



(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)



1-0025185

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

(21) 1-2013-03635

(22) 16/08/2012

(86) PCT/JP2012/070861 16/08/2012

(87) WO2013/024894A1 21/02/2013

(30) 2011-179111 18/08/2011 JP; 2011-179081 18/08/2011 JP

(45) 25/08/2020 389

(43) 27/01/2014 310A

(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 GHÉP NHIỀU LỚP DÙNG CHO MÔTƠ LỖI SẮT VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM GHÉP NHIỀU LỚP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, trong đó khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], thì giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1. Mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit, và cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh. Kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm . Chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là 10 μm^{-3} hoặc lớn hơn trong hạt ferit. Kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và không lớn hơn 0,2 μm .

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tám thép kỹ thuật điện không được định hướng thích hợp cho vật liệu lõi sắt của thiết bị điện, phương pháp sản xuất chúng, v.v..

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, mô tơ quay ở tốc độ cao và có công suất tương đối lớn được gia tăng sử dụng như là mô tơ dẫn động của xe điện, xe lai, và loại tương tự. Vì lý do này, vật liệu lõi sắt sẽ được sử dụng cho mô tơ dẫn động được đòi hỏi có hiệu quả tổn hao lõi thấp nằm trong khoảng từ vài trăm Hz đến vài kHz mà cao hơn tần số công nghiệp. Hơn nữa, lõi sắt sẽ được sử dụng cho rôto cũng được đòi hỏi có độ bền cơ học nhất định để chịu lực ly tâm và biến đổi nén. Vật liệu lõi sắt sẽ được sử dụng cho loại khác với mô tơ dẫn động của xe đôi lúc cần có hiệu quả như vậy.

Thông thường, một số kỹ thuật đã được đề xuất nhằm mục đích làm giảm tổn hao lõi, nâng cao độ bền và/hoặc loại tương tự (các tài liệu sáng chế từ 1 đến 12).

Tuy nhiên, với các kỹ thuật này, khó có thể đạt được hiệu quả giảm tổn hao lõi và nâng cao độ bền. Hơn nữa, một số kỹ thuật gặp khó khăn khi sản xuất tám thép kỹ thuật điện không được định hướng trong thực tế.

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 yêu cầu cấp patent Nhật
Bản số 10-88298

Tài liệu sáng chế 10: công bố đơn quốc tế số
WO2009/128428

Tài liệu sáng chế 11: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật
Bản số 2003-105508

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 kỹ thuật

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có khả năng đạt được hiệu quả là giảm tổn hao lõi và nâng cao độ bền, phương pháp sản xuất tấm thép này, v.v..

Giải quyết vấn đề

Sáng chế đã được tạo ra để giải quyết các vấn đề nêu trên, và nội dung chính của nó như sau.

(1) Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa:

tính theo % khối lượng,

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó:

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1,

mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh,

kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là 10 μm^{-3} hoặc lớn hơn trong hạt ferit, và

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

(2) Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo mục (1), còn chứa:

tính theo % khối lượng, ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm:

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

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

Sn: không nhỏ hơn 0,05% và 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 là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

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

thực hiện cán nóng phôi tấm được gia nhiệt đến nhiệt độ không thấp hơn 1100°C và không cao hơn 1330°C để thu được tấm thép cán nóng;

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

thực hiện ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội ở nhiệt độ không thấp hơn 850°C và không cao hơn 1100°C,

trong đó:

phôi tấm chứa (tính theo % khối lượng):

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, và

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1.

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo mục (4), trong đó phôi tấm còn chứa:

tính theo % khối lượng, ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm:

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

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

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

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

(7) Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt bao gồm:

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được ghép nhiều lớp vào nhau,

trong đó:

mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa:

tính theo % khối lượng,

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1,

mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh,

kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là 10 μm^{-3} hoặc lớn hơn trong hạt ferit, và

kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002

μm và không lớn hơn 0,2 μm .

(8) Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt theo mục (7), trong đó mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa:

tính theo % khối lượng, ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm:

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

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

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

(9) Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt theo mục (7) hoặc (8), trong đó chất kết tủa là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

(10) Phương pháp sản xuất tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt bao gồm các bước:

ghép nhiều lớp các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng vào nhau để thu được tấm ghép nhiều lớp; và

ủ tấm ghép nhiều lớp ở điều kiện trong đó nhiệt độ ủ đều không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C, thời gian ủ đều không ngắn hơn 2 phút và không dài hơn 10 giờ, và tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ ủ đều đến 300°C không nhỏ hơn 0,0001°C/giây và không lớn hơn 0,1°C/giây,

trong đó:

mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa:

tính theo % khối lượng,

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], giá trị của thông số Q được biểu thị bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1,

mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,
cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh,
kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là $10\mu\text{m}^{-3}$ hoặc lớn hơn trong hạt ferit, và

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

(11) Phương pháp sản xuất tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt theo mục (10), trong đó mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa:

tính theo % khối lượng, ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm:

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

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

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

(12) Phương pháp sản xuất tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt theo mục (10) hoặc (11), trong đó chất kết tủa là ít nhất một loại được chọn từ nhóm 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 đạt được hiệu quả giảm tổn hao lõi và nâng cao độ bền.

Mô tả chi tiết sáng chế

Đầu tiên, tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo một 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 này có thành phần định trước, mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit, và cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh. Hơn nữa, kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm , chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại trong hạt ferit với mật độ là $10\mu\text{m}^{-3}$ hoặc lớn hơn, và kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa không nhỏ hơn 0,002 μm và không lớn hơn 0,2 μm . Cấu tạo này khiến cho có thể đạt được hiệu quả giảm tổn hao lõi và nâng cao độ bền. Kết quả là, điều này có thể đóng góp lớn trong việc thu được hiệu suất motor cao, và loại tương tự.

Hơn nữa, trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án này, việc cán nóng phôi tấm được gia nhiệt không thấp hơn 1100°C và không cao hơn 1330°C và có thành phần định trước được thực hiện để thu được tấm thép cán nóng. Tiếp theo, việc cán nguội tấm thép cán nóng được thực hiện để thu được tấm thép cán nguội. Tiếp theo, việc hoàn thiện ủ tấm thép cán nguội được thực hiện.

Ở đây, thành phần của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng sẽ được giải thích. Dưới đây, “%” là đơn vị của hàm lượng có nghĩa là “% khối lượng.” Hơn nữa, thành phần của phôi tấm được xem là thành phần của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, và vì vậy thành phần của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng sẽ được giải thích ở đây cũng là thành phần của phôi tấm sẽ được sử dụng để sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng. Tấm thép kỹ thuật điện không được

định hướng theo phương án này chứa, ví dụ, C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn, Si: không nhỏ hơn 2,0% và không lớn hơn 4,0%, Mn: không nhỏ hơn 0,05% và không lớn hơn 0,5%, và Al: không nhỏ hơn 0,01% và không lớn hơn 3,0%, và còn chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm 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 thể tránh khỏi, và khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], giá trị của thông số Q được biểu thị bởi “ $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ ” không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1.

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn

C tạo thành các chất kết tủa mịn với Ti, V, Zr, và Nb. Các chất kết tủa mịn góp phần vào việc nâng cao độ bền của thép. Khi hàm lượng C là 0,01% hoặc nhỏ hơn, thì không thể đạt được các chất kết tủa với lượng đủ để nâng cao độ bền. Khi hàm lượng C lớn hơn 0,05%, các chất kết tủa có thể kết tủa thô. Các chất kết tủa thô không góp phần vào nâng cao độ bền một cách dễ dàng. Hơn nữa, khi các chất kết tủa kết tủa thô, tổn hao lõi có thể suy giảm. Vì vậy, hàm lượng C lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, hàm lượng C tốt hơn là 0,02% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,04% hoặc nhỏ hơn.

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

Si làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm tổn hao lõi. Khi hàm lượng Si nhỏ hơn 2,0%, thì không thể đạt được hiệu quả một cách đầy đủ. Khi hàm lượng Si lớn hơn 4,0%, thép trở nên giòn, do đó khiến cho khó có thể thực hiện cán. Vì vậy, hàm lượng Si không nhỏ hơn 2,0% và không lớn hơn 4,0%. Hơn nữa, hàm lượng Si tốt hơn là 3,5% hoặc nhỏ hơn.

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

Mn, tương tự như Si, làm tăng điện trở suất của thép để làm

giảm tổn hao lõi. Hơn nữa, Mn làm thô sulfua để khiến cho nó vô hại. Khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,05%, thì không thể đạt được các hiệu quả một cách đầy đủ. Khi hàm lượng Mn lớn hơn 0,5%, mật độ từ thông giảm hoặc crackinh có thể xảy ra trong khi cán nguội. Hơn nữa, chi phí tăng đáng kể. Vì vậy, hàm lượng Mn không nhỏ hơn 0,05% và không lớn hơn 0,5%. Hơn nữa, hàm lượng Mn tốt hơn là 0,1% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,3% hoặc nhỏ hơn.

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

Al, tương tự như Si, làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm tổn hao lõi. Hơn nữa, Al đóng vai trò là vật liệu khử oxy. Khi hàm lượng Al nhỏ hơn 0,01%, thì không thể đạt được các hiệu quả một cách đầy đủ. Khi hàm lượng Al lớn hơn 3,0%, thép trở nên giòn, do đó khiến cho khó có thể thực hiện cán. Vì vậy, hàm lượng Al không nhỏ hơn 0,01% và không lớn hơn 3,0%. Hơn nữa, hàm lượng Al tốt hơn là 0,3% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 2,0% hoặc nhỏ hơn.

Ti, V, Zr, và Nb

Ti, V, Zr, và Nb tạo thành các chất kết tủa mịn với C và/hoặc N. Các chất kết tủa góp phần vào việc nâng cao độ bền của thép. Khi giá trị của thông số Q nhỏ hơn 0,9, C là dư so với Ti, V, Zr, và Nb, và vì vậy C rất có xu hướng tồn tại ở trạng thái dung dịch đặc trong tấm thép sau khi ủ hoàn thiện. Khi C tồn tại ở trạng thái dung dịch đặc, việc ngưng kết từ có thể xảy ra. Khi giá trị của thông số Q lớn hơn 1,1, C là thiếu so với Ti, V, Zr, và Nb, và vì vậy khó có thể đạt được các chất kết tủa mịn, do đó khiến cho không thể đạt được độ bền mong muốn. Vì vậy, giá trị của thông số Q không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1. Hơn nữa, giá trị của thông số Q tốt hơn là 0,95 hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 1,05 hoặc nhỏ hơn.

Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương

án này còn có thể chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm N: không nhỏ hơn 0,001% và không lớn hơn 0,004%, Cu: không nhỏ hơn 0,5% và không lớn hơn 1,5%, và Sn: không nhỏ hơn 0,05% và không lớn hơn 0,5%.

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

N, tương tự như C, tạo thành các chất kết tủa mịn với Ti, V, Zr, và Nb. Các chất kết tủa mịn góp phần vào việc nâng cao độ bền của thép. Khi hàm lượng N nhỏ hơn 0,001%, thì không thể đạt được các chất kết tủa với lượng đủ để nâng cao thêm độ bền. Vì vậy, hàm lượng N tốt hơn là 0,001% hoặc lớn hơn. Khi hàm lượng N lớn hơn 0,004%, các chất kết tủa có thể kết tủa thô. Vì vậy, hàm lượng N là 0,004% hoặc nhỏ hơn.

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

Các tác giả sáng chế thấy rằng khi Cu có trong thép, các chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb có thể kết tủa mịn. Các chất kết tủa mịn góp phần vào việc nâng cao độ bền của thép. Khi hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,5%, thì không thể đạt được hiệu quả một cách đầy đủ. Vì vậy, hàm lượng Cu tốt hơn là 0,5% hoặc lớn hơn. Hơn nữa, hàm lượng Cu tốt hơn nữa là 0,8% hoặc lớn hơn. Khi hàm lượng Cu lớn hơn 1,5%, thép có thể giòn. Vì vậy, hàm lượng Cu là 1,5% hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, hàm lượng Cu còn tốt hơn nữa là 1,2% hoặc nhỏ hơn.

Mặc dù, trong trường hợp Cu được chứa trong thép, lý do các chất kết tủa nêu trên kết tủa mịn là không rõ ràng, các tác giả sáng chế cho rằng điều này là do sự phân bố nồng độ cục bộ của Cu được tạo ra trong mạng nền là nơi kết tủa của cacbua. Vì vậy, cũng có thể chấp nhận là Cu đã không kết tủa khi chất kết tủa được làm cho kết tủa. Mặt khác, chất kết tủa của Cu góp phần nâng cao độ bền của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng. Vì vậy, cũng có thể chấp nhận là Cu kết tủa.

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

Các tác giả sáng chế cũng thấy rằng khi Sn có trong thép, các chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb có thể kết tủa mịn. Các chất kết tủa mịn góp phần vào việc nâng cao độ bền của thép. Khi hàm lượng Sn nhỏ hơn 0,05%, thì không thể đạt được hiệu quả một cách đầy đủ. Vì vậy, hàm lượng Sn tốt hơn là 0,05% hoặc lớn hơn. Hơn nữa, hàm lượng Sn tốt hơn nữa là 0,08% hoặc lớn hơn. Khi hàm lượng Sn lớn hơn 0,5%, thì thép có thể giòn. Vì vậy, hàm lượng Sn là 0,5% hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, hàm lượng Sn còn tốt hơn nữa là 0,2% hoặc nhỏ hơn.

Các thành phần khác

Ni không nhỏ hơn 0,5% và không lớn hơn 5% và P không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,1% cũng có thể được chứa. Ni và P góp phần vào việc làm cứng dung dịch đặc của tấm thép và loại tương tự.

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

Như được mô tả trên đây, mạng nền của cấu trúc kim loại của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án này là pha ferit, và cấu trúc không tái kết tinh không có trong cấu trúc kim loại. Điều này là do cấu trúc không tái kết tinh nâng cao độ bền nhưng lại làm suy giảm tổn hao lõi đáng kể. Hơn nữa, khi kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit nhỏ hơn 10 μm , tổn hao trễ tăng lên. Khi kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit lớn hơn 200 μm , hiệu quả làm cứng hạt mịn giảm đáng kể. Vì vậy, kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm . Kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tốt hơn là 30 μm hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 100 μm hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit tốt hơn nữa là 60 μm hoặc nhỏ hơn.

Trong phương án này, các chất kết tủa chứa ít nhất một loại

được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại trong hạt ferit. Do các chất kết tủa là nhỏ hơn và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa là cao hơn, nên có thể đạt được độ bền cao hơn. Hơn nữa, kích cỡ của các chất kết tủa cũng quan trọng xét về tính chất từ. Ví dụ, trong trường hợp khi đường kính của chất kết tủa nhỏ hơn độ dày của vách miền từ, thì có thể ngăn chặn suy giảm (tăng) tổn hao trễ gây ra bởi việc ghì dịch chuyển vách miền. Khi kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa lớn hơn 0,2 μm , thì không thể đạt được các hiệu quả một cách đầy đủ. Vì vậy, kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa là 0,2 μm hoặc nhỏ hơn. Kích cỡ hạt trung bình tốt hơn là 0,1 μm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,05 μm hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn hẳn là 0,01 μm hoặc nhỏ hơn.

Đồng thời, mặc dù, khi độ dày lý thuyết của vách miền từ của sắt nguyên chất được ước lượng theo năng lượng trao đổi và năng lượng dị hướng, nó là 0,1 μm hoặc xấp xỉ, độ dày thực tế của vách miền từ thay đổi theo hướng trong đó vách miền từ được tạo ra. Hơn nữa, đối với tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, trong trường hợp khi các nguyên tố khác với Fe được chứa, thì độ dày của vách miền từ cũng bị ảnh hưởng bởi các loại, lượng và tương tự của chúng. Cũng từ quan điểm này, có thể hiểu được rằng kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa, là 0,2 μm hoặc nhỏ hơn, là thích hợp.

Khi kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa nhỏ hơn 0,002 μm (2 nm), hiệu quả làm tăng độ bền cơ học được bão hòa. Hơn nữa, điều khó khăn là điều chỉnh kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa nằm trong khoảng nhỏ hơn 0,002 μm . Vì vậy, kích cỡ hạt trung bình của chất kết tủa là 0,002 μm hoặc lớn hơn.

Hơn nữa, khi sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa là cao hơn, thì có thể đạt được độ bền cao hơn, và khi sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong hạt ferit nhỏ hơn 10 μm^{-3} , thì khó có thể đạt được độ bền mong muốn. Do đó, sự tập trung vi hạt của các

chất kết tủa là $10 \mu\text{m}^{-3}$ hoặc lớn hơn. Sự tập trung vi hạt tốt hơn là $1000 \mu\text{m}^{-3}$ hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là $10000 \mu\text{m}^{-3}$ hoặc lớn hơn, còn tốt hơn là $100000 \mu\text{m}^{-3}$ hoặc lớn hơn, và tốt hơn hẳn là $1000000 \mu\text{m}^{-3}$ hoặc lớn hơn.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng sẽ được giải thích. Trong phương án này, như được mô tả trên đây, việc cán nóng phôi tấm được gia nhiệt đến nhiệt độ không thấp hơn 1100°C và không cao hơn 1330°C được thực hiện để thu được tấm thép cán nóng. Tiếp theo, việc cán nguội tấm thép cán nóng được thực hiện để thu được tấm thép cán nguội. Tiếp theo, việc ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội được thực hiện.

Khi cán nóng, bằng cách gia nhiệt, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb, mà được chứa trong phôi tấm, được làm cho hòa tan đặc một lần, và trong quy trình hạ nhiệt tiếp theo, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb được làm cho kết tủa mịn. Khi nhiệt độ gia nhiệt thấp hơn 1100°C , thì khó có thể hòa tan đặc đủ các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb. Khi nhiệt độ gia nhiệt cao hơn 1330°C , thì có nguy hiểm là phôi tấm bị biến dạng trong khi gia nhiệt, hoặc xảy ra kết xỉ. Vì vậy, nhiệt độ gia nhiệt không thấp hơn 1100°C và không cao hơn 1330°C . Nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là 1150°C hoặc cao hơn, và còn tốt hơn nữa là 1300°C hoặc thấp hơn.

Khi cán nóng, ví dụ, cán thô và cán hoàn thiện được thực hiện. Nhiệt độ hoàn thiện việc cán hoàn thiện (nhiệt độ hoàn thiện) tốt hơn là không thấp hơn 750°C và không cao hơn 850°C , và nhiệt độ trong khi cuộn sau khi cán hoàn thiện (nhiệt độ cuộn) tốt hơn là 600°C hoặc thấp hơn. Trong trường hợp khác, điều này khiến cho các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb chất kết tủa càng mịn càng tốt.

Độ dày của tấm thép cán nóng không bị giới hạn cụ thể. Tuy

nhiên, không dễ dàng khiến cho độ dày của tấm thép cán nóng nhỏ hơn 1,6 mm, mà cũng dẫn đến giảm năng suất. Mặt khác, khi độ dày của tấm thép cán nóng là 2,7 mm, thì đôi khi cần phải làm tăng quá mức tỷ lệ giảm trong việc cán nguội sau đây. Trong trường hợp khi tỷ lệ giảm khi cán nguội là quá cao, kết cấu của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng đôi lúc có thể bị hư hại và các tính chất từ (mật độ từ thông và tổn hao lõi) giảm sút. Vì vậy, độ dày của tấm thép cán nóng tốt hơn là không nhỏ hơn 1,6 mm và không lớn hơn 2,7 mm.

Việc cán nguội có thể được thực hiện chỉ một lần, hoặc cũng có thể được thực hiện hai hoặc lớn hơn hai lần với việc ủ trung gian được xen giữa chúng. Tỷ lệ giảm cuối cùng khi cán nguội tốt hơn là không nhỏ hơn 60% và không lớn hơn 90%. Điều này làm cho cấu trúc kim loại (kết cấu) của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng đạt được sau khi ủ hoàn thiện tốt hơn để đạt được mật độ từ thông cao và tổn hao lõi thấp. Hơn nữa, trong trường hợp việc ủ trung gian được thực hiện, thì nhiệt độ của nó tốt hơn là không thấp hơn 900°C và không cao hơn 1100°C. Điều này làm cho cấu trúc kim loại tốt hơn. Tỷ lệ giảm cuối cùng tốt hơn nữa là 65% hoặc lớn hơn, và tốt hơn hẳn là 82% hoặc nhỏ hơn.

Nhiệt độ ủ đều của việc ủ hoàn thiện tốt hơn là 850°C hoặc cao hơn, và thời gian ủ đều tốt hơn là 20 giây hoặc dài hơn. Điều này làm cho kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit trong tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng là 10 μm hoặc lớn hơn và là cho cấu trúc kim loại tốt hơn.

Đồng thời, khi nhiệt độ ủ đều của việc ủ hoàn thiện lớn hơn 1100°C, các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb mà đã kết tủa mịn trong tấm thép cán nguội được hòa tan đặc để hướng hẳn về kết tủa sau đó không phải trong các hạt tinh thể mà trong các biên hạt. Vì vậy, nhiệt độ ủ đều của việc ủ hoàn thiện tốt hơn là 1100°C hoặc thấp hơn. Đồng thời, khi thời gian ủ đều dài hơn 2 phút, thì

việc giảm năng suất là đáng kể. Vì vậy, thời gian ủ đều tốt hơn là 2 phút hoặc ngắn hơn.

Đồng thời, trước khi thực hiện cán nguội, việc ủ tấm thép cán nóng, cụ thể là việc ủ tấm cán nóng cũng có thể được thực hiện. Việc ủ tấm cán nóng thích hợp được thực hiện, nhờ đó làm cho kết cấu của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng đáng mong đợi hơn và làm cho có thể đạt được mật độ từ thông cao hơn. Trong trường hợp khi nhiệt độ ủ đều của việc ủ tấm cán nóng thấp hơn 850°C , và trong trường hợp khi thời gian ủ đều ngắn hơn 30 giây, thì khó có thể làm cho kết cấu đáng mong đợi hơn. Trong trường hợp khi nhiệt độ ủ đều cao hơn 1100°C , các chất kết tủa chứa Ti, V, Zr, và/hoặc Nb mà đã kết tủa mịn trong tấm thép cán nóng được hòa tan đặc để hướng hẳn về kết tủa sau đó không phải trong các hạt tinh thể mà trong các biên hạt. Khi thời gian ủ đều dài hơn 5 phút, việc giảm năng suất là đáng kể. Vì vậy, khi ủ tấm cán nóng, nhiệt độ ủ đều tốt hơn là không thấp hơn 850°C và không cao hơn 1100°C và thời gian ủ đều tốt hơn là không ngắn hơn 30 giây và không dài hơn 5 phút.

Theo cách này, tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án này có thể được sản xuất. Sau đó, tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được sản xuất theo cách này có cấu trúc kim loại như được mô tả trên đây có khả năng đạt được độ bền cao và tổn hao lõi thấp. Điều này có nghĩa là, các chất kết tủa được mô tả trên đây được tạo ra trong khi cán nóng, và sự tái kết tinh được gây ra và pha ferit được mô tả trên đây được tạo ra trong khi ủ hoàn thiện. Đồng thời, màng phủ cách ly cũng có thể được thực hiện theo nhu cầu sau khi ủ hoàn thiện.

Tiếp theo, tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt được cấu thành bởi các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án này sẽ được giải thích.

Các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo

phương án này có trong tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt. Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt có thể đạt được theo cách giống như các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được tạo thành hình dạng mong muốn bằng cách đột hoặc loại tương tự, và được ghép nhiều lớp để được cố định bằng cách trét hoặc loại tương tự chẳng hạn. Do có các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo phương án này nên tổn hao lõi của tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt là thấp và độ bền cơ học của tấm ghép nhiều lớp là cao.

Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt có thể được hoàn thành vào lúc cố định như được mô tả trên đây được kết thúc. Hơn nữa, việc ủ có thể được thực hiện sau việc cố định nêu trên và trước khi hoàn thành tấm ghép nhiều lớp. Việc ủ có thể được thực hiện ở điều kiện trong đó nhiệt độ ủ đều không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , thời gian ủ đều không ngắn hơn 2 phút và không dài hơn 10 giờ, và tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ ủ đều đến 300°C không nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}$ và không lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}$, và tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt có thể được hoàn thành sau khi kết thúc ủ. Các chất kết tủa được kết tủa thông qua việc ủ, nhờ đó khiến cho có thể nâng cao thêm độ bền.

Trong trường hợp khi nhiệt độ ủ đều của việc ủ thấp hơn 400°C , và trong trường hợp khi thời gian ủ đều ngắn hơn 2 phút, thì khó có thể khiến cho các chất kết tủa kết tủa đủ. Trong trường hợp khi nhiệt độ ủ đều cao hơn 800°C , và trong trường hợp khi thời gian ủ đều dài hơn 10 giờ, việc tiêu hao năng lượng được tăng lên, hoặc các chức năng liên kết có thể bị phá hủy, và chi phí tăng đáng kể. Hơn nữa, các chất kết tủa đôi lúc có thể kết tủa thô khiến cho khó có thể tăng độ bền một cách đầy đủ. Vì vậy, nhiệt độ ủ đều tốt hơn là không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , và thời gian ủ đều tốt hơn là không ngắn hơn 2 phút và không dài hơn 10 giờ. Hơn nữa, nhiệt độ ủ đều tốt hơn nữa là 500°C hoặc cao

hơn, và thời gian ủ đều tốt hơn nữa là 10 phút hoặc dài hơn. Khi tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ ủ đều đến 300°C nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, thì cacbua có thể kết tủa thô. Khi tốc độ làm mát trung bình lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, thì khó có thể khiến cho các chất kết tủa kết tủa đủ. Vì vậy, tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ ủ đều đến 300°C tốt hơn là không nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và không lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các thử nghiệm được tiến hành 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 xác nhận khả năng áp dụng và các hiệu quả của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Ví dụ thử nghiệm 1

Đầu tiên, các thép có các thành phần khác nhau được liệt kê trong Bảng 1 được làm nóng chảy bằng cách nấu chảy chân không. Sau đó, các phôi tấm thu được, mỗi phôi tấm được gia nhiệt ở nhiệt độ 1250°C trong 1 giờ. Sau đó, việc cán nóng mỗi phôi tấm được gia nhiệt đến nhiệt độ 1250°C được thực hiện để đạt được các tấm thép cán nóng. Độ dày của mỗi tấm thép cán nóng (các tấm cán nóng) là 2,0 mm. Sau đó, việc tẩy rửa mỗi tấm thép cán nóng được thực hiện, và việc cán nguội mỗi tấm thép cán nóng được thực hiện để đạt được các tấm thép cán nguội. Độ dày của mỗi tấm thép cán nguội (các tấm cán nguội) là 0,35 mm. Sau đó, việc ủ hoàn thiện mỗi tấm thép cán nguội được thực hiện. Nhiệt độ ủ đều là 1000°C và thời gian ủ đều là 30 giây khi ủ hoàn thiện. 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. Khi quan sát cấu trúc kim loại, ví dụ, việc đo kích cỡ hạt (JIS G 0552) và việc quan sát các chất kết tủa được thực hiện. Hơn nữa, mẫu

thử JIS số 5 được cắt ra từ mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, và tính chất cơ học của nó được đo. Hơn nữa, mẫu thử 55 mm × 55 mm được cắt ra từ mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, và tính chất từ của nó được đo bởi phương pháp đo tính chất từ đơn tấm (JIS C 2556). Đối với tính chất từ, tổn hao lõi ở điều kiện tần số là 400 Hz và mật độ từ thông lớn nhất là 1,0 T (W10/400) được đo. Hơn nữa, tổn hao lõi (W10/400) cũng được đo sau khi xử lý ngưng kết ở nhiệt độ 200°C trong 1 ngày để quan sát hiệu quả của việc ngưng kết từ. Điều này có nghĩa là, đối với mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, tổn hao lõi (W10/400) được đo trước và sau khi xử lý ngưng kết. Các kết quả này được liệt kê trong Bảng 2.

BẢNG 1

THÉP số	THÀNH PHẦN (% KHỐI LƯỢNG)											THAM SỐ Q
	C	Si	Mn	Al	Ti	V	Zr	Nb	N	Cu	Sn	
A1	0,0110	2,9	0,2	0,7	0,0020	0,0020	0,0020	0,0800	—	—	—	1,05
A2	0,0480	2,9	0,2	0,7	0,1800	0,0020	0,0020	0,0500	—	—	—	1,09
A3	0,0350	2,1	0,2	0,7	0,0500	0,0020	0,0020	0,1800	—	—	—	1,04
A4	0,0360	3,8	0,2	0,7	0,0500	0,0020	0,0020	0,1800	—	—	—	1,01
A5	0,0370	2,9	0,07	0,7	0,0500	0,0020	0,0020	0,1800	—	—	—	0,99
A6	0,0360	2,9	0,5	0,7	0,0500	0,0020	0,0020	0,1800	—	—	—	1,01
A7	0,0360	2,9	0,2	0,05	0,0500	0,0020	0,0020	0,1800	—	—	—	1,01
A8	0,0300	2,9	0,3	2,5	0,0410	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	1,05
A9	0,0300	2,9	0,3	0,7	0,0300	0,0020	0,0020	0,1500	—	—	—	0,92
A10	0,0300	2,9	0,2	0,8	0,0450	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	1,09
A11	0,0300	2,9	0,3	0,6	0,0020	0,0020	0,0020	0,2300	—	—	—	1,03
A12	0,0290	2,9	0,3	0,6	0,0020	0,0020	0,2200	0,0020	—	—	—	1,04
A13	0,0290	2,9	0,3	0,7	0,0020	0,1200	0,0020	0,0020	—	—	—	1,01
A14	0,0300	2,9	0,3	0,7	0,1100	0,0020	0,0020	0,0020	—	—	—	0,95
A15	0,0290	2,9	0,3	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	0,0030	—	—	1,08
A16	0,0300	2,9	0,3	0,7	0,0410	0,0020	0,0020	0,1600	—	0,5000	—	1,05
A17	0,0310	2,9	0,3	0,7	0,0420	0,0020	0,0020	0,1600	—	1,1000	—	1,03
A18	0,0310	2,9	0,2	0,7	0,0390	0,0020	0,0020	0,1600	—	1,4000	—	1,00
A19	0,0300	2,9	0,2	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	0,0900	1,05
B1	0,0020	2,9	0,3	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	15,69
B2	0,1000	2,9	0,3	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	0,31
B3	0,0300	1,5	0,3	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	1,05
B4	0,0330	4,4	0,3	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	0,95
B5	0,0290	2,9	0,03	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	1,08
B6	0,0310	2,9	0,9	0,7	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	1,01
B7	0,0290	2,9	0,3	0,005	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	1,08
B8	0,0300	2,9	0,3	3,5	0,0400	0,0020	0,0020	0,1600	—	—	—	1,05

BẢNG 2

BIỂU KIẾN SỐ	THẤP SỐ	CẤU TRÚC KIM LOẠI						TÍNH CHẤT CƠ HỌC	CÁC TÍNH CHẤT TỪ		CHÚ THÍCH
		CẤU TRÚC PHI TINH THỂ (%)	PHA FERIT	CHẤT KẾT TỦA			ĐỘ BỀN KÉO (MPa)		TRƯỚC KHI XỬ LÝ NGUỘI KẾT W10/400 (W/kg)	SAU KHI XỬ LÝ NGUỘI KẾT W10/400 (W/kg)	
				ĐƯỜNG KÍNH HẠT TRUNG BÌNH (μm)	ĐƯỜNG KÍNH HẠT TRUNG BÌNH (μm)	MẬT ĐỘ VI HẠT (μm ⁻³)					
C1	A1	0	72	0,02		7.500	NbC	560	22	21	
C2	A2	0	23	0,07		144.000	TiC, NbC	660	32	33	
C3	A3	0	45	0,04		48.000	TiC, NbC	590	31	31	
C4	A4	0	32	0,05		47.000	TiC, NbC	640	22	28	
C5	A5	0	35	0,05		33.000	TiC, NbC	630	28	29	
C6	A6	0	32	0,04		42.000	TiC, NbC	630	29	28	
C7	A7	0	36	0,04		38.000	TiC, NbC	620	28	28	
C8	A8	0	37	0,05		41.000	TiC, NbC	620	30	29	
C9	A9	0	32	0,08		34.000	TiC, NbC	620	29	30	
C10	A10	0	34	0,05		42.000	TiC, NbC	610	28	29	
C11	A11	0	38	0,04		47.000	NbC	600	27	29	
C12	A12	0	35	0,06		39.000	ZrC	610	28	28	
C13	A13	0	34	0,06		48.000	VC	600	29	29	
C14	A14	0	32	0,06		51.000	TiC	610	27	27	
C15	A15	0	38	0,05		52.000	TiN, TiC, Ti(C,N) NbN, NbC, Nb(C,N)	630	30	30	
C16	A16	0	33	0,008		810.000	TiC, NbC	700	25	26	
C17	A17	0	33	0,007		920.000	TiC, NbC, Cu	710	27	26	
C18	A18	0	35	0,008		1.040.000	TiC, NbC, Cu	720	29	28	
C19	A19	0	37	0,03		49.000	TiC, NbC	610	28	29	
D1	B1	85	5	KHÔNG ĐƯỢC QUAN SÁT	KHÔNG ĐƯỢC QUAN SÁT			500	21	20	ĐỘ BỀN CƠ HỌC KÉM.
D2	B2	0	32	1,5		320	Fe ₃ C, TiC, NbC	630	42	51	TỶ HẠO LỖ CAO. TỶ HẠO LỖ BỊ BIẾN CHẤT THÔNG QUA XỬ LÝ NGUỘI KẾT.
D3	B3	0	44	0,05		41.000	TiC, NbC	570	37	36	TỶ HẠO LỖ CAO.
D4	B4	-	-	-		-	-	-	-	-	KHẢ NĂNG LÀM VIỆC KÉM, VÀ TÂM THÉP BỊ NÚT GÂY KHÍ CÁN NGƯỜI.
D5	B5	0	32	0,06		39.000	TiC, NbC	590	41	42	TỶ HẠO LỖ CAO.
D6	B6	-	-	-		-	-	-	-	-	KHẢ NĂNG LÀM VIỆC KÉM, VÀ TÂM THÉP BỊ NÚT GÂY KHÍ CÁN NGƯỜI.
D7	B7	0	27	0,07		42.000	TiC, NbC	600	42	42	TỶ HẠO LỖ CAO.
D8	B8	-	-	-		-	-	-	-	-	KHẢ NĂNG LÀM VIỆC KÉM, VÀ TÂM THÉP BỊ NÚT GÂY KHÍ CÁN NGƯỜI.
VỊ DỤ SO SÁNH											

Như được liệt kê trong Bảng 2, ở các điều kiện từ số C1 đến số C19, mỗi điều kiện đều nằm trong phạm vi của sáng chế, thì có thể đạt được độ bền kéo là 550 MPa hoặc lớn hơn và tổn hao lõi (W10/400) là 35 W/kg hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, ở các điều kiện từ số D1 đến số D8, mỗi điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế, thì khó có thể đạt được độ bền kéo và tổn hao lõi.

Ví dụ thử nghiệm 2

Đầu tiên, các phôi tấm được làm từ các thép số A11 và số A17 được liệt kê trong Bảng 1 được gia nhiệt ở các nhiệt độ được liệt kê trong Bảng 3 trong 1 giờ. Sau đó, việc cán nóng mỗi phôi tấm được gia nhiệt đến các nhiệt độ được liệt kê trong Bảng 3 được thực hiện để đạt được các tấm thép cán nóng. Độ dày của mỗi tấm thép cán nóng là 2,0 mm. Sau đó, việc ủ (việc ủ tấm cán nóng) một (điều kiện số E4) trong số các tấm thép cán nóng được thực hiện ở điều kiện được liệt kê trong Bảng 3. Sau đó, việc tẩy rửa mỗi tấm thép cán nóng được thực hiện, và việc cán nguội mỗi tấm thép cán nóng được thực hiện để đạt được các tấm thép cán nguội. Độ dày của mỗi tấm thép cán nguội là 0,35 mm. Sau đó, việc ủ hoàn thiện mỗi tấm thép cán nguội được thực hiện. Nhiệt độ ủ đều là 1000°C và thời gian ủ đều là 30 giây khi ủ hoàn thiện. Theo cách này, các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác nhau được sản xuất. Sau đó, đối với mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, các việc đánh giá tương tự như các việc đánh giá ở ví dụ thử nghiệm 1 được thực hiện. Các kết quả này cũng được liệt kê trong Bảng 3.

BẢNG 3

ĐIỀU KIỆN	ĐỘ SỐ	GIÁ NHỊT PHIÊN	TỐI TÂM CÁN NÓNG		CẤU TRÚC KIM LOẠI						TÍNH CHẤT CƠ HỌC	CÁC TÍNH CHẤT TỰ		CHÚ THÍCH		
					NHIỆT ĐỘ GIA NHỊT (°C)	NHIỆT ĐỘ NGÂM (°C)	THỜI GIAN NGÂM (giờ)	CẤU TRÚC PHI TINH THỂ	PHA FERIT	CHẤT KẾT TỦA						
										ĐƯỜNG KÍNH HẠT TRUNG BÌNH (μm)					ĐƯỜNG KÍNH HẠT TRUNG BÌNH (μm)	MẬT ĐỘ VI HẠT (μm ⁻³)
VÍ DỤ SÁNG	E1	A11	1150	-	-	0	165	0,15	250	NbC	560	21	21			
	E2	A11	1290	-	-	0	15	0,01	84000	NbC	660	34	33			
	E3	A11	1250	-	-	0	32	0,04	47000	NbC	600	27	28			
	E4	A11	1250	950	60	0	33	0,05	38000	NbC	590	25	25			
	E5	A17	1150	-	-	0	95	0,007	920000	TiC, NbC, Cu	710	27	26			
	E6	A17	1250	-	-	0	32	0,015	63000	TiC, NbC, Cu	680	32	33			
VÍ DỤ SO SÁNH		F1	A11	1050	-	-	0	210	1,1	330	NbC	490	21	21	CÁC CHẤT KẾT TỦA LÀ LỚN, VÀ ĐỘ BỀN CƠ HỌC LÀ KÉM.	
		F2	A11	1340	-	-	0	9	0,01	91000	NbC	640	38	38	CÁC HẠT FERIT LÀ NHỎ, VÀ TỶ HẠO LỖI LÀ CAO.	

Như được liệt kê trong Bảng 3, ở các điều kiện từ số E1 đến số E6, mỗi điều kiện nằm trong phạm vi của sáng chế, thì có thể đạt được độ bền kéo là 550 MPa hoặc lớn hơn và tổn hao lõi (W10/400) là 35 W/kg hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, ở các điều kiện số F1 và số F2, mỗi điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế, thì khó có thể đạt được độ bền kéo và tổn hao lõi.

Ví dụ thử nghiệm 3

Đầu tiên, các phôi tấm được làm từ các thép số A11 và số A17 được liệt kê trong Bảng 1, mỗi phôi tấm được gia nhiệt trong 1 giờ. Lúc đó, nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm của thép số A11 là 1250°C, và nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm của thép số A17 là 1150°C. Sau đó, việc cán nóng mỗi phôi tấm được gia nhiệt đến 1250°C hoặc 1150°C được thực hiện để đạt được các tấm thép cán nóng. Độ dày của mỗi tấm thép cán nóng là 2,0 mm. Sau đó, việc tẩy rửa mỗi tấm thép cán nóng được thực hiện, và việc cán nguội mỗi tấm thép cán nóng được thực hiện để đạt được các tấm thép cán nguội. Độ dày của mỗi tấm thép cán nguội là 0,35 mm. Sau đó, việc ủ hoàn thiện mỗi tấm thép cán nguội được thực hiện. Nhiệt độ ủ đều là 1000°C và thời gian ủ đều là 30 giây khi ủ hoàn thiện. Sau đó, màng cách ly được tạo ra trên bề mặt của mỗi tấm thép cán nguội đạt được sau khi ủ hoàn thiện. Theo cách này, các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng khác nhau được sản xuất.

Sau đó, 30 tấm thép, mỗi tấm có kích cỡ theo chiều cán là 300 mm và kích cỡ theo chiều vuông góc với chiều cán là 60 mm được đọt ra khỏi mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng. Tấm thép có hình dạng và kích cỡ như vậy đôi lúc được sử dụng cho lõi mô tơ thực tế. Sau đó, 30 tấm thép được ghép nhiều lớp vào nhau để thu được tấm ghép nhiều lớp. Sau đó, việc ủ mỗi tấm ghép nhiều lớp được thực hiện ở điều kiện được liệt kê trong Bảng 4. Sau đó, tấm thép để kiểm tra được trích từ mỗi tấm ghép nhiều lớp, và đối với tấm thép, các việc đánh giá tương tự như các

việc đánh giá của Ví dụ thử nghiệm 1 được thực hiện. Điều này có nghĩa là, việc đánh giá được dự định cho tám ghép nhiều lớp được sử dụng cho lõi mô-đen được thực hiện. Các kết quả này cũng được liệt kê trong Bảng 4. Ở đây, các ví dụ với điều kiện ủ lệch khỏi điều kiện thuận lợi được mô tả trên đây, mỗi ví dụ được xem như là ví dụ so sánh.

BẢNG 4

	ĐIỀU KIỆN THỬ	TÔI LÀ MỎNG			CẤU TRÚC KIM LOẠI					TÍNH CHẤT CƠ HỌC	CÁC TÍNH CHẤT TỪ		CHÚ THÍCH
					CẤU TRÚC PHI TINH THỂ	PHA FERIT	CHẤT KẾT TỤA				TRƯỚC KHI XỬ LÝ NGUNG KẾT W10/400 (W/kg)	SAU KHI XỬ LÝ NGUNG KẾT W10/400 (W/kg)	
							TỶ LỆ DIỆN TÍCH (%)	ĐƯỜNG KÍNH HẠT TRUNG BÌNH (µm)	ĐƯỜNG KÍNH HẠT TRUNG BÌNH (µm)				
VỊ DỤ SÁNG CHẾ	G1 A11	400	60	0,03	0	32	0,04	47.000	NbC	600	27	28	
	G2 A11	800	60	0,03	0	62	0,05	52.000	NbC	620	23	22	
	G3 A11	750	2	0,03	0	42	0,04	45.000	NbC	630	26	26	
	G4 A11	750	120	0,03	0	45	0,05	47.000	NbC	630	24	24	
	G5 A17	550	10	0,0001	0	95	0,004	1.050.000	TiC, NbC, Cu	750	24	25	
	G6 A17	550	10	0,1	0	100	0,005	950.000	TiC, NbC, Cu	745	23	24	
	G7 A17	550	10	0,03	0	105	0,005	1.050.000	TiC, NbC, Cu	755	24	25	
VỊ DỤ SO SÁNH	H1 A11	380	60	0,03	0	33	0,05	38.000	NbC	590	25	25	ĐỘ BỀN CƠ HỌC KHÔNG TĂNG ĐỦ.
	H2 A11	850	60	0,03	0	34	0,08	29.000	NbC	570	25	24	ĐỘ BỀN CƠ HỌC KHÔNG TĂNG ĐỦ.
	H3 A11	750	1	0,03	0	35	0,05	37.000	NbC	580	24	24	ĐỘ BỀN CƠ HỌC KHÔNG TĂNG ĐỦ.
	H4 A11	750	40000	0,03	0	32	0,04	40.000	NbC	600	25	25	NĂNG SUẤT TÔI LÀ MỎNG LÀ KÉM.
	H5 A11	750	60	0,00001	0	35	0,05	35.000	NbC	620	24	24	NĂNG SUẤT TÔI LÀ MỎNG LÀ KÉM.
	H6 A11	750	60	1	0	34	0,04	42.000	NbC	620	33	33	TỶ LỆ HẠI LẠI CAO.

Như được liệt kê trong Bảng 4, ở các điều kiện từ số G1 đến số G7 trong đó việc ủ thuận lợi được thực hiện, thì có thể nâng cao đủ độ bền kéo. Mặt khác, ở các điều kiện từ số H1 đến số H6 với điều kiện ủ lệch khỏi khoảng có lợi, thì không thể nâng cao đủ độ bền kéo, nên năng suất là thấp, hoặc tổn hao lõi là cao.

Cần lưu ý rằng phương án được mô tả trên đây chỉ minh họa ví dụ cụ thể thực hiện sáng chế, và phạm vi kỹ thuật của sáng chế không được hiểu là giới hạn ở phương án này. Điều này có nghĩa là, sáng chế có thể được thực hiện ở các dạng khác nhau mà không lệch khỏi nguyên lý hoặc các dấu hiệu chính của nó.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Sáng chế có thể được sử dụng trong ngành công nghiệp sản xuất các tấm thép kỹ thuật điện và ngành công nghiệp sử dụng các tấm thép kỹ thuật điện, chẳng hạn như mô tơ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

tính theo % khối lượng,

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó:

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], thì giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1,

mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh,

kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là 10 μm^{-3} hoặc lớn hơn trong hạt ferit, và

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

2. Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 1, trong đó tấm thép này còn chứa:

tính theo % khối lượng, ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm :

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

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

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

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

4. Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 2, trong đó chất kết tủa là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

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

thực hiện cán nóng phối tấm được gia nhiệt đến nhiệt độ không thấp hơn 1100°C và không cao hơn 1330°C để thu được tấm thép cán nóng;

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

thực hiện ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội ở nhiệt độ không thấp hơn 850°C và không cao hơn 1100°C,

trong đó:

phôi tấm chứa (tính theo % khối lượng):

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, và

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], thì giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1, và

trong đó tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng này khác biệt ở chỗ:

mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,
cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh,
kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm , chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là 250 hạt/ μm^{-3} hoặc lớn hơn trong hạt ferit,

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

tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng này có độ bền kéo là 550 MPa hoặc lớn hơn và tổn hao lõi (W10/4Q0) là 35 W/kg hoặc nhỏ hơn.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 5, trong đó phôi tấm còn chứa (tính theo % khối lượng):

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm:

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

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

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

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

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

9. Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt bao gồm:

các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được ghép nhiều lớp vào nhau,

trong đó:

mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa (tính theo % khối lượng):

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], thì giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1,

mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh,

kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là 10 μm^{-3} hoặc lớn hơn trong hạt ferit, và

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

10. Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt theo điểm 9, trong đó mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa (tính theo % khối lượng):

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm :

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

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

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

11. Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt theo điểm 9, trong đó chất kết tủa là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

12. Tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt theo điểm 10, trong đó chất kết tủa là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

13. Phương pháp sản xuất tấm ghép nhiều lớp dùng cho mô tơ lõi sắt bao gồm các bước:

ghép nhiều lớp các tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng vào nhau để thu được tấm ghép nhiều lớp; và

ủ tấm ghép nhiều lớp ở điều kiện trong đó nhiệt độ ủ đều không thấp hơn 400°C và không cao hơn 800°C , thời gian ủ đều không ngắn hơn 2 phút và không dài hơn 10 giờ, và tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ ủ đều đến 300°C không nhỏ hơn $0,0001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và không lớn hơn $0,1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$,

trong đó:

mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa (tính theo % khối lượng):

C: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn;

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

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

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

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb, phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

khi các hàm lượng của Ti, V, Zr, Nb, và C (tính theo % khối lượng) lần lượt được biểu thị là [Ti], [V], [Zr], [Nb], và [C], thì giá trị của thông số Q được biểu thị bởi " $Q = ([\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Nb}]/93)/([\text{C}]/12)$ " không nhỏ hơn 0,9 và không lớn hơn 1,1,

mạng nền của cấu trúc kim loại là pha ferit,

cấu trúc kim loại không bao gồm cấu trúc không tái kết tinh, kích cỡ hạt trung bình của các hạt ferit cấu thành pha ferit không nhỏ hơn 10 μm và không lớn hơn 200 μm ,

chất kết tủa chứa ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti, V, Zr, và Nb tồn tại với mật độ là 10 μm^{-3} hoặc lớn hơn trong hạt ferit, và

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

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó mỗi tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng còn chứa (tính theo % khối lượng) :

ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm:

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

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

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

15. Phương pháp theo điểm 13, trong đó chất kết tủa là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.

16. Phương pháp theo điểm 14, trong đó chất kết tủa là ít nhất một loại được chọn từ nhóm bao gồm cacbua, nitrua, và cacbonitrua.