



(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)



1-0036388

(51)⁷ C22C 38/00; C21D 9/00; C22C 38/60; (13) B
C21D 8/12; C21D 9/46

(21) 1-2019-00316

(22) 02/08/2017

(86) PCT/JP2017/028144 02/08/2017

(87) WO 2018/025941 A1 08/02/2018

(30) 2016-154206 05/08/2016 JP

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/07/2019 376A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) NATORI, Yoshiaki (JP); YASHIKI, Hiroyoshi (JP); TAKAHASHI, Masaru (JP);
TAKEDA, Kazutoshi (JP); MATSUMOTO, Takuya (JP).

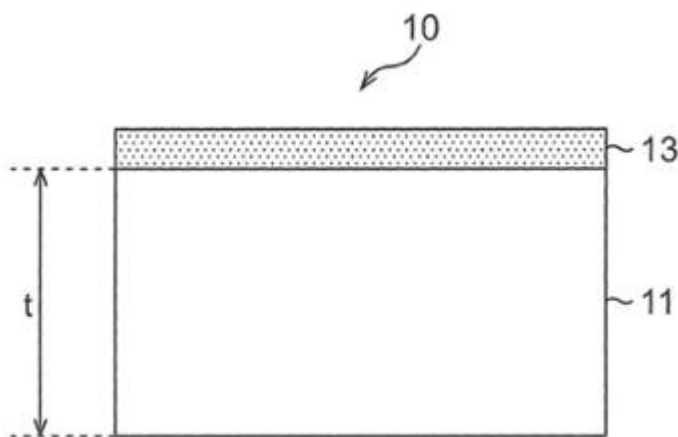
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG, VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT LỖI ĐỘNG CƠ

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thành phần hóa học đã xác định, và khi trị số trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 2 μm được đặt là $[\text{Mn}_2]$, và nồng độ Mn tại vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, sắt nền đáp ứng biểu thức 1 dưới đây.

$$0,1 \leq [\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 1})$$

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép này và phương pháp sản xuất lõi động cơ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và phương pháp sản xuất lõi động cơ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các vấn đề về môi trường toàn cầu đang thu hút sự quan tâm, và yêu cầu về nỗ lực tiết kiệm năng lượng đang ngày càng tăng lên. Cụ thể, hiệu suất cao của thiết bị điện được yêu cầu quyết liệt trong những năm gần đây. Do đó, yêu cầu cải thiện các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng mà được sử dụng rộng rãi làm vật liệu của lõi sắt trong động cơ, hoặc máy biến áp hoặc tương tự, đang tiếp tục tăng lên. Xu hướng này đặc biệt đáng chú ý ở động cơ dùng cho xe điện hoặc xe lai, và động cơ dùng cho máy nén khí trong đó hiệu suất cao của các động cơ phát triển.

Lõi động cơ của các động cơ khác nhau như được mô tả ở trên được tạo ra từ stato là bộ phận không chuyển động và rôto là bộ phận quay. Khi sản xuất lõi động cơ như vậy, các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được đột dập theo hình dạng của lõi động cơ và được xếp chồng, và sau đó tiến hành ủ trong lõi (ủ để khử ứng suất). Ủ trong lõi thường được tiến hành trong khí quyển chứa nitơ, điều mà gây ra vấn đề là các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bị nitro hóa khi tiến hành ủ trong lõi, và sự tổn hao do lõi giảm.

Thông thường, các đề xuất khác nhau được đưa ra nhằm mục đích ngăn chặn sự giảm tổn hao do lõi (các tài liệu sáng chế 1 đến 3). Tuy nhiên, theo các kỹ thuật thông thường, thì khó ngăn chặn được một cách triệt để sự giảm tổn hao do lõi do sự thấm nitơ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật số 10-183310

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn sáng chế Nhật số 2003-293101

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn sáng chế Nhật số 2014-196559

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng và phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng này trong đó sự giảm tổn hao do lõi theo sự thấm nitơ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng khi tiến hành ủ để khử ứng suất được ngăn chặn triệt để, và phương pháp sản xuất lõi động cơ sử dụng tấm thép kỹ thuật điện không định hướng với sự tổn hao do lõi ít.

Phương pháp giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã nghiêm túc tiến hành các nghiên cứu để giải quyết các vấn đề nói trên. Kết quả của việc này là, sự giảm tổn hao do lõi do sự thấm nitơ của tấm thép được làm sáng tỏ là do khi N được thấm vào tấm thép do sự thấm nitơ và Mn trong thép được liên kết để tạo ra chất kết tủa ba nguyên tố gồm (Si, Mn)N, và chất kết tủa này kìm hãm sự dịch chuyển vách đômen. Hơn nữa, nhận thấy là nếu Mn liên kết với N không tồn tại khi tiến hành ủ để khử ứng suất, thì sự kết tủa của (Si, Mn)N bị ngăn chặn, điều này dẫn đến sự giảm tổn hao do lõi có thể bị ngăn chặn.

Các tác giả sáng chế tiến hành nghiêm túc nghiên cứu nhiều lần trên cơ sở những phát hiện này, và do đó, tác giả sáng chế đưa ra các ví dụ khác nhau về sáng chế được mô tả dưới đây.

(1)

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng khác biệt ở chỗ bao gồm

thành phần hóa học được thể hiện bởi:

tính theo % khối lượng,

C: 0,0010% đến 0,0050%;

Si: 2,5% đến 4,0%;

Al: 0,0001% đến 2,0%;

Mn: 0,1% đến 3,0%;

P: 0,005% đến 0,15%;

S: 0,0001% đến 0,0030%;

Ti: 0,0005% đến 0,0030%;

N: 0,0010% đến 0,0030%;

Sn: 0,00% đến 0,2%;

Sb: 0,00% đến 0,2%;

Ni: 0,00% đến 0,2%;

Cu: 0,00% đến 0,2%;

Cr: 0,00% đến 0,2%;

Ca: 0,0000% đến 0,0025%;

REM: 0,0000% đến 0,0050%; và

phần còn lại: Fe và các tạp chất, trong đó

khi trị số trung bình về các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 2 μm được đặt là $[\text{Mn}_2]$, và nồng độ Mn tại vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, sắt nền đáp ứng biểu thức 1 dưới đây.

$$0,1 \leq [\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 1})$$

(2)

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả ở mục (1) khác biệt ở chỗ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: 0,01% đến 0,2%; và

Sb: 0,01% đến 0,2%.

(3)

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả ở mục (1) hoặc (2) khác biệt ở chỗ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Ni: 0,01% đến 0,2%;

Cu: 0,01% đến 0,2%; và

Cr: 0,01% đến 0,2%.

(4)

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) khác biệt ở chỗ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Ca: 0,0005% đến 0,0025%; và

REM: 0,0005% đến 0,0050%.

(5)

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) khác biệt ở chỗ:

màng phủ cách điện được bố trí cho bề mặt của sắt nền;

lượng bám dính của màng phủ cách điện không nhỏ hơn 400 mg/m² hoặc không lớn hơn 1200 mg/m²; và

tổng hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba ở màng phủ cách điện không nhỏ hơn 10 mg/m² hoặc không lớn hơn 250 mg/m².

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng khác biệt ở chỗ bao gồm:

tiến hành cán nóng thổi thép để thu được tấm thép đã cán nóng;

tiến hành ủ tấm đã cán nóng tấm thép đã cán nóng;

tiến hành ngâm tẩy gỉ sau khi ủ tấm đã cán nóng;

tiến hành cán nguội sau khi ngâm tẩy gỉ để thu được tấm thép đã cán nguội; và

tiến hành ủ hoàn thiện tấm thép đã cán nguội, trong đó:

việc ủ tấm đã cán nóng được tiến hành bằng cách đặt điểm sương ở nhiệt độ không nhỏ hơn -40°C hoặc không lớn hơn 60°C, đặt nhiệt độ ủ ở nhiệt độ không nhỏ hơn 900°C hoặc không lớn hơn 1100°C, và đặt thời gian ngâm là không nhỏ hơn 1 phút hoặc không lớn hơn 300 phút, trong khi loại bỏ lớp gỉ được tạo ra khi cán nóng;

khi trị số trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt

của sắt nền đến vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 5 μm được đặt là $[\text{Mn}_5]$, và nồng độ Mn tại vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, việc ngâm tẩy gỉ được tiến hành để sắt nền sau khi ngâm tẩy gỉ đáp ứng biểu thức 2 dưới đây;

nhệt độ ủ được đặt nhỏ hơn 900°C khi ủ hoàn thiện; và

thỏi thép có thành phần hóa học được thể hiện bởi:

tính theo % khối lượng,

C: 0,0010% đến 0,0050%;

Si: 2,5% đến 4,0%;

Al: 0,0001% đến 2,0%;

Mn: 0,1% đến 3,0%;

P: 0,005% đến 0,15%;

S: 0,0001% đến 0,0030%;

Ti: 0,0005% đến 0,0030%;

N: 0,0010% đến 0,0030%;

Sn: 0,00% đến 0,2%;

Sb: 0,00% đến 0,2%;

Ni: 0,00% đến 0,2%;

Cu: 0,00% đến 0,2%;

Cr: 0,00% đến 0,2%;

Ca: 0,0000% đến 0,0025%;

REM: 0,0000% đến 0,0050%; và

phần còn lại: Fe và các tạp chất.

$$0,1 \leq [\text{Mn}_5] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 2})$$

(7)

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả ở mục (6) khác biệt ở chỗ còn bao gồm tạo ra màng phủ cách điện trên bề mặt của sắt nền sau khi ủ hoàn thiện.

(8)

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả ở mục (6) hoặc (7) khác biệt ở chỗ thỏi thép chứa một hoặc

nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: 0,01% đến 0,2%; và

Sb: 0,01% đến 0,2%.

(9)

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (6) đến (8) khác biệt ở chỗ thép chứa một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Ni: 0,01% đến 0,2%;

Cu: 0,01% đến 0,2%; và

Cr: 0,01% đến 0,2%.

(10)

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (6) đến (9) khác biệt ở chỗ thép chứa một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Ca: 0,0005% đến 0,0025%; và

REM: 0,0005% đến 0,0050%.

(11)

Phương pháp sản xuất lõi động cơ khác biệt ở chỗ bao gồm:

đập dẹt các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo hình dạng của lõi;

xếp chồng các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã đập dẹt; và

tiến hành ủ để khử ứng suất các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã xếp chồng, trong đó:

khi ủ để khử ứng suất, tỷ lệ phần trăm của nitơ trong môi trường ủ được đặt là bằng hoặc lớn hơn 70% thể tích, và nhiệt độ ủ để khử ứng suất được đặt là không nhỏ hơn 750°C hoặc không lớn hơn 900°C;

tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thành phần hóa học được thể hiện bởi:

tính theo % khối lượng,

C: 0,0010% đến 0,0050%;

Si: 2,5% đến 4,0%;

Al: 0,0001% đến 2,0%;

Mn: 0,1% đến 3,0%;

P: 0,005% đến 0,15%;

S: 0,0001% đến 0,0030%;

Ti: 0,0005% đến 0,0030%;

N: 0,0010% đến 0,0030%;

Sn: 0,00% đến 0,2%;

Sb: 0,00% đến 0,2%;

Ni: 0,00% đến 0,2%;

Cu: 0,00% đến 0,2%;

Cr: 0,00% đến 0,2%;

Ca: 0,0000% đến 0,0025%;

REM: 0,0000% đến 0,0050%; và

phần còn lại: Fe và các tạp chất; và

khi trị số trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 2 μm được đặt là $[\text{Mn}_2]$, và nồng độ Mn tại vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, đáp ứng biểu thức 1 dưới đây.

$$0,1 \leq [\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 1})$$

(12)

Phương pháp sản xuất lõi động cơ được mô tả ở mục (11) khác biệt ở chỗ màng phủ cách điện được bố trí cho bề mặt của sắt nền.

(13)

Phương pháp sản xuất lõi động cơ được mô tả theo mục (11) hoặc (12) khác biệt ở chỗ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: 0,01% đến 0,2%; và

Sb: 0,01% đến 0,2%.

(14)

Phương pháp sản xuất lõi động cơ được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (11) đến (13) khác biệt ở chỗ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Ni: 0,01% đến 0,2%;

Cu: 0,01% đến 0,2%; và

Cr: 0,01% đến 0,2%.

(15)

Phương pháp sản xuất lõi động cơ được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (11) đến (14) khác biệt ở chỗ tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Ca: 0,0005% đến 0,0025%; và

REM: 0,0005% đến 0,0050%.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Theo sáng chế, nồng độ Mn bên trong sắt nền là thích hợp, để có thể ngăn chặn một cách triệt để sự giảm tổn hao do lõi theo sự thấm nitơ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng khi tiến hành ủ để khử ứng suất.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG. 1 là mặt cắt minh họa tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo một phương án của sáng chế;

FIG. 2 là hình vẽ sơ đồ minh họa vùng xung quanh bề mặt của sắt nền ở tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế;

FIG. 3 là hình vẽ sơ đồ minh họa sự phân bố của nồng độ Mn trong sắt nền;

FIG. 4 là biểu đồ tiến trình minh họa một ví dụ về phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của

sáng chế;

FIG. 5 là các hình vẽ sơ đồ để giải thích cho phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế; và

FIG. 6 là biểu đồ tiến trình minh họa một ví dụ về phương pháp sản xuất lõi động cơ theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trước hết, thành phần hóa học của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo một phương án của sáng chế và thỏi thép được sử dụng để sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng sẽ được mô tả. Mặc dù các chi tiết sẽ được mô tả sau đó, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế được sản xuất nhờ cán nóng thỏi thép, ủ tấm đã cán nóng, ngâm tẩy gỉ, cán nguội, và ủ hoàn thiện và tương tự. Do đó, thành phần hóa học của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng và thỏi thép không chỉ tính đến các đặc tính của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng mà còn xét đến các quá trình xử lý này. Trong phần mô tả dưới đây, “%” là đơn vị về hàm lượng của mỗi nguyên tố có trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có nghĩa là “% khối lượng” trừ phi được định nghĩa khác. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này có thành phần hóa học được thể hiện bởi: C: 0,0010% đến 0,0050%; Si: 2,5% đến 4,0%; Al: 0,0001% đến 2,0%; Mn: 0,1% đến 3,0%; P: 0,005% đến 0,15%; S: 0,0001% đến 0,0030%; Ti: 0,0005% đến 0,0030%; N: 0,0010% đến 0,0030%; Sn: 0,00% đến 0,2%; Sb: 0,00% đến 0,2%; Ni: 0,00% đến 0,2%; Cu: 0,00% đến 0,2%; Cr: 0,00% đến 0,2%; Ca: 0,0000% đến 0,0025%; REM: 0,0000% đến 0,0050%; và phần còn lại: Fe và các tạp chất. Các ví dụ về các tạp chất là các tạp chất có trong nguyên liệu như quặng hoặc phế liệu, và các tạp chất được chứa trong các quy trình sản xuất.

(C: 0,0010% đến 0,0050%)

C gây ra sự giảm tổn hao do lõi. Nếu hàm lượng C vượt quá 0,0050%, sự tổn hao do lõi giảm trong tấm thép, và không thể thu được các đặc tính từ tốt. Do đó, hàm lượng C được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0050%, tốt hơn, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 0,0040%, và tốt hơn nữa, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 0,0030%. Mặt khác, nếu hàm lượng C nhỏ hơn 0,0010%, mật độ từ thông bị giảm trong tấm thép, và không thể thu được các đặc tính từ tốt. Do đó, hàm lượng C được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0010%, và tốt hơn, nếu đặt ở bằng hoặc lớn hơn 0,0015%.

(Si: 2,5% đến 4,0%)

Si làm tăng điện trở của thép để làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy, bằng cách đó cải thiện sự tổn hao do lõi ở tần số cao. Hơn nữa, Si cải thiện độ bền của tấm thép nhờ tăng hàm lượng dung dịch chứa chất rắn. Nếu hàm lượng Si nhỏ hơn 2,5%, thì hiệu quả do việc này mang lại không thể đạt được một cách thỏa đáng. Do đó, hàm lượng Si được đặt là bằng hoặc lớn hơn 2,5%, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 2,7%, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 3,0%. Mặt khác, nếu hàm lượng Si vượt quá 4,0%, khả năng gia công giảm một cách đáng kể, và trở nên khó tiến hành cán nguội. Do đó, hàm lượng Si được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 4,0%, tốt hơn, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 3,7%, và tốt hơn nữa, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 3,5%.

(Al: 0,0001% đến 2,0%)

Al làm tăng điện trở của tấm thép để giảm sự tổn hao do dòng xoáy, bằng cách đó cải thiện sự tổn hao do lõi ở tần số cao. Mặt khác, Al làm giảm khả năng gia công trong quá trình sản xuất tấm thép và mật độ từ thông của sản phẩm, sao cho theo quan điểm này, tốt hơn là chứa một lượng nhỏ Al. Nếu hàm lượng Al nhỏ hơn 0,0001%, tải trọng trong quá trình chế tạo thép cao, và chi phí bị tăng lên. Do đó, hàm lượng Al được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0001%, tốt hơn, nếu đặt ở bằng hoặc lớn hơn 0,0010%, và tốt hơn nữa, nếu đặt ở bằng hoặc lớn hơn 0,0100%. Mặt khác, nếu hàm lượng Al vượt quá 2,0%, mật độ từ

thông của tấm thép giảm xuống một cách đáng kể hoặc gây ra sự hóa giòn làm cho khó tiến hành cán nguội. Do đó, hàm lượng Al được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 2,0%, tốt hơn, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 1,0%, và tốt hơn nữa, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 0,7%.

(Mn: 0,1% đến 3,0%)

Mn làm tăng điện trở của thép để giảm sự tổn hao do dòng xoáy, bằng cách đó cải thiện sự tổn hao do lõi ở tần số cao. Nếu hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,1%, hiệu quả do điều này mang lại không thể đạt được một cách thỏa đáng. Do đó, hàm lượng Mn được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,1%, tốt hơn, nếu đặt ở bằng hoặc lớn hơn 0,3%, và tốt hơn nữa, nếu đặt ở bằng hoặc lớn hơn 0,5%. Mặt khác, nếu hàm lượng Mn vượt quá 3,0%, mật độ từ thông giảm xuống đáng kể. Do đó, hàm lượng Mn được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 3,0%, tốt hơn, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 2,0%, và tốt hơn nữa, nếu đặt ở bằng hoặc nhỏ hơn 1,3%.

(P: 0,005% đến 0,15%)

P có đặc tính làm tăng hàm lượng dung dịch chứa chất rắn lớn và làm tăng kết cấu {100}, điều mà có lợi để cải thiện các đặc tính từ, và do đó P thu được cả độ bền cao lẫn mật độ từ thông cao. Hơn nữa, kết cấu {100} tăng cũng góp phần làm giảm tính dị hướng của các đặc tính cơ học bên trong bề mặt tấm của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, sao cho P cải thiện độ chính xác về kích thước ở thời điểm tiến hành đập dẹt tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Nếu hàm lượng P nhỏ hơn 0,005%, hiệu quả do việc này mang lại không thể đạt được một cách thỏa đáng. Do đó, hàm lượng P được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,005%, tốt hơn, nếu được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,01%, và tốt hơn nữa, nếu được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,04%. Mặt khác, nếu hàm lượng P vượt quá 0,15%, tính dễ kéo sợi của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bị giảm một cách đáng kể. Do đó, hàm lượng P được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,15%, tốt hơn, nếu được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,10%, và tốt hơn nữa, nếu được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,08%.

(S: 0,0001% đến 0,0030%)

S tạo ra chất kết tủa mịn của MnS để tăng sự tổn hao do lõi, bằng cách đó làm cho các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng suy giảm. Do đó, hàm lượng S được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0030%, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0020%, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0010%. Mặt khác, nếu hàm lượng S nhỏ hơn 0,0001%, chi phí bị tăng lên. Do đó, hàm lượng S được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0001%, và tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0003%. Theo quan điểm ngăn sự tăng nồng độ N gây ra bởi sự thấm nitơ, hàm lượng S tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0005%.

(N: 0,0010% đến 0,0030%)

N gây ra sự lão hóa từ làm gia tăng tổn hao do lõi, bằng cách đó làm cho các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng suy giảm. Do đó, hàm lượng N được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0030%, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0025%, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0020%. Mặt khác, nếu hàm lượng N nhỏ hơn 0,0010%, chi phí bị tăng lên. Do đó, hàm lượng N được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0010%, và tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0015%.

(Ti: 0,0005% đến 0,0030%)

Ti liên kết với C, N, Mn, và tương tự để tạo ra các chất lẫn, và kìm hãm sự lớn lên của các hạt tinh thể khi ủ để khử ứng suất để làm cho các đặc tính từ giảm. Do đó, hàm lượng Ti được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0030%, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0015%, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0010%. Mặt khác, nếu hàm lượng Ti nhỏ hơn 0,0005%, chi phí bị tăng lên. Do đó, hàm lượng Ti được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0005%, và tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0006%.

(Một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Sn: 0,00% đến 0,2% và Sb: 0,00% đến 0,2%)

Sn và Sb cách xa nhau trong bề mặt của tấm thép để ngăn chặn sự oxy hóa trong khi ủ, để bằng cách đó đảm bảo sự tổn hao do lỗi ít. Do đó, có thể chứa Sn hoặc Sb. Nếu hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Sn và Sb nhỏ hơn 0,01%, hiệu quả do điều này mang lại đôi khi không thể đạt được một cách thỏa đáng. Do đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Sn và Sb tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,01%, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,03%. Mặt khác, nếu hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Sn và Sb vượt quá 0,2%, tính dễ kéo sợi của sắt nền bị giảm và trở nên khó tiến hành cán nguội. Do đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Sn và Sb được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,2%, và tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,1%.

(Một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ni: 0,00% đến 0,2%, Cu: 0,00% đến 0,2%, và Cr: 0,00% đến 0,2%)

Ni, Cu, và Cr làm tăng điện trở suất để giảm sự tổn hao do lỗi. Do đó, có thể chứa Ni, Cu, hoặc Cr. Nếu hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ni, Cu, và Cr nhỏ hơn 0,01%, hiệu quả do điều này mang lại đôi khi không thể đạt được một cách thỏa đáng. Do đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ni, Cu, và Cr tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,01%, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,03%. Mặt khác, nếu hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ni, Cu, và Cr vượt quá 0,2%, mật độ từ thông sẽ giảm. Do đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ni, Cu, và Cr được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,2%, và tốt hơn, nếu đặt là

bằng hoặc nhỏ hơn 0,1%.

(Một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ca: 0,0000% đến 0,0025% và REM: 0,0000% đến 0,0050%)

Ca và REM (kim loại kiềm thổ hiếm) tạo điều kiện thuận lợi cho sự lớn lên của các hạt tinh thể khi tiến hành ủ hoàn thiện. Do đó, có thể chứa Ca hoặc REM. Nếu hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ca và REM nhỏ hơn 0,0005%, hiệu quả do điều này mang lại đôi khi không thể đạt được một cách thỏa đáng. Do đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố trong một hoặc nhiều thành phần nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ca và REM tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0005%, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,0010%. Mặt khác, nếu hàm lượng Ca vượt quá 0,0025%, hiệu quả nói trên bị bão hòa và chi phí bị tăng lên. Do đó, hàm lượng Ca được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0025%. Nếu hàm lượng REM vượt quá 0,0050%, hiệu quả nói trên bị bão hòa và chi phí bị tăng lên. Do đó, hàm lượng REM được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0050%, và tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,0030%.

(Nguyên tố khác)

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này có thể còn chứa thêm Pb, Bi, V, As, B, và v.v., theo lượng tương ứng là 0,0001% đến 0,0050%.

Lưu ý là khi xác định thành phần hóa học của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này và thỏi thép được sử dụng để sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương pháp đã biết trước đây, có thể sử dụng các phương pháp xác định khác nhau đã được biết đến phổ biến. Chẳng hạn, phương pháp cảm ứng cao tần ghép nối khối phổ ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry) hoặc phương pháp tương tự có thể được sử dụng một cách thích hợp.

Tiếp đó, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả khi tham khảo FIG. 1. FIG. 1 là mặt cắt

ngang minh họa 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 này bao gồm sắt nền 11 có thành phần hóa học đã xác định được mô tả ở trên. Nếu độ dày của tấm t của sắt nền 11 vượt quá 0,35 mm, đôi khi không thể làm giảm sự tổn hao do lõi ở tần số cao. Do đó, độ dày của tấm t của sắt nền 11 tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,35 mm, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 0,31 mm. Mặt khác, nếu độ dày của tấm t của sắt nền 11 nhỏ hơn 0,10 mm, có khả năng trở nên khó cho tấm này đi qua trong dây chuyền ủ do độ dày tấm nhỏ. Do đó, độ dày tấm t của sắt nền 11 tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,10 mm, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,19 mm.

Có thể màng phủ cách điện 13 được bố trí cho bề mặt của sắt nền 11. Do những chỗ trống trong lõi bị đột dập từ các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 và sau đó được xếp chồng để sử dụng, bằng cách tạo ra màng phủ cách điện 13 đối với bề mặt của sắt nền 11, có thể làm giảm dòng xoáy giữa các tấm thép, và có thể làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy do lõi.

Màng phủ cách điện 13 không bị giới hạn cụ thể với điều kiện là được sử dụng làm màng phủ cách điện của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và có thể sử dụng màng phủ cách điện đã được biết đến phổ biến. Đối với màng phủ cách điện như vậy, chẳng hạn, có thể kể đến màng phủ cách điện hỗn hợp chứa hoặc không chứa chất vô cơ làm thành phần chính và còn chứa chất hữu cơ. Màng phủ cách điện hỗn hợp này, chẳng hạn, là màng phủ cách điện chứa cromat kim loại, phosphat kim loại, hoặc ít nhất chất vô cơ bất kỳ trong chất vô cơ chứa silic oxit keo, hợp chất Zr, hợp chất Ti, và tương tự làm thành phần chính, và trong đó các hạt nhựa hữu cơ nhỏ được phân tán. Cụ thể, theo quan điểm làm giảm tải cho môi trường ở thời điểm sản xuất, điều mà còn được yêu cầu trong những năm gần đây, màng phủ cách điện sử dụng chất kết hợp của phosphat kim loại, Zr, hoặc Ti, hoặc cacbonat

hoặc muối amoni của nó làm nguyên liệu được sử dụng.

Lượng bám dính của màng phủ cách điện 13 không bị giới hạn cụ thể, nhưng, tốt hơn, nếu đặt là không nhỏ hơn 400 mg/m^2 hoặc không lớn hơn 1200 mg/m^2 trên mỗi mặt, chẳng hạn. Khi màng phủ cách điện 13 với lượng bám dính như vậy được bố trí cho bề mặt của sắt nền 11, sẽ khó duy trì được độ đồng đều lý tưởng. Nếu lượng bám dính của màng phủ cách điện 13 nhỏ hơn 400 mg/m^2 trên mỗi mặt, thì sẽ khó duy trì độ đồng đều lý tưởng. Do đó, lượng bám dính của màng phủ cách điện 13 tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 400 mg/m^2 trên mỗi mặt, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 800 mg/m^2 trên mỗi mặt. Mặt khác, nếu lượng bám dính của màng phủ cách điện 13 vượt quá 1200 mg/m^2 , đòi hỏi thời gian nung lâu hơn thời gian nung thông thường của màng phủ cách điện, để chi phí bị tăng lên. Do đó, lượng bám dính của màng phủ cách điện 13 tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 1200 mg/m^2 trên mỗi mặt, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 1000 mg/m^2 trên mỗi mặt. Lưu ý là khi lượng bám dính của màng phủ cách điện 13 được xác định theo phương pháp đã được biết đến trước đây, có thể sử dụng các phương pháp xác định khác nhau đã được biết đến phổ biến, và, chẳng hạn, phương pháp xác định sự chênh lệch khối lượng giữa trước và sau khi ngâm vào trong dung dịch nước natri hydroxit, phương pháp huỳnh quang tia X sử dụng phương pháp đường cong hiệu chuẩn, hoặc phương pháp tương tự có thể được sử dụng một cách thích hợp.

Hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba trong màng phủ cách điện 13 tốt hơn, nếu đặt là không nhỏ hơn 10 mg/m^2 hoặc không lớn hơn 250 mg/m^2 đối với Fe kim loại. Nếu hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba nhỏ hơn 10 mg/m^2 , không thể ngăn chặn hiệu quả sự thấm oxy và chất tương tự mà chắc chắn có trong khí quyển ở thời điểm ủ để khử ứng suất được tiến hành khi sản xuất lõi động cơ, dẫn đến trở nên khó cải thiện độ bám dính của màng phủ cách điện 13, và cũng sẽ trở nên khó làm tăng nhiệt độ ủ khi ủ để khử ứng

suất. Do đó, hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 10 mg/m^2 , và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 50 mg/m^2 . Mặt khác, nếu hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba vượt quá 250 mg/m^2 , đòi hỏi thời gian nung lâu hơn thời gian nung thông thường của màng phủ cách điện, để chi phí bị tăng lên. Do đó, hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 250 mg/m^2 , và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 200 mg/m^2 . Về nhân tố để cải thiện độ bám dính giữa sắt nền 11 và màng phủ cách điện 13, có thể xem xét việc có lớp khử mangan được mô tả sau đây. Khi so sánh với Al hoặc Si, Mn có thể bị oxy hóa ở gần bề mặt của sắt nền 11 trong đó có một lượng lớn oxy, và Mn không chắc bị oxy hóa bên trong sắt nền 11. Vì lý do này, màng oxit bên ngoài trong đó Mn được tập trung, có thể được hình thành ở lớp bề mặt trên cùng của sắt nền 11. Tuy nhiên, do sự tồn tại của lớp khử mangan, màng oxit bên ngoài là lớp tập trung chứa Mn không chắc được hình thành, để diện tích bề mặt trong đó dung dịch xử lý của màng phủ cách điện 13 và sắt nền 11 được phản ứng tăng lên, dẫn đến hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba trong màng phủ cách điện 13 tăng. Khi hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba trong màng phủ cách điện 13 tăng lên, các ion sắt và oxy liên kết trước khi oxy và tương tự chắc chắn tồn tại trong khí quyển tới được sắt nền 11, và do đó có thể ngăn chặn sự thấm của oxy và tương tự vào chính tấm thép này. Oxy đã tới được bề mặt chung giữa màng phủ cách điện 13 và sắt nền 11 liên kết với Si hoặc Al trong thép để tạo ra màng oxit. Khi một chất lạ như màng oxit này sinh ra ở bề mặt chung giữa màng phủ cách điện 13 và sắt nền 11, độ bám dính giữa sắt nền 11 và màng phủ cách điện 13 giảm. Vì lý do này, có thể coi là do sự ngăn chặn thấm oxy và tương tự, độ bám dính giữa sắt nền 11 và màng phủ cách điện 13 được cải thiện. Có thể coi là, theo cơ chế như vậy, sự tồn tại của lớp khử mangan góp phần cải thiện độ bám dính giữa sắt nền 11 và màng phủ cách điện 13.

Tiếp theo, sự phân bố Mn theo chiều sâu trong sắt nền của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Như được mô tả ở trên, việc ủ để khử ứng suất thường được tiến hành trong nitơ như khí quyển không oxy hóa. Tuy nhiên, khi tiến hành ủ để khử ứng suất, sự tổn hao do lõi giảm do sự tăng thấm nitơ của sắt nền và tăng kết tủa của (Si, Mn)N theo sự thấm nitơ. Nếu argon hoặc heli, thay vì nitơ, được sử dụng làm khí quyển trợ, sự thấm nitơ bị ngăn chặn, nhưng đòi hỏi phải có chi phí. Do đó, trong công nghiệp không thể tránh được việc sử dụng nitơ làm khí quyển chính ở thời điểm tiến hành ủ để khử ứng suất. Do đó, các tác giả sáng chế đã có được phát hiện sao cho nếu Mn mà N liên kết với nó không tồn tại, sự kết tủa của (Si, Mn)N có thể được ngăn chặn, và có thể ngăn chặn sự giảm tổn hao do lõi.

Nồng độ N tăng do sự thấm nitơ không bị giới hạn ở khu vực gần bề mặt của sắt nền. Vì lý do này, nếu có thể giảm nồng độ Mn ở khu vực gần bề mặt của sắt nền trong đó dung dịch chứa chất rắn của N xuất hiện, thì có thể ngăn sự kết tủa của (Si, Mn)N. Hơn nữa, nếu hàm lượng Mn có ái lực cao với N và tồn tại ở bề mặt trên cùng của sắt nền có thể giảm được, thì cũng có thể ngăn chính phản ứng mà các phân tử N_2 bị phân ly và hòa tan trong sắt nền làm các nguyên tử N. Hơn nữa, có thể ngăn N đi vào thép cả khi độ hòa tan của MnS tăng lên để làm tăng dung dịch chứa chất rắn S. Dựa vào những phát hiện này, các tác giả sáng chế phát hiện ra là bằng cách làm cho sự phân bố của Mn phân bố không đều ở khu vực gần bề mặt của sắt nền, có thể thu được các đặc tính từ tốt bằng cách ngăn chặn sự giảm tổn hao do lõi khi tiến hành ủ để khử ứng suất.

FIG. 2 là hình vẽ sơ đồ minh họa khu vực gần bề mặt của sắt nền trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế. Lưu ý là ở FIG. 2, chiều dương theo trục x được đặt theo hướng đi từ bề mặt của sắt nền 11 đến trung tâm theo hướng độ dày (chiều sâu), và sẽ được giải thích trong bản mô tả bằng cách sử dụng

trục tọa độ này để cho thuận tiện.

Sắt nền 11 bao gồm phần vật liệu nền 101 và lớp khử mangan 103. Phần vật liệu nền 101 là phần chứa Mn mà được phân bố theo cách gần như đồng đều bên trong sắt nền 11, và nồng độ Mn của phần vật liệu nền 101 có trị số gần bằng trị số của hàm lượng Mn của sắt nền 11. Lớp khử mangan 103 là lớp được bố trí ở phía bề mặt của sắt nền 11, và nồng độ Mn của lớp khử mangan 103 có trị số thấp hơn trị số của nồng độ Mn của phần vật liệu nền 101 một cách tương đối.

Cụ thể, khi bề mặt của sắt nền 11 được đặt ở gốc của trục x (cụ thể, vị trí $x = 0 \mu\text{m}$), lớp khử mangan 103 đáp ứng mối tương quan của biểu thức (1) dưới đây. Đặc biệt, khi trị số trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền 11 đến vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền 11 là $2 \mu\text{m}$ được đặt là $[\text{Mn}_2]$, và nồng độ Mn tại vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền 11 là $10 \mu\text{m}$ được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, sắt nền 11 đáp ứng biểu thức 1 dưới đây. Khi mối tương quan của biểu thức 1 dưới đây được thỏa mãn, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này, có thể thu được các đặc tính từ tốt bằng cách ngăn chặn sự giảm tổn hao do lõi khi tiến hành ủ để khử ứng suất.

$$0,1 \leq [\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 1})$$

FIG. 3 là hình vẽ sơ đồ minh họa sự phân bố của nồng độ Mn trong sắt nền. Từ FIG. 3, khi không có lớp khử mangan trong sắt nền, và sự phân bố Mn theo chiều sâu (hướng x) là đồng đều, nồng độ Mn gần như không đổi ở trị số của $[\text{Mn}_{10}]$ (nói cách khác, trị số của nồng độ Mn trung bình trong toàn bộ sắt nền 11). Hơn nữa, ngay cả trong trường hợp kỹ thuật tạo ra lớp tập trung Al như trong tài liệu sáng chế 1 nói trên được áp dụng, nồng độ Mn ở khu vực gần bề mặt của sắt nền có thể được xem là trở nên cao hơn trị số của nồng độ Mn trung bình trong toàn bộ sắt nền như được thể hiện bởi đường chấm chấm ở FIG. 3. Tuy nhiên, trong sắt nền trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này, nồng độ Mn ở khu vực gần bề mặt của sắt

nền trở nên thấp hơn trị số của nồng độ Mn trung bình trong toàn bộ sắt nền.

Cụ thể, trong sắt nền trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này, lớp khử mangan được bố trí, để trị số trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền ($x = 0 \mu\text{m}$) đến vị trí trong đó độ dày là $2 \mu\text{m}$ ($x = 2 \mu\text{m}$) ($[\text{Mn}_2]$) thấp hơn nồng độ Mn ở vị trí trong đó độ dày là $10 \mu\text{m}$ ($x = 10 \mu\text{m}$) ($[\text{Mn}_{10}]$), như được minh họa ở FIG. 3. Do đó, như được thể hiện bởi sự khác nhau của phía ngoài cùng bên phải của biểu thức 1 nêu trên, tỷ lệ nồng độ được cho bởi $[\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}]$ được đặt bằng hoặc nhỏ hơn 0,9, tốt hơn, nếu được đặt bằng hoặc nhỏ hơn 0,8, và tốt hơn nữa, nếu được đặt bằng hoặc nhỏ hơn 0,7. Điều này có nghĩa là nồng độ Mn của lớp khử mangan tương đối thấp hơn nồng độ Mn trung bình của phần vật liệu nền. Trong lớp khử mangan như vậy, lượng Mn được hòa tan quá mức so với S nhỏ, sao cho khi S được hòa tan với chất rắn để phân tán, thì entropi lớn hơn khi so với trường hợp S cố định như MnS, và do đó tạo ra trạng thái ổn định. Vì lý do này, có thể xem là khi độ hòa tan của MnS tăng lên, dung dịch chứa chất rắn S tăng lên. Do đó, khi độ hòa tan của MnS tăng để làm tăng dung dịch chứa chất rắn S, có thể làm giảm lượng S mà khó thu được do lo ngại nồng độ N tăng do sự thấm nitơ, và có thể ngăn chặn hơn nữa sự giảm tổn hao do lỗi do sự cải thiện đặc tính lớn lên của hạt sau khi xử lý nhiệt nói riêng. Có thể coi là nếu có sự tồn tại dung dịch chứa chất rắn S mà có thể cách xa trong ranh giới hạt tinh thể, thì con đường mà N đi vào thép qua con đường này bị ngăn chặn, sao cho sự thấm nitơ không chắc sẽ xảy ra. Thông thường, nếu lượng S giảm xuống, dung dịch chứa chất rắn S giảm xuống, và nồng độ N tăng lên do sự thấm nitơ. Tuy nhiên, theo phương án này, ngay cả nếu lượng S giảm xuống, S tồn tại ở trạng thái dung dịch chứa chất rắn S mà không cố định như MnS, và do đó sự thấm nitơ có thể bị ngăn chặn. Hơn nữa, khi độ hòa tan của MnS tăng để làm tăng dung dịch chứa chất rắn S, có thể giảm hàm lượng của Sn và Sb

mà thường được đòi hỏi để làm giảm lượng S, từ đó dẫn đến có thể tiến hành sản xuất theo cách thức không tốn kém. Hơn nữa, do độ hòa tan của MnS tăng để làm tăng dung dịch chứa chất rắn S, dung dịch chứa chất rắn S có thể ngăn chặn sự thấm không chỉ nitơ mà cả oxy, và do đó có thể cải thiện độ bám dính giữa màng phủ cách điện và sắt nền sau khi xử lý nhiệt.

Mặt khác, khi nồng độ Mn của lớp khử mangan hạ thấp quá mức, và tỷ lệ nồng độ được thể hiện bởi $[Mn_2] / [Mn_{10}]$ trở nên nhỏ hơn 0,1, hàm lượng Mn ở khu vực gần bề mặt của sắt nền hạ thấp quá mức, và sự tổn hao do lỗi ở tần số cao giảm. Do đó, như được thể hiện bởi sự khác nhau của phía ngoài cùng bên trái của biểu thức 1 nêu trên, tỷ lệ nồng độ được cho bởi $[Mn_2] / [Mn_{10}]$ được đặt là bằng hoặc lớn hơn 0,1, tốt hơn, nếu được đặt bằng hoặc lớn hơn 0,2, và tốt hơn nữa, nếu được đặt bằng hoặc lớn hơn 0,5.

Nồng độ Mn của sắt nền cùng với chiều sâu từ bề mặt của sắt nền có thể được chỉ rõ bằng cách sử dụng phổ học phóng điện chớp sáng (glow discharge spectroscopy-GDS). Về các điều kiện đo của GDS, mặc dù ngoài chế độ dòng điện một chiều, chế độ cao tần, chế độ xung và tương tự theo vật liệu được chuẩn bị để phân tích, theo phương án mà chủ yếu phân tích sắt nền là vật dẫn, không có sự khác biệt lớn ngay cả nếu phép đo được tiến hành bởi chế độ bất kỳ trong các chế độ này. Vì lý do này, thời gian đo mà ở thời gian đó các điểm phóng ra trở nên đồng đều và phép phân tích có thể được tiến hành với độ sâu bằng hoặc lớn hơn 10 μm được thiết lập làm điều kiện, và phép phân tích có thể được tiến hành một cách thích hợp.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này bao gồm hình dạng như được mô tả ở trên, bằng cách đó thể hiện các đặc tính từ vượt trội. Các đặc tính từ khác nhau mà được thể hiện bởi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này có thể được đo trên cơ sở phương pháp Epstein được chỉ rõ trong JIS C2550, tấm thử nghiệm đơn (SST) được chỉ rõ trong JIS C2556, hoặc tương tự.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả khi tham khảo FIG. 4 và FIG. 5. FIG. 4 là biểu đồ tiến trình minh họa một ví dụ của phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, và FIG. 5 là hình vẽ sơ đồ để giải thích phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế.

Trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này, việc cán nóng thép có thành phần hóa học được mô tả ở trên, ủ tấm đã cán nóng, ngâm tẩy gỉ, cán nguội, và ủ hoàn thiện được tiến hành. Khi màng phủ cách điện được tạo ra trên bề mặt của sắt nền, sự tạo thành màng phủ cách điện được tiến hành sau ủ hoàn thiện được mô tả ở trên.

Trước hết, như được minh họa ở FIG. 4, thép (tấm) có thành phần hóa học được mô tả ở trên được gia nhiệt, và thép đã được gia nhiệt được đưa đi cán nóng, để bằng cách đó thu được tấm thép đã cán nóng (S101). Bằng cách tiến hành cán nóng như ở trên, trên bề mặt của sắt nền 11, lớp gỉ S mà cấu tạo chủ yếu là các oxit Fe được tạo ra, như được minh họa ở FIG. 5(A). Ở bước cán nóng này, có thể coi Mn ở trong sắt nền 11 được phân tán theo cách gần như đồng đều. Mặc dù nhiệt độ gia nhiệt của thép khi thép được đưa đi cán nóng không bị giới hạn cụ thể, tốt hơn, nếu đặt không nhỏ hơn 1050°C hoặc không lớn hơn 1200°C, chẳng hạn. Độ dày của tấm của tấm thép đã cán nóng sau khi cán nóng cũng không bị giới hạn cụ thể, nhưng, tốt hơn, nếu đặt nằm trong khoảng từ 1,5 mm đến 3,0 mm, chẳng hạn, bằng cách tính đến độ dày cuối cùng của tấm của sắt nền.

Như được minh họa ở FIG. 4, sau khi tiến hành cán nóng, việc ủ tấm đã cán nóng được tiến hành (S103). Trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này, việc ủ tấm đã cán nóng được tiến hành trong khi duy trì trạng thái trong đó gỉ S tạo ra do cán nóng bị bám chặt vào, như được minh họa ở FIG. 5(B).

Do gỉ S tạo ra trên bề mặt của tấm thép đã cán nóng và khí quyển ở thời điểm tiến hành ủ tấm đã cán nóng, Mn có trong sắt nền 11 bị oxy hóa trong khi được khuếch tán về phía gỉ. Kết quả của việc này là, ở khu vực gần bề mặt của sắt nền 11, lớp tập trung Mn 104 chứa các oxit Mn được tạo ra, và ở phía lớp trong (phía sắt nền) khoảng vài μm của lớp tập trung Mn 104, lớp khử mangan 103 được tạo ra. Phần còn lại của sắt nền 11 là phần vật liệu nền 111 bao gồm cấu trúc sau khi ủ tấm đã cán nóng. Như được mô tả ở trên, trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này, lớp tập trung Mn 104 được tạo ra ở trạng thái trong đó Mn có khả năng bị oxy hóa hơn, để nồng độ Mn của lớp khử mangan 103 là nguồn cung cấp Mn cho lớp tập trung Mn 104 trở nên còn thấp hơn phương pháp thông thường. Vì lý do này, lớp khử mangan có phân bố nồng độ của Mn như được minh họa ở FIG. 3 được tạo ra. Mặt khác, ngay cả nếu gỉ S được tạo ra do cán nóng bị loại bỏ và sau đó việc ủ tấm đã cán nóng được tiến hành ở các điều kiện như được mô tả sau đây, Mn ở khu vực gần lớp bề mặt của sắt nền 11 không bị oxy hóa thỏa đáng, và do đó không thể tạo ra lớp khử mangan 103 như được mô tả ở trên.

Nếu điểm sương trong môi trường ủ trong ủ tấm đã cán nóng nhỏ hơn -40°C , nguồn oxy chỉ là gỉ trên lớp bề mặt, để lớp khử mangan không được tạo ra một cách đầy đủ. Do đó, điểm sương trong môi trường ủ được đặt là bằng hoặc lớn hơn -40°C , tốt hơn, nếu được đặt bằng hoặc lớn hơn -20°C , và tốt hơn nữa, nếu được đặt bằng hoặc lớn hơn -10°C . Mặt khác, nếu điểm sương trong môi trường ủ vượt quá 60°C , Fe trong sắt nền bị oxy hóa để tạo ra lớp gỉ, và gỉ này bị loại bỏ bằng cách ngâm tẩy gỉ, từ đó dẫn đến sản lượng suy giảm. Hơn nữa, khi Fe trong sắt nền bị oxy hóa, lớp tập trung Mn và lớp khử mangan biến mất. Do đó, điểm sương trong môi trường ủ được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 60°C , tốt hơn, nếu được đặt bằng hoặc nhỏ hơn 50°C , và tốt hơn nữa, nếu được đặt bằng hoặc nhỏ hơn 40°C .

Nếu nhiệt độ khi ủ tấm đã cán nóng nhỏ hơn 900°C , các hạt tinh

thể của sắt nền không trở nên thô một cách thỏa đáng nhờ ủ, dẫn đến không thể thu được các đặc tính từ tốt. Do đó, nhiệt độ khi ủ tấm đã cán nóng được đặt là bằng hoặc lớn hơn 900°C, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 930°C, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 950°C. Mặt khác, nếu nhiệt độ khi ủ tấm đã cán nóng vượt quá 1100°C, sắt nền bị rạn khi cán nguội được mô tả sau đó. Do đó, nhiệt độ khi ủ tấm đã cán nóng được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 1100°C, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 1070°C, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 1050°C.

Nếu thời gian ngâm nhỏ hơn 1 phút, các hạt tinh thể của sắt nền không trở nên thô một cách thỏa đáng nhờ ủ, dẫn đến không thể thu được các đặc tính từ tốt. Do đó, thời gian ngâm được đặt là bằng hoặc lớn hơn 1 phút, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 10 phút, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 30 phút. Mặt khác, nếu thời gian ngâm vượt quá 300 phút, sắt nền bị rạn khi cán nguội được mô tả dưới đây. Do đó, thời gian ngâm được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 300 phút, tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 150 phút, và tốt hơn nữa, nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 90 phút.

Lưu ý là việc làm nguội khi ủ tấm đã cán nóng được tiến hành bằng cách đặt tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ từ 800°C đến 500°C ở tốt hơn, nếu là 20°C/phút đến 100°C/phút. Bằng cách đặt tốc độ làm nguội như vậy, có thể thu được các đặc tính từ tốt hơn.

Như được minh họa ở FIG. 4, sau khi ủ tấm đã cán nóng, việc ngâm tẩy gỉ được tiến hành (S105). Khi ngâm tẩy gỉ, sự tổn hao trọng lượng do ngâm tẩy gỉ được kiểm soát để gỉ S và lớp tập trung Mn 104 là lớp oxit bên trong được bố trí ở lớp bề mặt trên cùng của sắt nền 11 được loại bỏ để làm cho lớp khử mangan 103 là lớp bề mặt trên cùng, như được minh họa ở FIG. 5(C). Khi tiến hành ngâm tẩy gỉ, nồng độ Mn theo chiều sâu được đo ở thời điểm bất kỳ bởi GDS liên quan đến tấm thép trong khi đang ngâm tẩy gỉ hoặc sau khi ngâm tẩy gỉ, và sự tổn hao trọng lượng do ngâm tẩy gỉ được kiểm soát để tấm thép kỹ

thuật điện không định hướng cuối cùng thu được đáp ứng biểu thức 1 được mô tả ở trên. Lưu ý là sự tổn hao trọng lượng do ngâm tẩy gỉ có thể được kiểm soát bằng cách thay đổi ít nhất bất kỳ yếu tố nào trong các yếu tố nồng độ của axit sử dụng để ngâm tẩy gỉ, nồng độ của chất tăng tốc được sử dụng để ngâm tẩy gỉ, nhiệt độ của dung dịch ngâm tẩy gỉ, chẳng hạn. Cụ thể, việc ngâm tẩy gỉ được tiến hành để sát nền sau khi ngâm tẩy gỉ đáp ứng biểu thức 2 dưới đây, khi trị số trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 5 μm được đặt là $[\text{Mn}_5]$, và nồng độ Mn tại vị trí trong đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$. Bằng cách kiểm soát sự tổn hao trọng lượng do ngâm tẩy gỉ để biểu thức 2 dưới đây được thỏa mãn, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng cuối cùng thu được đáp ứng biểu thức 1 mô tả ở trên.

$$0,1 \leq [\text{Mn}_5] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 2})$$

Như được minh họa ở FIG. 4, sau khi ngâm tẩy gỉ, việc cán nguội được tiến hành (S107). Như được minh họa ở FIG. 5(D), khi cán nguội, tấm đã ngâm tẩy gỉ là kết quả của việc loại bỏ gỉ S và lớp tập trung Mn 104 được cán ở tỷ lệ giảm mà bằng cách đó độ dày của tấm cuối cùng của sắt nền 11 trở nên không nhỏ hơn 0,10 mm hoặc không lớn hơn 0,35 mm. Bằng cách tiến hành cán nguội, thu được phần vật liệu nền 121 bao gồm cấu trúc đã cán nguội.

Như được minh họa ở FIG. 4, sau khi cán nguội, việc cán hoàn thiện được tiến hành (bước S109). Như được minh họa ở FIG. 5(E), trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này, lớp khử mangan 103 được tạo ra bằng cách tiến hành ủ tấm đã cán nóng, và sau đó, lớp khử mangan 103 được giữ nguyên. Nếu nhiệt độ ủ hoàn thiện bằng hoặc lớn hơn 900°C, Mn được khuếch tán từ phần vật liệu nền 121 vào lớp khử mangan 103, và lớp khử mangan 103 biến mất. Do đó, nhiệt độ ủ hoàn thiện được đặt là nhỏ hơn 900°C, tốt hơn, nếu được đặt bằng hoặc nhỏ hơn 880°C, và tốt hơn nữa, nếu được đặt bằng hoặc nhỏ hơn 860°C. Bằng cách tiến hành

việc ủ hoàn thiện với nhiệt độ ủ hoàn thiện như vậy, có thể thu được phần vật liệu nền 101 bao gồm cấu trúc tái kết tinh và có thể tốt hơn, nếu gây ra tái kết tinh khi ủ để khử ứng suất mà được tiến hành khi sản xuất lõi động cơ. Mặt khác, nếu nhiệt độ ủ hoàn thiện nhỏ hơn 750°C, thời gian ủ sẽ trở nên quá dài, điều mà đôi khi làm giảm năng suất. Do đó, nhiệt độ ủ hoàn thiện tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 750°C, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 775°C.

Mặc dù thời gian ủ có thể được đặt một cách thích hợp theo nhiệt độ ủ hoàn thiện, nhưng có thể đặt ở 1 phút đến 150 phút, chẳng hạn. Nếu thời gian ủ nhỏ hơn 1 phút, có trường hợp trong đó việc ủ hoàn thiện thỏa đáng không thể tiến hành, và trở nên khó tạo ra các hạt tinh thể thích hợp trong phần vật liệu nền. Do đó, thời gian ủ tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 1 phút, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 5 phút. Mặt khác, nếu thời gian ủ vượt quá 150 phút, thời gian ủ sẽ quá dài, điều mà đôi khi làm giảm năng suất. Do đó, thời gian ủ tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 150 phút, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 100 phút.

Tốc độ gia nhiệt trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 950°C và bằng hoặc lớn hơn 700°C tốt hơn, nếu đặt là 10°C/giây đến 800°C/giây. Nếu tốc độ gia nhiệt nhỏ hơn 10°C/giây, đôi khi không thể thu được các đặc tính từ tốt trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Do đó, tốc độ gia nhiệt trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 950°C và bằng hoặc lớn hơn 700°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 10°C/giây, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 100°C/giây. Mặt khác, nếu tốc độ gia nhiệt vượt quá 800°C/giây, hiệu quả cải thiện các đặc tính từ đôi khi bị bão hòa. Do đó, tốc độ gia nhiệt trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 950°C và bằng hoặc lớn hơn 700°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 800°C/giây, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 400°C/giây.

Tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 900°C và bằng hoặc lớn hơn 500°C tốt hơn, nếu đặt là 10°C/giây đến

100°C/giây. Nếu tốc độ làm nguội nhỏ hơn 10°C/giây, đôi khi không thể thu được các đặc tính từ tốt trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Do đó, tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 900°C và bằng hoặc lớn hơn 500°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 10°C/giây, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 20°C/giây. Mặt khác, nếu tốc độ làm nguội vượt quá 100°C/giây, hiệu quả cải thiện các đặc tính từ đôi khi bị bão hòa. Do đó, tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 900°C và bằng hoặc lớn hơn 500°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 100°C/giây, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 70°C/giây.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể được sản xuất theo cách thức như được mô tả ở trên.

Như được minh họa ở FIG. 5(F), cũng có thể tạo ra màng phủ cách điện 13 nếu cần sau khi ủ hoàn thiện (S111 trong FIG. 4). Phương pháp tạo ra màng phủ cách điện 13 không bị giới hạn cụ thể, và chỉ cần dung dịch xử lý màng phủ cách điện đã được biết đến phổ biến như được mô tả ở trên được sử dụng, và dung dịch xử lý được phủ và được làm khô theo các phương pháp đã được biết đến phổ biến. Lưu ý là cũng có thể bề mặt của sắt nền mà màng phủ cách điện được tạo ra trên bề mặt này, trước khi dung dịch xử lý được phủ lên đó được đưa đi xử lý sơ bộ bất kỳ như xử lý tẩy mỡ sử dụng kiềm hoặc tương tự, hoặc xử lý ngâm tẩy gỉ sử dụng axit clohydric, axit sulfuric, axit phosphoric, hoặc tương tự, đến mức độ mà ở mức độ này không gây ảnh hưởng lớn đến tình trạng của lớp khử mangan, độ dày của lớp khử mangan, và tương tự. Hơn nữa, cũng có thể màng phủ cách điện được tạo ra trên bề mặt mà bị bỏ đi sau khi ủ hoàn thiện mà không tiến hành các xử lý sơ bộ này.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất lõi động cơ theo một phương án của sáng chế sẽ được mô tả khi tham khảo FIG. 6. FIG. 6 là biểu đồ tiến trình minh họa một ví dụ của phương pháp sản xuất lõi động cơ theo phương án của sáng chế.

Trước hết, các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án này được đập dẹt theo hình dạng của lõi, và các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã đập dẹt được xếp chồng (S201), để bằng cách đó tạo ra hình dạng mong muốn của lõi động cơ. Do các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được đập dẹt theo hình dạng lõi được xếp chồng, điều quan trọng là tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được sử dụng để sản xuất lõi động cơ là tấm thép kỹ thuật điện trong đó màng phủ cách điện được tạo ra trên bề mặt của sắt nền.

Sau đó, việc ủ để khử ứng suất (ủ trong lõi) được tiến hành trên các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được xếp chồng theo hình dạng lõi (S203).

Nếu tỷ lệ phần trăm của nitơ trong khí quyển khi ủ để khử ứng suất nhỏ hơn 70% thể tích, chi phí của việc ủ để khử ứng suất tăng lên. Do đó, tỷ lệ phần trăm của nitơ trong khí quyển khi ủ để khử ứng suất được đặt là bằng hoặc lớn hơn 70% thể tích, tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 80% thể tích, tốt hơn nữa, nếu đặt là 90% thể tích đến 100% thể tích, và đặc biệt tốt hơn, nếu đặt là 97% thể tích đến 100% thể tích. Lưu ý là khí trong khí quyển ngoài nitơ không bị giới hạn cụ thể, và thường có thể sử dụng khí hỗn hợp để khử từ hydro, cacbon dioxit, cacbon monoxit, hơi nước, metan, và tương tự. Phương pháp đốt cháy khí propan hoặc khí tự nhiên thường được chấp nhận để thu được khí của chúng.

Nếu nhiệt độ ủ khi ủ để khử ứng suất nhỏ hơn 750°C, không thể làm giảm bớt ứng suất tích tụ trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng một cách thỏa đáng. Do đó, nhiệt độ ủ khi ủ để khử ứng suất được đặt là bằng hoặc lớn hơn 750°C, và tốt hơn, nếu đặt là bằng hoặc lớn hơn 775°C. Mặt khác, nếu nhiệt độ ủ khi ủ để khử ứng suất vượt quá 900°C, sự lớn lên của cấu trúc tái kết tinh tiến triển quá mức, và sự tổn hao do dòng xoáy tăng mặc dù sự tổn hao do hiện tượng trễ bị giảm, dẫn đến toàn bộ sự tổn hao do lõi ngược lại tăng lên. Do đó, nhiệt độ ủ khi ủ để khử ứng suất được đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 900°C, và tốt hơn,

nếu đặt là bằng hoặc nhỏ hơn 850°C.

Mặc dù thời gian ủ khi ủ để khử ứng suất có thể được đặt thích hợp theo nhiệt độ ủ, nhưng có thể đặt là 10 phút đến 180 phút, chẳng hạn. Nếu thời gian ủ nhỏ hơn 10 phút, đôi khi không thể giảm bớt ứng suất một cách thỏa đáng. Do đó, thời gian ủ tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 10 phút, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 30 phút. Mặt khác, nếu thời gian ủ vượt quá 180 phút, thời gian ủ sẽ quá dài, điều mà đôi khi làm giảm năng suất. Do đó, thời gian ủ tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 180 phút, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 150 phút.

Tốc độ gia nhiệt trong vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 500°C hoặc không lớn hơn 750°C khi ủ để khử ứng suất tốt hơn, nếu đặt là 50°C/giờ đến 300°C/giờ. Nếu tốc độ gia nhiệt nhỏ hơn 50°C/giờ, đôi khi không thể thu được các đặc tính từ tốt và tương tự trong lõi động cơ. Do đó, tốc độ gia nhiệt trong vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 500°C hoặc không lớn hơn 750°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 50°C/giờ, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 80°C/giờ. Mặt khác, nếu tốc độ gia nhiệt vượt quá 300°C/giờ, hiệu quả cải thiện các đặc tính từ và tương tự đôi khi bị bão hòa. Do đó, tốc độ gia nhiệt trong vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 500°C hoặc không lớn hơn 750°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 300°C/giờ, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn 150°C/giờ.

Tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 750°C và bằng hoặc lớn hơn 500°C khi ủ để khử ứng suất tốt hơn, nếu đặt là 50°C/giờ đến 500°C/giờ. Nếu tốc độ làm nguội nhỏ hơn 50°C/giờ, đôi khi không thể thu được các đặc tính từ tốt và tương tự trong lõi động cơ. Do đó, tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 750°C và bằng hoặc lớn hơn 500°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 50°C/giờ, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc lớn hơn 80°C/giờ. Mặt khác, nếu tốc độ làm nguội vượt quá 500°C/giờ, sẽ xảy ra trường hợp làm nguội không đều và ứng suất do ứng suất do nhiệt dễ dàng được

đưa vào, dẫn đến sự tổn hao do lõi suy giảm. Do đó, tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 750°C và bằng hoặc lớn hơn 500°C tốt hơn, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn $500^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, và tốt hơn nữa, nếu đặt bằng hoặc nhỏ hơn $200^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$.

Lõi động cơ sử dụng tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể được sản xuất theo phương pháp như được mô tả ở trên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả. Điều kiện ở các ví dụ này là trường hợp điều kiện được chấp nhận để xác nhận tính khả thi và hiệu quả của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở trường hợp điều kiện này. Theo sáng chế, có thể chấp nhận các điều kiện khác nhau với điều kiện là mục đích của sáng chế đạt được mà không chệch khỏi phạm vi của sáng chế.

Ví dụ 1

Các tấm có các thành phần hóa học được trình bày ở bảng 1 được gia nhiệt đến 1150°C , và sau đó, các tấm này được đưa đi cán nóng trong đó nhiệt độ cán hoàn thiện được đặt là 850°C và độ dày của tấm hoàn thiện được đặt là 2,0 mm, và được cuộn ở 650°C , để bằng cách đó thu được các tấm thép đã cán nóng. Trong khi duy trì trạng thái trong đó gỉ tạo ra trên các bề mặt của các tấm thép bị bám chặt, các tấm thép được đưa đi ủ tấm đã cán nóng ở 1000°C trong 50 phút trong khí quyển nitơ với điểm sương trong khí quyển được đặt 10°C , và sau đó được đưa đi ngâm tẩy gỉ với axit clohydric. Khi tiến hành ngâm tẩy gỉ, nồng độ axit của dung dịch axit, nhiệt độ, và thời gian khi tiến hành ngâm tẩy gỉ được thay đổi để sản xuất các tấm đã ngâm tẩy gỉ trong mỗi biểu thức mà trị số $[\text{Mn}_5] / [\text{Mn}_{10}]$ được mô tả ở trên của biểu thức này mang trị số như được thể hiện ở Bảng 2 và Bảng 3. Các tấm đã tẩy gỉ này được đưa đi cán nguội để có được độ dày của tấm là 0,25 mm, bằng cách đó thu được các tấm thép đã được cán nguội. Sau đó, việc ủ hoàn thiện được thực hiện trong các điều kiện được thể hiện ở Bảng 2

và Bảng 3 trong khí quyển hỗn hợp chứa 20% hydro và 80% nitơ và đặt điểm sương là 0°C, và các màng phủ cách điện được tạo ra, để bằng cách đó thu được các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Lưu ý là tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ từ 800°C đến 500°C khi tiến hành ủ tấm đã cán nóng được đặt là 40°C/phút, tốc độ gia nhiệt trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 950°C và bằng hoặc lớn hơn 700°C khi tiến hành việc ủ hoàn thiện được đặt là 100°C/phút, và tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn 900°C và bằng hoặc lớn hơn 500°C khi tiến hành việc ủ hoàn thiện được đặt là 30°C/phút. Màng phủ cách điện được tạo ra theo cách mà màng phủ cách điện làm từ nhôm phosphat và nhũ tương của nhựa copolyme acrylic-styren với đường kính hạt là 0,2 µm được phủ để thỏa mãn lượng bám dính xác định, và nung ở 350°C trong khí quyển. Phép phân tích phân bố nồng độ Mn bằng GDS và phân tích nồng độ nitơ trong thép được tiến hành sau khi loại bỏ màng phủ cách điện bằng cách sử dụng kiềm nóng. Chỗ gạch chân trong Bảng 1 đến Bảng 3 thể hiện trị số được gạch chân là nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Bảng 1

Loại thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)								Nguyên tố tùy chọn
	C	Si	Al	Mn	P	S	Ti	N	
A	0,0023	3,2	0,7	1,2	0,02	0,0005	0,0009	0,0017	-
B	0,0018	3,3	0,0009	2,3	0,005	0,0008	0,0014	0,0016	-
C	0,0015	2,9	0,7	0,8	0,09	0,0021	0,0015	0,0023	Sn=0,05
D	0,0021	3,1	0,6	0,3	0,03	0,0013	0,0007	0,0021	Ni=0,05, Cr=0,06, Cu=0,08
E	0,0015	2,9	1,2	0,5	0,01	0,0009	0,0013	0,0018	Ca=0,0011
F	0,0023	2,8	0,6	2,1	0,01	0,0021	0,0014	0,0013	-
G	0,0016	3,6	0,01	1,1	0,04	0,0008	0,0018	0,0022	-
H	0,0029	3,6	0,0001	2,6	0,008	0,0023	0,0013	0,0011	-
I	0,0011	3,7	0,0003	1,8	0,009	0,0015	0,0007	0,0013	-
J	0,0013	2,9	1,8	0,4	0,01	0,0014	0,0016	0,0023	-
K	0,0021	2,7	2,0	0,3	0,01	0,0009	0,0013	0,0022	-
L	0,0014	2,6	<u>2,3</u>	0,5	0,007	0,0021	0,0018	0,0019	-
M	0,0022	3,5	0,4	0,1	0,02	0,0026	0,0023	0,0022	-
N	0,0013	3,3	1,2	0,2	0,01	0,0006	0,0019	0,0016	-
O	0,0019	3,1	0,3	2,6	0,04	0,0011	0,0015	0,0011	-
P	0,0022	2,8	0,5	3,0	0,02	0,0006	0,0022	0,0021	-
Q	0,0026	3,3	0,8	<u>0,05</u>	0,008	0,0022	0,0023	0,0018	-
R	0,0027	2,6	1	<u>3,3</u>	0,009	0,0027	0,0018	0,0018	-

Bảng 2

Thép số	Loại thép	Ngâm tây gi				Ủ hoàn thiện			Tấm thép		Ghi chú
		Nồng độ (mol/l)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (giờ)	[Mn ₅]/[Mn ₁₀]	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (giờ)	[Mn ₂]/[Mn ₁₀]	Đường kính hạt tinh thể trung bình (μm)	Độ bền	
1	A	3	70	30	0,3	770	20	0,4	12	o	Ví dụ sáng chế
2						780	60	0,5	22	o	Ví dụ sáng chế
3						880	5	0,6	30	o	Ví dụ sáng chế
4						980	20	1,0	66	x	Ví dụ so sánh
5		3	80	40	0,5	790	20	0,6	17	o	Ví dụ sáng chế
6						870	20	0,8	38	o	Ví dụ sáng chế
7						880	20	0,8	40	o	Ví dụ sáng chế
8						1015	5	1,1	64	x	Ví dụ so sánh
9		4	80	40	0,8	760	130	0,9	22	o	Ví dụ sáng chế
10						800	20	0,9	20	o	Ví dụ sáng chế
11						890	1	0,9	21	o	Ví dụ sáng chế
12						970	20	1,3	64	x	Ví dụ so sánh
13		9	90	90	1,0	800	15	1,2	18	o	Ví dụ so sánh
14						890	10	1,4	38	o	Ví dụ so sánh
15						1010	15	1,6	72	x	Ví dụ so sánh
16	B	3	80	30	0,4	780	100	0,6	25	o	Ví dụ sáng chế
17						870	5	0,6	28	o	Ví dụ sáng chế
18						1050	10	1,2	78	x	Ví dụ so sánh
19		3	80	40	0,6	810	20	0,7	22	o	Ví dụ sáng chế
20						870	10	0,8	33	o	Ví dụ sáng chế
21						980	30	1,4	69	x	Ví dụ so sánh
22		6	90	90	1,0	800	70	1,2	28	o	Ví dụ so sánh
23						900	10	1,3	40	o	Ví dụ so sánh
24						1030	40	1,7	85	x	Ví dụ so sánh
25						830	5	0,7	18	o	Ví dụ sáng chế
26	C	3	80	30	0,6	860	6	0,8	27	o	Ví dụ sáng chế
27						1050	15	1,2	82	x	Ví dụ so sánh
28						6	80	40	0,8	820	10
29	970	30	1,3	67	x					Ví dụ so sánh	
30	D	3	80	30	0,7	800	15	0,8	18	o	Ví dụ sáng chế
31						850	5	0,8	23	o	Ví dụ sáng chế
32						1000	60	1,4	80	x	Ví dụ so sánh
33		6	80	40	0,8	830	10	0,9	23	o	Ví dụ sáng chế
34						870	2	0,9	21	o	Ví dụ sáng chế
35	1030					20	1,4	79	x	Ví dụ so sánh	
36	E	4	80	30	0,7	840	10	0,8	25	o	Ví dụ sáng chế
37						1050	10	1,3	78	x	Ví dụ so sánh
38		6	80	60	0,8	780	50	0,8	21	o	Ví dụ sáng chế
39						890	1	0,9	21	o	Ví dụ sáng chế
40					960	10	1,2	56	x	Ví dụ so sánh	
41	F	3	80	30	0,5	800	20	0,6	20	o	Ví dụ sáng chế
42						1000	30	1,1	75	x	Ví dụ so sánh
43		6	80	60	0,8	760	80	0,9	19	o	Ví dụ sáng chế
44						850	5	0,9	23	o	Ví dụ sáng chế
45						1025	15	1,4	75	x	Ví dụ so sánh
46	G	3	80	30	0,6	800	10	0,7	15	o	Ví dụ sáng chế
47						890	30	0,8	46	o	Ví dụ sáng chế
48						980	20	1,1	66	o	Ví dụ so sánh
49		6	80	40	0,7	850	5	0,8	23	o	Ví dụ sáng chế
50						1050	5	1,3	73	o	Ví dụ so sánh

Bảng 3

Thép số	Loại thép	Ngâm tẩy gỉ				Ủ hoàn thiện			Tấm thép		Ghi chú
		Nồng độ (mol/l)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (giờ)	$[Mn_5]/[Mn_{10}]$	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (giờ)	$[Mn_2]/[Mn_{10}]$	Đường kính hạt tinh thể trung bình (μm)	Độ bền	
51	H	3	80	30	0,5	780	80	0,7	15	o	Ví dụ của sáng chế
52						800	20	0,6	12	o	Ví dụ của sáng chế
53						1020	30	1,2	67	o	Ví dụ so sánh
54		4	90	30	0,7	820	15	0,8	14	o	Ví dụ của sáng chế
55						980	40	1,3	59	o	Ví dụ so sánh
56	I	3	80	30	0,6	780	80	0,7	17	o	Ví dụ của sáng chế
57						800	20	0,7	13	o	Ví dụ của sáng chế
58						1020	30	1,1	75	o	Ví dụ so sánh
59		4	90	30	0,7	820	15	0,8	16	o	Ví dụ của sáng chế
60						980	40	1,0	67	o	Ví dụ so sánh
61	J	3	80	30	0,4	780	80	0,6	18	o	Ví dụ của sáng chế
62						800	20	0,6	14	o	Ví dụ của sáng chế
63						1020	30	1,0	79	x	Ví dụ so sánh
64		4	90	30	0,8	820	15	0,9	17	o	Ví dụ của sáng chế
65						980	40	1,4	70	x	Ví dụ so sánh
66	K	3	80	30	0,5	780	80	0,7	19	o	Ví dụ của sáng chế
67						800	20	0,6	14	o	Ví dụ của sáng chế
68						1020	30	1,1	83	x	Ví dụ so sánh
69		4	90	30	0,7	820	15	0,8	18	o	Ví dụ của sáng chế
70						980	40	1,3	74	x	Ví dụ so sánh
71	<u>L</u>	3	80	30	0,9	800	20	1,0	13	o	Ví dụ so sánh
72	M	3	80	30	0,5	780	80	0,7	16	o	Ví dụ của sáng chế
73						800	20	0,6	12	o	Ví dụ của sáng chế
74						1020	30	1,1	71	x	Ví dụ so sánh
75		4	90	30	0,8	820	15	0,9	15	o	Ví dụ của sáng chế
76						980	40	1,4	63	x	Ví dụ so sánh
77	N	3	80	30	0,4	780	80	0,6	19	o	Ví dụ của sáng chế
78						800	20	0,6	14	o	Ví dụ của sáng chế
79						1020	30	1,0	83	x	Ví dụ so sánh
80		4	90	30	0,7	820	15	0,8	18	o	Ví dụ của sáng chế
81						980	40	1,3	74	o	Ví dụ so sánh
82	O	3	80	30	0,4	780	80	0,6	18	o	Ví dụ của sáng chế
83						800	20	0,6	14	o	Ví dụ của sáng chế
84						1020	30	1,0	79	x	Ví dụ so sánh
85		4	90	30	0,8	820	15	0,9	17	o	Ví dụ của sáng chế
86						980	40	1,4	70	x	Ví dụ so sánh
87	P	3	80	30	0,5	780	80	0,7	19	o	Ví dụ của sáng chế
88						800	20	0,6	14	o	Ví dụ của sáng chế
89						1020	30	1,1	83	x	Ví dụ so sánh
90		4	90	30	0,6	820	15	0,7	18	o	Ví dụ của sáng chế
91						980	40	1,2	74	x	Ví dụ so sánh
92	<u>Q</u>	3	80	30	0,9	800	20	1,0	14	o	Ví dụ so sánh
93	<u>R</u>	3	80	30	0,9	800	20	1,0	12	o	Ví dụ so sánh

Các mẫu từ số 13 đến số 15, và số 22 đến số 24 trong bảng 2 là các tấm đã được ngâm tẩy gỉ với nồng độ Mn như nhau theo hướng độ dày của tấm, và chúng dường như là các tấm đã được ngâm tẩy gỉ lý tưởng theo quan điểm không dựa trên những phát hiện của sáng chế. Tuy nhiên, do Mn trong thép bị oxy hóa ở bề mặt của tấm thép do trộn một lượng rất nhỏ độ ẩm khi tiến hành ủ hoàn thiện và lớp tập trung Mn được tạo ra, để trị số của $[Mn_2] / [Mn_{10}]$ sau khi ủ hoàn thiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Trong từng mẫu trong số các mẫu số 1 đến số 3, số 5 đến số 7, số 9 đến số 11, số 16, số 17, số 19, số 20, số 25, số 26, số 28, số 30, số 31, số 33, số 34, số 36, số 38, số 39, số 41, số 43, số 44, số 46, số 47, số 49 trong bảng 2, và các mẫu số 51, số 52, số 54, số 61, số 62, số 64, số 66, số 67, số 69, số 72, số 73, số 75, số 77, số 78, số 80, số 82, số 83, số 85, số 87, số 88, số 90 trong bảng 3, trị số của $[Mn_2] / [Mn_{10}]$ sau khi ủ hoàn thiện là nằm trong phạm vi của sáng chế.

Về từng mẫu trong số các mẫu số 4, số 8, số 12, số 18, số 21, số 27, số 29, số 32, số 35, số 37, số 40, số 42, số 45, số 48, số 50 trong bảng 2, và các mẫu số 53, số 55, số 58, số 60, số 63, số 65, số 68, số 70, số 74, số 76, số 79, số 81, số 84, số 86, số 89, số 91 trong bảng 3, mặc dù trị số của $[Mn_5] / [Mn_{10}]$ là nằm trong phạm vi của sáng chế, do nhiệt độ ủ hoàn thiện vượt quá 900°C, Mn từ bên trong được khuếch tán và lớp tập trung Mn được tạo ra do sự oxy hóa ở lớp bề mặt, dẫn đến trị số của $[Mn_2] / [Mn_{10}]$ sau khi ủ hoàn thiện là nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Lõi động cơ được sản xuất bằng cách sử dụng một phần của các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thu được. Các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được đập dẹt để đáp ứng được các điều kiện là đường kính ngoài của stato là 140 mm, đường kính ngoài của rôto là 85 mm, 18 rãnh, và 12 lỗ, và được xếp chồng để tạo thành lõi động cơ. Ở phía rôto, có gắn nam châm vĩnh cửu, và phía stato được cho ủ để khử ứng suất ở 825°C trong 1 giờ trong khí quyển giàu khí với

70% nitơ và sau đó tạo ra cuộn. Lỗi động cơ thu được bị kích thích trong các điều kiện đáp ứng mật độ từ thông của phần răng là 1,0 T, mômen là 2,5 Nm, và tốc độ quay là 8000 vòng/phút. Các kết quả đo sự tổn hao do lỗi động cơ ở thời điểm đó được thể hiện ở bảng 4. Lưu ý là về sự tổn hao do lỗi động cơ được thể hiện ở bảng 4, phần còn lại thu được bằng cách trừ công suất của động cơ, tổn hao do đồng, và tổn hao máy móc từ lượng công suất vào được đánh giá là sự tổn hao do lỗi. Chỗ gạch chân trong bảng 4 thể hiện rằng trị số được gạch chân là nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Bảng 4

Số	Thép số	Loại thép	$[Mn_2]/[Mn_{10}]$	Màng phủ cách điện		Ủ để khử ứng suất				Ghi chú
				Lượng bám dính (mg/m^2)	Hàm lượng Fe (mg/m^2)	Nhiệt độ ($^{\circ}C$)	Lượng Nitơ tăng (%)	Tổn hao do lõi của lõi động cơ (W/kg)	Độ bám dính của màng phủ	
101	1	A	0,39	1000	160	800	0,0002	59	o	Ví dụ của sáng chế
102						850	0,0008	60	o	Ví dụ của sáng chế
103			0,61	200	5	800	0,0002	59	x	Ví dụ so sánh
104				300	8	800	0,0003	59	Δ	Ví dụ so sánh
105				400	30	800	0,0002	59	o	Ví dụ của sáng chế
106				800	100	800	0,0002	59	o	Ví dụ của sáng chế
107				1000	130	750	0,0002	59	o	Ví dụ của sáng chế
108						800	0,0002	59	o	Ví dụ của sáng chế
109						850	0,0008	60	o	Ví dụ của sáng chế
110						950	0,0023	65	x	Ví dụ so sánh
111				1200	180	800	0,0002	59	o	Ví dụ của sáng chế
112				2000	270	800	0,0003	59	Δ	Ví dụ so sánh
113	6		0,79	1000	40	800	0,0008	60	o	Ví dụ của sáng chế
114	10		0,85	1000	20	800	0,0007	60	o	Ví dụ của sáng chế
115	4		1,0	1000	8	800	0,0015	62	x	Ví dụ so sánh
116	13		1,2	1000	3	800	0,002	63	x	Ví dụ so sánh
117	15		1,6	1000	4	800	0,0025	64	x	Ví dụ so sánh
118	16	B	0,6	1000	90	800	0,0005	59	o	Ví dụ của sáng chế
119						850	0,0009	60	o	Ví dụ của sáng chế
120			0,7	200	4	800	0,0007	60	Δ	Ví dụ so sánh
121				1000	70	800	0,0006	59	o	Ví dụ của sáng chế
122	19					850	0,0009	59	o	Ví dụ của sáng chế
123						950	0,0025	65	x	Ví dụ so sánh
124	18		1,2	1000	8	800	0,0021	62	x	Ví dụ so sánh
125	22		1,2	1000	6	800	0,0023	63	x	Ví dụ so sánh
126	25		0,7	1000	60	800	0,0006	60	o	Ví dụ của sáng chế
127	29		1,3	1000	5	800	0,0024	65	x	Ví dụ so sánh
128	31	D	0,8	1000	50	800	0,0007	60	o	Ví dụ của sáng chế
129	35		1,4	1000	6	800	0,0024	66	x	Ví dụ so sánh
130	36	E	0,8	1000	30	800	0,0007	60	o	Ví dụ của sáng chế
131	40		1,2	1000	7	800	0,0018	65	x	Ví dụ so sánh
132	41	F	0,6	1000	110	800	0,0004	59	o	Ví dụ của sáng chế
133	45		1,4	1000	7	800	0,0022	62	x	Ví dụ so sánh
134	47	G	0,8	1000	50	800	0,0008	59	o	Ví dụ của sáng chế
135	48		1,1	1000	6	800	0,0018	63	x	Ví dụ so sánh
136	52	H	0,6	1000	100	800	0,0005	58	o	Ví dụ của sáng chế
137	53		1,2	1000	7	800	0,0019	62	x	Ví dụ so sánh
138	59	I	0,8	1000	60	800	0,0007	59	o	Ví dụ của sáng chế
139	60		1,0	1000	9	800	0,0017	63	x	Ví dụ so sánh
140	62	J	0,6	1000	100	800	0,0005	59	o	Ví dụ của sáng chế
141	65		1,4	1000	4	800	0,0029	64	x	Ví dụ so sánh
142	66	K	0,7	1000	50	800	0,0004	59	o	Ví dụ của sáng chế
143	70		1,3	1000	6	800	0,0028	64	x	Ví dụ so sánh
144	71	L	1,0	1000	6	800	0,0018	63	x	Ví dụ so sánh
145	75		0,9	1000	30	800	0,0004	60	o	Ví dụ của sáng chế
146	76	M	1,4	1000	7	800	0,0029	66	x	Ví dụ so sánh
147	78		0,6	1000	110	800	0,0004	60	o	Ví dụ của sáng chế
148	79	N	1,0	1000	4	800	0,002	63	x	Ví dụ so sánh
149	83		0,6	1000	110	800	0,0004	59	o	Ví dụ của sáng chế
150	86	O	1,4	1000	3	800	0,0031	64	x	Ví dụ so sánh
151	88		0,6	1000	100	800	0,0003	59	o	Ví dụ của sáng chế
152	91	P	1,2	1000	6	800	0,0022	63	x	Ví dụ so sánh
153	92		1,0	1000	8	800	0,0018	65	x	Ví dụ so sánh
154	93	R	1,0	1000	8	800	0,0019	62	x	Ví dụ so sánh

Từ bảng 4, có thể hiểu là ở mỗi ví dụ trong số các ví dụ của sáng chế, lượng nitơ tăng trong thép sau khi ủ để khử ứng suất được duy trì ở mức thấp, và cũng có thể thu được trị số tốt liên quan đến sự tổn hao do lỗi động cơ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, chứa:

thành phần hóa học được thể hiện bởi:

theo % khối lượng,

C: từ 0,0010% đến 0,0050%;

Si: từ 2,5% đến 4,0%;

Al: từ 0,0001% đến 2,0%;

Mn: từ 0,1% đến 3,0%;

P: từ 0,005% đến 0,15%;

S: từ 0,0001% đến 0,0030%;

Ti: từ 0,0005% đến 0,0030%;

N: từ 0,0010% đến 0,0030%;

Sn: từ 0,00% đến 0,2%;

Sb: từ 0,00% đến 0,2%;

Ni: từ 0,00% đến 0,2%;

Cu: từ 0,00% đến 0,2%;

Cr: từ 0,00% đến 0,2%;

Ca: từ 0,0000% đến 0,0025%;

REM: từ 0,0000% đến 0,0050%; và

phần còn lại: Fe và các tạp chất, trong đó

đường kính hạt tinh thể trung bình là bằng 46 μm hoặc nhỏ hơn,

và trong đó

khi giá trị trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 2 μm được đặt là $[\text{Mn}_2]$, và nồng độ Mn ở vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, sắt nền thỏa mãn biểu thức 1 sau đây:

$$0,1 \leq [\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 1}).$$

2. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1, trong đó

tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều

thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: từ 0,01% đến 0,2%; và

Sb: từ 0,01% đến 0,2%.

3. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó

tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Ni: từ 0,01% đến 0,2%;

Cu: từ 0,01% đến 0,2%; và

Cr: từ 0,01% đến 0,2%.

4. Tấm 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 chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Ca: từ 0,0005% đến 0,0025%; và

REM: từ 0,0005% đến 0,0050%.

5. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó:

màng phủ cách điện được bố trí cho bề mặt của sắt nền;

lượng bám dính của màng phủ cách điện không nhỏ hơn 400 mg/m² và cũng không lớn hơn 1200 mg/m²; và

tổng hàm lượng Fe hóa trị hai và hàm lượng Fe hóa trị ba trong màng phủ cách điện là không nhỏ hơn 10 mg/m² và cũng không lớn hơn 250 mg/m².

6. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, phương pháp này bao gồm các bước:

tiến hành cán nóng thép để thu tấm thép đã cán nóng;

tiến hành ủ tấm đã cán nóng của tấm thép đã cán nóng;

tiến hành tẩy gỉ sau khi ủ tấm đã cán nóng;

tiến hành cán nguội sau khi tẩy gỉ để thu tấm thép đã cán nguội;

và

tiến hành ủ hoàn thiện tấm thép đã cán nguội để thu tấm thép kỹ thuật điện không định hướng ở đó, khi giá trị trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 2 μm được đặt là $[\text{Mn}_2]$, và nồng độ Mn ở vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, sắt nền thỏa mãn biểu thức 1 dưới đây, trong đó:

bước ủ tấm đã cán nóng được tiến hành bằng cách đặt điểm sương không nhỏ hơn -40°C và cũng không lớn hơn 60°C , đặt nhiệt độ ủ không nhỏ hơn 900°C và cũng không lớn hơn 1100°C , và đặt thời gian ngâm không nhỏ hơn 1 giây và cũng không lớn hơn 300 giây, trong khi loại bỏ lớp xỉ được tạo ra trong khi cán nóng;

khi giá trị trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 5 μm được đặt là $[\text{Mn}_5]$, và nồng độ Mn ở vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, bước tẩy gỉ được tiến hành sao cho sắt nền sau khi tẩy gỉ thỏa mãn biểu thức 2 dưới đây;

nhiệt độ ủ được đặt nhỏ hơn 900°C trong bước ủ hoàn thiện; và
thời thép có thành phần hóa học được thể hiện bởi:

theo % khối lượng,

C: từ 0,0010% đến 0,0050%;

Si: từ 2,5% đến 4,0%;

Al: từ 0,0001% đến 2,0%;

Mn: từ 0,1% đến 3,0%;

P: từ 0,005% đến 0,15%;

S: từ 0,0001% đến 0,0030%;

Ti: từ 0,0005% đến 0,0030%;

N: từ 0,0010% đến 0,0030%;

Sn: từ 0,00% đến 0,2%;

Sb: từ 0,00% đến 0,2%;

Ni: từ 0,00% đến 0,2%;

Cu: từ 0,00% đến 0,2%;

Cr: từ 0,00% đến 0,2%;

Ca: từ 0,0000% đến 0,0025%;

REM: từ 0,0000% đến 0,0050%; và

phần còn lại: Fe và các tạp chất

$$0,1 \leq [\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 1})$$

$$0,1 \leq [\text{Mn}_5] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 2}).$$

7. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 6, phương pháp này còn bao gồm bước

tạo ra màng phủ cách điện trên bề mặt của sắt nền sau khi ủ hoàn thiện.

8. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 6 hoặc 7, trong đó

thỏi thép chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: từ 0,01% đến 0,2%; và

Sb: từ 0,01% đến 0,2%.

9. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 8, trong đó

thỏi thép chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Ni: từ 0,01% đến 0,2%;

Cu: từ 0,01% đến 0,2%; và

Cr: từ 0,01% đến 0,2%.

10. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 9, trong đó

thỏi thép chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Ca: từ 0,0005% đến 0,0025%; và

REM: từ 0,0005% đến 0,0050%.

11. Phương pháp sản xuất lõi động cơ, phương pháp này bao gồm các bước:

đốt dập các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo hình dạng của lõi;

xếp chồng các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã đốt dập; và

tiến hành ủ để khử ứng suất của các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã xếp chồng, trong đó:

trong quá trình ủ để khử ứng suất, tỷ lệ phần trăm của nitơ trong môi trường ủ được đặt đến bằng hoặc lớn hơn 70% thể tích, và nhiệt độ ủ để khử ứng suất được đặt không nhỏ hơn 750°C và cũng không lớn hơn 900°C;

đường kính hạt tinh thể trung bình của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng là bằng hoặc nhỏ hơn 46 μm , và

tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thành phần hóa học được thể hiện bởi:

theo % khối lượng,

C: từ 0,0010% đến 0,0050%;

Si: từ 2,5% đến 4,0%;

Al: từ 0,0001% đến 2,0%;

Mn: từ 0,1% đến 3,0%;

P: từ 0,005% đến 0,15%;

S: từ 0,0001% đến 0,0030%;

Ti: từ 0,0005% đến 0,0030%;

N: từ 0,0010% đến 0,0030%;

Sn: từ 0,00% đến 0,2%;

Sb: từ 0,00% đến 0,2%;

Ni: từ 0,00% đến 0,2%;

Cu: từ 0,00% đến 0,2%;

Cr: từ 0,00% đến 0,2%;

Ca: từ 0,0000% đến 0,0025%;

REM: từ 0,0000% đến 0,0050%; và

phần còn lại: Fe và các tạp chất; và

khi giá trị trung bình của các nồng độ Mn trong phạm vi từ bề mặt của sắt nền đến vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 2 μm được đặt là $[\text{Mn}_2]$, và nồng độ Mn ở vị trí ở đó độ dày từ bề mặt của sắt nền là 10 μm được đặt là $[\text{Mn}_{10}]$, biểu thức 1 dưới đây được thỏa mãn:

$$0,1 \leq [\text{Mn}_2] / [\text{Mn}_{10}] \leq 0,9 \quad (\text{Biểu thức 1}).$$

12. Phương pháp sản xuất lõi động cơ theo điểm 11, trong đó màng phủ cách điện được bố trí cho bề mặt của sắt nền.

13. Phương pháp sản xuất lõi động cơ theo điểm 11 hoặc 12, trong đó tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: từ 0,01% đến 0,2%; và

Sb: từ 0,01% đến 0,2%.

14. Phương pháp sản xuất lõi động cơ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 13, trong đó

tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Ni: từ 0,01% đến 0,2%;

Cu: từ 0,01% đến 0,2%; và

Cr: từ 0,01% đến 0,2%.

15. Phương pháp sản xuất lõi động cơ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 14, trong đó

tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Ca: từ 0,0005% đến 0,0025%; và

REM: từ 0,0005% đến 0,0050%.

FIG. 1

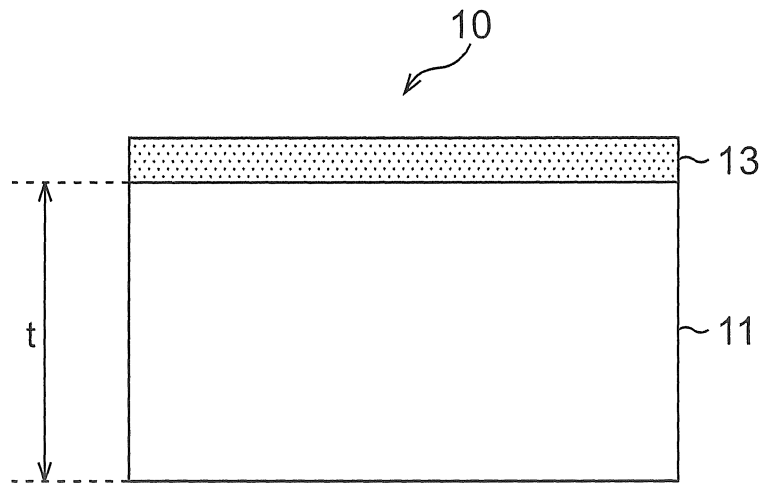


FIG. 2

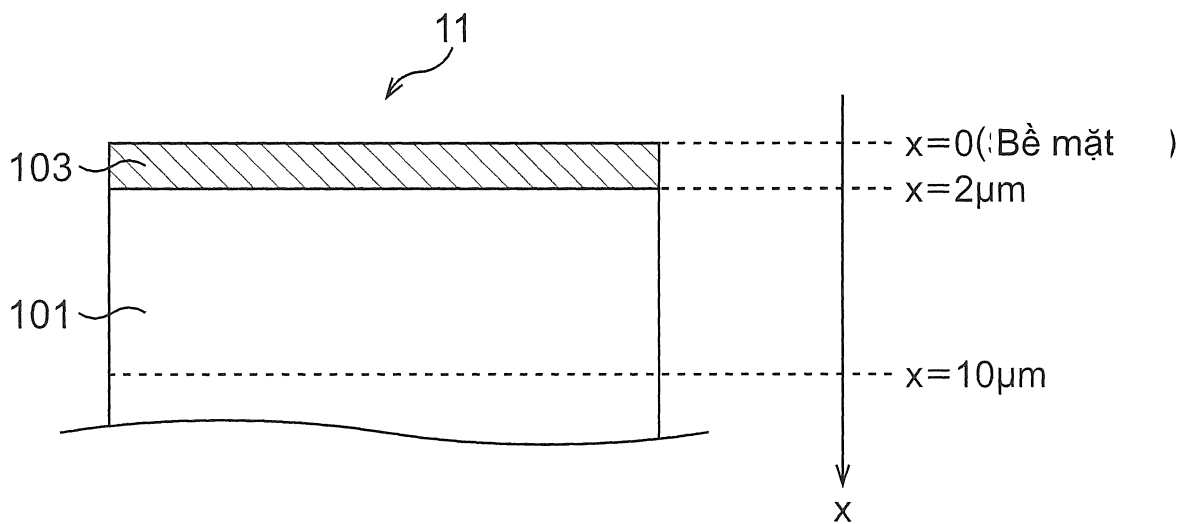


FIG. 3

Nồng độ Mn [% khối lượng]

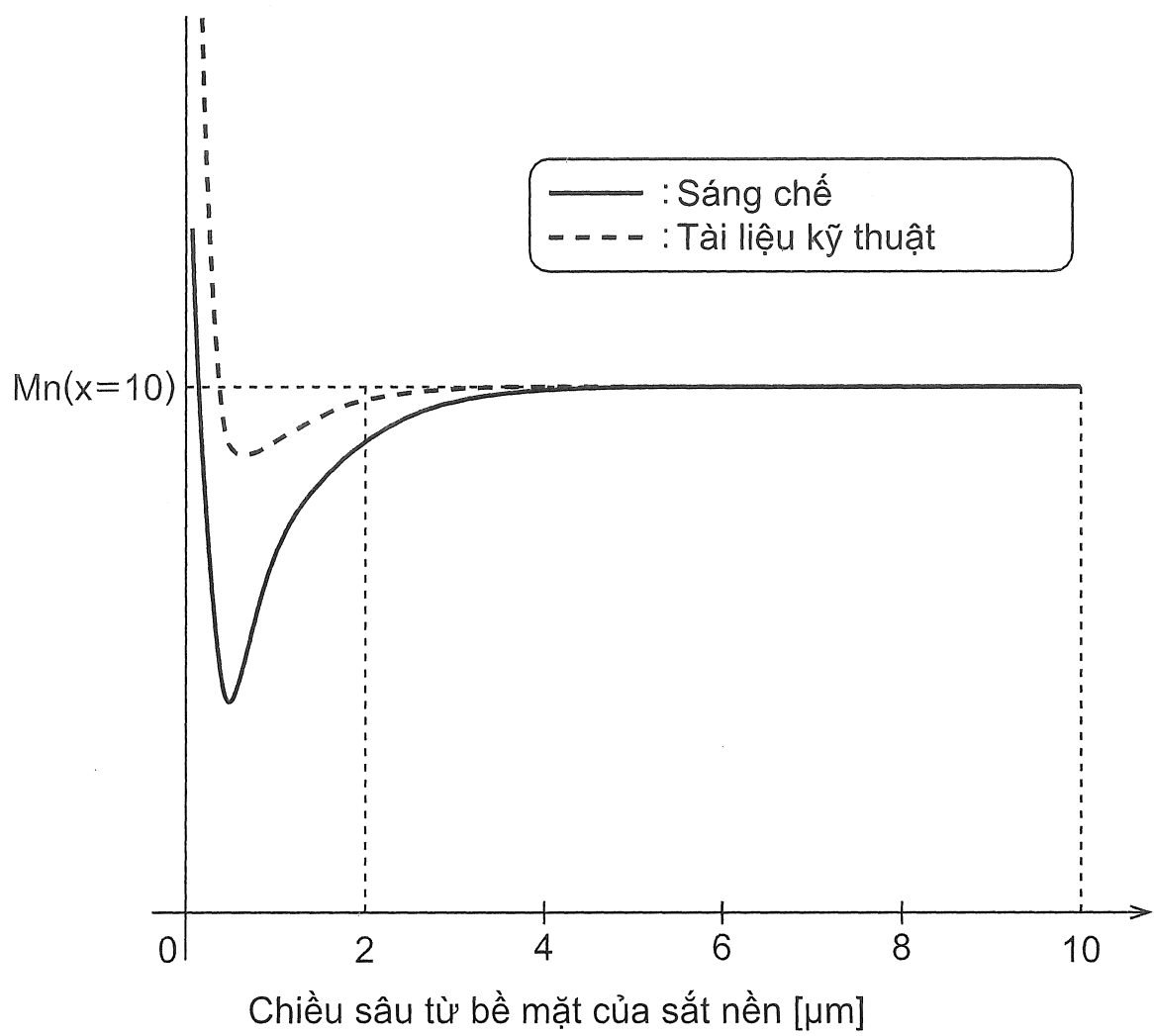


FIG. 4

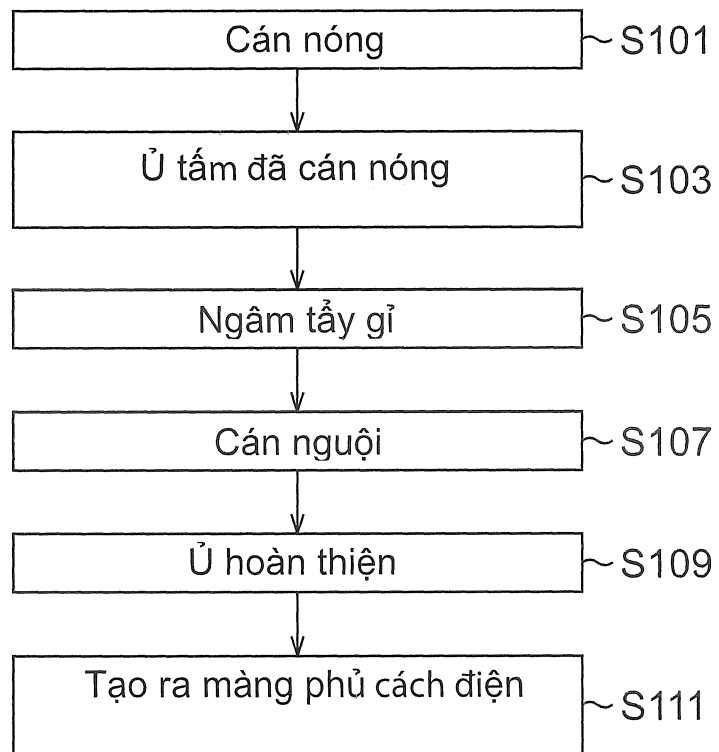


FIG. 5

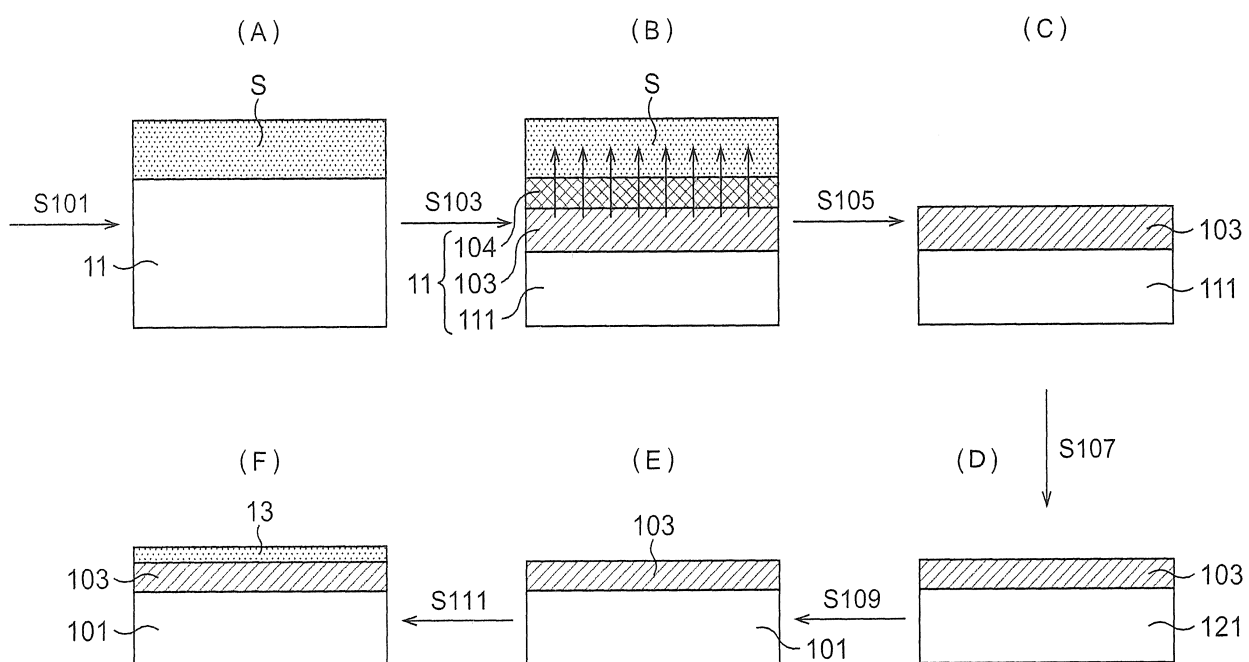


FIG. 6

