàng và bị suy giảm và/hoặc quá trình bóc lớp phủ do xử lý sẽ xảy ra. Như vậy, sáng chế có thể cải thiện một cách đáng kể khả năng đột dập và độ bền chịu kéo của lớp lót do không chỉ sử dụng trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A) mà còn là chất kết hợp silan (B) làm thành phần chính. Khi tỷ lệ khối lượng là nhỏ hơn 0,05, thì khả năng hàn TIG bị giảm. Vì vậy, tỷ lệ khối lượng (A/B) được xác định là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0 và tốt hơn là tỷ lệ khối lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,5.

Chất xử lý bề mặt được sử dụng theo sáng chế có thể chứa silic oxit dạng tấm (C). Silic oxit dạng tấm này còn được gọi là silic oxit dạng lá hoặc silic oxit dạng vảy có cấu trúc silicat dạng lớp, trong đó số các lớp mỏng SiO_2 được xếp chồng. Silic oxit dạng tấm này tốt hơn là dạng vô định hình hoặc dạng vi tinh thể. Silic oxit dạng tấm có thể thu được bằng cách tạo các hạt kết tụ của các hạt sơ cấp được xếp chồng của các lớp mỏng và nghiền các hạt kết tụ này. Silic oxit dạng tấm có thể ngăn chặn sự thấm thấu các chất ăn mòn do dạng tạo lớp; sự đáp ứng hơn nữa về khả năng bám dính do sự hiện diện một số nhóm hydroxyl; và là đáp ứng về khả năng trượt nhờ độ mềm dẻo so với các hạt silic oxit thông thường, chẳng hạn, silic oxit dạng keo và dạng tương tự. Thông thường, các thành phần vô cơ như là silic oxit dạng keo làm ảnh hưởng có hại đối với khả năng đột dập. Trong khi đó, silic oxit dạng tấm được nhận thấy là khó làm ảnh hưởng xấu đối với khả năng đột dập. Đặc tính này được tính đến vì silic oxit dạng tấm được tạo ra từ các lớp mỏng SiO_2 trượt một cách dễ dàng giữa các lớp và dễ bị biến dạng trong quá trình đột dập. Tiếp theo, lượng các thành phần vô cơ trong chất xử lý bề mặt được tăng lên để hạ thấp tỷ lệ các thành phần bị bay hơi trong quá trình hàn TIG. Hơn nữa, đặc tính bám dính lớp phủ được cải thiện, sao cho lớp phủ được tạo ra làm đồng đều bề mặt tấm thép tạo ra các khe hở ở giữa các tấm. Do đó, các khe hở để bay hơi khí được đảm bảo. Như vậy, khả năng hàn dạng TIG có thể được cải thiện. Hơn nữa, khi chất xử lý bề mặt chứa silic oxit dạng tấm được sử dụng, thì chất xử lý bề mặt này có thể được phủ một cách

đồng đều lên các phần nhấp nhô của bề mặt tấm thép, vì chất xử lý bề mặt nằm đồng đều trên các phần nhô trên bề mặt tấm thép thường giống như được phủ với ít chất phủ hơn. Như vậy, độ dày của lớp phủ cách điện sau khi ủ có thể được đồng đều; độ bền chống ăn mòn không bị suy giảm mặc dù có bị suy giảm và tổn hao các thành phần hữu cơ do ủ; và nguy cơ tổn hao sắt sau khi ủ do sự hư hỏng cách điện giữa các tấm thép kỹ thuật điện có thể được loại bỏ.

Cỡ hạt trung bình của silic oxit dạng tấm (C) tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,08 μm đến 0,9 μm và tỷ lệ cạnh tốt hơn là nằm trong khoảng từ 10 đến 100. Tốt hơn nữa là, cỡ hạt trung bình là xấp xỉ từ 0,1 μm đến 0,5 μm và tỷ lệ cạnh là khoảng từ 20 đến 90. Trường hợp mà trong đó cỡ hạt của silic oxit dạng tấm (C) bằng 0,08 μm hoặc lớn hơn và tỷ lệ cạnh là bằng 10 hoặc lớn hơn, thì hình dạng lớp phủ được ảnh hưởng có lợi và lớp phủ được tạo ra một cách đồng đều thích hợp không bị ảnh hưởng bởi đặc tính bám dính và khả năng hàn dạng TIG. Khi cỡ hạt là bằng 0,9 μm hoặc nhỏ hơn và tỷ lệ cạnh bằng 100 hoặc nhỏ hơn, thì trialkoxysilan và/hoặc dialkoxysilan (A) và chất kết hợp silan (B) được đưa một cách thích hợp vào lớp phủ, thu được độ bền chịu kéo đạt yêu cầu của lớp lót. Thuật ngữ "độ bền chịu kéo của lớp lót" ở đây là chỉ độ bền của lớp phủ chống bóc xảy ra khi tấm thép được bọc cao su với lớp lót chịu kéo bằng ni được sử dụng trợ giúp tấm cắt cuộn dây và dạng tương tự.

Silic oxit dạng tấm (C) có cỡ hạt trung bình nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 0,3 μm và tỷ lệ cạnh nằm trong khoảng từ 10 đến 50 có khả năng đột dập đáp ứng là được ưu tiên hơn. Khi cỡ hạt trung bình bằng 0,1 μm hoặc lớn hơn, thì mức nghiền ít hơn silic oxit dạng tấm do quá trình đột dập sẽ xảy ra. Do đó, bột sinh ra ít hơn, sao cho khuôn kim loại không bị bẩn. Như vậy, đạt được khả năng đột dập rất tốt. Cỡ hạt trung bình của silic oxit dạng tấm càng lớn, thì khuôn kim loại càng bị mòn nhiều hơn trong quá trình đột dập. Khi cỡ hạt trung bình bằng 0,3 μm hoặc nhỏ hơn, thì sự bào mòn của khuôn kim loại là không đáng kể, thu được khả năng đột dập rất tốt. Tiếp theo, khi tỷ lệ cạnh nằm trong khoảng từ 10 đến 50, thì silic oxit dạng tấm bị biến dạng một cách dễ dàng trong quá trình đột dập như được nêu trên, thu được khả năng đột dập là đặc biệt tốt. Khi tỷ lệ cạnh bằng 50 hoặc nhỏ hơn, thì lớp phủ đồng đều làm phẳng độ nhấp nhô của bề mặt tấm thép có thể được tạo ra một cách

hơn; như vậy, tấm thép thu được có khả năng chống ăn mòn rất tốt và mức tổn hao sắt thấp sau khi ủ thuận lợi.

Thuật ngữ "cỡ hạt trung bình" của silic oxit dạng tấm ở đây là chỉ độ dài trung bình của trục chính trên mặt phẳng vuông góc với chiều dày một số hạt silic oxit dạng tấm trong trường quan sát bằng SEM (SEM - Scanning Electronmicroscope – kính hiển vi điện tử quét).

Thuật ngữ "tỷ lệ cạnh" của silic oxit dạng tấm ở đây là chỉ tỷ lệ trung bình của trục chính trên mặt phẳng vuông góc với chiều dày đến chiều dày tối đa của 10 hạt silic oxit dạng tấm trong lĩnh vực quan sát bằng SEM.

Lượng silic oxit dạng tấm (C) tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2% khối lượng đến 30% khối lượng, tính theo tổng lượng chất rắn của chất xử lý bề mặt, tốt hơn nữa là 20% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Khi lượng này bằng 2% khối lượng hoặc lớn hơn, thì tấm thép kỹ thuật điện đáp ứng về đặc tính bám dính và khả năng hàn dạng TIG có thể thu được. Trong khi đó, khi lượng này bằng 30% khối lượng hoặc nhỏ hơn, thì độ bền chống ăn mòn và độ bền chịu kéo của lớp lót không bị suy giảm.

Chất bôi trơn (D) có thể được bổ sung vào chất xử lý bề mặt được sử dụng theo sáng chế, nhờ đó làm cải thiện khả năng đột dập và độ bền chịu kéo của lớp lót. Các ví dụ theo sáng chế của chất bôi trơn (D) có thể bao gồm chất bôi trơn dạng rắn như là sáp polyetylen, sáp polyetylen được oxy hóa, sáp polypropylen được oxy hóa, sáp carnauba, sáp parafin, sáp montan, sáp gạo, sáp Teflon®, disulfua cacbon và graphit. Theo cách khác, nhựa acrylic không chứa ion có thể được sử dụng làm chất bôi trơn (D). Các ví dụ theo sáng chế của nhựa acrylic không chứa ion bao gồm, chẳng hạn, nhựa acrylic được nhũ tương hóa bởi chất nhũ tương hóa không chứa ion có thể được sử dụng. Nhựa acrylic không chứa ion có thể, chẳng hạn, là nhũ tương lỏng thu được bằng cách polyme hóa nhũ tương vinylmonome như là axit acrylic, axit metacrylic, acrylat, metacrylat hoặc styren trong nước có chất hoạt tính bề mặt không chứa ion (tác nhân nhũ tương hóa) chứa polyetylen oxit hoặc polypropylen oxit trong kết cấu. Ít nhất là một chất bôi trơn dạng rắn nêu trên có thể được sử dụng.

Lượng chất bôi trơn (D) được sử dụng theo sáng chế tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,5% khối lượng đến 30% khối lượng, tính theo tổng lượng chất rắn của

chất xử lý bề mặt, tốt hơn nữa là từ 2% khối lượng đến 15% khối lượng. Khi lượng này bằng 0,5% khối lượng hoặc lớn hơn, thì sự cải thiện thích hợp về khả năng đột dập và độ bền chịu kéo của lớp lót có thể đạt được; trong khi đó, lượng này bằng 30% khối lượng hoặc nhỏ hơn sẽ không làm giảm khả năng hàn dạng TIG.

Chất xử lý bề mặt có thể thu được bằng cách trộn các thành phần nêu trên trong nước như là nước được khử ion hoặc nước cất. Tỷ lệ lượng chất rắn trong chất xử lý bề mặt có thể được xác định một cách hợp lý. Tiếp theo, cồn; keton; dung môi hòa tan trong nước trên cơ sở cellosolve; chất hoạt tính bề mặt; chất khử bọt; chất làm phẳng bề mặt; chất điều chỉnh độ pH; chất chống vi khuẩn và tác nhân chống nấm; và chất tương tự có thể được bổ sung vào chất xử lý bề mặt khi cần thiết. Ngoài ra, các nguyên liệu này làm cải thiện các đặc tính sấy, hình dạng bên ngoài của lớp phủ, khả năng chịu gia công và khả năng tạo mẫu của chất xử lý bề mặt. Tuy nhiên, quan trọng là các chất phụ gia này được bổ sung với mức độ sao cho sự bổ sung này không làm ảnh hưởng có hại các chất lượng đạt được theo sáng chế. Lượng tối đa các chất phụ gia này được bổ sung vào là nhỏ hơn 5% khối lượng, tính theo tổng lượng chất rắn của chất xử lý bề mặt.

Như nêu trên, chất xử lý bề mặt được phủ lên bề mặt tấm thép kỹ thuật điện và được sấy khô bằng cách nung nóng để tạo ra lớp phủ cách điện theo sáng chế. Các ví dụ theo sáng chế của phương pháp phủ chất xử lý bề mặt lên tấm thép kỹ thuật điện bao gồm quá trình phủ cán, phủ kiểu thanh, phủ nhúng, phủ phun và dạng tương tự. Phương pháp thích hợp có thể được lựa chọn phụ thuộc vào hình dạng hoặc dạng tương tự của tấm thép kỹ thuật điện cần phải xử lý. Cụ thể hơn nữa, chẳng hạn, khi tấm thép kỹ thuật điện là ở dạng tấm, thì quá trình phủ cán, phủ kiểu thanh hoặc phủ phun có thể được lựa chọn. Phủ phun là phương pháp mà trong đó chất xử lý bề mặt được phun lên tấm thép kỹ thuật điện và sau đó lượng chất phủ có thể được điều chỉnh bằng cách cán ép hoặc thổi khí ở áp suất cao. Trường hợp mà trong đó tấm thép kỹ thuật điện đã được tạo hình dạng thành sản phẩm, thì phương pháp có thể được sử dụng trong đó sản phẩm được nhúng vào chất xử lý bề mặt, lấy ra khỏi tác nhân này và trong một số trường hợp lượng chất phủ được điều chỉnh bằng cách thổi bay lượng dư chất xử lý bề mặt bằng không khí nén.

Nhiệt độ nung nóng (nhiệt độ điểm cuối tối đa của tấm thép) để sấy bằng cách làm nóng chất xử lý bề mặt được phủ lên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện thường nằm trong khoảng từ 80°C đến 350°C , tốt hơn là nằm trong khoảng từ 100°C đến 300°C . Khi nhiệt độ nung nóng là bằng hoặc lớn hơn 80°C , thì không có độ ẩm đóng vai trò làm dung môi chính nằm lại trong lớp phủ. Khi nhiệt độ nung nóng là bằng hoặc thấp hơn 350°C , thì sự phát sinh các vết nứt trong lớp phủ có thể được ngăn chặn. Do đó, các vấn đề như là làm suy giảm độ bền chống ăn mòn của tấm thép kỹ thuật điện có thể được ngăn chặn bằng cách nâng nhờ điều chỉnh nhiệt độ nung nóng trong khoảng nêu trên. Thời gian nung nóng có thể được lựa chọn phụ thuộc vào loại hoặc dạng tương tự của tấm thép kỹ thuật điện được sử dụng. Thời gian nung nóng được xác định tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1 đến 60 giây, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 1 đến 30 giây, về mặt năng suất hoặc dạng tương tự.

Ứng suất trên tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện do quá trình đột dập có thể được loại bỏ, chẳng hạn, bằng cách cho tấm thép trải qua quá trình ủ khử ứng suất. Đối với môi trường ủ khử ứng suất được ưu tiên, môi trường khí oxy hóa sắt như là môi trường N_2 hoặc môi trường khí DX được sử dụng. Ở đây, độ bền chống ăn mòn có thể tiếp tục được cải thiện bằng cách xác định điểm sương cao, chẳng hạn, Dp: nằm trong khoảng từ 5°C đến 60°C để làm oxy hóa chút ít bề mặt và các bề mặt đầu được cắt. Đồng thời, tốt hơn là quá trình ủ khử ứng suất ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 900°C , tốt hơn nữa là từ 700°C đến 800°C . Tốt hơn là thời gian duy trì quá trình ủ khử ứng suất ở nhiệt độ cao kéo dài và chẳng hạn không thấp hơn hai giờ.

Lượng lớp phủ bám dính lên tấm thép kỹ thuật điện không bị giới hạn cụ thể, mà tốt hơn là nằm trong khoảng từ $0,05 \text{ g/m}^2$ đến 5 g/m^2 trên một mặt. Lượng chất phủ hoặc hoặc tổng lượng khối lượng chất rắn của lớp phủ cách điện theo sáng chế có thể được xác định từ mức giảm trọng lượng sau khi việc loại bỏ lớp phủ qua sự hòa tan với chất kiểm. Nếu lượng chất phủ là nhỏ, thì có thể được xác định từ đường cong hiệu chỉnh thu được bởi sự phân tích tia X huỳnh quang bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm tiêu chuẩn chứa lượng chất phủ định trước nhờ sự hòa tan chất kiểm. Khi lượng chất phủ bằng $0,05 \text{ g/m}^2$ hoặc lớn hơn, thì đặc tính cách điện có thể được đáp ứng cũng như độ bền chống ăn mòn. Trong khi đó, khi lượng chất phủ là

bằng 5 g/m² hoặc nhỏ hơn, thì không chỉ đặc tính bám dính lớp phủ được cải thiện mà cả việc tạo vết rỗ cũng không xảy ra trong quá trình nung lớp phủ và cũng không có sự suy giảm khả năng phủ. Tốt hơn nữa là, lượng lớp phủ nằm trong khoảng từ 0,1 g/m² đến 3,0 g/m². Mặc dù được ưu tiên tạo các lớp phủ cách điện trên cả hai bề mặt của tấm thép, nhưng lớp phủ có thể được tạo ra chỉ trên một bề mặt và một dạng lớp phủ cách điện khác có thể được tạo ra trên bề mặt kia phụ thuộc vào mục đích được đặt ra đối với tấm thép.

Sáng chế sẽ được mô tả dưới đây một cách chi tiết hơn bằng cách sử dụng các ví dụ; tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn bởi các ví dụ này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

(1) Nguyên liệu

Các tấm thép kỹ thuật điện [A230 (JIS C 2552(2000))] có chiều dày tấm là 0,5mm được sử dụng làm các mẫu thử nghiệm.

(2) Chất xử lý bề mặt

Các thành phần của các sản phẩm tương ứng (các tỷ lệ khối lượng) được thể hiện trong Bảng 1 được trộn trong nước để thu được các chất xử lý bề mặt tương ứng.

(3) Phương pháp xử lý

Sau khi tiến hành quá trình ủ để đạt được chất lượng thép mong muốn bằng cách sử dụng dây chuyền ủ liên tục, từng chất xử lý bề mặt được sử dụng trong quá trình phủ cán trong giai đoạn, mà ở đó từng tấm thép được làm nguội và quá trình sấy được tiến hành bằng cách sử dụng lò sao cho nhiệt độ điểm cuối tối đa của tấm thép là 140°C, nhờ đó tạo thành các lớp phủ cách điện với lượng chất phủ là 600mg/m² trên cả hai mặt của từng tấm thép. Đối với điều kiện phủ cán, hệ thống thiết bị phủ 3 con lăn nghịch đảo toàn phần được sử dụng. Nhiệt độ sấy tương ứng với nhiệt độ tương ứng với nhiệt độ điểm cuối của bề mặt từng tấm thử nghiệm.

Tiếp theo, các thành phần được sử dụng trong Bảng 1 sẽ được mô tả.

Trialkoxysilan/Dialkoxysilan/Tetraalkoxysilan

A1: Metyltrimetoxysilan

A2: Metyltriethoxysilan

- A3: Dimetyldimetoxyasilan
- A4: Phenyltrimetoxyasilan
- A5: Tetrametoxyasilan (Ví dụ so sánh)
- A6: Tetraetoxyasilan (Ví dụ so sánh)

Chất kết hợp silan

- B1: 3-Glyxiđoxypropyltrimetoxyasilan
- B2: N-(2-aminoetyl)-3-aminopropyltrimetoxyasilan
- B3: 3-Metacryloxypropylmetyldimetoxyasilan
- B4: 3-Mercaptopropyltrimetoxyasilan

Silic oxit dạng tấm

- C1: Cỡ hạt trung bình: 0,2 μm , Tỷ lệ cạnh: 20
- C2: Cỡ hạt trung bình: 0,1 μm , Tỷ lệ cạnh: 10
- C3: Cỡ hạt trung bình: 0,5 μm , Tỷ lệ cạnh: 50
- C4: Cỡ hạt trung bình: 1,0 μm , Tỷ lệ cạnh: 50
- C5: Cỡ hạt trung bình: 0,08 μm , Tỷ lệ cạnh: 10
- C6: Cỡ hạt trung bình: 0,1 μm , Tỷ lệ cạnh: 20
- C7: Cỡ hạt trung bình: 0,15 μm , Tỷ lệ cạnh: 20
- C8: Cỡ hạt trung bình: 0,3 μm , Tỷ lệ cạnh: 30
- C9: Cỡ hạt trung bình: 0,3 μm , Tỷ lệ cạnh: 50
- C10: Cỡ hạt trung bình: 0,3 μm , Tỷ lệ cạnh: 80
- C11: Cỡ hạt trung bình: 0,5 μm , Tỷ lệ cạnh: 30

Chất bôi trơn

- D1: Sáp polyetylen (CHEMIPEARL®900)
- D2: Axit copolyme styren-etylmetacrylat-n-butylacrylat-acrylic

Phương pháp đánh giá

(1) Đặc tính bám dính lớp phủ

Các tấm thép với băng dính xelophan đã dính được uốn cong một góc 180 độ bằng cách sử dụng thanh tròn có đường kính là 5mm sao cho các bề mặt thử nghiệm ép xuống và sau đó băng dính xelophan được bóc ra để xác định lượng lớp phủ bị

bóc nhờ phương pháp phân tích huỳnh quang tia X. Các cường độ huỳnh quang tia X của Si trong lớp phủ trước khi bị uốn một góc 180 độ và trong băng dính xelophan được bóc ra được xác định, tỷ lệ cường độ Si trong từng băng dính xelophan trên cường độ Si trong từng lớp phủ trước khi được uốn một góc 180 độ được đánh giá.

(Các tiêu chuẩn đánh giá)

- ++ : Không bị bóc ra (chưa bị loại bỏ)
- + : Cao hơn 0% và thấp hơn hoặc bằng 10%
- : Cao hơn 10% và thấp hơn hoặc bằng 20%
- : Cao hơn 20%

(2) Khả năng đột dập

Các mẫu thử nghiệm mà từng mẫu này được cho trải qua quá trình đột dập bằng cách sử dụng khối lập phương 15mmΦ, được lặp đi lặp lại cho đến khi chiều cao bavia đạt đến 50 μm và khả năng đột dập được đánh giá với số lần đột dập (lần đột dập).

(Các tiêu chuẩn đánh giá)

- ++ : Bằng hoặc nhiều hơn 1200000 lần
- + : 1000000 lần hoặc nhiều hơn và ít hơn 1200000 lần
- +’ : 700000 lần hoặc nhiều hơn và ít hơn 1000000 lần
- : 300000 lần hoặc nhiều hơn và ít hơn 700000 lần
- : Ít hơn 300000 lần

(3) Xác định mức tổn hao sắt sau quá trình ủ khử ứng suất

Năm mẫu thử nghiệm được đột dập thành sản phẩm có kích thước 50mm x 300mm được sắp xếp. Các phần giữa có kích thước 50mm x 50mm trong các mẫu thử nghiệm được kẹp chặt với lực ép là 9,8MPa (100 Kgf/cm²) bằng bu lông. Các mẫu thử nghiệm được duy trì ở trạng thái này trong môi trường N₂ với nhiệt độ là 750⁰C trong 2 giờ và sau đó được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng. Mức tổn hao sắt (W15/50) ở thời điểm này và mức tổn hao sắt của 5 tấm thép khi được tháo ra và sau đó lại được xếp chồng được xác định và mức tổn hao sắt sau quá trình ủ khử ứng suất được đánh giá với độ chênh lệch (giữa mức tổn hao sắt sau khi ủ và mức tổn hao sắt sau khi tháo ra và xếp lại).

(Các tiêu chuẩn đánh giá)

Độ chênh lệch mức tổn hao sắt

- ++ : Bằng hoặc thấp hơn 0,5 W/Kg
- + : Cao hơn 0,5 W/Kg và bằng hoặc thấp hơn 1,2 W/Kg
- : Cao hơn 1,2 W/Kg và thấp hơn 2,0 W/Kg
- : Bằng hoặc cao hơn 2,0 W/Kg

(4) Khả năng hàn dạng TIG

Các mẫu thử nghiệm được sắp xếp trong điều kiện áp suất là 9,8MPa (100 kgf/cm²) để có độ dày là 30mm và các phần mặt đầu của nó (chiều dài là 30mm) được cho trải qua quá trình hàn TIG trong các điều kiện như sau:

- Dòng điện hàn: 120A
- Tốc độ dòng khí Ar: 6 lít/phút
- Tốc độ hàn: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 cm/phút

(Các tiêu chuẩn đánh giá)

Các giá trị tương đối được đánh giá theo tốc độ hàn đáp ứng số các lỗ thổi không nhiều hơn 5 trên một mối hàn.

- ++ : Bằng hoặc cao hơn 60 cm/phút
- + : Bằng hoặc cao hơn 40 cm/phút và thấp hơn 60 cm/phút
- : Bằng hoặc cao hơn 20 cm/phút và thấp hơn 40 cm/phút
- : Thấp hơn 20 cm/phút

(5) Độ bền chống ăn mòn

Hai mẫu thử nghiệm được đột dập thành sản phẩm có kích thước là 50mm x 50mm được sắp xếp và 200 g trọng lượng được đặt lên mẫu thử nghiệm. Sau đó, các mẫu thử nghiệm này được cho vào thùng có nhiệt độ và độ ẩm không thay đổi ở nhiệt độ là 50°C và độ ẩm tương đối là 80% trong 2 tuần. Tỷ lệ trung bình của diện tích bị gỉ trên hai bề mặt của các mẫu thử nghiệm được sắp xếp được xác định theo sự quan sát bằng mắt thường.

(Các tiêu chuẩn đánh giá)

- ++ : 0%
- + : Cao hơn 0% và thấp hơn 2%

- : Bằng hoặc cao hơn 2% và thấp hơn 5%
- - : Bằng hoặc cao hơn 5%

(6) Độ bền chịu kéo của lớp lót

Các bề mặt của các lớp phủ cách điện được bọc cao su phía sau và phía trước 100 lần với tải trọng là 24,5 N (2,5 kgf) được tác dụng bằng cách sử dụng lớp lót chịu kéo, được sản xuất bởi Taihei Rika Kogyo Co., Ltd., có diện tích là 10mm x 10mm. Lượng chất phủ của từng phần được bọc cao su và phần lân cận của chúng được xác định để tính toán tỷ lệ dư của từng lớp phủ cách điện sau 100 lần bọc cao su. Lượng chất phủ được xác định từ đường cong hiệu chỉnh thu được theo sự phân tích huỳnh quang tia X của Si bằng cách sử dụng tám mẫu thử nghiệm tiêu chuẩn có lượng chất phủ đã biết.

(Các tiêu chuẩn đánh giá)

- ++ : Bằng hoặc cao hơn 90%
- + : Bằng hoặc cao hơn 80% và thấp hơn 90%
- : Bằng hoặc cao hơn 60% và thấp hơn 80%
- - : Thấp hơn 60%

Các kết quả của các đánh giá nêu trên đối với các tấm thép kỹ thuật điện có các lớp phủ cách điện thu được bằng cách sử dụng các chất xử lý bề mặt được mô tả trong các ví dụ theo sáng chế và các ví dụ so sánh được thể hiện trong Bảng 1.

[Bảng 1-1] Các ví dụ từ số 1 đến số 40 (không có các chú thích phía dưới)

Tiêu chuẩn thử nghiệm		Chất xử lý bề mặt						Các đặc tính						
		A	B	C	D	A/B	C	D	Đặc tính bám dính lớp phủ	Khả năng đột dập	Mức tổn hao sắt	Hàn kiểu TIG	Độ bền chống ăn mòn	Độ bền chịu kéo của lớp lót
Ví dụ so sánh	1	A1	B1	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	2	A1	B1	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	3	A1	B1	-	-	0,11	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	4	A1	B1	-	-	0,43	-	-	++	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	5	A1	B1	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh	6	A1	B1	-	-	1,50	-	-	+	-	+	++	+	-
Ví dụ so sánh	7	A1	B1	-	-	2,00	-	-	-	--	+	++	+	-
Ví dụ so sánh	8	A1	B2	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	9	A1	B2	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	10	A1	B2	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	11	A1	B2	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh	12	A1	B2	-	-	1,50	-	-	+	-	+	++	+	-
Ví dụ so sánh	13	A1	B3	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	14	A1	B3	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	15	A1	B3	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	16	A1	B3	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh	17	A1	B3	-	-	1,50	-	-	+	-	+	++	+	-
Ví dụ so sánh	18	A1	B4	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	19	A1	B4	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	20	A1	B4	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	21	A1	B4	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh	22	A1	B4	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh	23	A2	B1	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	24	A2	B1	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	25	A2	B1	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	26	A2	B1	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh	27	A2	B1	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh	28	A2	B2	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	29	A2	B2	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	30	A2	B2	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	31	A2	B2	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh	32	A2	B2	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh	33	A2	B3	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	34	A2	B3	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	35	A2	B3	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	36	A2	B3	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh	37	A2	B3	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh	38	A2	B4	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế	39	A2	B4	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế	40	A2	B4	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+

[Bảng 1-2] Các ví dụ từ số 41 đến số 80 (không có các chú thích phía dưới)

Tiêu chuẩn thử nghiệm		Chất xử lý bề mặt					Các đặc tính							
		A	B	C	D	A/B	C	D	Đặc tính bám dính lớp phủ	Khả năng đột dập	Mức tổn hao sắt	Hàn kiểu TIG	Độ bền chống ăn mòn	Độ bền chịu kéo của lớp lót
		Loại	Loại	Loại	Loại	Tỷ lệ khối lượng	Khối lượng (%)	Khối lượng (%)						
	Ví dụ theo sáng chế	41	A2	B4	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	42	A2	B4	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	43	A3	B1	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	44	A3	B1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	45	A3	B1	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	46	A3	B1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	47	A3	B1	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	48	A3	B2	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	49	A3	B2	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	50	A3	B2	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	51	A3	B2	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	52	A3	B2	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	53	A3	B3	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	54	A3	B3	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	55	A3	B3	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	56	A3	B3	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	57	A3	B3	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	58	A3	B4	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	59	A3	B4	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	60	A3	B4	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	61	A3	B4	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	62	A3	B4	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	63	A4	B1	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	64	A4	B1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	65	A4	B1	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	66	A4	B1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	67	A4	B1	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	68	A4	B2	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	69	A4	B2	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	70	A4	B2	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	71	A4	B2	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	72	A4	B2	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	73	A4	B3	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	74	A4	B3	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	75	A4	B3	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	76	A4	B3	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ so sánh	77	A4	B3	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-
	Ví dụ so sánh	78	A4	B4	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	79	A4	B4	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Ví dụ theo sáng chế	80	A4	B4	-	-	-	-	+	++	+	+	+	+

[Bảng 1-3] Các ví dụ từ số 81 đến số 120 (có các chú thích phía dưới)

Tiêu chuẩn thử nghiệm		Chất xử lý bề mặt						Các đặc tính					Độ bền chịu kéo của lớp lót		
		A	B	C	D	A/B	C		Đặc tính bám dính lớp phủ	Khả năng đột dập	Mức tổn hao sắt	Hàn kiểu TIG		Độ bền chống ăn mòn	
							Khối lượng (%)	D							
Ví dụ theo sáng chế		81	A4	B4	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		82	A4	B4	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh		83	A5	B1	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		84	A5	B2	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		85	A5	B3	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		86	A5	B4	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		87	A6	B1	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		88	A6	B2	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		89	A6	B3	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		90	A6	B4	-	-	0,30	-	-	-	-	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		91	A1+A2	B1	-	-	0,03	-	-	+	+	-	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		92	A1+A2	B1	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		93	A1+A2	B1	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		94	A1+A2	B1	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		95	A1+A2	B1	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh		96	A1+A3	B1	-	-	0,03	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		97	A1+A3	B1	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		98	A1+A3	B1	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		99	A1+A3	B1	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		100	A1+A3	B1	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh		101	A1+A4	B1	-	-	0,03	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		102	A1+A4	B1	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		103	A1+A4	B1	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		104	A1+A4	B1	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		105	A1+A4	B1	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh		106	A1	B1+B2	-	-	0,03	-	-	+	+	-	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		107	A1	B1+B2	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		108	A1	B1+B2	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		109	A1	B1+B2	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		110	A1	B1+B2	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh		111	A1	B1+B3	-	-	0,03	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		112	A1	B1+B3	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		113	A1	B1+B3	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		114	A1	B1+B3	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		115	A1	B1+B3	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-
Ví dụ so sánh		116	A1	B1+B4	-	-	0,03	-	-	+	+	+	-	+	+
Ví dụ theo sáng chế		117	A1	B1+B4	-	-	0,05	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		118	A1	B1+B4	-	-	0,30	-	-	+	++	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế		119	A1	B1+B4	-	-	1,00	-	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ so sánh		120	A1	B1+B4	-	-	1,50	-	-	+	-	+	+	+	-

*Tỷ lệ giữa hai thành phần khi được sử dụng trong A hoặc B là 1:1

[Bảng 1-4] Các ví dụ từ số 121 đến số 158 (có các chú thích phía dưới)

Tiêu chuẩn thử nghiệm			Chất xử lý bề mặt					Các đặc tính							
			A	B	C	D	A/B	C	D	Đặc tính bám dính lớp phủ	Khả năng đột dập	Mức tổn hao sắt	Hàn kiểu TIG	Độ bền chống ăn mòn	Độ bền chịu kéo của lớp lót
			Loại	Loại	Loại	Loại	Tỷ lệ khối lượng	Khối lượng (%)	Khối lượng (%)						
Ví dụ theo sáng chế 121			A1	B1	C1	-	0,25	1,0	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế 122			A1	B1	C1	-	0,25	2,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 123			A1	B1	C1	-	0,25	5,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 124			A1	B1	C1	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 125			A1	B1	C1	-	0,25	20,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 126			A1	B1	C1	-	0,25	30,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 127			A1	B1	C1	-	0,25	35,0	-	+	+	++	++	+	+
Ví dụ theo sáng chế 128			A1	B1	C2	-	0,25	1,0	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế 129			A1	B1	C2	-	0,25	2,0	-	+	+	+	+	++	++
Ví dụ theo sáng chế 130			A1	B1	C2	-	0,25	5,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 131			A1	B1	C2	-	0,25	20,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 132			A1	B1	C3	-	0,25	1,0	-	+	+	+	+	+	+
Ví dụ theo sáng chế 133			A1	B1	C3	-	0,25	2,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 134			A1	B1	C3	-	0,25	5,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 135			A1	B1	C3	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 136			A1	B1	C3	-	0,25	20,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 137			A1	B1	C4	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 138			A1	B1	C5	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 139			A1	B1	C6	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 140			A1	B1	C7	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 141			A1	B1	C8	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 142			A1	B1	C9	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 143			A1	B1	C10	-	0,25	10,0	-	+	+	+	+	++	++
Ví dụ theo sáng chế 144			A1	B1	C11	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 145			A2	B1	C1	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 146			A1	B2	C1	-	0,25	10,0	-	+	+	++	++	++	++
Ví dụ so sánh			A1	B1	C1	-	2,00	10,0	-	-	++	++	++	-	-
Ví dụ theo sáng chế 148			A1	B1	C1	D1	0,25	10,0	1,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 149			A1	B1	C1	D1	0,25	10,0	2,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 150			A1	B1	C1	D1	0,25	10,0	5,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 151			A1	B1	C1	D1	0,25	10,0	10,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 152			A1	B1	C1	D2	0,25	10,0	1,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 153			A1	B1	C1	D2	0,25	10,0	5,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 154			A1	B1	C1	D2	0,25	10,0	10,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 155			A1	B1	C1	D2	0,25	10,0	20,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 156			A1	B1	C1	D2	0,25	10,0	30,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 157			A2	B1+B2	C2	D1	0,30	20,0	10,0	+	+	++	++	++	++
Ví dụ theo sáng chế 158			A3	B1+B2	C2	D2	0,30	20,0	10,0	+	+	++	++	++	++

*Tỷ lệ giữa hai thành phần khi được sử dụng trong A hoặc B là 1:1

Từ các kết quả của các ví dụ theo sáng chế, các tấm thép kỹ thuật điện có các lớp phủ cách điện theo sáng chế được nhận thấy là đáp ứng về tất cả các đặc tính sau đây: khả năng đột dập, đặc tính bám dính lớp phủ, đặc tính màng phủ sau khi ủ (mức tổn hao sắt), khả năng hàn dạng TIG, độ bền chống ăn mòn và độ bền chịu kéo của lớp lót, như được thể hiện trong Bảng 1.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Sáng chế có thể đề xuất tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện, là tấm thép đáp ứng về khả năng đột dập, đặc tính bám dính lớp phủ và đặc tính màng phủ sau khi ủ là đặc tính duy nhất của các tấm thép kỹ thuật điện, mà không cần chứa thành phần crom bất kỳ trong lớp phủ cách điện.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện có lớp phủ cách điện được tạo ra bằng cách phủ chất xử lý bề mặt lên ít nhất là một mặt của tấm thép kỹ thuật điện này và sấy khô chất xử lý bề mặt này,

trong đó chất xử lý bề mặt chứa trialcoxysilan và/hoặc dialcoxysilan (A), trong đó chất thay thế liên kết với Si được tạo ra chỉ bởi ít nhất là một chất thay thế không phản ứng được lựa chọn từ nhóm chỉ bao gồm hydro, nhóm alkyl và nhóm phenyl; và chất kết hợp silan (B), với tỷ lệ khối lượng (A/B) nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0; và

silic oxit dạng tấm (C) có cỡ hạt trung bình nằm trong khoảng từ 0,08 μm đến 0,9 μm và tỷ lệ cạnh nằm trong khoảng từ 10 đến 100 và lượng silic oxit dạng tấm là từ 2% khối lượng đến 30% khối lượng, tính theo tổng lượng chất rắn của chất xử lý bề mặt.

2. Tấm thép theo điểm 1, trong đó silic oxit dạng tấm (C) có cỡ hạt trung bình nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 0,3 μm và tỷ lệ cạnh nằm trong khoảng từ 10 đến 50.

3. Tấm thép theo điểm 1 hoặc 2, trong đó chất xử lý bề mặt chứa từ 0,5% khối lượng đến 30% khối lượng chất bôi trơn (D), tính theo tổng lượng chất rắn của chất xử lý bề mặt.