



(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)



1-0032124

(51)^{2019.01} C22C 38/00; C21D 9/46; H01F 1/147; (13) B
C22C 38/60; C21D 8/12

(21) 1-2019-05380

(22) 19/07/2018

(86) PCT/JP2018/027078 19/07/2018

(87) WO 2019/017426 24/01/2019

(30) 2017-139765 19/07/2017 JP

(45) 25/06/2022 411

(43) 25/12/2019 381A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

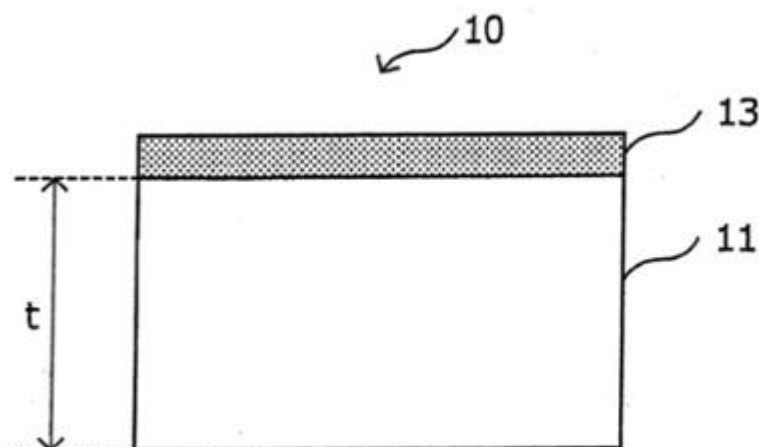
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008071, Japan

(72) NATORI Yoshiaki (JP); TAKEDA Kazutoshi (JP); YASHIKI Hiroyoshi (JP);
TOMITA Miho (JP); FUJIMURA Hiroshi (JP); WAKISAKA Takeaki (JP);
MURAKAWA Tesshu (JP); MATSUMOTO Takuya (JP); HORI Hiroki (JP);
GOHMOTO Yuuya (JP); UYAMA O (JP).

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

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG

(57) Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bao gồm các thành phần hóa học sau đây, tính theo % khối lượng: C: 0,0015% đến 0,0040%; Si: 3,5% đến 4,5%; Al: nhỏ hơn hoặc bằng 0,65%; Mn: 0,2% đến 2,0%; Sn: 0% đến 0,20%; Sb: 0% đến 0,20%; P: 0,005% đến 0,150%; S: 0,0001% đến 0,0030%; Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%; Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%; V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; N: 0,0010% đến 0,0030%; O: 0,0010% đến 0,0500%; Cu: nhỏ hơn 0,10%; Ni: nhỏ hơn 0,50%; và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, trong đó độ dày tấm sản phẩm là 0,10mm đến 0,30mm, kích thước hạt trung bình là 10 μ m đến 40 μ m, tổn hao sắt W10/800 là nhỏ hơn hoặc bằng 50W/Kg, độ bền kéo là 580MPa đến 700MPa, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền là lớn hơn hoặc bằng 0,82.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, các vấn đề môi trường toàn cầu đã thu hút sự chú ý, và nhu cầu về các nỗ lực tiết kiệm năng lượng đang ngày càng gia tăng. Cụ thể là, trong những năm gần đây, cần phải tăng hiệu quả của các thiết bị điện. Vì lý do này, cũng trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng mà đã được sử dụng rộng rãi là nguyên liệu lõi của của động cơ, máy phát điện, hoặc tương tự, có yêu cầu cần phải cải tiến các đặc tính từ. Xu hướng này có ý nghĩa đối với các động cơ dùng cho các xe điện và các xe lai và các động cơ dùng cho máy nén.

Các lõi động cơ của các động cơ khác nhau như được nêu trên được cấu thành từ stato và rôto. Các đặc tính cần có đối với stato và rôto cấu thành lõi động cơ là khác nhau. Cụ thể là stato cần các tính chất từ (tổn hao sắt và mật độ từ thông) rất tốt, trong khi rôto cần các tính chất cơ học (độ bền kéo và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền) rất tốt.

Các đặc tính cần có đối với stato và rôto là khác nhau. Do đó, nếu tấm thép kỹ thuật điện không định hướng dùng cho stato và tấm thép kỹ thuật điện không định hướng dùng rôto được chuẩn bị riêng, có thể thu được các đặc tính mong muốn tương ứng. Tuy nhiên, việc chuẩn bị hai loại tấm thép kỹ thuật điện không định hướng dẫn đến sự suy giảm hiệu suất. Do đó, để thu được độ bền rất tốt cần thiết đối với rôto và tổn hao sắt thấp cần thiết đối với stato, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ bền rất tốt và các tính chất từ cũng rất tốt đã được đánh giá theo kỹ thuật đã biết.

Ví dụ, trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 dưới đây, các kỹ thuật trong đó, để thu được độ bền rất tốt cần thiết đối với rôto trong khi thu được các tính chất từ rất tốt cần thiết đối với stato, một lượng lớn silicon (Si) được chứa như là thành phần hóa học của tấm thép và các nguyên tố góp phần làm tăng bền tốt, chẳng hạn như niken (Ni) hoặc đồng (Cu), được bổ sung có chủ đích.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-300535.

Tài liệu sáng chế 2: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-315956.

Tài liệu sáng chế 3: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2008-50686.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, để thu được các đặc tính tiết kiệm năng lượng cần thiết đối với các động cơ của các xe điện và các xe lai trong những năm gần đây, các kỹ thuật như được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 không thu được một cách đầy đủ sự giảm tổn hao sắt đối với vật liệu stato.

Ngoài ra, các nguyên tố đẩy mạnh sự tăng bền tốt, chẳng hạn như Ni và Cu được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 tốn kém, và khi các nguyên tố này được bổ sung có chủ đích, chi phí sản xuất của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng tăng.

Hơn nữa, trong những năm gần đây, có nhiều thiết kế của các động cơ dùng cho các xe điện và các xe lai đã được tạo ra để có mômen xoắn động cơ nhờ làm tăng tốc độ quay động cơ, và yêu cầu cần phải có sự tăng bền tốt hơn của rôto. Để đảm bảo độ an toàn cho động cơ, không chỉ các đặc tính giới hạn về sự nứt gãy được thể hiện bởi độ bền kéo, mà còn nứt gãy do sự mỏi cần phải được tránh. Vì lý do này, việc thu nhận ứng suất chảy cao (nghĩa là, thu nhận tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao) cũng như độ bền kéo đơn giản là quan trọng. Tuy nhiên, ngay cả khi các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 được sử dụng, khó thu được sự tăng thêm của sự tăng bền tốt và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền của rôto.

Sáng chế đã được thực hiện từ các quan điểm về các vấn đề nêu trên. Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ bền cao và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao với chi phí sản xuất được làm giảm.

Tốt hơn là, có đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng ở trường hợp trong đó tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thu được có độ bền cao và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao được đột lỗ thành dạng lõi động cơ mong muốn (dạng rôto và dạng stato), các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được đột lỗ được cán mỏng thành dạng lõi động cơ mong muốn (dạng rôto và dạng stato), và việc ủ được thực hiện trên tấm thép được cán mỏng thành dạng stato, các tính chất từ tốt hơn được thể hiện.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Để giải quyết các vấn đề được nêu trên, các tác giả sáng chế đã tiến hành có chủ đích các đánh giá. Cụ thể là, các đánh giá chuyên sâu được tiến hành liên quan đến phương pháp trong đó các chi tiết dùng cho rôto và stato được đột lỗ từ cùng một tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và sau khi các chi tiết dùng cho rôto được cán mỏng thành dạng rôto mong muốn, các tính chất cơ học cao được thể hiện mà không cần thực hiện việc ủ trên tấm mỏng, trong khi, sau khi các chi tiết dùng cho stato được cán mỏng thành dạng stato mong muốn, các tính chất từ tốt hơn được thu nhận bằng cách thực hiện việc ủ trên tấm mỏng.

Sau đây, bước ủ được thực hiện trên vật thể được cán mỏng, sau khi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được đột lỗ thành dạng stato mong muốn để thu nhận các chi tiết dùng cho stato và các chi tiết được đột lỗ dùng cho stato được cán mỏng thành dạng stato mong muốn, được gọi là “ủ lõi”.

Trong số các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có độ bền kéo tương đương, có khả năng là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được tạo ra để có giới hạn chảy trên để thu được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao dùng cho mục đích nâng cao độ chịu mỏi được xem xét.

Các tác giả của sáng chế đã tập trung vào việc kiểm soát tấm thép kỹ thuật điện không định hướng để có giới hạn chảy trên bằng cách sử dụng sự hóa già do biến dạng của cacbon (C). Tuy nhiên, các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thường được sản xuất để có độ tinh khiết cao và lượng C gây ra sự hóa già do biến dạng thấp. Cụ thể là, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hàm lượng Si lớn hơn hoặc bằng 3%, Si hạn chế sự hình thành của cacbit và do đó không có giới hạn chảy trên

được đề xuất. Ngoài ra, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trong đó các nguyên tố chẳng hạn như C, titan (Ti), và niobi (Nb) được bao gồm có chủ đích đơn giản là dùng cho mục đích tăng bền tốt, ngay cả khi hiện tượng chảy xảy ra do bao gồm một lượng lớn C, các cacbit suy giảm đáng kể sự phát triển hạt trong quá trình ủ lỗi, nên các tính chất từ sau bước ủ lỗi không được nâng cao.

Do đó, theo kỹ thuật đã biết, khó thu nhận tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có giới hạn chảy trên và các tính chất rất tốt từ sau khi ủ lỗi.

Dựa vào khía cạnh này, các tác giả sáng chế đã tiến hành thêm các đánh giá. Kết quả là, đã tìm thấy rằng trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có hàm lượng Si cao mà không có sự bao gồm có chủ đích các nguyên tố đất hiếm, các tính chất cơ học cao được thu nhận bằng cách tinh luyện thêm kích thước hạt và do đó thu được hiện tượng chảy. Hơn nữa, biết rằng khi bao gồm các nguyên tố ngăn chặn sự phát triển hạt trong quá trình ủ lỗi đối với tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thể được hạn chế, các tính chất từ tốt hơn có thể được nâng cao một cách đồng thời sau bước ủ lỗi được thu nhận.

Ý chính của sáng chế đã hoàn thiện dựa vào kiến thức nêu trên là như sau.

[1] Theo khía cạnh của sáng chế, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bao gồm các thành phần hóa học sau đây, tính theo % khối lượng: C: 0,0015% đến 0,0040%; Si: 3,5% đến 4,5%; Al: nhỏ hơn hoặc bằng 0,65%; Mn: 0,2% đến 2,0%; Sn: 0% đến 0,20%; Sb: 0% đến 0,20%; P: 0,005% đến 0,150%; S: 0,0001% đến 0,0030%; Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%; Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%; V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; N: 0,0010% đến 0,0030%; O: 0,0010% đến 0,0500%; Cu: nhỏ hơn 0,10%; Ni: nhỏ hơn 0,50%; và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, trong đó độ dày tấm sản phẩm là 0,10mm đến 0,30mm, kích thước hạt trung bình là 10 μ m đến 40 μ m, tổn hao sắt W10/800 là nhỏ hơn hoặc bằng 50W/Kg, độ bền kéo là từ 580MPa đến 700MPa, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền là lớn hơn hoặc bằng 0,82.

[2] Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo [1], các lượng C, Ti, Nb, Zr, và V có thể thỏa mãn các điều kiện được thể hiện bởi công thức (1),

$$[C] \times ([Ti] + [Nb] + [Zr] + [V]) < 0,000010...(1)$$

trong đó ký hiệu [X] trong công thức (1) biểu diễn lượng của nguyên tố X (đơn vị: % theo khối lượng).

[3] Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo mục [1] hoặc [2], kích thước hạt trung bình có thể là 60μm đến 150μm và tổn hao sắt W10/400 có thể là thấp hơn hoặc bằng 11W/kg, khi việc ủ được thực hiện dưới các điều kiện ủ nằm trong khoảng nhiệt độ ủ lớn hơn hoặc bằng 750° C và nhỏ hơn hoặc bằng 900°C và thời gian ngâm là từ 10 phút đến 180 phút.

[4] Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3], tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thể có giới hạn chảy trên và giới hạn chảy dưới, và giới hạn chảy trên có thể cao hơn so với giới hạn chảy dưới là lớn hơn hoặc bằng 5MPa.

[5] Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4] có thể bao gồm các thành phần hóa học sau đây, tính theo % khối lượng: bất kỳ một hoặc cả hai trong số Sn: 0,01% đến 0,20%, và Sb: 0,01% đến 0,20%.

[6] Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [5] có thể còn bao gồm: lớp cách điện trên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Hiệu quả của sáng chế

Theo một khía cạnh của sáng chế, có thể thu nhận tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trong đó chi phí sản xuất được hạn chế và các tính chất cơ học và các tính chất từ sau khi ủ lỗi tốt hơn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ giải thích thể hiện một cách giản lược cấu trúc của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo một phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ giải thích dùng để mô tả tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án.

Fig.3 là hình vẽ giải thích dùng để giải thích đường cong ứng suất biến dạng được thể hiện bởi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án.

Fig.4 là hình vẽ thể hiện ví dụ về đường cong ứng suất biến dạng được thể hiện bởi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Fig.5 là lưu đồ thể hiện ví dụ về dòng phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trong phần mô tả của sáng chế và các hình vẽ, các thành phần giống nhau về cơ bản có các cấu hình chức năng giống nhau được biểu thị bởi các số chỉ dẫn giống nhau, và phần mô tả chồng lặp sẽ được bỏ qua.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng

Trước tiên, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế (tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế) sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.5.

Fig.1 là hình vẽ giải thích thể hiện một cách giản lược cấu trúc của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế. Fig.2 là hình vẽ giải thích dùng để mô tả tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế. Fig.3 là hình vẽ giải thích dùng để mô tả đường cong ứng suất biến dạng được thể hiện bởi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế. Fig.4 là hình vẽ thể hiện ví dụ về đường cong ứng suất biến dạng được thể hiện bởi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Fig.5 là lưu đồ thể hiện ví dụ về tiến trình phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 thích hợp làm vật liệu khi cả hai, stato và rôto được sản xuất. Như được thể hiện một cách giản lược trên Fig.1, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có kim loại nền 11 chứa hợp phần hóa học được xác định trước và thể hiện các tính chất cơ học và các tính chất từ

được xác định trước. Ngoài ra, tốt hơn là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế còn có lớp cách điện 13 trên bề mặt của kim loại nền 11.

Sau đây, trước tiên, kim loại nền 11 của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Hợp phần hóa học của kim loại nền

Kim loại nền 11 của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế bao gồm, tính theo % khối lượng, C: 0,0015% đến 0,0040%, Si: 3,5% đến 4,5%, Al: nhỏ hơn hoặc bằng 0,65%, Mn: 0,2% đến 2,0%, P: 0,005% đến 0,150%, S: 0,0001% đến 0,0030%, Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%, V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, N: 0,0010% đến 0,0030%, O: 0,0010% đến 0,0500%, Cu: nhỏ hơn 0,10%, và Ni: nhỏ hơn 0,50%, nếu cần thiết, còn chứa một hoặc cả hai trong số Sn và Sb đều có lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% theo khối lượng và nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% theo khối lượng, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất.

Kim loại nền 11 là tấm thép chẳng hạn như tấm thép cán nóng hoặc tấm thép cán nguội.

Sau đây, lý do tại sao hợp phần hóa học của kim loại nền 11 theo phương án của sáng chế được định rõ như được nêu trên sẽ được mô tả chi tiết. Sau đây, “%” biểu diễn “% theo khối lượng” trừ khi được quy định khác.

C: 0,0015% đến 0,0040%

C (cacbon) là nguyên tố khiến suy giảm sự tổn hao sắt. Trong trường hợp ở đó hàm lượng C vượt quá 0,0040%, sự suy giảm tổn hao sắt xảy ra trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và các tính chất từ tốt không thể được thu nhận. Do đó, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, hàm lượng C được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó hàm lượng C nhỏ hơn 0,0015%, giới hạn chảy trên không xảy ra trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10, và tỷ số giới hạn

chảy trên giới hạn bền tốt không thể được thu nhận. Do đó, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, hàm lượng C được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0015%. Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, hàm lượng C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0020%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0025%.

Si: 3,5% đến 4,5%

Si (silicon) là nguyên tố làm giảm tổn hao dòng điện xoáy bằng cách làm tăng điện trở của thép và do đó làm tăng tổn hao sắt tần số cao. Ngoài ra, Si cũng là nguyên tố hiệu quả trong việc tăng bền tốt của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 vì khả năng tăng bền dung dịch rắn của nó cao. Để thể hiện các hiệu quả nêu trên một cách đầy đủ, cần phải chứa lớn hơn hoặc bằng 3,5% Si. Hàm lượng Si tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 3,6%.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó hàm lượng Si vượt quá 4,5%, khả năng gia công bị suy giảm đáng kể và trở nên khó thực hiện việc cán nguội. Do đó, hàm lượng Si được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,5%. Hàm lượng Si tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 4,0%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,9%.

Al: nhỏ hơn hoặc bằng 0,65%

Al (nhôm) là nguyên tố có hiệu quả trong việc làm giảm tổn hao dòng điện xoáy bằng cách làm tăng điện trở của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng và do đó làm tăng tổn hao sắt tần số cao. Mặt khác, Al cũng có hiệu quả trong việc làm giảm khả năng gia công trong quy trình sản xuất tấm thép và mật độ của từ thông của sản phẩm. Do đó, hàm lượng Al được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,65%.

Hơn nữa, để thu nhận các tính chất từ tốt sau khi ủ lỗi, việc hạn chế ảnh hưởng xấu của dung dịch rắn Ti là quan trọng. Tuy nhiên, trong trường hợp ở đó hàm lượng Al cao, AlN thay cho TiN kết tủa dưới dạng nitrit, dẫn đến việc tăng dung dịch rắn Ti. Trong trường hợp ở đó hàm lượng Al vượt quá 0,50%, mật độ của từ thông của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng giảm đáng kể, và tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trở nên giòn. Do đó, khó thực hiện việc cán nguội trên đó, nên các tính chất từ sau khi ủ lỗi trở nên kém. Do đó, xét về các tính chất từ sau khi ủ lỗi, hàm

lượng Al tốt hơn là được thiết đặt nhỏ hơn hoặc bằng đến 0,50%. Hàm lượng Al tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,40%, và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,35%.

Mặt khác, trị số giới hạn dưới của hàm lượng Al không được giới hạn một cách cụ thể và có thể là 0%. Tuy nhiên, khi hàm lượng Al được thiết đặt đến nhỏ hơn 0,0005%, tải trọng trong việc sản xuất thép cao và làm tăng chi phí. Do đó, hàm lượng Al tốt hơn là được thiết đặt đến đến lớn hơn hoặc bằng 0,0005%. Ngoài ra, trong trường hợp thu nhận hiệu quả tăng tổn hao sắt tần số cao, hàm lượng Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,10%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,20%.

Mn: 0,2% đến 2,0%

Mn (Mangan) là nguyên tố có hiệu quả trong việc làm giảm tổn hao dòng điện xoáy bằng cách làm tăng điện trở của thép và do đó làm tăng tổn hao sắt tần số cao. Để thể hiện hiệu quả nêu trên một cách đầy đủ, hàm lượng Mn được bao gồm cần phải lớn hơn hoặc bằng 0,2%. Ngoài ra, trong trường hợp ở đó hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,2%, sự kết tủa (MnS) sulfua mịn và sự phát triển hạt trong quá trình ủ lõi suy giảm, điều này là không thích hợp. Hàm lượng Mn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,4%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,5%.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó hàm lượng Mn vượt quá 2,0%, sự giảm mật độ của từ thông trở nên đáng kể. Do đó, hàm lượng Mn được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%. Hàm lượng Mn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,7%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%.

P: 0,005% đến 0,150%

P (photpho) là nguyên tố có khả năng tăng bền dung dịch rắn cao và cũng có hiệu quả trong việc làm tăng kết cấu mà nó có hiệu quả trong việc làm tăng các tính chất từ, và là nguyên tố có hiệu quả đặc biệt trong việc thu nhận độ bền cao và mật độ từ thông cao. Hơn nữa, vì sự tăng kết cấu cũng tạo nên sự giảm tính bất đẳng hướng của các tính chất cơ học trong bề mặt tấm của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10. P cũng có hiệu quả trong việc làm tăng độ chính xác về kích thước trong việc đột lỗ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10. Để thu được hiệu quả làm tăng độ bền

này, các tính chất từ, và độ chính xác về kích thước, hàm lượng P cần phải lớn hơn hoặc bằng 0,005%. Hàm lượng P tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,010%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,020%.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó hàm lượng P vượt quá 0,150%, độ dẻo của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 giảm đáng kể. Do đó, hàm lượng P được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%. Hàm lượng P tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,080%.

S: 0,0001% đến 0,0030%

S (lưu huỳnh) là nguyên tố làm tăng tổn hao sắt bằng cách tạo nên các kết tủa mịn của MnS và do đó làm suy giảm các tính chất từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10. Do đó, hàm lượng lưu huỳnh cần nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng lưu huỳnh tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%.

Mặt khác, nếu cần làm giảm hàm lượng lưu huỳnh đến nhỏ hơn 0,0001%, chi phí tăng không cần thiết. Do đó, hàm lượng lưu huỳnh được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0001%. Hàm lượng lưu huỳnh tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0003%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

Ti (titan) là nguyên tố có thể được kết hợp không thể tránh khỏi trong thép, và là nguyên tố được liên kết với cacbon và nitơ để tạo nên tạp chất (các cacbit và các nitrit). Trong trường hợp ở đó các cacbit được tạo nên, sự phát triển của hạt trong quá trình ủ lỗi được ngăn chặn và các tính chất từ bị suy giảm. Do đó, hàm lượng Ti được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng Ti tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0015%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%.

Mặt khác, hàm lượng Ti có thể là 0%. Tuy nhiên, nếu cố gắng làm giảm hàm lượng Ti đến nhỏ hơn 0,0005%, chi phí tăng không cần thiết. Do đó, hàm lượng Ti tốt hơn là được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%

Nb (niobium) là nguyên tố được liên kết với cacbon và nitơ để tạo nên tạp chất (các cacbit và các nitrit) và do đó góp phần tăng bền tốt. Tuy nhiên, Nb là nguyên tố đắt tiền, và hàm lượng Nb được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%. Ngoài ra, Nb cũng là nguyên tố ngăn chặn sự phát triển của hạt trong quá trình ủ lỗi và gây ra sự suy giảm các tính chất từ. Do đó, xét về các tính chất từ sau khi ủ lỗi, hàm lượng Nb tốt hơn là được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng Nb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%, và tốt hơn nữa là dưới giới hạn đo (tr.) (bao gồm 0%).

Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

Zr (zirconi) là nguyên tố được liên kết với cacbon và nitơ để tạo nên tạp chất (các cacbit và các nitrit) và do đó góp phần tăng bền tốt. Tuy nhiên, Zr cũng là nguyên tố ngăn chặn sự phát triển của hạt trong quá trình ủ lỗi và gây ra sự suy giảm các tính chất từ. Do đó, hàm lượng Zr được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng Zr tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%, và tốt hơn nữa là dưới giới hạn đo (tr.) (bao gồm 0%).

Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%

Mo (molypđen) là nguyên tố có thể được kết hợp không thể tránh khỏi, và là nguyên tố được liên kết với cacbon để tạo nên tạp chất (các cacbit). Tuy nhiên, vì Mo được hòa tan dễ dàng ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 750°C mà ở đó việc ủ lỗi được thực hiện, sao cho sự kết hợp một lượng nhỏ Mo được cho phép. Mặt khác, khi lượng Mo được kết hợp tăng quá mức, sự phát triển của hạt bị ngăn chặn và các tính chất từ bị suy giảm, sao cho hàm lượng Mo được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%. Hàm lượng Mo tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,020%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,015%, và có thể thấp hơn giới hạn đo (tr.) (bao gồm 0%).

Mặt khác, nếu cố gắng làm giảm hàm lượng Mo đến nhỏ hơn 0,0005%, chi phí tăng không cần thiết. Do đó, từ quan điểm về chi phí sản xuất, hàm lượng Mo tốt hơn là được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0005%. Hàm lượng Mo tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%.

V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

V (vanadi) là nguyên tố được liên kết với cacbon và nitơ để tạo nên tạp chất

(các cacbit và các nitrit) và do đó góp phần tăng bền tốt. Tuy nhiên, V cũng là nguyên tố ngăn chặn sự phát triển của hạt trong quá trình ủ lỗi và gây ra sự suy giảm các tính chất từ. Do đó, hàm lượng V được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng V tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%, và tốt hơn nữa là dưới giới hạn đo (tr.) (bao gồm 0%).

N: 0,0010% đến 0,0030%

N (nitơ) là nguyên tố được kết hợp không thể tránh khỏi, và là nguyên tố làm tăng tổn hao sắt bằng cách gây ra sự già hóa từ và gây ra sự suy giảm các tính chất từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10. Do đó, hàm lượng N cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%.

Mặt khác, nếu cố gắng làm giảm hàm lượng N đến nhỏ hơn 0,0010%, chi phí tăng không cần thiết. Do đó, hàm lượng N được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0010%.

O: 0,0010% đến 0,0500%

O (oxy) là nguyên tố được kết hợp không thể tránh khỏi, và là nguyên tố làm tăng tổn hao sắt bằng cách tạo nên oxit và gây ra sự suy giảm các tính chất từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10. Do đó, hàm lượng O cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0500%. Vì O có thể được kết hợp ở bước ủ, ở trạng thái tấm (nghĩa là, trị số rót), hàm lượng O tốt hơn là được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%.

Mặt khác, nếu cố gắng làm giảm hàm lượng O đến nhỏ hơn 0,0010%, chi phí tăng không cần thiết. Do đó, hàm lượng O được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0010%.

Cu: Nhỏ hơn 0,10%

Ni: Nhỏ hơn 0,50%

Cu (đồng) và Ni (niken) là các nguyên tố có thể được kết hợp không thể tránh khỏi. Việc bổ sung có chủ đích Cu và Ni làm tăng chi phí sản xuất của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10. Do đó, không cần phải bổ sung Cu và Ni vào tấm

thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế.

Hàm lượng Cu được thiết đặt đến nhỏ hơn 0,10%, là trị số lớn nhất có thể được kết hợp không thể tránh khỏi trong quy trình sản xuất.

Mặt khác, cụ thể là, Ni cũng là nguyên tố làm tăng độ bền của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10, và có thể được bao gồm bằng cách bổ sung có chủ đích. Tuy nhiên, vì Ni đắt tiền, ngay cả khi trong trường hợp ở đó Ni được bao gồm có chủ đích, giới hạn trên của hàm lượng Ni được thiết đặt đến nhỏ hơn 0,50%.

Giới hạn dưới của hàm lượng Cu và hàm lượng Ni không được giới hạn cụ thể và có thể là 0%. Tuy nhiên, nếu cố gắng làm giảm hàm lượng Cu và hàm lượng Ni đến nhỏ hơn 0,005%, chi phí tăng không cần thiết. Do đó, hàm lượng Cu và hàm lượng Ni tốt hơn là đều được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,005%. Mỗi trong số hàm lượng Cu và hàm lượng Ni tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,02% và 0,06% nhỏ hơn hoặc bằng.

Sn: 0% đến 0,20%

Sb: 0% đến 0,20%

Sn (tin) và Sb (antimon) là các nguyên tố bổ sung tùy ý hạn chế quá trình oxy hóa trong quá trình ủ nhờ phân tách trên bề mặt của tấm thép và do đó có ích cho việc đảm bảo tổn hao sắt thấp. Do đó, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, ít nhất một trong số Sn và Sb có thể được chứa trong kim loại nền là nguyên tố bổ sung tùy ý để thu được hiệu quả được nêu trên. Để thể hiện hiệu quả một cách đầy đủ, mỗi trong số hàm lượng Sn và hàm lượng Sb tốt hơn là được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Hàm lượng Sn và hàm lượng Sb tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,03%.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó mỗi trong số hàm lượng Sn và hàm lượng Sb vượt quá 0,20%, có khả năng là độ dẻo của kim loại nền có thể giảm và có thể khó thực hiện việc cán nguội. Do đó, mỗi trong số hàm lượng Sn và hàm lượng Sb tốt hơn là được thiết đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,20% ngay cả trong trường hợp ở đó Sn hoặc Sb được bao gồm. Trong trường hợp ở đó Sn hoặc Sb được bao gồm trong kim loại nền, hàm lượng Sn hoặc hàm lượng Sb tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%.

$$[C] \times ([Ti] + [Nb] + [Zr] + [V]) < 0,000010$$

Kim loại nền 11 của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế như là thành phần hóa học như nêu trên, nhưng tốt hơn là các lượng C, Ti, Nb, Zr, và V của kim loại nền 11 còn thỏa mãn điều kiện được thể hiện bởi phương trình (1) sau đây.

$$[C] \times ([Ti] + [Nb] + [Zr] + [V]) < 0,000010... (1)$$

Ở đây, trong công thức (1), ký hiệu [X] biểu diễn lượng (đơn vị: % tính theo khối lượng) của nguyên tố X, nghĩa là, ví dụ, [C] biểu diễn hàm lượng C tính theo % khối lượng.

Khi C có mặt trong kim loại nền 11, các cacbit tương ứng với hàm lượng C có thể được tạo nên trong kim loại nền 11. Ngoài ra, như được nêu trên, Ti, Nb, Zr, và V là các nguyên tố tạo nên các cacbit với cacbon, và sự có mặt của các nguyên tố này trong kim loại nền 11 tạo điều kiện cho việc tạo nên các cacbit. Do đó, ở phía bên trái của công thức (1) có thể được coi là chỉ số đại diện cho khả năng tạo nên cacbit trong kim loại nền 11 của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế.

Các tác giả sáng chế đã tiến hành có chủ đích các đánh giá về sự tạo nên các cacbit trong kim loại nền 11 trong khi thay đổi các lượng hợp phần hóa học trong kim loại nền 11. Kết quả là, rõ ràng là trong trường hợp ở đó trị số được đưa ra ở phía bên trái của công thức (1) lớn hơn hoặc bằng 0,000010, các cacbit được tạo nên, sự phát triển của hạt trong quá trình ủ lỗi bị ngăn chặn, và các tính chất từ sau bước ủ lỗi bị suy giảm một cách dễ dàng. Do đó, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, tốt hơn là các lượng C, Ti, Nb, Zr, và V được thiết đặt sao cho trị số được đưa ra ở phía bên trái của công thức (1) nhỏ hơn 0,000010. Trị số được đưa ra ở phía bên trái của công thức (1) tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,000006, và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,000004.

Trị số được đưa ra ở phía bên trái của công thức (1) càng nhỏ càng tốt, và giới hạn dưới của nó không được giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, dựa vào giới hạn dưới của các nguyên tố nêu trên trong kim loại nền 11 theo phương án của sáng chế, trị số

0,00000075 là giới hạn dưới thực tế.

Trong phần nêu trên, hợp phần hóa học của kim loại nền trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế đã được mô tả chi tiết.

Ngay cả khi các nguyên tố chẳng hạn như Pb, Bi, As, B, Se, Mg, Ca, La, và Ce ngoài các nguyên tố được nêu trên được bao gồm là các tạp chất nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 0,0050%, các hiệu quả của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế không bị suy giảm.

Trong trường hợp đo hợp phần hóa học của kim loại nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10, có thể sử dụng các phương pháp đo đã biết khác nhau, và ví dụ, phổ khối lượng plasma cảm ứng (ICP-MS) hoặc tương tự có thể được sử dụng một cách thích hợp.

Kích thước hạt trung bình của kim loại nền

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 ở trạng thái tinh luyện là từ 10 μ m đến 40 μ m ở thời điểm sau bước ủ cuối cùng (trạng thái ở đó việc ủ lõi không được thực hiện), mà sẽ được mô tả chi tiết sau đây. Vì kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 được tinh luyện nằm trong khoảng từ 10 μ m đến 40 μ m, tỷ lệ của các đường biên hạt trong kim loại nền 11 có thể tăng, và hiện tượng hóa già do biến dạng có thể phát sinh.

Vì kích thước hạt trung bình được tinh luyện thu được nhờ thực hiện việc làm nguội ở tốc độ làm nguội cụ thể sau khi thực hiện việc ủ ở nhiệt độ ủ cụ thể trong thời gian ngâm cụ thể dưới không khí cụ thể ở bước ủ cuối cùng, mà sẽ được mô tả chi tiết sau đây. Kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 có thể được điều khiển nhờ thay đổi các điều kiện xử lý nhiệt ở thời điểm ủ cuối cùng.

Trong trường hợp ở đó kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 sau khi ủ cuối cùng (trạng thái ở đó việc ủ lõi không được thực hiện) là nhỏ hơn 10 μ m, ngay cả khi hàm lượng Si được thiết đặt đến trị số lớn nhất và ủ lõi được thực hiện, tổn hao sắt, là một trong số các tính chất từ quan trọng cần thiết đối với tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, tăng, điều này là không thích hợp.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 sau khi ủ cuối cùng (trạng thái ở đó việc ủ lõi không được thực hiện) vượt quá 40 μm , kích thước hạt trung bình trở nên quá lớn, và kết quả là, độ bền rất tốt và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cần thiết đối với rôto không thể được thu nhận, điều này là không thích hợp. Kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 tốt hơn là nằm trong khoảng từ 15 μm đến 30 μm , và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 20 μm đến 25 μm .

Hơn nữa, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, khi bước ủ lõi được thực hiện khi stato được sản xuất được thực hiện, các hạt của kim loại nền 11 phát triển và kích thước hạt trung bình trở nên thô. Điều này là vì lượng C, Ti, Nb, Zr, và V, là các nguyên tố ngăn chặn sự phát triển của hạt, được kiểm soát để nằm trong khoảng nêu trên. Kích thước hạt trung bình được làm thô của kim loại nền 11 sau khi ủ lõi tốt hơn là 60 μm đến 150 μm nhờ thực hiện việc ủ lõi dưới các điều kiện được định trước. Theo phương án của sáng chế, “ủ lõi” là việc ủ được thực hiện với mục đích tăng cường sự phát triển của hạt của kim loại nền 11.

Các điều kiện định trước của việc bước ủ lõi là các điều kiện được lựa chọn một cách thích hợp từ khoảng nhiệt độ ủ từ 750°C đến 900°C và khoảng thời gian ngâm là từ 10 phút đến 180 phút phụ thuộc vào độ dày tấm của tấm thép kỹ thuật điện, kích thước hạt trước khi ủ lõi, và tương tự. Nhiệt độ ủ thích hợp là từ 775°C đến 850°C, và thời gian ngâm thích hợp là từ 30 phút đến 150 phút. Điểm sương trong không khí ủ có thể được thiết đặt một cách thích hợp theo loại và hiệu suất của lò ủ, nhưng có thể được thiết đặt, ví dụ, nằm trong khoảng từ -40°C đến 20°C. Cụ thể hơn là, ví dụ, việc ủ lõi có thể được thực hiện trong không khí nitơ với điểm sương là -40°C ở nhiệt độ ủ là 800°C trong thời gian ngâm là 120 phút.

Trong trường hợp ở đó kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 sau khi được trải qua việc ủ lõi nhỏ định trước nhỏ hơn 60 μm , ngay cả khi hàm lượng Si được thiết đặt đến trị số lớn nhất, tổn hao sắt, là một trong số các tính chất từ quan trọng cần thiết đối với tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, tăng, điều này là không thích hợp. Ngoài ra, ngay cả khi trong trường hợp ở đó kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 sau khi trải qua việc ủ lõi định trước vượt quá 150 μm , các hạt phát triển quá nhiều, dẫn đến sự tăng tổn hao sắt, điều này là không thích hợp. Kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 sau khi trải qua việc ủ lõi định trước tốt hơn nữa là nằm

trong khoảng từ $65\mu\text{m}$ đến $120\mu\text{m}$, và thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ $70\mu\text{m}$ đến $100\mu\text{m}$.

Như được nêu trên, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 thay đổi lớn khi bước ủ lõi dưới điều kiện định trước được thực hiện. Bằng cách sử dụng các đặc điểm như vậy, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, cả rôto và stato có thể được sản xuất từ một tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và kết quả là, sự giảm hiệu suất có thể được hạn chế.

Fig.2 là lưu đồ thể hiện ví dụ về tiến trình ở trường hợp sản xuất rôto và stato sử dụng tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế.

Như được nêu trên, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, ở trường hợp trong đó bước ủ lõi không được thực hiện, kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 nằm trong khoảng từ $10\mu\text{m}$ đến $40\mu\text{m}$, và các hạt ở trạng thái được tinh luyện. Bằng cách đột lỗ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 thành các dạng của rôto và stato (bước 1), các chi tiết dùng cho việc sản xuất rôto và stato được sản xuất. Sau đó, các chi tiết được sản xuất dùng cho việc sản xuất rôto và các chi tiết dùng cho việc sản xuất stato đều được cán mỏng (bước 2). Ngay cả sau khi bước đột lỗ và bước cán mỏng, kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 trong mỗi trong số các chi tiết được cán mỏng nằm trong khoảng từ $10\mu\text{m}$ đến $40\mu\text{m}$.

Như được thể hiện trên Fig.2, rôto được sản xuất sử dụng các chi tiết được cán mỏng dùng cho việc sản xuất rôto (mà không trải qua việc ủ lõi). Rôto được sản xuất ở trạng thái trong đó kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 được tinh luyện là từ $10\mu\text{m}$ đến $40\mu\text{m}$, và do đó có độ bền rất tốt (ví dụ, độ bền cao như độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa) và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao (lớn hơn hoặc bằng 0,82) cần thiết đối với rôto.

Ngoài ra, như được thể hiện trên Fig.2, bước ủ lõi được thực hiện trên các chi tiết được cán mỏng dùng cho việc sản xuất stato (bước 3), nhờ đó stato được sản xuất. Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, các hạt của kim loại nền 11 phát triển lớn bởi bước ủ lõi, và nằm trong khoảng từ $60\mu\text{m}$ đến $150\mu\text{m}$ như được nêu trên, ví dụ, khi ủ lõi dưới các điều kiện định trước được thực

hiện, sao cho tổn hao sắt rất tốt và mật độ của từ thông có thể được thu nhận.

Kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 như được nêu trên có thể được thu nhận bằng cách ứng dụng, ví dụ, phương pháp cắt của JIS G 0551 “Thép-xác định kích thước hạt bên ngoài bằng cách chụp ảnh tế vi” cho cấu trúc của mặt cắt ngang Z ở trung tâm theo hướng độ dày tấm.

Các tính chất cơ học

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có hợp phần hóa học được nêu trên, và kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 sau khi trải qua việc ủ cuối cùng (trạng thái ở đó việc ủ lõi không được thực hiện) được tinh luyện để nằm trong khoảng từ 10 μ m đến 40 μ m. Kết quả là, độ bền kéo trở thành từ 580MPa đến 700MPa.

Hơn nữa, khi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế được sản xuất, sau khi việc ủ được thực hiện dưới không khí cụ thể ở nhiệt độ ủ cụ thể trong thời gian ngâm cụ thể, việc làm nguội được thực hiện ở tốc độ làm nguội cụ thể. Kết quả là, hiện tượng chảy xảy ra và giới hạn chảy trên và giới hạn chảy dưới được thể hiện.

Theo phương án của sáng chế, giới hạn chảy trên được xác định là điểm mà ở đó ứng suất thể hiện trị số lớn nhất trong vùng biến dạng nhỏ trước độ bền kéo (bên trái từ vị trí thể hiện độ bền kéo), giống điểm A trên Fig.3, giới hạn chảy dưới là điểm mà ở đó trị số ứng suất giảm sau khi đi qua giới hạn chảy trên. Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, khó thu được trị số hằng số như được tìm thấy trong các loại thép khác. Do đó, theo phương án của sáng chế, như được thể hiện bởi điểm B trên Fig.3, giới hạn chảy dưới được xác định là điểm mà ở đó ứng suất thể hiện trị số nhỏ nhất giữa giới hạn chảy trên và điểm thể hiện độ bền kéo.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền lớn hơn hoặc bằng 0,82. Bằng cách khiến cho tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền lớn hơn hoặc bằng 0,82, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế thể hiện các tính chất cơ học cao như rôto. Tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,84, trị

số giới hạn trên của tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền không được giới hạn cụ thể, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền càng lớn càng tốt. Tuy nhiên, giới hạn trên của nó thực tế khoảng 0,90,

Hơn nữa, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, độ lệch ($\Delta\sigma$ trên Fig.3) giữa trị số ứng suất ở giới hạn chảy trên (điểm A trên Fig.3) và trị số ứng suất ở giới hạn chảy dưới (điểm B trên Fig.3) tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 5MPa. Khi $\Delta\sigma$ lớn hơn hoặc bằng 5MPa, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền lớn hơn hoặc bằng 0,82 có thể được thu nhận một cách dễ dàng.

Fig.4 thể hiện ví dụ về các kết quả đo của các đường cong ứng suất biến dạng trong trường hợp ở đó thép có hợp phần hóa học được nêu trên được cố định trong không khí ủ, mà sẽ được mô tả chi tiết sau đây, trong thời gian ngâm là 20 giây và nhiệt độ ủ sau đó được thay đổi đến năm loại.

Trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ được thiết đặt đến 950°C và 1000°C, là các nhiệt độ ủ cuối cùng của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thông thường, kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 trở thành 54 μ m ở trường hợp 950°C và trở thành 77 μ m ở trường hợp 1000°C. Mặt khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ được thiết đặt đến 800°C, 850°C, hoặc 900°C, nằm trong khoảng nhiệt độ ủ cuối cùng theo phương án của sáng chế như được mô tả chi tiết dưới đây, kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 trở thành 16 μ m ở trường hợp 800°C, trở thành 25 μ m ở trường hợp 850°C, và trở thành 37 μ m ở trường hợp 900°C.

Các kết quả đo của các các đường cong ứng suất biến dạng của năm loại tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được thu nhận 10 như được thể hiện trên Fig.4,

Như được thể hiện trên Fig.4, trong các đường cong ứng suất biến dạng của các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế trong đó kích thước hạt trung bình là 16 μ m, 25 μ m, và 37 μ m, hiện tượng chảy trong đó giới hạn chảy trên và giới hạn chảy dưới được quan sát được thể hiện. Mặt khác, các đường cong ứng suất biến dạng của các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trong đó kích thước hạt trung bình là 54 μ m và 77 μ m, không có giới hạn chảy trên và không có giới hạn chảy dưới.

Độ bền kéo và điểm giới hạn chảy như được nêu trên có thể được đo nhờ sản xuất miếng thử nghiệm được xác định trong JIS Z 2201 và sau đó tiến hành thử nghiệm kéo trên đó sử dụng máy đo độ bền kéo.

Độ dày tấm của kim loại nền

Độ dày tấm của kim loại nền 11 (độ dày t trên Fig.1, có thể được xem là độ dày tấm sản phẩm của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10) trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,30mm để làm giảm tổn hao sắt tần số cao. Mặt khác, trong trường hợp ở đó độ dày tấm t của kim loại nền 11 là nhỏ hơn 0,10mm, có khả năng là có thể khó đi qua tấm thép qua đường ủ do độ dày tấm nhỏ. Do đó, độ dày tấm t của kim loại nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,10mm và nhỏ hơn hoặc bằng 0,30mm. Độ dày tấm t của kim loại nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,15mm và nhỏ hơn hoặc bằng 0,25mm.

Các tính chất từ sau khi ủ kết thúc và trước khi ủ lỗi

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, tổn hao sắt W10/800 sau khi ủ cuối cùng (trạng thái ở đó việc ủ lỗi không được thực hiện) là nhỏ hơn hoặc bằng 50W/kg. Tổn hao sắt W10/800 tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 48W/kg, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 45W/kg.

Các tính chất từ sau khi ủ lỗi

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, các hạt của kim loại nền 11 phát triển nhờ thực hiện bước ủ lỗi được định trước như được nêu trên, và tổn hao sắt tốt hơn được thể hiện. Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, tổn hao sắt W10/400 tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 11W/kg. Tổn hao sắt W10/400 tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 10W/kg. Ở đây, các điều kiện của việc bước ủ lỗi có thể là, ví dụ, nhiệt độ ủ là 800°C và thời gian ngâm là 120 phút trong khí nitơ với điểm sương là -40°C.

Các tính chất từ khác nhau của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có thể được đo dựa vào phương pháp Epstein được xác định

trong JIS C 2550 và các phương pháp đo các tính chất từ tấm và dải thép điện bởi máy thử tấm đơn (SST) được xác định trong JIS C 2556.

Lớp cách điện

Quay lại Fig.1, lớp cách điện 13 tốt hơn là được bao gồm trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

Các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được trải qua việc đột lỗ lỗi trống và được cán mỏng để được sử dụng. Do đó, bằng cách bố trí lớp cách điện 13 trên bề mặt của kim loại nền 11, dòng điện xoáy giữa các tấm có thể được làm giảm, và tổn hao dòng điện xoáy là lỗi có thể được làm giảm.

Lớp cách điện 13 của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế không được giới hạn cụ thể miễn là nó được sử dụng như lớp cách điện của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và lớp cách điện có thể đã biết được sử dụng. Các ví dụ về lớp cách điện như vậy bao gồm lớp cách điện đa hợp chủ yếu chứa chất vô cơ và còn chứa chất hữu cơ. Ở đây, lớp cách điện đa hợp là, ví dụ, lớp cách điện chủ yếu chứa ít nhất một trong số chất vô cơ chẳng hạn như cromat kim loại, phosphat kim loại, silic đioxit keo, hợp chất Zr, và hợp chất Ti, và chứa các hạt nhựa hữu cơ tinh được phân tán trong đó. Cụ thể là, từ quan điểm về việc làm giảm tải môi trường trong quá trình sản xuất, mà đang gia tăng trong những năm gần đây, lớp cách điện sử dụng phosphat kim loại, chất gắn kết là Zr hoặc Ti, hoặc cacbonat của nó hoặc muối amoni là vật liệu bắt đầu tốt hơn là được sử dụng.

Lượng kết dính của lớp cách điện 13 như được nêu trên không được giới hạn cụ thể, mà là, ví dụ, tốt hơn là khoảng lớn hơn hoặc bằng 400mg/m^2 và nhỏ hơn hoặc bằng 1200mg/m^2 mỗi phía, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 800mg/m^2 và nhỏ hơn hoặc bằng 1000mg/m^2 . Bằng cách tạo nên lớp cách điện 13 để thu được lượng kết dính nêu trên, khả năng đồng nhất rất tốt có thể được duy trì. Trong trường hợp đo lượng kết dính của lớp cách điện 13, các phương pháp đo đã biết khác nhau có thể được sử dụng, và ví dụ, phương pháp đo độ lệch theo khối lượng trước và sau khi ngâm trong dung dịch natri hydroxit, phương pháp huỳnh quang tia X sử dụng phương pháp đường chuẩn, và tương tự có thể được sử dụng một cách hợp lý.

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng

Sau đây, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế như được nêu trên sẽ được mô tả chi tiết dựa vào Fig.5. Fig.5 là lưu đồ thể hiện ví dụ về dòng phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế.

Theo phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, bước cán nóng, bước ủ tấm được cán nóng, bước tẩy gỉ, bước cán nguội, và bước ủ cuối cùng được thực hiện tuần tự trên thỏi thép có hợp phần hóa học được định trước như được nêu trên. Trong trường hợp ở đó lớp cách điện 13 được tạo nên trên bề mặt của kim loại nền 11, lớp cách điện được tạo nên sau bước ủ được nêu trên. Sau đây, mỗi bước được thực hiện theo phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Bước cán nóng

Theo phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, trước tiên, thỏi (tấm) thép có hợp phần hóa học được nêu trên được gia nhiệt, và việc cán nóng được thực hiện trên thỏi thép được gia nhiệt, nhờ đó tấm được cán nóng (tấm thép cán nóng) được thu nhận (bước S101). Nhiệt độ gia nhiệt của thỏi thép ở thời điểm được trải qua việc cán nóng không được giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 1050°C và nhỏ hơn hoặc bằng 1200°C chẳng hạn. Hơn nữa, độ dày tấm của tấm được cán nóng sau bước cán nóng không được giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được thiết đặt đến khoảng từ 1,5mm đến 3,0mm xét về độ dày tấm cuối cùng của kim loại nền chẳng hạn. Bằng cách cho thỏi thép trải qua việc cán nóng được nêu trên, lớp gỉ chủ yếu chứa oxit Fe được tạo ra trên bề mặt của kim loại nền 11.

Bước ủ tấm được cán nóng

Sau bước cán nóng, bước ủ tấm được cán nóng được thực hiện (bước S103). Ở bước ủ tấm được cán nóng, ví dụ, tốt hơn là điểm sương trong không khí ủ được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng -20°C và nhỏ hơn hoặc bằng 50°C , nhiệt độ ủ được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 850°C và nhỏ hơn hoặc bằng 1100°C , và thời gian ngâm được

thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 10 giây và nhỏ hơn hoặc bằng 150 giây. Thời gian ngâm đề cập đến thời gian mà trong đó nhiệt độ của tấm được cán nóng được trải qua bước ủ tấm được cán nóng nằm trong khoảng nhiệt độ đạt được tối đa $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Việc kiểm soát điểm sương đến nhỏ hơn -20°C gây ra sự tăng chi phí quá mức, điều này là không thích hợp. Mặt khác, trong trường hợp ở đó điểm sương vượt quá 50°C , sự oxy hóa của Fe trong kim loại nền tăng, và độ dày tấm giảm quá mức bởi bước tẩy gỉ tiếp theo, dẫn đến sự suy giảm tính chảy, điều này là không thích hợp. Điểm sương trong không khí ủ tốt hơn là C lớn hơn hoặc bằng -10° và nhỏ hơn hoặc bằng 40°C , và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng -10°C và nhỏ hơn hoặc bằng 20°C .

Trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ nhỏ hơn 850°C , hoặc trong trường hợp ở đó thời gian ngâm nhỏ hơn 10 giây, mật độ của từ thông B50 bị suy giảm, điều này là không thích hợp.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ vượt quá 1100°C , hoặc trong trường hợp ở đó thời gian ngâm vượt quá 150 giây, có khả năng là kim loại nền có thể nứt gãy trong bước cán nguội sau đó, điều này là không thích hợp.

Nhiệt độ ủ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 900°C và nhỏ hơn hoặc bằng 1050°C , và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 950°C và nhỏ hơn hoặc bằng 1050°C . Thời gian ngâm tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 20 giây và nhỏ hơn hoặc bằng 100 giây, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 30 giây và nhỏ hơn hoặc bằng 80 giây.

Hơn nữa, trong quá trình làm nguội trong bước ủ tấm được cán nóng, để thu được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền lớn hơn hoặc bằng 0,82 một cách đáng tin cậy hơn, tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng nhiệt độ từ 800°C đến 500°C tốt hơn là được thiết đặt đến từ 10°C/s đến 100°C/s , và tốt hơn nữa là được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 25°C/s .

Trong trường hợp ở đó tốc độ làm nguội nằm trong khoảng nhiệt độ từ 800°C đến 500°C nhỏ hơn 10°C/s , sự hóa già do biến dạng do dung dịch rắn C không được thu nhận đầy đủ, và giới hạn chảy trên ít có khả năng xảy ra, dẫn đến giảm tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Để đạt được việc làm nguội nhanh chóng với tốc độ làm nguội trung bình là lớn hơn hoặc bằng 10°C/s , điều này có thể thu được bằng cách làm tăng

lượng khí được đưa vào từ giai đoạn tiếp theo, hoặc tương tự.

Mặt khác, từ quan điểm về các tính chất cơ học, tốc độ làm nguội trung bình lên đến nhiệt độ tẩm từ 800°C xuống 500°C tốt hơn là càng cao càng tốt. Tuy nhiên, khi tốc độ làm nguội trung bình quá nhanh, hình dạng của tấm bị suy giảm và khả năng sản xuất và chất lượng của tấm thép bị suy giảm. Do đó, giới hạn trên của nó được thiết đặt đến 100 °C/s.

Bước tẩy gỉ

Sau bước ủ tấm được cán nóng, bước tẩy gỉ được thực hiện (bước S105), sao cho lớp gỉ được tạo ra trên bề mặt của kim loại nền 11 được loại bỏ. Các điều kiện tẩy gỉ chẳng hạn như nồng độ của axit được sử dụng cho việc tẩy gỉ, nồng độ của chất tăng xúc tác được sử dụng trong việc tẩy gỉ, và nhiệt độ của dung dịch tẩy gỉ không được giới hạn cụ thể, và có thể là các điều kiện tẩy gỉ đã biết.

Bước cán nguội

Sau khi tẩy gỉ, việc cán nguội được thực hiện (bước S107).

Trong bước cán nguội, tấm được tẩy gỉ mà từ đó lớp gỉ đã được loại bỏ được cán ở mức giảm cán sao cho độ dày tấm cuối cùng của kim loại nền là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm và nhỏ hơn hoặc bằng 0,30mm. Bằng việc cán nguội, cấu trúc luyện kim của kim loại nền 11 trở thành cấu trúc được cán nguội được thu nhận nhờ việc cán nguội.

Bước ủ cuối cùng

Sau bước cán nguội, bước ủ cuối cùng được thực hiện (ở S109).

Theo phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, bước ủ cuối cùng là bước quan trọng để thu được kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 như được nêu trên và khiến cho hiện tượng chảy xảy ra. Ở bước ủ cuối cùng, không khí ủ được thiết đặt đến không khí ẩm với điểm sương là từ -20°C đến 50°C, nhiệt độ ủ được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 750° C và nhỏ hơn hoặc bằng 900°C, và thời gian ngâm được thiết đặt đến lớn hơn hoặc bằng 10 giây và nhỏ hơn hoặc bằng 100 giây. Thời gian ngâm đề cập đến thời gian mà trong

đó nhiệt độ của tấm thép cán nguội được trải qua bước ủ cuối cùng nằm trong khoảng nhiệt độ đạt được lớn nhất $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Bằng cách thực hiện bước ủ cuối cùng dưới điều kiện ủ được nêu trên và thực hiện việc cán nguội được mô tả sau đây, có thể thu được kích thước hạt trung bình được nêu trên của kim loại nền 11 và khiến cho hiện tượng chảy xảy ra.

Trong trường hợp ở đó điểm sương của không khí ủ nhỏ hơn -20°C , sự phát triển hạt gần lớp bề mặt bị suy giảm ở thời điểm ủ lỗi, dẫn đến tổn hao sắt kém, điều này là không thích hợp. Mặt khác, trong trường hợp ở đó điểm sương của không khí ủ vượt quá 50°C , sự oxy hóa bên trong xảy ra và tổn hao sắt trở nên thấp, điều này là không thích hợp. Trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ nhỏ hơn 750°C , thời gian ủ trở nên quá dài, và khả năng giảm sản xuất tăng, điều này là không thích hợp. Mặt khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ vượt quá 900°C , khó kiểm soát kích thước hạt sau bước ủ cuối cùng, điều này là không thích hợp. Trong trường hợp ở đó thời gian ngâm nhỏ hơn 10 giây, bước ủ cuối cùng không thể được thực hiện một cách đầy đủ và có thể khó tạo ra một cách thích hợp tinh thể hạt trong kim loại nền 11, điều này là không thích hợp. Mặt khác, trong trường hợp ở đó thời gian ngâm vượt quá 100 giây, khả năng mà kích thước hạt trung bình của tinh thể hạt được tạo ra kim loại nền 11 có thể nằm ngoài khoảng được nêu trên tăng, điều này là không thích hợp.

Điểm sương của không khí ủ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng -10°C và nhỏ hơn hoặc bằng 20°C , và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0°C và nhỏ hơn hoặc bằng 10°C . Điện thế oxy (trị số được thu nhận bằng cách phân chia áp suất riêng phần $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$ của H_2O cho áp suất riêng phần P_{H_2} của H_2 : $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{P}_{\text{H}_2}$) của không khí ủ tốt hơn là 0,01 đến 0,30, nghĩa là không khí giảm.

Nhiệt độ ủ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 800°C và C nhỏ hơn hoặc bằng 850° , và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 800°C và nhỏ hơn hoặc bằng 825°C . Thời gian ngâm tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 10 giây và nhỏ hơn hoặc bằng 30 giây.

Để thu được kích thước hạt trung bình của kim loại nền 11 nằm trong khoảng từ $10\mu\text{m}$ đến $40\mu\text{m}$ và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền lớn hơn hoặc bằng 0,82 như được nêu trên một cách đáng tin cậy hơn nữa, tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng nhiệt độ tấm từ 750°C đến 600°C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 25°C/s , nhờ đó

việc làm nguội nhanh được thực hiện. Tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 400°C đến 100°C tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 20°C/s ở thời điểm bất kỳ trong khoảng này, nhờ đó việc làm nguội chậm cũng được thực hiện.

Trong trường hợp ở đó tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 750°C đến 600°C là nhỏ hơn 25°C/s, tốc độ làm nguội trở nên quá chậm, các hạt của kim loại nền 11 không thể được tinh chế một cách đầy đủ, và có khả năng là kích thước hạt trung bình nằm trong khoảng từ 10µm đến 40µm như được nêu trên không thể được thu nhận. Hơn nữa, trong trường hợp ở đó tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 750°C đến 600°C nhỏ hơn 25°C/s, sự kết tủa của các cacbit chẳng hạn như TiC xảy ra trong quá trình làm nguội, và dung dịch rắn C được làm giảm, sao cho sự hóa già do biến dạng do dung dịch rắn C không được thu nhận một cách đầy đủ, và giới hạn chảy trên ít có khả năng xảy ra, dẫn đến sự giảm tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Mặt khác, giới hạn trên của tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 750°C đến 600°C không được giới hạn cụ thể, nhưng trong thực tế, giới hạn trên là khoảng 100 °C/s. Tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 750°C đến 600°C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 30°C/s và nhỏ hơn hoặc bằng 60°C/s.

Ngoài ra, bằng cách thực hiện việc cán nguội chậm (bao gồm trường hợp trong đó tốc độ làm nguội tức thời là nhỏ hơn hoặc bằng 20°C/s) với tốc độ làm nguội là nhỏ hơn hoặc bằng 20°C/s ít nhất trong khoảng nhiệt độ riêng phần trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 400°C xuống 100°C, sự hóa già do biến dạng do dung dịch rắn C tăng lên và giới hạn chảy trên có nhiều khả năng xảy ra. Tốt hơn nữa là tẩm thép được giữ lại trong khoảng nhiệt độ từ 400°C đến 100°C trong thời gian lớn hơn hoặc bằng 16 giây bằng cách thực hiện việc làm nguội chậm ít nhất trong khoảng nhiệt độ riêng phần.

Ở bước ử cuối cùng, tốc độ gia nhiệt trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 750°C đến 900°C là, ví dụ, tốt hơn là được thiết đặt đến từ 20°C/s đến 1000°C/s. Bằng cách thiết đặt tốc độ gia nhiệt đến lớn hơn hoặc bằng 20°C/s, các tính chất từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thể còn được nâng cao. Mặt khác, ngay cả khi tốc độ gia nhiệt tăng đến lớn hơn 1000°C/s, hiệu quả nâng cao các tính chất từ bị bão hòa. Tốc độ gia nhiệt trong khoảng nhiệt độ tẩm từ 750°C đến 900°C trong bước ử cuối cùng tốt hơn nữa là từ 50°C/s đến 200°C/s.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có thể được sản xuất qua các bước được nêu tên.

Bước tạo nên lớp cách điện

Sau bước ủ cuối cùng được nêu trên, bước tạo nên lớp cách điện được thực hiện khi cần thiết (bước S111). Ở đây, bước tạo nên lớp cách điện không được giới hạn cụ thể, và việc sơn phủ và làm khô dung dịch xử lý có thể được thực hiện bởi phương pháp đã biết sử dụng dung dịch lớp cách điện đã biết như được nêu trên.

Bề mặt của của kim loại nền mà trên đó lớp cách điện được tạo nên có thể trải qua việc tiền xử lý bất kỳ chẳng hạn như việc xử lý tẩy nhòn với kiềm hoặc tương tự, hoặc xử lý tẩy gỉ với axit hydrocloric, axit sulfuric, axit phosphoric, hoặc tương tự trước khi phủ dung dịch xử lý, hoặc có thể là chính bề mặt sau bước ủ cuối cùng mà không được trải qua các bước tiền xử lý này.

Trong phần nêu trên, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế đã được mô tả chi tiết dựa vào Fig.5.

Phương pháp sản xuất lõi động cơ

Sau đây, phương pháp sản xuất lõi động cơ (rôto/stato) sử dụng tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế như được nêu trên sẽ được mô tả dựa vào Fig.2 lần nữa.

Theo phương pháp sản xuất lõi động cơ được thu nhận từ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, trước tiên, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế được đột lỗ thành dạng lõi (dạng rôto/dạng stato) (bước 1), mỗi trong số các chi tiết được thu nhận được cán mỏng (bước 2), và dạng lõi động cơ mong muốn (nghĩa là, dạng rôto mong muốn và dạng stato mong muốn) được tạo nên. Vì tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được đột lỗ thành dạng lõi được cán mỏng, điều quan trọng là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 được sử dụng dùng cho việc sản xuất lõi động cơ có lớp cách điện 13 được tạo nên trên bề mặt của kim loại nền 11.

Sau đây, việc ủ (ủ lõi) được thực hiện trên tấm thép kỹ thuật điện không định

hướng được cán mỏng dưới dạng stato mong muốn (bước 3). Bước ủ lõi tốt hơn là được thực hiện trong không khí chứa lớn hơn hoặc bằng 70% nitơ theo thể tích. Hơn nữa, nhiệt độ ủ của bước ủ lõi tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 750° C và nhỏ hơn hoặc bằng 900°C. Bằng cách thực hiện bước ủ lõi dưới các điều kiện ủ được nêu trên, sự phát triển hạt tăng lên từ cấu trúc được kết tinh lại có mặt trong kim loại nền 11 của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10. Kết quả là, stato thể hiện các tính chất từ mong muốn được thu nhận.

Trong trường hợp ở đó tỷ lệ của nitơ trong không khí nhỏ hơn 70% theo thể tích, chi phí của bước ủ lõi tăng, điều này là không thích hợp. Tỷ lệ của nitơ trong không khí tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 80% theo thể tích, thậm chí tốt hơn nữa là từ 90% theo thể tích đến 100% theo thể tích và đặc biệt tốt hơn nữa là từ 97% theo thể tích đến 100% theo thể tích. Khí ngoài nitơ không được giới hạn cụ thể, nhưng thông thường, việc làm giảm khí hỗn hợp bao gồm hydro, cacbon đioxit, cacbon monoxit, hơi nước, metan, và tương tự có thể được sử dụng. Để thu nhận các khí này, phương pháp đốt cháy khí propan hoặc khí tự nhiên thường được sử dụng.

Trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ của bước ủ lõi nhỏ hơn 750°C, sự phát triển hạt đầy đủ không thể được thu nhận, điều này là không thích hợp. Mặt khác, trong trường hợp ở đó nhiệt độ ủ của bước ủ lõi vượt quá 900°C, sự phát triển hạt của cấu trúc được kết tinh tăng lên quá nhiều và tổn hao dòng điện xoáy tăng trong khi tổn hao trính trễ giảm, dẫn đến tăng tổn hao sắt tổng, điều này là không thích hợp. Nhiệt độ ủ của bước ủ lõi tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 775°C và nhỏ hơn hoặc bằng 850°C.

Thời gian ngâm mà trong đó bước ủ lõi được thực hiện có thể được thiết đặt một cách thích hợp theo nhiệt độ ủ được nêu trên, nhưng có thể được thiết đặt đến từ 10 phút đến 180 phút chẳng hạn. Trong trường hợp ở đó thời gian ngâm nhỏ hơn 10 phút, sự phát triển hạt có thể không được thu nhận một cách đầy đủ. Mặt khác, trong trường hợp ở đó thời gian ngâm vượt quá 180 phút, thời gian ủ quá dài, và có khả năng cao là suy giảm khả năng sản xuất. Thời gian ngâm tốt hơn nữa là từ 30 phút đến 150 phút.

Tốc độ gia nhiệt trong khoảng nhiệt độ từ 500°C đến 750°C ở bước ủ lõi tốt hơn là được thiết đặt đến từ 50°C/Hr đến 300°C/Hr. Bằng cách thiết đặt tốc độ gia nhiệt đến từ 50°C/Hr đến 300°C/Hr, các đặc tính khác của stato có thể còn được nâng cao,

và ngay cả khi tốc độ gia nhiệt tăng đến lớn hơn $300^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$, hiệu quả làm tăng các đặc tính khác bị bão hòa. Tốc độ gia nhiệt trong khoảng nhiệt độ từ 500°C đến 750°C ở bước ủ lỗi tốt hơn nữa là từ $80^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$ đến $150^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$.

Tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 750°C đến 500°C tốt hơn là được thiết đặt đến từ $50^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$ đến $500^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$. Bằng cách thiết đặt tốc độ làm nguội đến lớn hơn hoặc bằng $50^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$, các đặc tính khác nhau của stato có thể còn được nâng cao. Mặt khác, ngay cả khi tốc độ làm nguội được thiết đặt đến vượt quá $500^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$, việc làm nguội không đồng đều xảy ra và khiến cho sự xuất hiện biến dạng do ứng suất nhiệt, sao cho có khả năng là sự suy giảm tổn hao sắt có thể xảy ra. Tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 750°C đến 500°C trong bước ủ lỗi tốt hơn nữa là $80^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$ đến $200^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$.

Lỗi động cơ có thể được sản xuất qua các bước được mô tả sau đây.

Như được mô tả trên đây, phương pháp sản xuất lỗi động cơ theo phương án của sáng chế đã được mô tả một cách vắn tắt.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các ví dụ và các ví dụ so sánh. Các ví dụ được mô tả dưới đây chỉ là các ví dụ về tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế, và tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế không được giới hạn ở các ví dụ sau đây.

Sau khi gia nhiệt tấm có hợp phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 dưới đây đến 1150°C , tấm được trải qua việc cán nóng đến độ dày tấm cuối cùng là 2,0mm ở nhiệt độ kết thúc là 850°C , và được uốn ở 650°C , nhờ đó thu được tấm được cán nóng.

Tấm được cán nóng thu được được trải qua việc ủ tấm được cán nóng trong không khí với điểm sương là 10°C trong $1000^{\circ}\text{C} \times 50$ giây. Tốc độ làm nguội trung bình từ 800°C đến 500°C sau bước ủ tấm được cán nóng là $7,0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ đối với ví dụ số 6, và $35^{\circ}\text{C}/\text{s}$ đối với các ví dụ còn lại. Sau khi việc ủ tấm được cán nóng, lớp gỉ trên bề mặt được loại bỏ bằng cách tẩy gỉ.

Tấm được tẩy gỉ thu được (tấm được cán nóng sau khi tẩy gỉ) được trải qua việc

cán nguội, nhờ đó tấm thép cán nguội với độ dày 0,25mm được thu nhận. Hơn nữa, việc ủ được thực hiện trên đó trong không khí được phối trộn gồm 10% hydro và 90% nitơ với điểm sương là 0°C bằng cách thay đổi các điều kiện ủ (nhiệt độ ủ và thời gian ngâm) cuối để thu được kích thước hạt trung bình như được thể hiện trong các bảng 2A và 2B dưới đây. Cụ thể là, trong trường hợp thực hiện việc kiểm soát để làm tăng kích thước hạt trung bình, nhiệt độ ủ cuối cùng tăng và/hoặc thời gian ngâm tăng. Trong trường hợp thực hiện việc điều khiển để làm giảm kích thước hạt trung bình, điều ngược lại được áp dụng.

Tốc độ gia nhiệt đối với khoảng nhiệt độ từ 750°C đến 900°C trong bước ủ cuối cùng là 100°C/s. Hơn nữa, tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 750°C đến 600°C sau khi ủ cuối cùng là 10°C/s chỉ đối với các ví dụ số 7 và 13, và 35°C/s đối với các ví dụ khác.

Trị số nhỏ nhất của tốc độ làm nguội từ 400°C đến 100°C trong bước ủ cuối cùng như được thể hiện trong các bảng 2A và 2B. Trong các ví dụ theo sáng chế, trị số nhỏ nhất của của tốc độ làm nguội từ 400°C đến 100°C là nhỏ hơn hoặc bằng 20°C/s, và thời gian lưu giữa 400°C đến 100°C là lớn hơn hoặc bằng 16 giây.

Sau đó, lớp cách điện được phủ lên trên đó, nhờ đó tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được thu nhận. Lớp cách điện được tạo nên bằng cách phủ lớp cách điện chứa nhôm phosphat và nhũ tương nhựa copolyme acrylic-styren có kích thước hạt là 0,2µm để đạt được lượng kết dính được định trước, và sấy lớp cách điện trong không khí ở 350°C.

Phần tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được thu nhận được trải qua việc ủ (được gọi đơn giản là “việc ủ” theo ví dụ thí nghiệm này vì quy trình xử lý không được thực hiện trên lõi, nhưng tương ứng với việc ủ lõi, sau đây, được gọi là “ủ lõi giả”) trong 800°C × 120 phút trong khí nitơ với điểm sương là -40°C (phần khí nitơ là lớn hơn hoặc bằng 99,9% thể tích).

Tốc độ gia nhiệt và tốc độ làm nguội từ lớn hơn hoặc bằng 500°C và nhỏ hơn hoặc bằng 700°C trong bước ủ lõi giả lần lượt là 100°C/Hr và 100°C/Hr.

Bảng 1

(đơn vị: % theo khối lượng, phần còn lại bao gồm Fe và tạp chất)

Loại thép	C	Si	Mn	Al	Ni	Cu	P	S	Ti	Nb	Zr	V	Mo	Sn	Sb	N	O	C × (Ti+Nb+Zr+V)
A	0,0028	3,7	0,9	0,30	0,03	0,06	0,01	0,0008	0,0011	tr.	tr.	tr.	0,011	0,01	tr.	0,0014	0,0017	0,000003
B	0,0035	3,6	0,6	0,20	0,06	0,03	0,03	0,0011	0,0008	0,0005	0,0004	0,0002	0,001	0,01	0,01	0,0022	0,0018	0,000007
C	0,0027	3,6	0,8	0,40	0,05	0,06	0,02	0,0016	0,0028	0,0025	0,0013	0,0021	0,018	0,01	tr.	0,0018	0,0021	0,000023
D	0,0011	3,5	0,9	0,30	0,04	0,05	0,01	0,0018	0,0019	tr.	tr.	0,0008	0,021	0,01	tr.	0,0027	0,0023	0,000003
E	0,0022	3,6	0,6	0,65	0,01	0,07	0,01	0,0009	0,0016	0,0006	0,0005	0,0011	0,002	tr.	0,01	0,0021	0,0016	0,000008
F	0,0016	3,8	0,6	0,40	0,05	0,07	0,01	0,0016	0,0014	0,0047	0,0006	tr.	0,013	0,01	tr.	0,0022	0,0022	0,000011
G	0,0018	4,1	0,5	0,001	0,03	0,05	0,01	0,0028	0,0015	0,0004	tr.	0,0005	0,012	0,03	tr.	0,0016	0,0024	0,000004
H	0,0023	3,6	1,6	0,30	0,05	0,05	0,01	0,0009	0,0007	0,0011	0,0004	0,0006	0,0013	0,01	tr.	0,0028	0,0031	0,000006
I	0,0027	3,5	0,7	0,30	0,07	0,06	0,08	0,0013	0,0011	0,0016	tr.	0,0003	0,012	0,01	tr.	0,0023	0,0017	0,000008
J	0,0024	3,6	0,5	0,30	0,06	0,07	0,01	0,0011	0,0014	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	0,0024	0,0022	0,000003
K	0,0016	4,2	0,5	0,20	0,03	0,04	0,01	0,0005	0,0007	tr.	0,0007	tr.	0,011	0,01	tr.	0,0013	0,0016	0,000002

Đối với tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trước và sau khi ủ lỗi giả, kích thước hạt trung bình của kim loại nền được đo bằng cách quan sát cấu trúc của mặt cắt ngang Z của phần giữa độ dày theo phương pháp cắt của JIS G 0551 “Thép-xác định kích thước hạt bên ngoài bằng ảnh tế vi”. Ngoài ra, đối với tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trước và sau khi ủ lỗi giả, các mẫu thử nghiệm Epstein được tạo thành theo hướng cán và chiều rộng, và các tính chất từ (tổn hao sắt W10/800 sau khi ủ cuối cùng và trước khi ủ lỗi giả và tổn hao sắt W10/400 sau khi ủ lỗi giả) được đánh giá bởi thử nghiệm Epstein theo JIS C 2550.

Hơn nữa, các miếng thử nghiệm kéo được thực hiện theo hướng cán theo JIS Z 2241 từ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng sau khi ủ cuối cùng và trước khi ủ lỗi giả, và bằng cách tiến hành thử nghiệm kéo, điểm giới hạn chảy, độ bền kéo (TS), và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền được đo. Các đặc tính khác nhau được đo như được nêu trên được tóm tắt trong các bảng 2A và 2B dưới đây.

Bảng 2A

Số	Loại thép	Việc ủ cuối cùng	Sau bước ủ cuối cùng					Sau bước ủ lõi giả		Lưu ý
		Trị số nhỏ nhất của tốc độ làm nguội trong khoảng từ 400°C đến 100°C (°C/s)	Kích thước hạt trung bình (μm)	W10/800 (W/Kg)	Giới hạn chảy trên – giới hạn chảy dưới (MPa)	TS (MPa)	Tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền	Kích thước hạt trung bình (μm)	W10/400 (W/Kg)	
1	A	14	9	54	16	682	0,87	75	10,3	Ví dụ so sánh
2		18	18	40	14	641	0,85	83	10,0	Ví dụ theo sáng chế
3		41	19	39	4	638	<u>0,81</u>	85	10,0	Ví dụ so sánh
4		11	29	35	14	620	0,84	88	9,9	Ví dụ theo sáng chế
5		25	31	35	3	618	<u>0,80</u>	84	10,0	Ví dụ so sánh
6		13	33	35	4	615	<u>0,81</u>	85	10,0	Ví dụ so sánh
7		11	34	35	3	614	<u>0,80</u>	84	10,0	Ví dụ so sánh
8		9	42	34	4	607	<u>0,81</u>	76	10,2	Ví dụ so sánh
9		16	70	32	0	592	<u>0,79</u>	72	10,6	Ví dụ so sánh
10		13	94	32	0	586	<u>0,78</u>	97	10,4	Ví dụ so sánh
11	B	17	16	44	15	631	0,86	73	10,7	Ví dụ theo sáng chế
12		8	24	37	16	612	0,86	84	10,4	Ví dụ theo sáng chế
13		12	30	37	4	603	<u>0,81</u>	80	10,2	Ví dụ so sánh
14		36	33	36	4	599	<u>0,81</u>	76	10,6	Ví dụ so sánh
15		18	38	35	7	594	0,83	62	10,8	Ví dụ theo sáng chế
16		9	57	33	3	582	<u>0,79</u>	59	11,1	Ví dụ so sánh
17		13	83	32	0	572	<u>0,78</u>	88	10,7	Ví dụ so sánh
18	C	12	21	43	19	628	0,88	54	12,2	Ví dụ theo sáng chế
19	D	13	16	42	4	625	<u>0,81</u>	86	10,0	Ví dụ so sánh
20		15	23	36	3	608	<u>0,80</u>	92	9,9	Ví dụ so sánh
21		16	46	33	1	582	<u>0,79</u>	97	9,9	Ví dụ so sánh
22		13	66	32	0	572	<u>0,77</u>	73	10,2	Ví dụ so sánh
23		16	87	32	0	565	<u>0,77</u>	92	10,1	Ví dụ so sánh
24	E	16	16	43	14	647	0,85	64	11,5	Ví dụ theo sáng chế
25		12	24	36	14	628	0,84	68	11,3	Ví dụ theo sáng chế
26		9	42	34	4	607	<u>0,80</u>	66	11,5	Ví dụ so sánh
27		9	84	32	0	588	<u>0,78</u>	86	12,2	Ví dụ so sánh

Bảng 2B

Số	Loại thép	Việc ủ kết thúc	Sau bước ủ cuối cùng					Sau bước ủ lõi giá		Lưu ý
		Trị số nhỏ nhất của tốc độ làm nguội in 400°C đến 100°C (°C/s)	Kích thước hạt trung bình (μm)	W1 0/800 (W/Kg)	Giới hạn chảy trên – giới hạn chảy dưới (MPa)	TS (MPa)	Tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền	Kích thước hạt trung bình (μm)	W10/400 (W/Kg)	
28	F	11	17	44	14	653	0,85	45	12,4	Ví dụ theo sáng chế
29		19	<u>49</u>	35	0	611	<u>0,79</u>	57	12,1	Ví dụ so sánh
30		16	<u>77</u>	34	0	599	<u>0,79</u>	78	11,5	Ví dụ so sánh
31	G	10	16	42	16	668	0,86	75	10,2	Ví dụ theo sáng chế
32		12	26	35	15	645	0,85	82	10,0	Ví dụ theo sáng chế
33		34	32	34	3	637	<u>0,81</u>	80	10,2	Ví dụ so sánh
34		8	36	34	9	633	0,82	76	10,4	Ví dụ theo sáng chế
35		19	<u>72</u>	31	0	612	<u>0,79</u>	75	10,6	Ví dụ so sánh
36	H	12	13	45	17	662	0,85	88	9,7	Ví dụ theo sáng chế
37		13	29	35	16	624	0,84	93	9,6	Ví dụ theo sáng chế
38		9	<u>60</u>	31	0	600	<u>0,78</u>	72	10,1	Ví dụ so sánh
39	I	13	14	48	16	648	0,84	81	10,5	Ví dụ theo sáng chế
40		14	22	38	15	626	0,85	95	10,3	Ví dụ theo sáng chế
41		13	38	35	6	605	0,82	76	10,7	Ví dụ theo sáng chế
42		53	38	35	2	606	<u>0,81</u>	78	10,7	Ví dụ so sánh
43		8	<u>67</u>	33	0	588	<u>0,80</u>	69	10,4	Ví dụ so sánh
44		17	<u>94</u>	33	0	<u>580</u>	<u>0,79</u>	95	10,2	Ví dụ so sánh
45	J	14	11	49	15	648	0,85	83	10,0	Ví dụ theo sáng chế
46		11	17	42	15	624	0,85	88	9,9	Ví dụ theo sáng chế
47		11	39	34	6	589	0,84	94	9,8	Ví dụ theo sáng chế
48		10	<u>56</u>	33	1	<u>578</u>	<u>0,80</u>	76	10,4	Ví dụ so sánh
49		15	<u>76</u>	32	0	<u>570</u>	<u>0,79</u>	81	10,2	Ví dụ so sánh
50	K	16	18	40	16	683	0,85	76	9,8	Ví dụ theo sáng chế
51		15	31	34	12	659	0,83	93	9,7	Ví dụ theo sáng chế
52		42	37	33	1	653	<u>0,80</u>	80	9,9	Ví dụ so sánh
53		16	<u>59</u>	32	3	639	<u>0,80</u>	71	10,1	Ví dụ so sánh
54		10	<u>73</u>	31	0	633	<u>0,79</u>	74	10,7	Ví dụ so sánh

Như được thể hiện rõ ràng từ bảng 2A và 2B nêu trên, theo các ví dụ sáng chế số 2, 4, 11, 12, 15, 18, 24, 25, 28, 31, 32, 34, 36, 37, 39 đến 41, 45 đến 47, 50, và 51, vì hợp phần và các điều kiện ủ cuối cùng được điều khiển một cách thích hợp, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao như lớn hơn hoặc bằng 0,82 được thu nhận. Ngoài ra, mỗi trong số giới hạn chảy trên và giới hạn chảy dưới xảy ra, và độ lệch giữa giới hạn chảy trên và giới hạn chảy dưới trở nên lớn hơn hoặc bằng 5MPa.

Tuy nhiên, theo ví dụ số 18, vì trị số của " $C \times (Ti + Nb + Zr + V)$ " của loại thép C được sử dụng vượt quá 0,000010, mặc dù các đặc tính khác của việc ủ lỗi giả là rất tốt, kích thước hạt trung bình sau khi ủ lỗi giả nhỏ, và tổn hao sắt W10/400, là các đặc tính được ưu tiên do sự tạo nên các cacbit, vượt quá 11W/kg.

Ngoài ra, theo các ví dụ số 24 và 25, vì hàm lượng Al vượt quá 0,50%, Ti không được cố định như nitrit, và kết quả là, các cacbit tăng, sao cho tổn hao sắt W10/400 sau khi ủ lỗi giả vượt quá 11W/kg.

Theo ví dụ số 28, vì hàm lượng Nb vượt quá 0,0030% theo khối lượng, tổn hao sắt W10/400 vượt quá 11W/kg do sự tạo nên các cacbit.

Theo các ví dụ khác của sáng chế, các kết quả tốt của các tính chất từ sau bước ủ lỗi giả cũng được thu nhận.

Mặt khác, ví dụ số 1, vì kích thước hạt trung bình sau khi ủ cuối cùng nhỏ hơn 10 μ m, tổn hao sắt W10/800 sau khi ủ cuối cùng vượt quá 50W/kg.

Theo các ví dụ số 8 đến 10, 16, 17, 26, 27, 29, 30, 35, 38, 43, 44, 48, 49, 53, và 54, vì kích thước hạt trung bình sau khi ủ cuối cùng nhỏ hơn 40 μ m do ảnh hưởng của nhiệt độ ủ cuối cùng và tương tự, giới hạn chảy trên không xuất hiện một cách rõ ràng và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền giảm.

Theo các ví dụ số 3, 5, 14, 42, và 52, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền nhỏ hơn 0,82. Trong các thép này, kích thước hạt sau khi ủ cuối cùng là nhỏ hơn hoặc bằng 40 μ m, nhưng giới hạn chảy trên - giới hạn chảy dưới nhỏ. Cần xem xét rằng việc làm nguội nhanh ở lớn hơn hoặc bằng 20°C/s được thực hiện trong suốt quá trình làm nguội từ 400°C xuống 100°C của bước ủ cuối cùng và do đó hiệu quả hóa già bởi

cacbon không được thể hiện một cách đầy đủ.

Theo ví dụ số 6, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền là nhỏ hơn 0,82. Cần xem xét rằng trong thép này, vì tốc độ làm nguội trung bình từ 800°C xuống 500°C sau việc ủ tấm được cán nóng nhỏ hơn tốc độ làm nguội trung bình của các loại thép còn lại, cacbon dung dịch rắn được kết tủa là các cacbit trong khoảng thời gian này, và cacbon dung dịch rắn góp phần vào sự hóa già do biến dạng đã biến mất sau khi kết tinh lại sau bước ủ cuối cùng.

Theo các ví dụ số 7 và 13, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền là nhỏ hơn 0,82. Cần xem xét rằng trong các thép này, tốc độ làm nguội từ 750°C đến 600°C trong bước ủ cuối cùng nhỏ hơn tốc độ làm nguội của các thép khác, và các cacbit bắt đầu kết tủa ở nhiệt độ cao và gây ra sự hóa già, dẫn đến làm giảm giới hạn chảy trên.

Theo các ví dụ số từ 19 đến 23, vì hàm lượng C của loại thép D được sử dụng là nhỏ, giới hạn chảy trên không được tạo ra một cách dễ dàng, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp.

Trong khi các phương án ưu tiên của sáng chế đã được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo, sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Rõ ràng là người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực mà ở đó sáng chế thuộc về có thể hiểu các thay đổi và các cải biến nằm trong phạm vi được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ, và hiểu rằng chúng sẽ hiển nhiên nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể thu nhận tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trong đó chi phí sản xuất được hạn chế và các tính chất cơ học và các tính chất từ sau khi ủ lỗi tốt hơn. Do đó, thu được khả năng áp dụng công nghiệp cao.

Danh mục số chỉ dẫn

10: tấm thép kỹ thuật điện không định hướng

11: kim loại nền

13: lớp cách điện

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bao gồm các thành phần hóa học sau đây, tính theo % khối lượng:

C: 0,0015% đến 0,0040%;

Si: 3,5% đến 4,5%;

Al: nhỏ hơn hoặc bằng 0,65%;

Mn: 0,2% đến 2,0%;

Sn: 0% đến 0,20%;

Sb: 0% đến 0,20%;

P: 0,005% đến 0,150%;

S: 0,0001% đến 0,0030%;

Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%;

Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%;

Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%;

Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%;

V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%;

N: 0,0010% đến 0,0030%;

O: 0,0010% đến 0,0500%;

Cu: nhỏ hơn 0,10%;

Ni: nhỏ hơn 0,50%; và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất,

trong đó độ dày tấm sản phẩm là từ 0,10mm đến 0,30mm,

kích thước hạt trung bình là từ 10µm đến 40µm,

tổn hao sắt W10/800 là nhỏ hơn hoặc bằng 50W/kg,

độ bền kéo là từ 580MPa đến 700MPa, và

tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền là lớn hơn hoặc bằng 0,82.

2. Tầm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1,

trong đó các lượng C, Ti, Nb, Zr, và V thỏa mãn các điều kiện được thể hiện bởi công thức (1),

$$[C] \times ([Ti] + [Nb] + [Zr] + [V]) < 0,000010...(1)$$

trong đó ký hiệu [X] trong công thức (1) biểu diễn lượng của nguyên tố X (đơn vị:% theo khối lượng).

3. Tầm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó kích thước hạt trung bình là từ 60µm đến 150µm và tổn hao sắt W10/400 là nhỏ hơn hoặc bằng 11W/kg, khi bước ủ được thực hiện dưới các điều kiện ủ nằm trong khoảng nhiệt độ ủ lớn hơn hoặc bằng 750° C và nhỏ hơn hoặc bằng 900°C và thời gian ngâm là từ 10 phút đến 180 phút.

4. Tầm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có giới hạn chảy trên và giới hạn chảy dưới, và

giới hạn chảy trên cao hơn so với giới hạn chảy dưới là lớn hơn hoặc bằng 5MPa.

5. Tầm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, tấm thép này bao gồm các thành phần hóa học sau đây, tính theo % khối lượng:

bất kỳ một hoặc cả hai trong số:

Sn: 0,01% đến 0,20%, và

Sb: 0,01% đến 0,20%.

6. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó tấm thép này còn bao gồm:

lớp cách điện trên bề mặt của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

FIG. 1

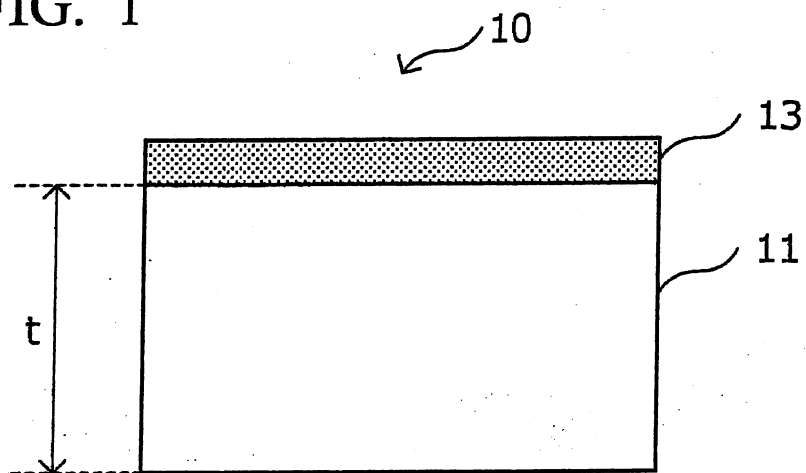


FIG. 2

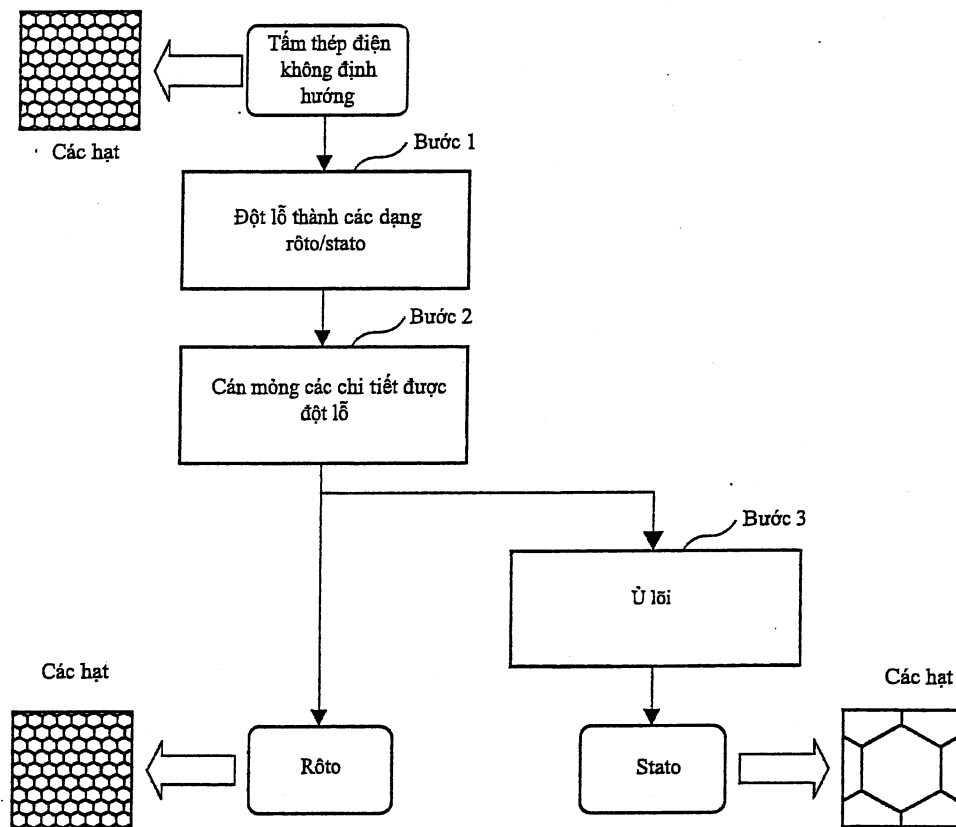


FIG. 3

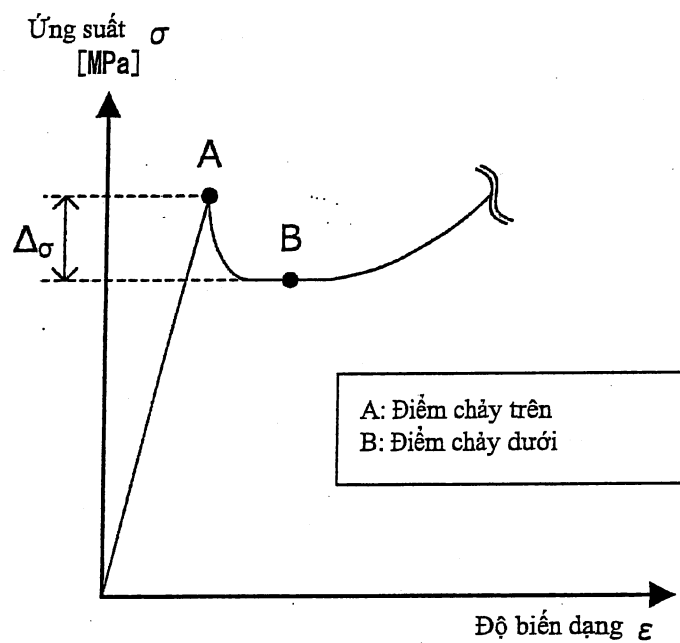


FIG. 4

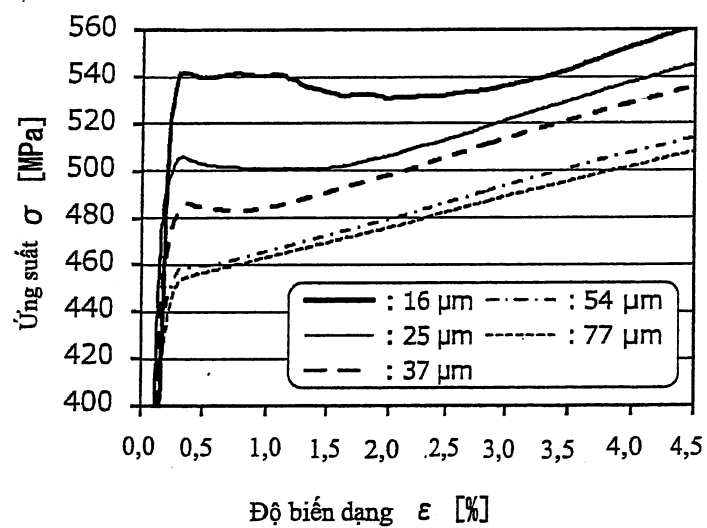


FIG. 5

