



(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)



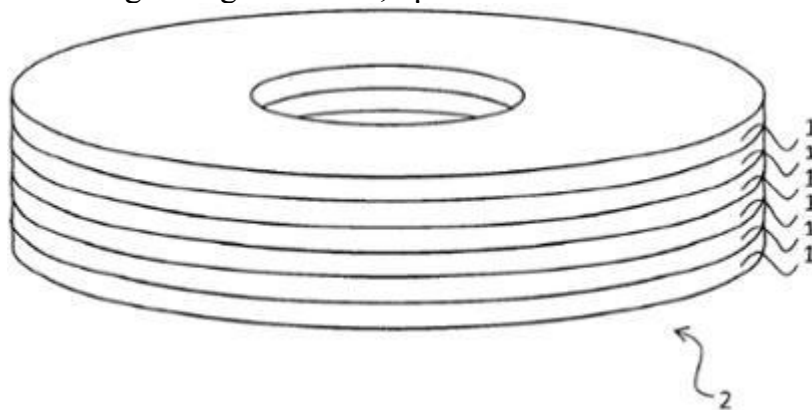
1-0023458

(51)⁷ C22C 38/00; B32B 15/01; C21D 8/12; (13) B
C22C 1/02; C22C 38/02; H01F 27/245;
C22C 38/06; C22C 38/12; C22C 38/14;
C22C 38/16; H01F 1/01; H01F 1/16;
B21B 3/02; C22C 38/04

- (21) 1-2013-02653 (22) 17/08/2012
(86) PCT/JP2012/070909 17/08/2012 (87) WO2013/024899A1 21/02/2013
(30) 2011-179072 18/08/2011 JP; 2011-179066 18/08/2011 JP
(45) 27/04/2020 385 (43) 25/06/2014 315A
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) FUJIKURA, Masahiro (JP); USHIGAMI, Yoshiyuki (JP); MURAKAWA, Tesshu
(JP); KANAO, Shinichi (JP); ATAKE, Makoto (JP); ICHIE, Takeru (JP); HORI, Kojiro
(JP); MATSUI, Shinichi (JP)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐƯỢC ĐỊNH HƯỚNG, PHƯƠNG
PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY, TẤM MỎNG DÙNG CHO LỖI SẮT CỦA
ĐỘNG CƠ VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM MỎNG NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, phương pháp sản xuất tấm thép này, tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ và phương pháp sản xuất tấm mỏng này, trong đó tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có giá trị của tham số Q được thể hiện bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C]. Nền của cấu trúc kim loại là pha ferit, và cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại. Cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm . Chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 trong hạt ferit. Cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và cũng không lớn hơn 0,2 μm .



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng thích hợp để làm vật liệu lõi sắt của thiết bị điện và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, động cơ dẫn động của xe chạy bằng điện, phương tiện lai, và tương tự, những động cơ quay ở tốc độ cao và có công suất tương đối lớn ngày càng được sử dụng rộng rãi. Vì lý do này, vật liệu lõi sắt được sử dụng cho động cơ dẫn động bắt buộc phải có tổn hao lõi từ thấp nằm trong khoảng từ vài trăm Hz đến vài kHz, mà cao hơn so với tần số công nghiệp. Hơn nữa, lõi sắt được sử dụng cho rôto cũng bắt buộc phải có độ bền cơ học yêu cầu để chịu được sự thay đổi lực ly tâm và ứng suất. Vật liệu lõi sắt được sử dụng cho động cơ dẫn động của xe đôi khi cần phải có yêu cầu như vậy.

Thông thường, nhiều kỹ thuật đã được đề xuất để thu được sự giảm tổn hao lõi từ và/hoặc sự cải thiện độ bền (các tài liệu sáng chế từ 1 đến 12).

Tuy nhiên, với các kỹ thuật này, khó, mà thu được hiệu quả làm giảm tổn hao lõi từ và cải thiện độ bền. Hơn nữa, trên thực tế, một vài trong số các kỹ thuật này gặp khó khăn trong quá trình sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 02-

008346

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 06-330255

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2006-009048

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2006-070269

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 10-018005

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-084053

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-183066

Tài liệu sáng chế 8: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2007-039754

Tài liệu sáng chế 9: Công bố đơn quốc tế số WO2009/128428

Tài liệu sáng chế 10: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 10-88298

Tài liệu sáng chế 11: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2005-256019

Tài liệu sáng chế 12: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 11-229094

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có thể thu được hiệu quả làm giảm tổn hao lõi từ và cải thiện độ bền, và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Sáng chế được tạo ra để giải quyết các vấn đề nêu trên, và đối tượng của sáng chế như dưới đây.

(1) Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

trong đó:

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C],

nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại,

cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 trong hạt ferit, và

cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và cũng không lớn hơn 0,2 μm .

(2) Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo mục (1), còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

(3) Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo mục (1) hoặc (2), trong đó chất kết tủa ít nhất là một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng bao gồm:

thực hiện bước cán nóng phôi tấm để thu được tấm thép cán nóng;

thực hiện bước cán nguội tấm thép cán nóng để thu được tấm thép cán nguội; và

thực hiện bước ủ hoàn thiện tấm thép đã được cán nguội dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C, thời gian ngâm lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ từ nhiệt độ ngâm đến 700°C không nhỏ hơn 2°C/giây và không lớn hơn 60°C/giây,

trong đó:

phôi tấm chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C].

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo mục (4), trong đó phôi tấm còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

(6) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo mục (4) hoặc (5), còn bao gồm bước, trước khi thực hiện bước cán nguội, thực hiện bước ủ tấm đã được cán nóng của tấm thép cán nóng.

(7) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng bao gồm:

thực hiện bước cán nóng phôi tấm để thu được tấm thép cán nóng;

thực hiện bước cán nguội tấm thép cán nóng để thu được tấm thép cán

nguội;

thực hiện bước ủ tấm đã được cán nguội của tấm thép cán nguội dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ nhất không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C, thời gian ngâm là lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ nhất đến 700°C lớn hơn hoặc bằng 20°C/giây; và

sau khi ủ tấm cán nguội, thực hiện bước ủ hoàn thiện tấm thép đã được cán nguội dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ hai không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C, thời gian ngâm là không nhỏ hơn 10 phút và không lớn hơn 10 giờ, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ hai đến 300°C không nhỏ hơn 0,0001°C/giây và không lớn hơn 0,1°C/giây,

trong đó:

phôi tấm chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C].

(8) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng

theo mục (7), trong đó phôi tấm còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

(9) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo mục (7) hoặc (8), còn bao gồm bước, trước khi thực hiện bước cán nguội, thực hiện bước ủ tấm đã được cán nóng của tấm thép cán nóng.

(10) Tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ bao gồm:

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được ép với một tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác,

trong đó:

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V],

[Zr], [Nb], và [C],

nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại,

cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 trong hạt ferit, và

cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và cũng không lớn hơn 0,2 μm .

(11) Tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo mục (10), trong đó các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

(12) Tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo mục (10) hoặc (11), trong đó chất kết tủa ít nhất là một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

(13) Phương pháp sản xuất tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ bao gồm các bước:

ép các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng với một tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác để thu được tấm mỏng; và

thực hiện bước ủ tấm mỏng dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C, thời gian ngâm là không nhỏ

hơn 2 phút và không lớn hơn 10 giờ, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 300°C không nhỏ hơn 0,0001°C/giây và không lớn hơn 0,1°C/giây,

trong đó

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C],

nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại,

cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 trong hạt ferit, và

cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và cũng không lớn hơn 0,2 μm .

(14) Phương pháp sản xuất tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo mục (13), trong đó các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

(15) Phương pháp sản xuất tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo mục (13) hoặc (14), trong đó chất kết tủa ít nhất là một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, thành phần và cấu trúc của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được xác định một cách thích hợp, sao cho có thể thu được hiệu quả làm giảm tổn hao lõi từ và cải thiện độ bền.

Mô tả vắn tắt ~~các~~ hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện kết cấu của tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Đầu tiên, tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế và phương pháp sản xuất tấm thép này sẽ được giải thích.

Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế có thành phần định trước, nền của cấu trúc kim loại là pha ferit, và cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại. Hơn nữa, cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm , chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại trong hạt ferit với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 , và cỡ hạt

trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn $0,002\ \mu\text{m}$ và cũng không lớn hơn $0,2\ \mu\text{m}$. Thành phần như vậy khiến cho có thể thu được hiệu quả làm giảm tổn hao lõi từ và cải thiện độ bền. Kết quả, có thể đóng góp nhiều vào việc đạt được hiệu quả cao cho động cơ, và tương tự.

Hơn nữa, trong phương pháp thứ nhất sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế, cán nóng phôi tấm có thành phần định trước được thực hiện để thu được tấm thép cán nóng. Tiếp theo, cán nguội tấm thép cán nóng được thực hiện để thu được tấm thép cán nguội. Tiếp theo, ủ hoàn thiện tấm thép đã được cán nguội được thực hiện dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C , thời gian ngâm là lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm nêu trên đến 700°C không nhỏ hơn $2^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và không lớn hơn $60^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Hơn nữa, trong phương pháp thứ hai sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế, cán nóng phôi tấm có thành phần định trước được thực hiện để thu được tấm thép cán nóng. Tiếp theo, cán nguội tấm thép cán nóng được thực hiện để thu được tấm thép cán nguội. Tiếp theo, ủ tấm cán nguội tấm thép cán nguội được thực hiện dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ nhất không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C , thời gian ngâm là lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ nhất đến 700°C lớn hơn hoặc bằng $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tiếp theo, sau khi ủ tấm cán nguội, ủ hoàn thiện tấm thép đã được cán nguội được thực hiện dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ hai không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , thời gian ngâm là không nhỏ hơn 10 phút và không lớn hơn 10 giờ, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ hai đến 300°C không nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và không lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Ở đây, thành phần của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng sẽ được giải thích. Dưới đây, “%” là đơn vị hàm lượng nghĩa là “% trọng lượng.”

Hơn nữa, thành phần của phôi tấm được chuyển sang tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng y nguyên như vậy, và do đó thành phần của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được giải thích ở đây cũng là thành phần của phôi tấm được sử dụng trong sản xuất. Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế chứa: ví dụ, C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%, Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%, Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%, và Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%, và còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb. Hơn nữa, phần còn lại của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và giá trị của tham số Q được thể hiện bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C].

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%

C tạo thành các kết tủa mịn với Ti, V, Zr, và Nb. Kết tủa mịn này góp phần cải thiện độ bền của thép. Khi hàm lượng C nhỏ hơn 0,002%, không thể thu được các kết tủa với lượng đủ để cải thiện độ bền. Khi hàm lượng C lớn hơn 0,01%, các kết tủa có thể kết tủa ở dạng thô. Các kết tủa thô không thể góp phần để cải thiện độ bền. Hơn nữa, khi các kết tủa kết tủa ở dạng thô, tổn hao lõi từ có thể giảm. Do đó, hàm lượng C không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%. Hơn nữa, hàm lượng C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,006%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,008%.

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%

Si làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm tổn hao lõi từ. Khi hàm lượng Si nhỏ hơn 2,0%, không thể thu được hiệu quả này một cách đầy đủ. Khi hàm lượng Si lớn hơn 4,0%, thép bị giòn do đó gặp khó khăn khi thực hiện bước cán. Do đó, hàm lượng Si không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%.

Hơn nữa, hàm lượng Si tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%.

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%

Mn, tương tự như Si, làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm tổn hao lõi từ. Hơn nữa, Mn làm thô sulfua để khiến nó trở nên vô hại. Khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,05%, không thể thu được các hiệu quả đó một cách đầy đủ. Khi hàm lượng Mn lớn hơn 0,5%, mật độ từ thông có thể giảm và sự rạn nứt có thể xuất hiện trong quá trình cán nguội. Hơn nữa, chi phí tăng lên cũng đáng kể. Do đó, hàm lượng Mn không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%. Hơn nữa, hàm lượng Mn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,1%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%.

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%

Al, tương tự như Si, làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm tổn hao lõi từ. Hơn nữa, Al có chức năng như chất khử oxy. Khi hàm lượng Al nhỏ hơn 0,01%, không thể thu được các hiệu quả đó một cách đầy đủ. Khi hàm lượng Al lớn hơn 3,0%, thép bị giòn do đó gặp khó khăn khi thực hiện bước cán. Do đó, hàm lượng Al không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%. Hơn nữa, hàm lượng Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,3%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%.

Ti, V, Zr, và Nb

Ti, V, Zr, và Nb tạo ra các kết tủa với C và/hoặc N. Các kết tủa này góp phần cải thiện độ bền của thép. Khi giá trị của tham số Q nhỏ hơn 0,9, C là quá nhiều so với Ti, V, Zr, và Nb, và do đó C có nhiều xu hướng tồn tại trong tâm thép ở trạng thái dung dịch rắn sau bước ủ hoàn thiện. Khi C tồn tại ở trạng thái dung dịch rắn, sự hóa già do từ có thể xuất hiện. Khi giá trị của tham số Q lớn hơn 1,1, C là không đủ so với Ti, V, Zr, và Nb, và do đó rất khó thu được các kết tủa mịn do đó khiến cho không thể thu được độ bền mong muốn. Do đó, giá trị của tham số Q không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1. Hơn nữa, giá trị

của tham số Q tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,95, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,05.

Tâm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế có thể còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%, Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%, và Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%

N, tương tự như C, tạo thành các kết tủa mịn với Ti, V, Zr, và Nb. Các kết tủa mịn góp phần cải thiện độ bền của thép. Khi hàm lượng N nhỏ hơn 0,001%, không thể thu được các kết tủa với lượng đủ để cải thiện độ bền hơn nữa. Do đó, hàm lượng N tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,001%. Khi hàm lượng N lớn hơn 0,004%, các kết tủa có thể kết tủa ở dạng thô. Do đó, hàm lượng N nhỏ hơn hoặc bằng 0,004%.

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%

Các tác giả sáng chế đã nhận thấy rằng khi Cu được chứa trong thép, các chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb có thể kết tủa ở dạng mịn. Các kết tủa mịn này góp phần cải thiện độ bền của thép. Khi hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,5%, không thể thu được hiệu quả này một cách đầy đủ. Do đó, hàm lượng Cu tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,5%. Hơn nữa, hàm lượng Cu tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,8%. Khi hàm lượng Cu lớn hơn 1,5%, thép có thể bị giòn. Do đó, hàm lượng Cu nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%. Hơn nữa, hàm lượng Cu tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,2%.

Lý do tại sao trong trường hợp Cu được chứa trong thép, các kết tủa kết tủa ở dạng mịn nêu trên là không rõ ràng, nhưng các tác giả sáng chế cho rằng điều này là do sự phân bố nồng độ cục bộ của Cu được tạo ra trong nền là tâm kết tủa của cacbua. Do đó, cũng có thể công nhận rằng Cu không bị kết tủa khi

kết tủa nêu trên được làm cho kết tủa. Mặt khác, phần Cu kết tủa góp phần cải thiện độ bền của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng. Do đó, cũng có thể công nhận rằng Cu được kết tủa.

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%

Các tác giả sáng chế cũng nhận thấy rằng khi Sn được chứa trong thép, các chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb có thể kết tủa ở dạng mịn. Các kết tủa mịn góp phần cải thiện độ bền của thép. Khi hàm lượng Sn nhỏ hơn 0,05%, không thể thu được hiệu quả này một cách đầy đủ. Do đó, hàm lượng Sn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05%. Hơn nữa, hàm lượng Sn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,08%. Khi hàm lượng Sn lớn hơn 0,5%, thép có thể bị giòn. Do đó, hàm lượng Sn nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%. Hơn nữa, hàm lượng Sn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%.

Các thành phần khác

Tấm thép theo sáng chế có thể còn chứa Ni với hàm lượng không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 5% và P với hàm lượng không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,1%. Ni và P góp phần vào dung dịch, mà làm cứng tấm thép, và tương tự.

Tiếp theo, cấu trúc kim loại của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng sẽ được giải thích.

Như được nêu trên đây, nền của cấu trúc kim loại của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế là pha ferit, và cấu trúc không kết tinh lại không được chứa trong cấu trúc kim loại. Điều này là do cấu trúc không kết tinh lại cải thiện độ bền nhưng làm giảm tổn hao lõi từ một cách đáng kể. Hơn nữa, khi cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit nhỏ hơn 30 μm , tổn hao do từ trễ tăng. Khi cỡ hạt trung bình của các hạt ferit lớn hơn 200 μm , hiệu quả làm cứng của hạt mịn giảm một cách đáng kể. Do đó, cỡ hạt trung bình của các hạt ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200

μm . Hơn nữa, cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 50 μm , và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 80 μm . Cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 100 μm .

Trong phương án theo sáng chế, chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại trong hạt ferit. Khi kết tủa là nhỏ hơn và mật độ hạt của chất kết tủa là cao hơn, nên có thể thu được độ bền cao. Hơn nữa, cỡ của chất kết tủa cũng quan trọng về các đặc tính từ tính. Ví dụ, trong trường hợp khi đường kính của chất kết tủa là nhỏ hơn độ dày của vách miền từ, nên có thể ngăn cản sự suy giảm (tăng) tổn hao do từ trễ do mối liên kết chốt sự dịch chuyển vách miền từ. Khi cỡ hạt trung bình của chất kết tủa lớn hơn 0,2 μm , không thể thu được các hiệu quả đó một cách đầy đủ. Do đó, cỡ hạt trung bình của chất kết tủa nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 μm . Kích thước hạt trung bình tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 μm , tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,05 μm , và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,01 μm .

Bất ngờ, khi độ dày lý thuyết của vách miền từ của sắt tinh khiết được đánh giá về năng lượng trao đổi và năng lượng dị hướng, độ dày này bằng hoặc xấp xỉ bằng 0,1 μm , nhưng độ dày thực tế của vách miền từ thay đổi theo sự định hướng, mà vách miền từ được tạo ra ở đó. Hơn nữa, như là một tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, trong trường hợp khi chứa các nguyên tố khác ngoài Fe, độ dày của vách miền từ cũng bị ảnh hưởng bởi các loại, các lượng của chúng và tương tự. Cũng từ quan điểm này, có thể hiểu được rằng cỡ hạt trung bình của chất kết tủa, mà nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 μm , là thích hợp.

Khi cỡ hạt trung bình của chất kết tủa nhỏ hơn 0,002 μm (2 nm), hiệu quả làm tăng độ bền cơ học bị bão hòa. Hơn nữa, rất khó kiểm soát cỡ hạt trung bình của chất kết tủa nằm trong khoảng nhỏ hơn 0,002 μm . Do đó, cỡ hạt trung bình của chất kết tủa lớn hơn hoặc bằng 0,002 μm .

Hơn nữa, khi mật độ hạt của chất kết tủa là cao hơn, có thể thu được độ bền cao, và khi mật độ hạt của chất kết tủa trong hạt ferit nhỏ hơn 1 hạt/ μm^3 , rất

khó thu được độ bền mong muốn. Do đó, mật độ hạt của chất kết tủa lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 . Mật độ hạt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 100 hạt/ μm^3 , tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 1000 hạt/ μm^3 , tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 10000 hạt/ μm^3 , và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 100000 hạt/ μm^3 .

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng sẽ được giải thích. Trong phương pháp thứ nhất sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế, như được nêu trên đây, bước cán nóng phôi tấm có thành phần định trước được thực hiện để thu được tấm thép cán nóng. Tiếp theo, bước cán nguội tấm thép cán nóng được thực hiện để thu được tấm thép cán nguội. Tiếp theo, bước ủ hoàn thiện tấm thép đã được cán nguội được thực hiện dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C , thời gian ngâm là lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm nêu trên đến 700°C không nhỏ hơn $2^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và không lớn hơn $60^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Hơn nữa, trong phương pháp sản xuất thứ hai, bước cán nóng phôi tấm có thành phần định trước được thực hiện để thu được tấm thép cán nóng. Tiếp theo, bước cán nguội tấm thép cán nóng được thực hiện để thu được tấm thép cán nguội. Tiếp theo, bước ủ tấm cán nguội tấm thép cán nguội được thực hiện dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ nhất không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C , thời gian ngâm là lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ nhất đến 700°C lớn hơn hoặc bằng $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tiếp theo, sau khi ủ tấm cán nguội, bước ủ hoàn thiện tấm thép đã được cán nguội được thực hiện dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ hai không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , thời gian ngâm là không nhỏ hơn 10 phút và không lớn hơn 10 giờ, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ hai đến 300°C không nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và không lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Đầu tiên, phương pháp sản xuất thứ nhất sẽ được giải thích.

Khi nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm của bước cán nóng thấp hơn 1050°C ,

bước cán nóng có thể khó, mà thực hiện được. Khi nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm cao hơn 1200°C, sulfua và tương tự đôi khi bị hòa tan và sulfua tương tự kết tủa ở dạng mịn trong quá trình làm nguội của bước cán nóng, và do đó sự phát triển của các hạt ferit ở bước ủ hoàn thiện (ủ sau khi cán nguội) có thể được ngăn cản. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm tốt hơn là không thấp hơn 1050°C và không cao hơn 1200°C.

Ở bước cán nóng, ví dụ, thực hiện bước cán thô và cán tinh. Nhiệt độ cuối của bước cán tinh (nhiệt độ cuối) tốt hơn là không thấp hơn 750°C và không cao hơn 950°C. Điều này là để thu được năng suất cao.

Độ dày của tấm thép cán nóng không bị giới hạn một cách cụ thể. Tuy nhiên, không dễ điều chỉnh độ dày của tấm thép cán nóng nhỏ hơn 1,6 mm, mà cũng dẫn đến làm giảm năng suất. Mặt khác, khi độ dày của tấm thép cán nóng bằng 2,7 mm, đôi khi cần phải tăng quá mức tỷ lệ thất ở bước cán nguội sau đó. Trong trường hợp khi tỷ lệ thất ở bước cán nguội quá cao, cấu trúc của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có thể xấu đi và các đặc tính từ tính (mật độ từ thông và tổn hao lõi từ) có thể xấu đi. Do đó, độ dày của tấm thép cán nóng tốt hơn là không nhỏ hơn 1,6 mm và không lớn hơn 2,7 mm.

Bước cán nguội có thể được thực hiện chỉ một lần, hoặc cũng có thể được thực hiện hai hoặc nhiều hơn hai lần với bước ủ trung gian được thực hiện giữa các lần đó. Tỷ lệ thất cuối ở bước cán nguội tốt hơn là không nhỏ hơn 60% và không lớn hơn 90%. Điều này là để làm cho cấu trúc kim loại (kết cấu) của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng thu được sau bước ủ hoàn thiện tốt hơn để thu được mật độ từ thông cao và tổn hao lõi từ thấp. Hơn nữa, trong trường hợp thực hiện bước ủ trung gian, nhiệt độ của nó tốt hơn là không thấp hơn 900°C và không cao hơn 1100°C. Điều này là để làm cho cấu trúc kim loại tốt hơn. Tỷ lệ thất cuối tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 65%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 82%.

Ở bước ủ hoàn thiện, trong quá trình ngâm, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr,

và/hoặc Nb, mà được chứa trong tấm thép cán nguội được tạo ra để đôi khi được hòa tan ở trạng thái rắn, và trong quá trình làm nguội sau đó, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb được làm cho kết tủa ở dạng mịn. Khi nhiệt độ ngâm thấp hơn 950°C, khó, mà phát triển một cách đầy đủ các hạt ferit và hòa tan ở trạng thái rắn một cách đầy đủ các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb. Khi nhiệt độ ngâm là cao hơn 1100°C, sự tiêu thụ năng lượng tăng, và các thiết bị phụ trợ như con lăn của buồng lò có thể bị hư hỏng. Do đó, nhiệt độ ngâm không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C. Hơn nữa, khi thời gian ngâm là ngắn hơn 20 giây, khó, mà phát triển một cách đầy đủ các hạt ferit và hòa tan ở trạng thái rắn một cách đầy đủ các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb. Do đó, thời gian ngâm lớn hơn hoặc bằng 20 giây. Khi thời gian ngâm là dài hơn 2 phút, năng suất giảm đáng kể. Do đó, thời gian ủ tốt hơn là ngắn hơn 2 phút.

Bất ngờ, nhiệt độ hòa tan của các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb bị ảnh hưởng bởi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, C, và N. Vì lý do này, nhiệt độ của bước ủ hoàn thiện tốt hơn là được điều chỉnh theo hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, C, và N. Tức là, nhiệt độ của bước ủ hoàn thiện được điều chỉnh một cách thích hợp, nhờ đó làm cho có thể thu được độ bền cơ học cao hơn (độ bền kéo).

Trong quá trình làm nguội của bước ủ hoàn thiện, như được nêu trên đây, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb được làm cho kết tủa ở dạng mịn. Khi tốc độ làm nguội trung bình từ từ nhiệt độ ngâm đến 700°C nhỏ hơn 2°C/giây, các kết tủa có thể kết tủa ở dạng thô, do đó khiến cho không thể thu được độ bền đầy đủ. Khi tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn 60°C/giây, nên không thể làm cho các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb kết tủa một cách đầy đủ và nhờ đó thu được độ bền đầy đủ. Do đó, tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 700°C không nhỏ hơn 2°C/giây và không lớn hơn 60°C/giây.

Bất ngờ, trước khi thực hiện bước cán nguội, bước ủ tấm thép cán nóng, cụ thể là bước ủ tấm cán nóng cũng có thể được thực hiện. Bước ủ tấm cán nóng

thích hợp được thực hiện, nhờ đó tạo ra cấu trúc của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng tốt hơn mong muốn và có thể thu được mật độ từ thông tốt hơn nhiều. Trong trường hợp khi nhiệt độ ngâm của bước ủ tấm cán nóng thấp hơn 850°C , và trong trường hợp khi thời gian ngâm là ngắn hơn 30 giây, rất khó tạo ra cấu trúc tốt hơn mong muốn. Trong trường hợp khi nhiệt độ ngâm là cao hơn 1100°C , và trong trường hợp khi thời gian ngâm là dài hơn 5 phút, sự tiêu thụ năng lượng tăng, và các thiết bị phụ trợ như con lăn của buồng lò có thể bị hư hỏng, và chi phí tăng lên đáng kể. Do đó, ở bước ủ tấm cán nóng, nhiệt độ ngâm tốt hơn là không thấp hơn 850°C và không cao hơn 1100°C và thời gian ngâm tốt hơn là không nhỏ hơn 30 giây và không lớn hơn 5 phút.

Theo cách này, có thể sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế. Khi đó, tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được sản xuất theo cách này có cấu trúc kim loại như được nêu trên đây để có thể thu được độ bền cao và tổn hao lõi từ thấp. Tức là, trong quá trình ngâm của bước ủ hoàn thiện, sự kết tinh lại được tạo ra và tạo ra pha ferit nêu trên nêu trên, và trong quá trình làm nguội sau đó, các kết tủa nêu trên nêu trên được tạo ra. Bất ngờ, sau bước ủ hoàn thiện, một, màng cách điện cũng có thể được tạo ra, nếu cần.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất thứ hai sẽ được giải thích.

Trong phương pháp sản xuất thứ hai, dưới điều kiện tương tự như điều kiện trong phương pháp sản xuất thứ nhất, bước cán nóng và cán nguội được thực hiện. Bất ngờ, mặc dù lý do tại sao trong phương pháp sản xuất thứ nhất nhiệt độ gia nhiệt ủ tấm nhỏ hơn hoặc bằng 1200°C là vì khi nhiệt độ gia nhiệt ủ tấm là cao hơn 1200°C như được nêu trên đây, sự phát triển của các hạt ferit ở bước ủ hoàn thiện có thể được ngăn cản, lý do tại sao trong phương pháp sản xuất thứ hai nhiệt độ gia nhiệt ủ tấm nhỏ hơn hoặc bằng 1200°C là vì khi nhiệt độ gia nhiệt ủ tấm là cao hơn 1200°C , sự phát triển của các hạt ferit ở bước ủ tấm cán nguội (ủ sau khi cán nguội) có thể được ngăn cản. Hơn

nữa, bước ủ tấm cán nóng cũng có thể được thực hiện dưới điều kiện tương tự như điều kiện trong phương pháp sản xuất thứ nhất.

Ở bước ủ tấm cán nguội, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb, mà được chứa trong tấm thép cán nguội được tạo ra để được hòa tan ở trạng thái rắn. Khi nhiệt độ ngâm thấp hơn 950°C , khó, mà phát triển một cách đầy đủ các hạt ferit và hòa tan ở trạng thái rắn một cách đầy đủ các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb. Khi nhiệt độ ngâm là cao hơn 1100°C , sự tiêu thụ năng lượng tăng, và các thiết bị phụ trợ như con lăn của buồng lò có thể bị hư hỏng. Do đó, nhiệt độ ngâm không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C . Hơn nữa, khi thời gian ngâm là ngắn hơn 20 giây, khó, mà phát triển một cách đầy đủ các hạt ferit và hòa tan ở trạng thái rắn một cách đầy đủ các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb. Khi thời gian ủ dài hơn 2 phút, năng suất giảm đáng kể. Do đó, thời gian ủ tốt hơn là ngắn hơn 2 phút.

Trong quá trình làm nguội của bước ủ tấm cán nguội, Ti, V, Zr, và/hoặc Nb được hòa tan ở trạng thái rắn bị ngăn kết tủa càng nhiều càng tốt và các trạng thái dung dịch rắn/trạng thái dung dịch rắn của chúng/của nó được duy trì y nguyên như vậy. Khi tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 700°C nhỏ hơn $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, Ti, V, Zr, và/hoặc Nb có thể kết tủa với lượng lớn. Do đó, tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 700°C lớn hơn hoặc bằng $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng $60^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Ở bước ủ hoàn thiện, với Ti, V, Zr, và/hoặc Nb, mà được hòa tan ở trạng thái rắn trong tấm thép cán nguội thu được sau khi ủ tấm cán nguội, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb được làm cho kết tủa ở dạng mịn. Trong trường hợp khi nhiệt độ ngâm thấp hơn 400°C , và trong trường hợp khi thời gian ngâm là ngắn hơn 10 phút, nên rất khó làm cho các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb kết tủa một cách đầy đủ. Trong trường hợp khi nhiệt độ ngâm là cao hơn 800°C , và trong trường hợp khi thời gian ngâm là dài hơn 10 giờ, sự tiêu thụ

năng lượng tăng, hoặc các thiết bị phụ trợ như con lăn của buồng lò có thể bị hư hỏng, và chi phí tăng lên đáng kể. Hơn nữa, các kết tủa kết tủa ở dạng thô, do đó khiến cho không thể thu được độ bền đầy đủ. Do đó, nhiệt độ ngâm không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , và thời gian ngâm là không dài hơn 10 phút và không ngắn hơn 10 giờ. Hơn nữa, nhiệt độ ngâm tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 500°C . Khi tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 300°C nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, các kết tủa có thể kết tủa ở dạng thô, do đó khiến cho không thể thu được độ bền đầy đủ. Khi tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, nên không thể làm cho các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb kết tủa một cách đầy đủ và nhờ đó thu được độ bền đầy đủ. Do đó, tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 300°C không nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và không lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Theo cách này, có thể sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án này. Khi đó, tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được sản xuất theo cách này có cấu trúc kim loại như được nêu trên đây để có thể thu được độ bền cao và tổn hao lõi từ thấp. Tức là, ở bước ủ tấm cán nguội, sự kết tinh lại được tạo ra và tạo ra pha ferit nêu trên, và ở bước ủ hoàn thiện sau đó, các kết tủa nêu trên được tạo ra. Bất ngờ, sau bước ủ hoàn thiện, một, màng cách điện cũng có thể được tạo ra, nếu cần.

Bất ngờ, sau quá trình làm nguội ở bước ủ tấm cán nguội, bước ủ hoàn thiện cũng có thể được thực hiện một cách liên tục. Tức là, sau khi làm nguội đến 700°C ở bước ủ tấm cán nguội, bước ủ hoàn thiện cũng có thể được bắt đầu nằm trong khoảng từ không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , mà không làm nguội xuống đến thấp hơn 400°C .

Như nêu trên, trong mỗi phương pháp sản xuất thứ nhất và phương pháp sản xuất thứ hai, ở bước ủ sau khi cán nguội, các hạt ferit được phát triển một cách đầy đủ, và khi đó các kết tủa được làm cho kết tủa. Do đó, trước hết có thể tránh làm cho sự phát triển của các hạt tinh thể bị ức chế bởi các kết tủa. Hơn

nữa, cũng có thể làm cho các kết tủa kết tủa nhỏ hơn độ dày của vách miền từ. Do đó, cũng có thể ngăn chặn sự suy giảm tổn hao lõi từ do mối liên kết chót của sự dịch chuyển vách miền từ.

Tiếp theo, tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ được tạo ra bằng cách sử dụng các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được giải thích. Fig.1 là hình vẽ thể hiện tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ được tạo ra bằng cách sử dụng các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án của sáng chế.

Trong tấm mỏng 2 dùng cho lõi sắt của động cơ được thể hiện trên Fig.1, có các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng 1 theo phương án của sáng chế. Tấm mỏng 2 dùng cho lõi sắt của động cơ có thể thu được theo cách, mà các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng 1 được tạo thành hình dạng mong muốn bằng phương pháp như dập và được ép để được cố định bằng phương pháp như xam. Các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng 1 được kết hợp, để tạo thành tấm mỏng 2 dùng làm lõi sắt của động cơ, nên tổn hao lõi từ thấp và độ bền cơ học cao.

Cũng có thể hoàn thiện tấm mỏng 2 dùng cho lõi sắt của động cơ ở thời điểm khi quá trình cố định như được nêu trên đây kết thúc. Hơn nữa, cũng có thể là sau quá trình cố định nêu trên, bước ủ được thực hiện dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , thời gian ngâm là không nhỏ hơn 2 phút và không lớn hơn 10 giờ, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm nêu trên đến 300°C không nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}$ và không lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}$, và sau khi bước ủ kết thúc, tấm mỏng 2 dùng cho lõi sắt của động cơ được hoàn thành. Bằng cách thực hiện bước ủ, các kết tủa được kết tủa, nhờ đó làm cho có thể cải thiện độ bền hơn nữa.

Trong trường hợp khi nhiệt độ ngâm của bước nung thấp hơn 400°C , và trong trường hợp khi thời gian ngâm là ngắn hơn 2 phút, rất khó làm cho các kết tủa kết tủa một cách đầy đủ. Trong trường hợp khi nhiệt độ ngâm là cao hơn

800°C, và trong trường hợp khi thời gian ngâm là dài hơn 10 giờ, sự tiêu thụ năng lượng tăng, hoặc các thiết bị phụ trợ có thể bị hư hỏng, và chi phí tăng lên đáng kể. Hơn nữa, các kết tủa có thể kết tủa ở dạng thô do đó khiến cho rất khó làm tăng độ bền một cách đầy đủ. Do đó, nhiệt độ ngâm tốt hơn là không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C, và thời gian ngâm tốt hơn là không nhỏ hơn 2 phút và không lớn hơn 10 giờ. Hơn nữa, nhiệt độ ngâm tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 500°C, và thời gian ngâm tốt hơn là dài hơn hoặc bằng 10 phút. Khi tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 300°C nhỏ hơn 0,0001°C/giây, cacbua có thể kết tủa ở dạng thô. Khi tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn 0,1°C/giây, nên rất khó làm cho các kết tủa kết tủa một cách đầy đủ. Do đó, tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 300°C tốt hơn là không nhỏ hơn 0,0001°C/giây và không lớn hơn 0,1°C/giây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các thử nghiệm được thực hiện bởi các tác giả sáng chế sẽ được giải thích. Các điều kiện v.v. trong các thử nghiệm này là các ví dụ được sử dụng để khẳng định khả năng ứng dụng và các hiệu quả của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở những ví dụ này.

Ví dụ thử nghiệm 1

Đầu tiên, các tấm thép có các thành phần khác nhau được nêu trong bảng 1 được làm nóng chảy bằng cách nấu luyện trong chân không. Sau đó, thực hiện bước cán nóng từng phôi tấm thu được để thu được các tấm thép cán nóng. Độ dày của mỗi tấm thép cán nóng (tấm cán nóng) được điều chỉnh bằng 2,0 mm. Sau đó, thực hiện tẩy gỉ mỗi tấm thép cán nóng, và cán nguội mỗi tấm thép cán nóng để thu được các tấm thép cán nguội. Độ dày của mỗi tấm thép cán nguội (tấm cán nguội) được điều chỉnh bằng 0,35 mm. Sau đó, thực hiện bước ủ hoàn thiện mỗi tấm thép cán nguội. Ở bước ủ hoàn thiện, nhiệt độ ngâm được điều chỉnh bằng 1000°C, thời gian ngâm được điều chỉnh bằng 30 giây, và tốc độ làm

nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm (1000°C) đến 700°C được điều chỉnh bằng $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Theo cách này, các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác nhau được sản xuất. Sau đó, cấu trúc kim loại của mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được quan sát. Trong quá trình quan sát cấu trúc kim loại, ví dụ, việc đo cỡ hạt (JIS G 0552) và quan sát các kết tủa được thực hiện. Hơn nữa, từ mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, mảnh thử nghiệm số 5 theo tiêu chuẩn JIS được cắt ra, và tính chất cơ học của nó được đo. Hơn nữa, từ mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, mảnh thử nghiệm có kích thước $55\text{ mm} \times 55\text{ mm}$ được cắt ra, và tính chất từ của nó được đo bằng phương pháp đo tính chất từ của tấm đơn (JIS C 2556). Về tính chất từ, tiến hành đo tổn hao lõi từ (W10/400) dưới điều kiện tần số bằng 400 Hz và mật độ từ thông tối đa bằng 1,0 T. Hơn nữa, để quan sát ảnh hưởng của sự hóa già do từ, tổn hao lõi từ (W10/400) cũng được đo sau khi xử lý hóa già ở 200°C trong 1 ngày. Tức là, đối với mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, tổn hao lõi từ (W10/400) được đo trước và sau khi xử lý hóa già. Các kết quả thử nghiệm được nêu trong bảng 2.

Bảng 1

Tám thép	Thành phần (% trọng lượng)											Tham số Q
	C	Si	Mn	Al	Ti	V	Zr	Nb	N	Cu	Sn	
A1	0,0025	2,9	0,22	0,6	0,0010	0,0009	0,0009	0,0150	-	-	-	1,01
A2	0,0098	2,9	0,22	0,7	0,0010	0,0009	0,0010	0,0700	-	-	-	0,98
A3	0,0100	2,1	0,2	0,7	0,0010	0,0011	0,0010	0,0730	-	-	-	1,01
A4	0,0068	3,7	0,2	0,7	0,0010	0,0010	0,0010	0,0490	-	-	-	1,02
A5	0,0071	2,9	0,08	0,6	0,0010	0,0010	0,0010	0,0500	-	-	-	1
A6	0,0066	2,9	0,5	0,6	0,0010	0,0010	0,0010	0,0510	-	-	-	1,09
A7	0,0072	3	0,2	0,012	0,0010	0,0010	0,0010	0,0500	-	-	-	0,98
A8	0,0062	3	0,23	2,87	0,0010	0,0008	0,0011	0,0480	-	-	-	1,09
A9	0,0063	2,9	0,23	0,6	0,0010	0,0010	0,0010	0,0430	-	-	-	0,98
A10	0,0070	2,9	0,2	0,6	0,0009	0,0011	0,0009	0,0550	-	-	-	1,1
A11	0,0068	3,05	0,2	0,6	0,0010	0,0010	0,0010	0,0500	-	-	-	1,04
A12	0,0064	3,05	0,2	0,6	0,0010	0,0010	0,0480	0,0010	-	-	-	1,08
A13	0,0068	3,05	0,21	0,7	0,0010	0,0280	0,0010	0,0010	-	-	-	1,04
A14	0,0068	3,05	0,21	0,7	0,0260	0,0010	0,0010	0,0010	-	-	-	1,03
A15	0,0065	2,9	0,2	0,7	0,0010	0,0010	0,0010	0,0500	0,0030	-	-	1,09
A16	0,0068	3	0,2	0,6	0,0010	0,0010	0,0010	0,0490	-	0,7000	-	1,02
A17	0,0067	3	0,22	0,6	0,0010	0,0009	0,0011	0,0510	-	1,0000	-	1,07
A18	0,0071	3	0,22	0,7	0,0011	0,0010	0,0010	0,0500	-	1,4000	-	1
A19	0,0070	2,7	0,2	0,9	0,0010	0,0010	0,0010	0,0500	-	-	0,0800	1,01
B1	0,0009	2,9	0,2	0,6	0,0010	0,0009	0,0010	0,0520	-	-	-	8,11
B2	0,0310	2,9	0,2	0,6	0,0011	0,0010	0,0010	0,0100	-	-	-	0,06
B3	0,0070	1,5	0,2	0,7	0,0010	0,0010	0,0010	0,0530	-	-	-	1,07
B4	0,0070	4,4	0,2	0,7	0,0010	0,0010	0,0010	0,0510	-	-	-	1,03
B5	0,0070	2,9	0,003	0,7	0,0010	0,0010	0,0010	0,0520	-	-	-	1,05
B6	0,0070	2,9	1	0,6	0,0010	0,0010	0,0010	0,0500	-	-	-	1,01
B7	0,0070	3	0,2	0,002	0,0011	0,0009	0,0010	0,0510	-	-	-	1,03
B8	0,0070	3	0,2	3,2	0,0011	0,0010	0,0010	0,0510	-	-	-	1,03

Bảng 2

	Điều kiện	Tấm thép	Cấu trúc kim loại					Tính chất cơ học	Tính chất từ		Lưu ý
			Cấu trúc không bị kết tinh lại	Pha ferit	Kết tủa			Độ bền kéo (Mpa)	W10/400 trước khi già hóa (W/kg)	W10/400 sau khi già hóa (W/kg)	
					Tỉ lệ diện tích (%)	Cỡ hạt trung bình (μm)	Cỡ hạt trung bình (μm)				
Ví dụ theo sáng chế	C1	A1	0	110	0,004	13000	NbC	550	18	18	
	C2	A2	0	80	0,003	14000	NbC	600	27	26	
	C3	A3	0	120	0,004	12000	NbC	560	29	29	
	C4	A4	0	90	0,005	13000	NbC	600	23	23	
	C5	A5	0	75	0,006	12000	NbC	565	27	27	
	C6	A6	0	95	0,003	17000	NbC	590	24	25	
	C7	A7	0	75	0,005	16000	NbC	570	28	28	
	C8	A8	0	82	0,005	14000	NbC	605	23	23	
	C9	A9	0	93	0,006	14000	NbC	580	19	19	
	C10	A10	0	89	0,005	13000	NbC	560	21	21	
	C11	A11	0	92	0,005	12000	NbC	570	19	19	
	C12	A12	0	95	0,004	14000	ZrC	570	21	21	
	C13	A13	0	85	0,006	13000	VC	560	21	21	
	C14	A14	0	93	0,005	14000	TiC	560	22	23	
	C15	A15	0	88	0,003	21000	NbC, NbN, Nb(C, N)	570	23	23	
	C16	A16	0	90	0,003	35000	NbC	610	22	22	
	C17	A17	0	90	0,004	48000	NbC, Cu	660	21	21	
	C18	A18	0	92	0,003	52000	NbC, Cu	670	23	23	
	C19	A19	0	97	0,004	1400	NbC	570	20	20	
Ví dụ so sánh	D1	B1	95	28	Không được quan sát	Không được quan sát	Không được quan sát	660	42	42	Cấu trúc không bị kết tinh lại vẫn được giữ nguyên, và tổn hao do sắt là lớn
	D2	B2	0	16	0,006	15000	NbC	630	36	45	Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	D3	B3	0	85	0,006	13000	NbC	510	34	34	Độ bền cơ học kém. Tổn hao do sắt là lớn
	D4	B4	-	-	-	-	-	-	-	-	Tính dễ gia công kém, và tấm thép bị nứt trong bước cán nguội
	D5	B5	0	65	0,005	12000	NbC	520	24	24	Độ bền cơ học kém
	D6	B6	-	-	-	-	-	-	-	-	Tính dễ gia công kém, và tấm thép bị nứt trong bước cán nguội
	D7	B7	0	48	0,005	14000	NbC	530	33	33	Độ bền cơ học kém
	D8	B8	-	-	-	-	-	-	-	-	Tính dễ gia công kém, và tấm thép bị nứt trong bước cán nguội

Như được nêu trong bảng 2, ở các điều kiện từ C1 đến C19 trong đó mỗi điều kiện thuộc khoảng của sáng chế, nên có thể thu được độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 550 MPa và tổn hao lõi từ (W10/400) nhỏ hơn hoặc bằng 30 W/kg. Mặt khác, ở các điều kiện từ D1 đến D8 trong đó mỗi điều kiện nằm ngoài khoảng của sáng chế, nên khó, mà đạt được độ bền kéo và tổn hao lõi từ.

Ví dụ thử nghiệm 2

Đầu tiên, thực hiện bước cán nóng từng phôi tấm được làm bằng thép số A11 được nêu trong bảng 1 để thu được các tấm thép cán nóng. Độ dày của mỗi tấm thép cán nóng được điều chỉnh bằng 2,0 mm. Sau đó, bước ủ (bước ủ tấm cán nóng) một phần tấm thép cán nóng (điều kiện số E7) được thực hiện theo điều kiện được nêu trong bảng 3. Sau đó, thực hiện tẩy gỉ mỗi tấm thép cán nóng, và cán nguội mỗi tấm thép cán nóng để thu được các tấm thép cán nguội. Độ dày của mỗi tấm thép cán nguội được điều chỉnh bằng 0,35 mm. Sau khi, bước ủ hoàn thiện mỗi tấm thép cán nguội được thực hiện theo điều kiện được nêu trong bảng 3. Theo cách này, các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác nhau được sản xuất. Sau đó, với mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, thực hiện các đánh giá tương tự như các đánh giá trong ví dụ thử nghiệm 1. Các kết quả đánh giá được nêu trong bảng 3.

Bảng 3

	Điều kiện	Tâm thép	Ủ tấm cán nóng		Ủ hoàn thiện			Tính chất cơ học	Tính chất từ		Lưu ý
			Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (phút)	Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (giờ)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)		W10/400 trước khi già hóa (W/kg)	W10/400 sau khi già hóa (W/kg)	
Ví dụ theo sáng chế	E1	A11	-	-	950	30	20	560	22	22	
	E2	A11	-	-	1100	30	30	550	18	17	
	E3	A11	-	-	1000	20	20	560	19	19	
	E4	A11	-	-	1000	30	2	580	20	19	
	E5	A11	-	-	1000	30	50	560	21	21	
	E6	A11	-	-	1000	30	20	570	19	19	
	E7	A11	1000	1	1000	30	20	560	18	18	
Ví dụ so sánh	F1	A11	-	-	800	30	20	610	38	38	Tổn hao do sắt lớn
	F2	A11	-	-	1150	30	20	500	18	18	Độ bền cơ học kém
	F3	A11	-	-	1000	10	20	550	35	36	Tổn hao do sắt lớn
	F4	A11	-	-	1000	30	1	505	21	23	Độ bền cơ học kém
	F5	A11	-	-	1000	30	70	490	20	20	Độ bền cơ học kém. Năng suất thấp trong bước ủ hoàn thiện

Như được nêu trong bảng 3, ở các điều kiện từ E1 đến E7 trong đó mỗi điều kiện thuộc khoảng của sáng chế, nên có thể thu được độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 550 MPa và tổn hao lõi từ (W10/400) nhỏ hơn hoặc bằng 30 W/kg. Mặt khác, ở các điều kiện từ F1 đến F5, trong đó mỗi điều kiện nằm ngoài khoảng của sáng chế, nên khó, mà đạt được độ bền kéo và tổn hao lõi từ.

Ví dụ thử nghiệm 3

Đầu tiên, thực hiện bước cán nóng các phôi tấm được làm bằng các tấm thép số A11, A17, và B2 được nêu trong bảng 1 để thu được các tấm thép cán nóng. Độ dày của mỗi tấm thép cán nóng được điều chỉnh bằng 2,0 mm. Sau đó, thực hiện tẩy gỉ mỗi tấm thép cán nóng, và cán nguội mỗi tấm thép cán nóng để thu được các tấm thép cán nguội. Độ dày của mỗi tấm thép cán nguội được điều chỉnh bằng 0,35 mm. Sau đó, bước ủ tấm cán nguội và ủ hoàn thiện mỗi tấm thép cán nguội được thực hiện dưới các điều kiện được nêu trong bảng 4. Theo cách này, các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác nhau được sản xuất. Sau đó, với mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, thực hiện các đánh giá tương tự như các đánh giá trong ví dụ thử nghiệm 1. Các kết quả đánh giá được nêu trong bảng 4.

Bảng 4

Điều kiện	Tâm thép	Ủ tẩm cán nóng		Ủ tẩm cán nguội			Ủ hoàn thiện			Tính chất cơ học	Tính chất từ		Lưu ý
		Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (phút)	Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (giờ)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (giờ)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)		W10/400 trước khi gia hóa (W/kg)	W10/400 sau khi gia hóa (W/kg)	
Ví dụ theo sáng chế	G1	A11	-	950	30	25	550	30	0,03	570	22	22	
	G2	A11	-	1100	30	30	550	30	0,03	560	21	21	
	G3	A11	-	1000	20	25	550	30	0,03	570	19	19	
	G4	A11	-	1000	30	20	550	30	0,03	560	21	22	
	G5	A11	-	1000	30	25	420	30	0,03	550	23	24	
	G6	A11	-	1000	30	25	780	30	0,03	570	19	19	
	G7	A17	-	1000	30	25	550	10	0,03	680	22	21	
	G8	A17	-	1000	30	25	550	300	0,03	690	22	24	
	G9	A17	-	1000	30	25	550	30	0,0005	670	21	22	
	G10	A17	-	1000	30	25	550	30	0,08	680	20	20	
	G11	A17	-	1000	30	25	550	30	0,03	690	21	21	
	G12	A17	1000	1000	30	25	550	30	0,03	680	19	19	
Ví dụ so sánh	H1	A11	-	900	30	25	550	30	0,03	600	28	29	Tổn hao do sắt lớn
	H2	A11	-	1150	30	25	550	30	0,03	510	17	17	Độ bền cơ học kém
	H3	B2	-	1000	10	25	550	10	0,03	630	36	45	Tổn hao do sắt lớn. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	H4	B2	-	1000	30	5	550	30	0,03	620	36	43	Tổn hao do sắt lớn. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	H5	B2	-	1000	30	25	380	30	0,03	630	35	41	Tổn hao do sắt lớn. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	H6	B2	-	1000	30	25	850	30	0,03	620	34	41	Tổn hao do sắt lớn. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	H7	B2	-	1000	30	25	550	5	0,03	630	34	42	Tổn hao do sắt lớn. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	H8	B2	-	1000	30	25	550	650	0,03	620	35	42	Tổn hao do sắt lớn. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	H9	B2	-	1000	30	25	550	30	0,00005	620	36	45	Năng suất thấp trong bước ủ hoàn thiện. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa
	H10	B2	-	1000	30	25	550	30	1	620	36	45	Tổn hao do sắt lớn. Tổn hao do sắt giảm thông qua quá trình già hóa

Như được nêu trong bảng 4, ở các điều kiện từ G1 đến G12, trong đó mỗi điều kiện thuộc khoảng của sáng chế, nên có thể thu được độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 550 MPa và tổn hao lõi từ (W10/400) nhỏ hơn hoặc bằng 30 W/kg. Mặt khác, ở các điều kiện từ H1 đến H10, trong đó mỗi điều kiện nằm ngoài khoảng của sáng chế, nên khó, mà đạt được độ bền kéo và tổn hao lõi từ.

Ví dụ thử nghiệm 4

Đầu tiên, thực hiện bước cán nóng các phôi tấm được làm bằng các tấm thép số A11 và A17 được nêu trong bảng 1 để thu được các tấm thép cán nóng. Độ dày của mỗi tấm thép cán nóng được điều chỉnh bằng 2,0 mm. Sau đó, thực hiện tẩy gỉ mỗi tấm thép cán nóng, và cán nguội mỗi tấm thép cán nóng để thu được các tấm thép cán nguội. Độ dày của mỗi tấm thép cán nguội được điều chỉnh bằng 0,35 mm. Sau đó, bước ủ tấm cán nguội (chỉ các điều kiện số I7 và số 14) và ủ hoàn thiện các tấm thép cán nguội được thực hiện dưới các điều kiện được nêu trong bảng 5. Sau đó, một, màng cách điện được tạo ra trên bề mặt của mỗi tấm thép cán nguội thu được sau bước ủ hoàn thiện. Theo cách này, các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác nhau được sản xuất.

Sau đó, từ mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, 30 tấm thép, trong đó mỗi tấm có kích thước theo hướng cán bằng 300 mm và kích thước theo hướng vuông góc với hướng cán bằng 60 mm được dập. Tấm thép có hình dạng và kích thước như vậy đôi khi được sử dụng cho lõi động cơ thực. Sau đó, 30 tấm thép này được ép với một tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác để thu được tấm mỏng. Sau đó, bước ủ các tấm mỏng được thực hiện theo điều kiện được nêu trong bảng 5. Sau đó, tấm thép dùng cho thử nghiệm được lấy từ mỗi trong số các tấm mỏng, và với tấm thép này, các đánh giá được thực hiện tương tự như các đánh giá trong ví dụ thử nghiệm 1. Tức là, thực hiện đánh giá cho tấm mỏng được sử dụng cho lõi động cơ. Các kết quả đánh giá được nêu trong bảng 5. Ở đây, các kết quả đánh giá với điều kiện ủ lệch với điều kiện thuận lợi nêu trên được điều chỉnh riêng rẽ như một ví dụ so sánh.

Bảng 5

	Điều kiện	Tâm thép	Điều kiện sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng						Ủ chổng tấm				Tính chất cơ học	Tính chất từ		Lưu ý		
			Ủ tấm cán nóng			Ủ tấm cán nguội			Ủ hoàn thiện			Nhiệt độ ngâm (°C)		Thời gian ngâm (phút)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)		W10/400 trước khi già hóa (W/kg)	W10/400 sau khi già hóa (W/kg)
			Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (phút)	Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (giờ)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Nhiệt độ ngâm (°C)	Thời gian ngâm (phút)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)								
Vi dụ theo sáng chế	I1	A11	-		-	-	-	950	30	25	750	30	0,03	22	22			
	I2	A11	-		-	-	-	1100	30	25	750	30	0,03	21	21			
	I3	A11					1000	30	25		750	30	0,03	19	19			
	I4	A11	-		-	-	-	1000	30	25	750	30	0,03	21	22			
	I5	A11	-		-	-	-	1000	30	25	420	30	0,03	23	24			
	I6	A11	-		-	-	-	1000	30	55	750	30	0,03	19	19			
	I7	A11	-		1000	30	1800	0,03	750	30	0,03	750	30	0,03	19	19		
	I8	A17	-		-	-	-	1000	30	25	550	10	0,03	22	21			
	I9	A17	-		-	-	-	1000	30	25	550	300	0,03	22	24			
	I10	A17	-		-	-	-	1000	30	25	550	30	0,0008	21	22			
	I11	A17					1000	30	25		550	30	0,08	20	20			
	I12	A17	-		-	-	-	1000	30	25	550	30	0,03	21	21			
	I13	A17	1000	1	-	-	-	1000	30	25	550	30	0,03	19	19			
	I14	A17	-		1000	30	1800	0,03	550	30	0,03	550	30	0,03	20	20		
Vi dụ so sánh	J1	A17	-		-	-	-	1000	30	25	380	30	0,03	22	22	Độ bền cơ học không được cải thiện một cách đầy đủ		
	J2	A17	-		-	-	-	1000	30	25	850	30	0,03	21	22	Độ bền cơ học kém		
	J3	A17	-		-	-	-	1000	30	25	750	1	0,03	22	23	Độ bền cơ học không được cải thiện một cách đầy đủ		
	J4	A17	-		-	-	-	1000	30	25	750	720	0,03	22	22	Năng suất thấp trong bước ủ chổng tấm		
	J5	A17	-		-	-	-	1000	30	25	750	30	0,00001	21	22	Năng suất thấp trong bước ủ chổng tấm		
	J6	A17	-		-	-	-	1000	30	25	750	30	1	22	23	Độ bền cơ học kém		

Ví dụ theo sáng chế

Ví dụ so sánh

Các điều kiện ủ, tính chất từ, và tính chất cơ học được nêu trong bảng 5. Từ Bảng 5, thấy rằng có thể thu được độ bền cao và tổn hao lõi từ thấp một cách đồng thời.

Lưu ý rằng phương án nêu trên chỉ đơn thuần minh họa một ví dụ cụ thể thực hiện sáng chế, và phạm vi của sáng chế không được coi là bị giới hạn bởi phương án này. Tức là, sáng chế có thể được thực hiện theo các dạng khác nhau, mà không tách khỏi bản chất kỹ thuật hoặc các dấu hiệu chính của nó.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Sáng chế có thể được sử dụng trong ngành sản xuất tấm thép kỹ thuật điện và trong lĩnh vực sử dụng tấm thép kỹ thuật điện ví dụ như các động cơ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb,

tùy ý ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm chỉ gồm có, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5% và/hoặc Ni không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 5% và/hoặc P không nhỏ hơn 0,005 và cũng không lớn hơn 0,1%,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

trong đó:

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C],

nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại,

cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 trong hạt ferit, và

cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và cũng không

lớn hơn 0,2 μm .

2. Tầm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 1, trong đó tầm thép này còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

3. Tầm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó chất kết tủa ít nhất là một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

4. Phương pháp sản xuất tầm thép kỹ thuật điện không được định hướng bao gồm:

thực hiện bước cán nóng phôi tầm để thu được tầm thép cán nóng;

thực hiện bước cán nguội tầm thép cán nóng để thu được tầm thép cán nguội; và

thực hiện bước ủ hoàn thiện tầm thép đã được cán nguội dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C, thời gian ngâm là lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 700°C không nhỏ hơn 2°C/giây và không lớn hơn 60°C/giây,

trong đó:

phôi tầm chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, tùy ý ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm chỉ gồm có, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5% và/hoặc Ni không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 5% và/hoặc P không nhỏ hơn 0,005 và cũng không lớn hơn 0,1%,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C].

5. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 4, trong đó phôi tấm còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 4 hoặc 5, trong đó phương pháp này còn bao gồm, trước khi thực hiện bước cán nguội, thực hiện bước ủ tấm cán nóng của tấm thép cán nóng.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng bao gồm:

thực hiện bước cán nóng phôi tấm để thu được tấm thép cán nóng;

thực hiện bước cán nguội tấm thép cán nóng để thu được tấm thép cán nguội;

thực hiện bước ủ tấm đã được cán nguội của tấm thép cán nguội dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ nhất không thấp hơn 950°C và không cao hơn 1100°C, thời gian ngâm là lớn hơn hoặc bằng 20 giây, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ nhất đến 700°C lớn hơn hoặc bằng 20°C/giây; và

sau khi ủ tấm cán nguội, thực hiện bước ủ hoàn thiện tấm thép đã được cán nguội dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm thứ hai không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C, thời gian ngâm là không nhỏ hơn 10 phút và không lớn

hơn 10 giờ, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm thứ hai đến 300°C không nhỏ hơn 0,0001°C/giây và không lớn hơn 0,1°C/giây,

trong đó:

phôi tấm chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, và tùy ý ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm chỉ gồm có, tính theo % trọng lượng,

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5% và/hoặc Ni không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 5% và/hoặc P không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,1%,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C].

8. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 7, trong đó phôi tấm còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

9. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo

điểm 7 hoặc 8, trong đó phương pháp này còn bao gồm, trước khi thực hiện bước cán nguội, thực hiện bước ủ tấm cán nóng của tấm thép cán nóng.

10. Tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ bao gồm:

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được ép với một tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác,

trong đó:

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, tùy ý ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm chỉ gồm có, tính theo % trọng lượng

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5% và/hoặc Ni không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 5% và/hoặc P không nhỏ hơn 0,005 và cũng không lớn hơn 0,1%,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C],

nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại,

cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 trong hạt ferit, và

cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và cũng không lớn hơn 0,2 μm .

11. Tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo điểm 10, trong đó các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

12. Tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo điểm 10 hoặc 11, trong đó chất kết tủa ít nhất là một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

13. Phương pháp sản xuất tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ bao gồm các bước:

ép các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng với một tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác để thu được tấm mỏng; và

thực hiện bước ủ tấm mỏng dưới điều kiện mà trong đó nhiệt độ ngâm không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C, thời gian ngâm là không nhỏ hơn 2 phút và không lớn hơn 10 giờ, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ngâm đến 300°C không nhỏ hơn 0,0001°C/giây và không lớn hơn 0,1°C/giây,

trong đó:

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa, tính theo % trọng lượng:

C: không nhỏ hơn 0,002% và cũng không lớn hơn 0,01%;

Si: không nhỏ hơn 2,0% và cũng không lớn hơn 4,0%;

Mn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%;

Al: không nhỏ hơn 0,01% và cũng không lớn hơn 3,0%; và

ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, tùy ý ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm chỉ gồm có, tính theo % trọng lượng

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5% và/hoặc Ni không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 5% và/hoặc P không nhỏ hơn 0,005 và cũng không lớn hơn 0,1%,

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

giá trị của tham số Q được thể hiện bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và cũng không lớn hơn 1,1, trong đó hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (% trọng lượng) lần lượt được thể hiện là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C],

nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không chứa cấu trúc không kết tinh lại,

cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tạo ra pha ferit không nhỏ hơn 30 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ lớn hơn hoặc bằng 1 hạt/ μm^3 trong hạt ferit, và

cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và cũng không lớn hơn 0,2 μm .

14. Phương pháp sản xuất tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo điểm 13, trong đó các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa ít nhất một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm, tính theo % trọng lượng:

N: không nhỏ hơn 0,001% và cũng không lớn hơn 0,004%;

Cu: không nhỏ hơn 0,5% và cũng không lớn hơn 1,5%; và

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và cũng không lớn hơn 0,5%.

15. Phương pháp sản xuất tấm mỏng dùng cho lõi sắt của động cơ theo điểm 13 hoặc 14, trong đó chất kết tủa ít nhất là một chất được chọn từ nhóm chỉ bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

Fig.1

