



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

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

(11)



1-0029274

(51)⁷ C22C 38/00; C21C 7/04; C21D 8/12; (13) B
H01F 1/16; C22C 38/06; C22C 38/60;
B21B 3/02

(21) 1-2016-00543

(22) 11/08/2014

(86) PCT/JP2014/071176 11/08/2014

(87) WO 2015/025758 A1 26/02/2015

(30) 2013-170160 20/08/2013 JP

(45) 25/08/2021 401

(43) 25/05/2016 338A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

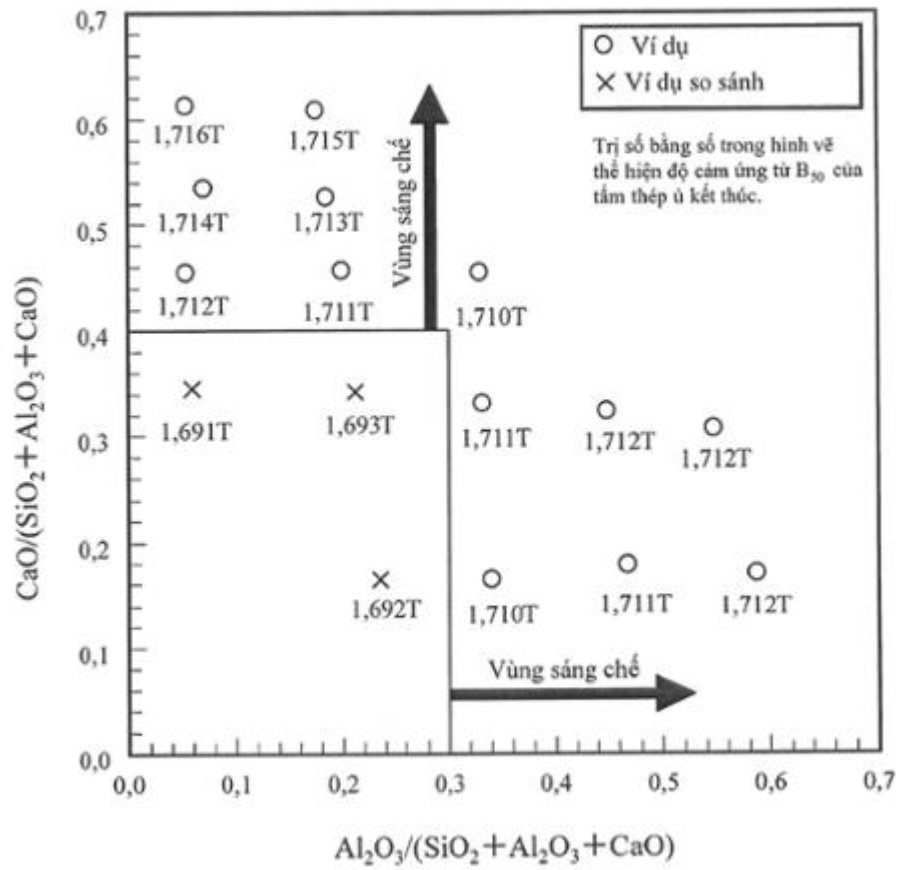
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) NAKANISHI, Tadashi (JP); KOSEKI, Shinji (JP); ODA, Yoshihiko (JP); TODA, Hiroaki (JP).

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

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ TẤM THÉP CÁN NÓNG CỦA NÓ

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và tổn hao sắt thấp không chỉ tại tần số công nghiệp mà còn tại vùng tần số cao, mà có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, Si: lớn hơn 1,5% khối lượng nhưng không lớn hơn 5,0% khối lượng, Mn: không lớn hơn 0,10% khối lượng, Al ngậm nước: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, P: lớn hơn 0,040% khối lượng nhưng không lớn hơn 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, N: không lớn hơn 0,0040% khối lượng và Ca: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được và tỷ lệ hợp phần của CaO trong các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép không nhỏ hơn 0,4 và/hoặc tỷ lệ hợp phần của Al₂O₃ không nhỏ hơn 0,3, và tấm thép cán nóng được sử dụng làm vật liệu thép thô của nó.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được sử dụng làm lõi sắt dùng cho động cơ dẫn động của xe chạy điện và xe lai, động cơ của máy phát điện năng hoặc các động cơ tương tự và có độ cảm ứng từ cao và tổn hao sắt thấp, và tấm thép cán nóng được sử dụng làm vật liệu thô của nó.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, các xe lai và xe chạy điện nhanh chóng được đưa vào sử dụng thực tế. Trong động cơ dẫn động của các xe này hoặc động cơ của máy phát điện năng, có khả năng điều chỉnh nguồn năng lượng dẫn động bằng tần số với ưu điểm của hệ dẫn động, sao cho các động cơ dẫn động với tốc độ biến đổi hoặc quay với tốc độ cao trong vùng tần số cao hơn tần số công nghiệp đang gia tăng để giảm kích cỡ động cơ này. Do đó, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được sử dụng trong lõi sắt của động cơ này có nhu cầu lớn để có độ cảm ứng từ cao và tổn hao sắt thấp tại vùng tần số cao từ quan điểm về hiệu quả cao và năng lượng lớn.

Như phương pháp làm giảm sự tổn hao lõi thép trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thường được sử dụng phương pháp làm giảm sự tổn hao dòng điện xoáy bằng cách làm tăng lượng bổ sung của nguyên tố làm tăng độ bền cụ thể như Si, Al, Mn hoặc các nguyên tố tương tự. Tuy nhiên, phương pháp này có một vấn đề là việc giảm độ cảm ứng từ là không tránh được.

Với mục đích này, đã có một số kỹ thuật để làm tăng độ cảm ứng từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Ví dụ, Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ kỹ thuật mà trong đó độ cảm ứng từ ở vật liệu thép thô bao gồm C: không lớn hơn 0,005% khối lượng, Si: nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1,0% khối lượng và Al ngậm nước: không lớn hơn 0,002% khối lượng được tăng bằng cách bổ sung P nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,200% khối lượng và giảm Mn xuống không lớn hơn 0,20% khối lượng. Tuy nhiên, khi kỹ thuật này được áp dụng sản xuất thực tế, có các vấn đề là khó khăn như tấm bị vỡ và các vấn đề tương tự là tần số được tạo ra trong bước cán hoặc các bước tương tự và bắt buộc dừng dây chuyền sản xuất hoặc giảm năng suất. Vì hàm lượng Si nhỏ nhất là nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1,0% khối lượng, có một vấn đề là sự tổn hao lõi thép, cụ

thể là sự tổn hao lõi thép tại vùng tần số cao là lớn.

Ngoài ra, Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ kỹ thuật mà trong đó độ cảm ứng từ cao đạt được bằng cách điều chỉnh hàm lượng Al không lớn hơn 0,017% khối lượng trong vật liệu thép thô bao gồm Si: nằm trong khoảng từ 1,5 đến 4,0% khối lượng và Mn: nằm trong khoảng từ 0,005 đến 11,5% khối lượng. Tuy nhiên, trong kỹ thuật này, việc cán riêng biệt tại nhiệt độ trong phòng được thông qua như cán nguội, sao cho hiệu quả đủ làm tăng độ cảm ứng từ không thể thu được. Nếu hai hoặc nhiều cán nguội bao gồm việc ủ trung gian được sử dụng làm cán nguội, việc tăng độ cảm ứng từ có thể đạt được, nhưng có một vấn đề là chi phí sản xuất tăng. Nếu cán nguội là cán ấm tại nhiệt độ của tấm khoảng 200°C, có tác dụng làm tăng độ cảm ứng từ, nhưng có một vấn đề mà cần thiết sử dụng thiết bị dùng cho đối tượng này và thực hiện điều chỉnh nó.

Ngoài phương pháp làm giảm hàm lượng Mn hoặc Al hoặc bổ sung P nêu trên, Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ Sb hoặc Sn có thể được bổ sung vào miếng bao gồm theo % trọng lượng C: không lớn hơn 0,02%, Si hoặc Si+Al: không lớn hơn 4,0%, Mn: không lớn hơn 1,0% và P: không lớn hơn 0,2% dùng cho mục đích làm tăng độ cảm ứng từ.

Hơn nữa, Tài liệu sáng chế 4 bộc lộ kỹ thuật mà trong đó tỷ lệ hợp phần của tạp chất dựa trên oxit trong tấm thép cán nóng bao gồm theo % trọng lượng $C \leq 0,008\%$, $Si \leq 4\%$, $Al \leq 2,5\%$, $Mn \leq 1,5\%$, $P \leq 0,2\%$, $S \leq 0,005\%$ và $N \leq 0,003\%$ được điều chỉnh đến $MnO / (SiO_2 + Al_2O_3 + CaO + MnO) \leq 0,35$ do đó giảm lượng tạp chất được kéo dài theo hướng cán và cải thiện sự tăng của hạt tinh thể. Tuy nhiên, kỹ thuật này có một vấn đề là nếu hàm lượng Mn thấp, thì các tính chất từ, cụ thể là đặc tính tổn hao lõi thép sẽ bị hỏng do lượng mưa chứa sunfit như MnS mịn hoặc các nguyên tố tương tự.

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP-B-H06-080169

Tài liệu sáng chế 2: Patent Nhật Bản số 4126479

Tài liệu sáng chế 3: Patent Nhật Bản số 2500033

Tài liệu sáng chế 4: Patent Nhật Bản số 3378934

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Tuy nhiên, theo các kỹ thuật thông thường nêu trên, điều kiện thực tế mà tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và tổn hao sắt thấp tại vùng tần số cao khó có thể sản xuất với chi phí thấp và hiệu suất

cao mà không cần thiết bị mới hoặc kiểm soát quá trình trong vùng mà hàm lượng Si đủ thấp trong việc tổn hao do dòng điện vượt quá 3,0% khối lượng.

Sáng chế được thực hiện đối với các vấn đề nêu trên vốn có kỹ thuật thông thường và tạo ra tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và tổn hao sắt thấp không chỉ tại tần số công nghiệp mà còn tại vùng tần số cao và tấm thép cán nóng được sử dụng làm vật liệu thô của nó.

Giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế tập trung vào các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép dùng để giải quyết các vấn đề nêu trên và thực hiện các nghiên cứu khác nhau. Do đó, đã phát hiện ra rằng để tăng độ cảm ứng từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, có hiệu quả điều chỉnh tỷ lệ hợp phần của tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép cán nóng và tấm sản phẩm so với vùng cụ thể bằng cách làm giảm hàm lượng Mn và Al ngậm nước càng nhiều càng tốt và bổ sung Ca, và nhờ đó sáng chế đã được hoàn thành.

Cụ thể là, sáng chế là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, Si: lớn hơn 1,5% khối lượng nhưng không lớn hơn 5,0% khối lượng, Mn: không lớn hơn 0,10% khối lượng, Al ngậm nước: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, P: lớn hơn 0,040% khối lượng nhưng không lớn hơn 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, N: không lớn hơn 0,0040% khối lượng, Ca: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tỷ lệ hợp phần của CaO trong các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép được xác định bằng phương trình sau (1):

$$\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})\dots\dots (1)$$

không nhỏ hơn 0,4 và/hoặc tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 được xác định bằng phương trình sau (2):

$$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})\dots\dots (2)$$

không nhỏ hơn 0,3.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ bao gồm nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng đối với một hoặc hai nguyên tố được chọn từ Sn và Sb ngoài hợp phần hóa học nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế là tấm thép cán nóng được sử dụng làm vật liệu thô dùng cho tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, Si: lớn hơn 1,5% khối lượng

nhưng không lớn hơn 5,0% khối lượng, Mn: không lớn hơn 0,10% khối lượng, Al ngâm nước: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, P: lớn hơn 0,040% khối lượng nhưng không lớn hơn 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, N: không lớn hơn 0,0040% khối lượng, Ca: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tỷ lệ hợp phần của CaO trong các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép được xác định bằng phương trình sau (1):

$$\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})\dots\dots (1)$$

không nhỏ hơn 0,4 và/hoặc tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 được xác định bằng phương trình sau (2):

$$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})\dots\dots (2)$$

không nhỏ hơn 0,3.

Tấm thép cán nóng theo sáng chế khác biệt ở chỗ bao gồm nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng đối với một hoặc hai nguyên tố được chọn từ Sn và Sb ngoài hợp phần hóa học nêu trên.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của tỷ lệ hợp phần của tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép dựa trên độ cảm ứng từ B_{50} .

Mô tả chi tiết sáng chế

Đầu tiên, các tác giả sáng chế đã được thực hiện thử nghiệm để kiểm tra việc tăng độ cảm ứng từ thông qua sự cải tiến kết cấu bằng cách sử dụng miếng thép của hợp phần hóa học giảm Mn và hàm lượng Al càng nhiều càng tốt và bổ sung P và Sn và/hoặc Sb bằng cách tham chiếu đến kỹ thuật thông thường nêu trên, cụ thể là miếng thép chứa C: 0,0017% khối lượng, Si: 3,3% khối lượng, Mn: 0,03% khối lượng, P: 0,08% khối lượng, S: 0,0020% khối lượng, Al ngâm nước: 0,0009% khối lượng, N: 0,0018% khối lượng và Sn: 0,03% khối lượng.

Tuy nhiên, khi miếng thép nêu trên được nung nóng đến 1100°C và sau khi được cán nóng để chiều dày là 2,0 mm, các hư hỏng như nứt hoặc vỡ do sự giòn được tạo ra trong một phần miếng. Để giải thích lý do vỡ, tấm thép bị gãy được kiểm tra theo cách cán nóng và nhờ đó đã phát hiện ra rằng S được tập trung ở phần gãy. Vì sự tập trung của Mn không được quan sát trong vùng tập trung S, nguyên nhân giòn là được giả định do thực tế là S trong thép tạo ra FeS có nhiệt độ nóng chảy thấp trong khi cán nóng.

Để ngăn chặn sự giòn do sự hình thành của FeS, đủ để giảm S, nhưng không giới hạn đến việc giảm S bởi vì chi phí loại lưu huỳnh được tăng. Ngược lại, có một phương pháp loại bỏ sự giòn bằng S bằng cách bổ sung Mn, nhưng việc bổ sung Mn trở nên bất lợi đối với việc tăng độ cảm ứng từ.

Hiện tại, các tác giả sáng chế đã xem xét rằng khi S được cố định làm CaS và được kết tủa bằng cách bổ sung Ca, có thể sự hình thành đường pha lỏng FeS được ngăn chặn để bỏ sự giòn trong việc cán nóng và được thực hiện thử nghiệm sau.

Khi miếng thép bao gồm C: 0,0017% khối lượng, Si: 3,3% khối lượng, Mn: 0,03% khối lượng, P: 0,09% khối lượng, S: 0,0018% khối lượng, Al ngâm nước: 0,0005% khối lượng, N: 0,0016% khối lượng, Sn: 0,03% khối lượng và Ca: 0,0030% khối lượng được nung nóng lại đến nhiệt độ là 1100°C và được cán nóng đến chiều dày là 2,0 mm, không gây ra nứt hoặc vỡ.

Từ phần mô tả nêu trên, được hiểu rằng việc bổ sung Ca có hiệu quả ngăn chặn nứt hoặc vỡ trong cán nóng.

Sau đó, các tác giả sáng chế đã quan sát đoạn vuông góc với hướng cán (đoạn C) trong tấm được cán nóng được sản xuất bằng cách sử dụng miếng thép của hợp phần hóa học nêu trên như vật liệu thô và tấm sản phẩm (cuối cùng-thép được ủ) với kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope -SEM) để phân tích hợp phần hóa học của các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép và không nghiên cứu mối quan hệ giữa các kết quả phân tích và các tính chất từ của tấm sản phẩm. Do đó, đã phát hiện ra rằng các tính chất từ có thể biến đổi bởi hợp phần của các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép, cụ thể là tỷ lệ hợp phần của CaO và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 .

Để thay đổi hợp phần của các tạp chất dựa trên oxit trong thép nêu trên của hợp phần hóa học nêu trên, các tác giả sáng chế đã nung chảy thép có các lượng Al và Ca bổ sung thay đổi khác nhau được sử dụng làm chất khử oxi hóa, cụ thể là các thép khác nhau có hợp phần hóa học bao gồm C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0030% khối lượng, Si: nằm trong khoảng từ 3,2 đến 3,4% khối lượng, Mn: 0,03% khối lượng, P: 0,09% khối lượng, S: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0030% khối lượng, Al ngâm nước: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,00030% khối lượng, N: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0030% khối lượng, Sn: 0,03% khối lượng và Ca: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0040% khối lượng, mà liên tục lần lượt được đổ vào miếng thép. Hơn

nữa, lý do tại sao mỗi C, Si, S và N có vùng nêu trên là do sự biến đổi của nhiệt độ nóng chảy, mà không như mong muốn.

Tiếp theo, miếng thép được nung nóng lại đến nhiệt độ là 1100°C và được cán nóng để thu được tấm được cán nóng dày 2,0 mm, mà được đưa vào ủ dải nóng tại nhiệt độ nung đều là 1000°C , được ngâm, được cán nguội thu được tấm được cán nguội có chiều dày cuối cùng là 0,35 mm và sau đó được đưa vào ủ kết thúc tại nhiệt độ là 1000°C .

Từ tấm thép thu được này, sau khi ủ kết thúc được cắt thành các mẫu thử nghiệm Epstein lần lượt theo hướng cán (L) và hướng vuông góc với hướng cán (C) và độ cảm ứng từ B_{50} (độ cảm ứng từ tại lực từ hóa là 5000 A/m) do đó được đo theo JIS C2552.

Ngoài ra, đoạn tấm thép được ủ cuối cùng theo hướng vuông góc với hướng cán được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để phân tích hợp phần của các tạp chất dựa trên oxit, từ đó được xác định tỷ lệ hợp phần của CaO được xác định bằng phương trình sau (1):

$$\text{CaO} / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) \dots (1)$$

và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 được xác định bằng phương trình sau (2):

$$\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) \dots (2).$$

Hơn nữa, tỷ lệ hợp phần của mỗi CaO và Al_2O_3 là trị số trung bình lớn hơn hoặc bằng 20 tạp chất dựa trên oxit.

Trên FIG.1 thể hiện mối quan hệ giữa độ cảm ứng từ B_{50} và tỷ lệ hợp phần của CaO và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 trong các tạp chất dựa trên oxit. Như được thấy từ hình vẽ này, độ cảm ứng từ B_{50} là kém khi tỷ lệ hợp phần của CaO hoặc $\text{CaO} / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$ nhỏ hơn 0,4 và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 hoặc $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$ nhỏ hơn 0,3, trong khi độ cảm ứng từ B_{50} là tốt trong tấm thép được ủ cuối cùng có $\text{CaO} / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$ không nhỏ hơn 0,4 và/hoặc $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$ không nhỏ hơn 0,3.

Đối với các tấm được cán nóng dùng cho các tấm thép được ủ cuối cùng xác định độ cảm ứng từ kém B_{50} , đoạn C được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để đo tỷ lệ hợp phần của CaO và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 trong các tạp chất dựa trên oxit, nhưng các kết quả về cơ bản là giống với tấm thép được ủ cuối cùng.

Đối với tấm thép được ủ cuối cùng xác định độ cảm ứng từ kém B_{50} , khi các tạp chất dựa trên oxit tại đoạn theo hướng cán được quan sát bằng kính

hiện vi quang học, chúng có dạng kéo dài theo hướng cán.

Các tác giả sáng chế đã xem xét dưới đây về các kết quả trên đây.

Các tạp chất dựa trên oxit có tỷ lệ hợp phần ($\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$) của CaO nhỏ hơn 0,4 và tỷ lệ hợp phần ($\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$) của Al_2O_3 nhỏ hơn 0,3 có xu hướng kéo dài theo hướng cán trong khi cán nóng bởi vì nhiệt độ nóng chảy là thấp. Các tạp chất được kéo dài theo hướng cán được xem xét để chặn sự gia tăng hạt trong ủ dải nóng và làm giảm kích cỡ hạt tinh thể trước khi cán nguội cuối cùng. Trong quá trình ủ kết thúc, cho rằng các hạt nhân kết tinh lại có hướng $\{111\}$ tác dụng ngược với các tính chất từ được tạo ra từ biên hạt tinh thể có cấu trúc bị biến dạng bởi cán nguội. Tuy nhiên, do kích cỡ hạt trước khi cán nguội cuối cùng được giảm, số hướng $\{111\}$ được tạo ra từ biên hạt được tăng để đẩy mạnh sự gia tăng cấu trúc $\{111\}$, và nhờ đó độ cảm ứng từ B_{50} được xem xét rằng trở nên kém.

Sáng chế được bộc lộ dựa trên hiểu biết mới trên đây.

Lý do giới hạn hợp phần hóa học trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế sẽ được mô tả sau đây.

C: không lớn hơn 0,0050% khối lượng

C là nguyên tố làm tăng sự tổn hao lõi thép. Cụ thể là, khi vượt quá 0,0050% khối lượng, tăng sự tổn hao lõi thép trở nên đáng quan tâm, sao cho hàm lượng bị giới hạn không lớn hơn 0,0050% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,0030% khối lượng. Hơn nữa, giới hạn dưới không bị giới hạn cụ thể bởi vì tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn.

Si: lớn hơn 1,5% khối lượng nhưng không lớn hơn 5,0% khối lượng

Si thường được bổ sung làm chất khử oxi hóa dùng cho thép. Trong tấm thép kỹ thuật điện, nguyên tố có hiệu quả làm tăng điện trở để giảm sự tổn hao lõi thép. Theo sáng chế, Si cụ thể là nguyên tố chính làm tăng điện trở bởi vì nguyên tố khác làm tăng điện trở như Al, Mn hoặc các nguyên tố tương tự không được bổ sung, sao cho được bổ sung rõ ràng với lượng quá 1,5% khối lượng. Tuy nhiên, khi Si vượt quá 5,0% khối lượng, vết nứt được tạo ra trong khi cán nguội để thấp hơn khả năng sản xuất và giảm độ cảm ứng từ, sao cho giới hạn trên là 5,0% khối lượng. Tốt hơn là, nằm trong khoảng từ 3,0 đến 4,5% khối lượng.

Mn: không lớn hơn 0,10% khối lượng

Mn mong muốn trở nên nhỏ hơn để làm tăng độ cảm ứng từ. Ngoài ra,

Mn là nguyên tố có hạt bởi vì khi MnS được tạo ra có S và được kết tủa, không chỉ chuyển động các thành đomen từ được chặn mà còn sự gia tăng hạt được chặn để làm kém các tính chất từ. Từ quan điểm như vậy, Mn bị giới hạn không lớn hơn 0,10% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,08% khối lượng. Hơn nữa, giới hạn dưới không bị giới hạn cụ thể bởi vì tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn.

P: lớn hơn 0,040% khối lượng nhưng không lớn hơn 0,2% khối lượng

P có tác dụng làm tăng độ cảm ứng từ và được bổ sung với lượng vượt quá 0,040% khối lượng theo sáng chế. Tuy nhiên, lượng bổ sung P dư dẫn đến làm giảm khả năng cán, sao cho giới hạn trên là 0,2% khối lượng. Tốt hơn là, nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,1% khối lượng.

S: không lớn hơn 0,0050% khối lượng

S tạo ra chất kết tủa hoặc tạp chất làm kém tính chất từ của sản phẩm, sao cho tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn. Theo sáng chế, Ca được bổ sung để chặn ảnh hưởng xấu của S, sao cho giới hạn trên được chấp nhận đến 0,0050% khối lượng. Ngoài ra, tốt hơn là không lớn hơn 0,0025% khối lượng để không làm kém tính chất từ. Hơn nữa, giới hạn dưới không bị giới hạn cụ thể bởi vì tốt hơn là hàm lượng S trở nên nhỏ hơn.

Al ngậm nước (Al có thể hòa tan trong axit): không lớn hơn 0,0050% khối lượng

Al thường được bổ sung làm chất khử oxy hóa dùng cho thép giống với Si. Ở tấm thép kỹ thuật điện, một thành phần có hiệu quả làm tăng điện trở giảm sự tổn hao lõi thép. Tuy nhiên, Al cũng là nguyên tố chặn sự gia tăng hạt để làm giảm độ cảm ứng từ bằng cách tạo ra và kết tủa nitrit. Theo sáng chế, do đó, Al ngậm nước (Al có thể hòa tan trong axit) được giới hạn không lớn hơn 0,0050% khối lượng để làm tăng độ cảm ứng từ. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,0010% khối lượng. Hơn nữa, giới hạn dưới không bị giới hạn cụ thể bởi vì tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn.

N: không lớn hơn 0,0040% khối lượng

N kém tính chất từ giống với C và bị giới hạn không lớn hơn 0,0040% khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,0030% khối lượng. Hơn nữa, giới hạn dưới không bị giới hạn cụ thể bởi vì tốt hơn là hàm lượng trở nên nhỏ hơn.

Ca: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng

Ca có tác dụng cố định S trong thép để ngăn chặn sự hình thành của

đường pha lỏng FeS nhờ đó cải thiện khả năng cán nóng. Theo sáng chế, việc bổ sung Ca chủ yếu bởi vì hàm lượng Mn nhỏ hơn hàm lượng của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thông thường. Trong thép theo sáng chế có hàm lượng Mn thấp, Ca có tác dụng cố định S và đẩy mạnh sự gia tăng hạt để làm tăng độ cảm ứng từ. Để thu được các tác dụng này, lượng bổ sung không nhỏ hơn 0,001% khối lượng là nhất thiết. Ngược lại, khi được bổ sung với lượng vượt quá 0,01% khối lượng, thì sunfit hoặc oxit của Ca được tăng để chặn sự gia tăng hạt và giảm độ cảm ứng từ, sao cho giới hạn trên là cần là 0,01% khối lượng. Tốt hơn là, nằm trong khoảng từ 0,002 đến 0,004% khối lượng.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, tốt hơn là bổ sung Sn và Sb trong khoảng sau ngoài hợp phần hóa học thiết yếu trên đây.

Sn, Sb: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng

Sn và Sb có tác dụng cải thiện kết cấu nhằm tăng cường các tính chất từ. Để thu được tác dụng này, ngay cả khi chúng được bổ sung một mình hoặc kết hợp, tốt hơn là mỗi trong số chúng không nhỏ hơn 0,01% khối lượng. Ngược lại, khi chúng được bổ sung quá mức, thép trở nên giòn do các khuyết tật trên bề mặt như tấm bị vỡ, rỗ và các khuyết tật tương tự theo cách của quá trình sản xuất, sao cho mỗi trong số chúng tốt hơn là không lớn hơn 0,1% khối lượng trong trường hợp bổ sung một mình hoặc bổ sung hợp phần. Tốt hơn là, mỗi trong số chúng nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,05% khối lượng.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, lượng còn lại mà không phải các thành phần trên đây là Fe và các tạp chất không tránh được. Tuy nhiên, có thể các nguyên tố khác được bao gồm trong phạm vi không làm mất tác dụng sáng chế.

Hợp phần của các tạp chất nằm trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế sẽ được mô tả sau đây.

Để tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế có các tính chất từ ưu việt, nhất thiết là tỷ lệ hợp phần ($\text{CaO} / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$) của CaO không nhỏ hơn 0,4 và tỷ lệ hợp phần ($\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO})$) của Al_2O_3 không nhỏ hơn 0,3 trong các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm sản phẩm (cuối cùng tấm thép được ủ) và tấm thép cán nóng được sử dụng làm vật liệu thô của nó. Khi tỷ lệ hợp phần nằm ngoài vùng nêu trên, thì tạp chất dựa trên oxit được kéo dài bằng cách cán, mà chặn sự gia tăng hạt trong ủ dài nóng

để làm kém tính chất từ. Tốt hơn là, tỷ lệ hợp phần của CaO không nhỏ hơn 0,5 và/hoặc tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 không nhỏ hơn 0,4.

Hơn nữa, mỗi tỷ lệ hợp phần của CaO và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 trong các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép là trị số trung bình được tính từ các trị số thu được khi đo đạc của tấm thép vuông góc với hướng cán được quan sát bằng SEM (kính hiển vi điện tử quét) để phân tích hợp phần hóa học lớn hơn hoặc bằng 20 tạp chất dựa trên oxit.

Tiếp theo, được mô tả phương pháp điều chỉnh hợp phần của các tạp chất nằm trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế đến vùng thích hợp nêu trên.

Để điều chỉnh hợp phần của các tạp chất, cụ thể là tỷ lệ hợp phần của CaO và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 đến vùng thích hợp nêu trên, nhất thiết để hợp lý hóa lượng bổ sung của Si hoặc Al làm chất khử oxi hóa trong bước làm tinh sạch thứ hai, lượng bổ sung của Ca, thời gian khử oxi hóa và v.v..

Cụ thể là, lượng bổ sung Al_2O_3 làm chất khử oxi hóa được tăng để tăng cường tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 . Tuy nhiên, như lượng bổ sung Al được tăng, Al ngâm nước cũng được tăng, sao cho lượng bổ sung Al được tăng đến vùng này mà Al ngâm nước không lớn hơn 0,0050% khối lượng. Ngược lại, để tăng cường tỷ lệ hợp phần của nguồn CaO, Ca như CaSi hoặc các nguồn tương tự được bổ sung. Do đó, tỷ lệ hợp phần của tạp chất dựa trên oxit có trong thép có thể được điều chỉnh đến vùng nêu trên. Hơn nữa, Al là nitrit tạo ra nguyên tố và Ca là sunfit tạo ra nguyên tố, sao cho cũng quan trọng là lượng bổ sung của Al làm chất khử oxi hóa và nguồn Ca được điều chỉnh để đạt đến các tỷ lệ hợp phần trên đây của CaO và Al_2O_3 tương ứng với hàm lượng N và S.

Được mô tả phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế dưới đây.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế có thể được sản xuất ở các nhà máy sản xuất được áp dụng các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thông thường và bằng quá trình sản xuất thông thường. Theo phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, thép được nung chảy trong lò chuyển, lò điện hoặc các lò tương tự được điều chỉnh đầu tiên để hợp phần hóa học được tạo ra bằng cách làm tinh sạch thứ hai bằng thiết bị khử khí hoặc các thiết bị tương tự và sau đó được tạo hình dạng thành vật liệu thép thô (miếng) bằng phương pháp đúc liên tục hoặc

phương pháp làm nở phôi.

Theo phương pháp sản xuất của sáng chế, quan trọng nhất là điều chỉnh hợp phần của các tạp chất dựa trên oxit có trong thép đến vùng thích hợp như được nêu trên. Cụ thể là, nhất thiết điều chỉnh tỷ lệ hợp phần $(\text{CaO} / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}))$ của CaO không nhỏ hơn 0,4 và/hoặc tỷ lệ hợp phần $(\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}))$ của Al_2O_3 không nhỏ hơn 0,3. Phương pháp này được nêu trên.

Sau đó, miếng thép thu được này được đưa vào cán nóng, ủ dải nóng, khắc axit, cán nguội, ủ kết thúc và còn phủ và nung màng cách điện thu được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng (tấm sản phẩm). Trong trường hợp này, các điều kiện sản xuất của mỗi bước có thể là giống nhau trong quá trình sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thông thường, nhưng tốt hơn là nằm trong khoảng sau.

Đầu tiên, nhiệt độ nung lại miếng (SRT) trong cán nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1000 đến 1200°C. Khi SRT vượt quá 1200°C, không chỉ tiêu hao năng lượng được tăng một cách lãng phí, mà còn độ bền của miếng tại nhiệt độ cao được giảm dễ dàng làm sản phẩm bị hỏng như miếng võng xuống và các hư hỏng tương tự. Trong khi nhiệt độ nung lại nhỏ hơn 1000°C, khó có thể thực hiện cán nóng và trở nên bất lợi.

Ngoài ra, có thể cán nóng được thực hiện dưới các điều kiện thông thường, nhưng chiều dày của tấm thép sau khi cán nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,5 đến 2,8 mm liên quan đến việc đảm bảo khả năng sản xuất. Tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 1,7 đến 2,3 mm.

Tốt hơn là ủ dải nóng được thực hiện với nhiệt độ nung đều nằm trong khoảng từ 900 đến 1150°C. Khi nhiệt độ nung đều nhỏ hơn 900°C, thì cấu trúc cán được duy trì, sao cho tác dụng cải thiện các tính chất từ không thu được đủ. Trong khi nhiệt độ vượt quá 1150°C, các hạt tinh thể được làm thành hạt khô và nhờ đó vết nứt dễ dàng được tạo ra trong quá trình cán nguội và trở nên không có hiệu quả.

Tiếp theo, tấm thép sau khi ủ dải nóng được đưa vào một hoặc hai hoặc nhiều cán nguội bao gồm việc ủ trung gian nhờ đó thu được tấm thép cán nguội có chiều dày cuối cùng. Trong trường hợp này, tốt hơn là thông qua việc cán được thực hiện bằng cách tăng nhiệt độ của tấm đến khoảng 200°C hoặc còn được gọi là cán ấm để tăng cường độ cảm ứng từ. Hơn nữa, chiều dày của tấm

được cán nguội (chiều dày cuối cùng) không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,50 mm. Để thu được tác dụng của việc làm giảm sự tổn hao lõi thép, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,30 mm.

Sau đó, tấm thép sau khi cán nguội (tấm được cán nguội) được đưa vào ủ kết thúc. Trong quá trình ủ kết thúc, nhiệt độ nung đều tốt hơn là nằm trong khoảng từ 700 đến 1150°C. Khi nhiệt độ nung đều nhỏ hơn 700°C, thì quá trình ủ không đầy mạnh đủ và các tính chất từ bị kém đi nhiều và còn tác dụng hiệu chỉnh tấm tạo ra trong khi ủ liên tục không thu được đủ. Trong khi nhiệt độ vượt quá 1150°C, các hạt tinh thể được làm thành hạt khô tăng sự tổn hao lõi thép ở vùng tần số cao.

Trong tấm thép sau khi ủ kết thúc, tốt hơn là màng cách điện được được áp vào bề mặt tấm thép và được nung để làm giảm sự tổn hao lõi thép hơn nữa. Hơn nữa, tốt hơn là màng cách điện là lớp phủ hữu cơ chứa nhựa khi mong muốn đảm bảo khả năng đục lỗ tốt hoặc lớp phủ bán hữu cơ hoặc vô cơ khi tính hàn được coi là quan trọng.

Ví dụ 1

Thép A-Q có các hợp phần hóa học khác nhau được thể hiện trong Bảng 1 được nung chảy và liên tục được đổ vào các miềng thép. Trong quá trình nóng chảy thép, Si được sử dụng làm chất khử oxi hóa, nhưng Al được sử dụng làm chất khử oxi hóa ngoài Si trong trường hợp của thép B. Ngoài ra, CaSi được sử dụng làm nguồn Ca. Lượng chất khử oxi hóa hoặc CaSi được điều chỉnh tương ứng với hàm lượng của N hoặc S trong thép.

Tiếp theo, miềng thép được nung nóng lại đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1050 đến 1130°C, được cán nóng để thu được tấm thép cán nóng dày 2,0 mm, mà được đưa vào ủ dải nóng ở nhiệt độ nung đều là 1000°C ủ liên tục, cán nguội để thu được tấm thép cán nguội có chiều dày cuối cùng là 0,35 mm, được đưa vào ủ kết thúc ở nhiệt độ nung đều là 1000°C và được phủ màng cách điện thu được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng (tấm sản phẩm). Trong thép E và Q được thể hiện trong Bảng 1, vết nứt được tạo ra trong khi cán nguội, sao cho bước sau đó được dừng lại.

Bảng 1

Ký hiệu thép	Hợp phần hóa học (% khối lượng)										Tỷ lệ hợp phần của tạp chất dựa trên oxit				Các tính chất từ của tấm sản phẩm		Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	Al ngâm nước	N	Sn	Sb	Ca	CaO/(SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + CaO)		Tôn hao lõi thép W _{15/50} (W/kg)	Độ cảm ứng từ B ₅₀ (T)			
											Tấm thép cán nóng	Tấm sản phẩm					
A	0,0017	3,36	0,024	0,08	0,0016	0,0008	0,0017	0,038	—	0,0032	0,5	0,5	0,1	0,1	1,98	1,712	Ví dụ
B	0,0019	3,38	0,025	0,07	0,0016	0,0015	0,0016	0,039	—	0,0017	0,3	0,3	0,4	0,4	2,01	1,711	Ví dụ
C	0,0018	3,37	0,024	0,08	0,0018	0,0005	0,0019	0,039	—	0,0018	0,3	0,3	0,2	0,2	2,15	1,693	Ví dụ so sánh
D	0,0016	3,29	0,024	0,07	0,0017	0,0007	0,0018	—	0,028	0,0028	0,4	0,5	0,2	0,1	2,02	1,710	Ví dụ
E	0,0017	5,15	0,032	0,07	0,0020	0,0009	0,0018	0,037	—	0,0032	Vết nứt được tạo ra trong khi cán nguội				—	—	Ví dụ so sánh
F	0,0019	3,93	0,031	0,08	0,0018	0,0003	0,0021	0,028	—	0,0034	0,5	0,4	0,1	0,1	1,88	1,701	Ví dụ
G	0,0014	1,85	0,029	0,08	0,0015	0,0015	0,0022	0,028	—	0,0036	0,5	0,5	0,3	0,2	2,45	1,749	Ví dụ
H	0,0018	1,40	0,028	0,07	0,0019	0,0018	0,0016	0,029	—	0,0036	0,6	0,7	0,3	0,3	2,61	1,758	Ví dụ so sánh
I	0,0021	3,21	0,057	0,12	0,0022	0,0008	0,0033	0,027	0,015	0,0035	0,5	0,5	0,2	0,2	1,96	1,715	Ví dụ
J	0,0020	3,31	0,128	0,08	0,0022	0,0009	0,0020	0,031	0,025	0,0027	0,4	0,4	0,2	0,2	2,12	1,694	Ví dụ so sánh
K	0,0018	3,28	0,046	0,08	0,0020	0,0001	0,0022	0,050	—	0,0028	0,5	0,5	0,1	0,1	1,97	1,715	Ví dụ
L	0,0019	3,31	0,035	0,09	0,0024	0,0052	0,0029	0,044	—	0,0029	0,5	0,5	0,5	0,5	2,19	1,691	Ví dụ so sánh
M	0,0021	3,27	0,036	0,14	0,0057	0,0015	0,0021	—	0,030	0,0027	0,4	0,4	0,4	0,4	2,21	1,690	Ví dụ so sánh
N	0,0017	3,33	0,028	0,03	0,0017	0,0024	0,0017	0,037	—	0,0028	0,5	0,5	0,3	0,3	2,16	1,694	Ví dụ so sánh
O	0,0019	3,30	0,022	0,05	0,0016	0,0011	0,0025	0,035	—	0,0031	0,5	0,5	0,2	0,2	2,08	1,702	Ví dụ
P	0,0020	3,30	0,028	0,16	0,0018	0,0003	0,0019	0,036	—	0,0029	0,5	0,5	0,1	0,1	1,94	1,719	Ví dụ
Q	0,0018	3,28	0,038	0,22	0,0022	0,0031	0,0018	0,035	—	0,0034	Vết nứt được tạo ra trong khi cán nguội				—	—	Ví dụ so sánh

Sau đó, các đoạn thép cán nóng và tấm thép sau khi ủ kết thúc vuông góc với hướng cán được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để phân tích hợp phần hóa học trong 30 tạp chất dựa trên oxit và xác định trị số trung bình của chúng, từ đó tỷ lệ hợp phần của CaO và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 được tính.

Ngoài ra, các mẫu thử nghiệm Epstein được cắt thành từ tấm sản phẩm lần lượt theo hướng cán (L) và hướng vuông góc với hướng cán (C), và độ cảm ứng từ B_{50} (độ cảm ứng từ tại lực từ hóa là 5000 A/m) và sự tổn hao lõi thép $W_{15/50}$ (sự tổn hao lõi thép kích từ tại độ cảm ứng từ là 1,5 T và tần số là 50 Hz) được đo theo JIS C2552.

Các kết quả đo trên đây cũng được thể hiện trong Bảng 1. Như được thấy từ các kết quả này, có thể tấm thép thích hợp với sáng chế ngăn chặn sự vỡ trong khi cán và duy trì độ cảm ứng từ cao mà độ cảm ứng từ B_{50} không nhỏ hơn 1,70 T, và có các tính chất từ ưu việt.

Ví dụ 2

Thép R-U có các hợp phần hóa học khác nhau được thể hiện trong Bảng 2 được nung chảy và liên tục được đổ vào các miềng thép. Trong quá trình nóng chảy thép, Si được sử dụng làm chất khử oxi hóa, nhưng Al được sử dụng làm chất khử oxi hóa ngoài Si trong trường hợp của thép S. Ngoài ra, CaSi được sử dụng làm nguồn Ca. Lượng chất khử oxi hóa hoặc CaSi được điều chỉnh tương ứng với hàm lượng của N hoặc S trong thép.

Tiếp theo, miềng thép được nung nóng lại đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1050 đến 1110°C, được cán nóng để thu được tấm thép cán nóng dày 1,6 mm, mà được đưa vào ủ dải nóng tại nhiệt độ nung đều là 1000°C ủ liên tục, cán nguội để thu được tấm thép cán nguội có chiều dày cuối cùng là 0,15 mm, được đưa vào ủ kết thúc tại nhiệt độ nung đều là 1000°C và được phủ màng cách điện thu được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng (tấm sản phẩm).

Bảng 2

Ký hiệu thép	Hợp phần hóa học (% khối lượng)										Tỷ lệ hợp phần của tạp chất dựa trên oxit				Các tính chất từ của tấm sản phẩm		Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	Al ngâm nước	N	Sn	Sb	Ca	CaO/(SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + CaO)		Al ₂ O ₃ /(SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + CaO)		Tổn hao sắt W _{10/800} (W/kg)	Độ cảm ứng từ B ₅₀ (T)	
											Tấm thép cán nóng	Tấm sản phẩm	Tấm thép cán nóng	Tấm sản phẩm			
R	0,0017	3,36	0,024	0,08	0,0016	0,0008	0,0017	0,038	—	0,0032	0,5	0,5	0,1	0,1	24,7	1,692	Ví dụ
S	0,0019	3,38	0,025	0,07	0,0016	0,0015	0,0016	0,039	—	0,0017	0,3	0,3	0,4	0,4	24,8	1,691	Ví dụ
T	0,0018	3,37	0,024	0,08	0,0018	0,0005	0,0019	0,039	—	0,0018	0,3	0,3	0,2	0,2	26,1	1,673	Ví dụ so sánh
U	0,0017	3,37	0,025	0,01	0,0017	0,0006	0,0017	0,039	—	0,0001	0,0	0,0	0,2	0,2	27,8	1,654	Ví dụ so sánh

Sau đó, các đoạn thép cán nóng và tấm thép sau khi ủ kết thúc vuông góc với hướng cán được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để phân tích hợp phần hóa học ở 30 các tạp chất dựa trên oxit và xác định trị số trung bình của chúng, từ đó tỷ lệ hợp phần của CaO và tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 được tính.

Ngoài ra, các mẫu thử nghiệm Epstein được cắt thành từ tấm sản phẩm lần lượt theo hướng cán (L) và hướng vuông góc với hướng cán (C), và độ cảm ứng từ B50 (độ cảm ứng từ tại lực từ hóa là 5000 A/m) và sự tổn hao lõi thép W10/800 (sự tổn hao lõi thép kích từ tại độ cảm ứng từ là 1,0 T và tần số là 800 Hz) được đo theo JIS C2552.

Các kết quả đo trên đây cũng được thể hiện trong Bảng 2. Như được thấy từ các kết quả này, có thể các tấm thép thích hợp với sáng chế ngăn chặn sự vỡ trong khi cán và làm giảm sự tổn hao lõi thép W10/800 xuống không lớn hơn 25 W/kg trong khi duy trì độ cảm ứng từ cao mà độ cảm ứng từ B50 không nhỏ hơn 1,69 T, và có các tính chất từ ưu việt không chỉ tại tần số công nghiệp mà còn tại vùng tần số cao.

Hiệu quả đạt được theo sáng chế

Theo sáng chế, các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ cảm ứng từ cao và tổn hao sắt thấp không chỉ tại tần số công nghiệp mà còn tại vùng tần số cao có thể được sản xuất ở mức chi phí thấp và hiệu suất cao mà không cần thiết bị mới và kiểm soát quá trình. Do đó, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế có thể tốt hơn là được sử dụng làm vật liệu lõi sắt dùng cho động cơ dẫn động của các xe chạy điện và xe lai, động cơ của máy phát điện năng hoặc các động cơ tương tự.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, vật liệu có độ cảm ứng từ cao có thể được sản xuất với mức chi phí thấp mà có hiệu suất cao và có tác dụng làm giảm tổn sự hao đồng của động cơ, sao cho chúng có thể được áp dụng có lợi đối với lõi sắt dùng cho động cơ điện cảm ứng có xu hướng làm tăng tổn hao đồng so với tổn hao lõi thép.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, Si: lớn hơn 1,5% khối lượng nhưng không lớn hơn 5,0% khối lượng, Mn: không lớn hơn 0,10% khối lượng, Al ngâm nước: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, P: lớn hơn 0,040% khối lượng nhưng không lớn hơn 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, N: không lớn hơn 0,0040% khối lượng và Ca: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, mà trong đó tỷ lệ hợp phần của CaO trong các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép được xác định bằng phương trình sau (1):

$$\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) \dots (1)$$

không nhỏ hơn 0,4 và/hoặc tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 được xác định bằng phương trình sau (2):

$$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) \dots (2)$$

không nhỏ hơn 0,3.

2. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1, trong đó nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng đối với một hoặc hai nguyên tố được chọn từ Sn và Sb được bao gồm ngoài hợp phần hóa học.

3. Tấm thép cán nóng được sử dụng làm vật liệu thô dùng cho tấm thép kỹ thuật điện không định hướng như được bảo hộ trong điểm 1 hoặc 2 mà có hợp phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, Si: lớn hơn 1,5% khối lượng nhưng không lớn hơn 5,0% khối lượng, Mn: không lớn hơn 0,10% khối lượng, Al ngâm nước: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, P: lớn hơn 0,040% khối lượng nhưng không lớn hơn 0,2% khối lượng, S: không lớn hơn 0,0050% khối lượng, N: không lớn hơn 0,0040% khối lượng, Ca: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tỷ lệ hợp phần của CaO trong các tạp chất dựa trên oxit nằm trong tấm thép được xác định bằng phương trình sau (1):

$$\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) \dots (1)$$

không nhỏ hơn 0,4 và/hoặc tỷ lệ hợp phần của Al_2O_3 được xác định bằng phương trình sau (2):

$$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) \dots (2)$$

không nhỏ hơn 0,3.

4. Tấm thép cán nóng theo điểm 3, trong đó nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% khối lượng đối với mỗi trong số một hoặc hai nguyên tố được chọn từ Sn và Sb được bao gồm ngoài hợp phần hóa học.

FIG. 1

