



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

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

(11)



1-0047547

(51)^{2020.01} **B21D 28/02; C21D 9/00; C21D 9/46;** (13) **B**
H01F 41/02; C22C 38/14; C22C 38/60;
H01F 1/147; C21D 8/12; C22C 38/00

(21) 1-2021-02159

(22) 24/10/2019

(86) PCT/JP2019/041767 24/10/2019

(87) WO 2020/085448 A1 30/04/2020

(30) 2018-199857 24/10/2018 JP

(45) 25/06/2025 447

(43) 26/07/2021 400A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) FUJIMURA, Hiroshi (JP); KANO, Satoshi (JP); TOMITA, Miho (JP).

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

(54) TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT LỖI
XẾP CHỒNG BẰNG CÁCH SỬ DỤNG TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH
HƯỚNG NÀY

(21) 1-2021-02159

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng mà có thể cải thiện khả năng truyền tấm thép ngay cả khi sự đột lỗ được thực hiện liên tục ở tốc độ cao và phương pháp sản xuất lõi xếp chồng mà sử dụng tấm thép điện không định hướng này. Tấm thép điện không định hướng chứa, theo % khối lượng, Si: 2,0 đến 5,0%, Mn: 0,4 đến 5,0%, Al $\leq$ 3,0%, C: 0,0008 đến 0,0100%, N $\leq$ 0,0030%, S $\leq$ 0,0030%, và Ti $\leq$ 0,0060%, trong đó sản phẩm có hàm lượng Mn và C là 0,004 đến 0,05 (% khối lượng)², giới hạn chảy theo hướng cán lớn hơn hoặc bằng 600 MPa, và môđun Young lớn hơn hoặc bằng 200GPa. Ở phương pháp sản xuất lõi xếp chồng, khi sản xuất lõi xếp chồng mà sử dụng khuôn dập liên hoàn, thì tốc độ truyền tấm thép V (m/giây) thỏa mãn biểu thức (1). V: V_{MIN} đến V_{MAX} (1) $V_{MAX} = (1/25)\sqrt{(t^2 \times E \times YS)}$ (2) $V_{MIN} = (1/25)\sqrt{(t^2 \times 120000)}$ (3) t: độ dày tấm thép (mm), E: tỷ số Young (GPa), YS: giới hạn chảy (MPa).

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng và phương pháp sản xuất lõi xếp chồng bằng cách sử dụng tấm thép điện không định hướng và cụ thể là tấm thép điện không định hướng có đặc tính đột lỗ liên tục vượt trội.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ở các lĩnh vực thiết bị điện, đặc biệt là các máy quay, các máy biến áp cỡ nhỏ và trung bình, các linh kiện điện, v.v, trong đó tấm thép điện không định hướng được sử dụng là vật liệu lõi sắt, có nhu cầu tăng lên về hiệu suất cao hơn và kích cỡ nhỏ hơn.

Liên quan đến sự giảm tổn hao sắt trong số các đặc điểm hiệu suất của tấm thép điện không định hướng, phương pháp làm tăng Si, Al, v.v, nhìn chung đã được thừa nhận trên quan điểm làm giảm tổn hao dòng điện xoáy do sự tăng lên của điện trở. Nhiều kỹ thuật cải thiện khác nhau đã được đề xuất nhằm tăng mật độ từ thông.

Mặt khác, khi tấm thép điện không định hướng được sử dụng ở thiết bị điện là các lõi sắt như là các máy quay, điều cần thiết là xem xét các thay đổi về các đặc tính từ trong khi gia công. Cụ thể là, khi tấm thép điện không định hướng được đột lỗ là vật liệu lõi sắt, thì hình dạng của bề mặt cuối được đột lỗ và phần được siết chặt không chỉ ảnh hưởng đến hiệu suất lõi sắt, mà còn ảnh hưởng đến khả năng xếp chồng và tính năng tạo hình của lõi sắt. Tức là, trừ khi lõi sắt được tạo thành hình dạng xác định trước, các đặc tính từ là vật liệu của tấm thép điện không định hướng không thể được biểu hiện được.

Nhiều tấm thép điện không định hướng khác nhau đã được đề xuất, mà có các đặc tính từ vượt trội là vật liệu dùng cho lõi sắt của thiết bị điện và cũng có khả năng gia công đột lỗ vượt trội để tạo điều kiện thuận lợi đúc thành lõi sắt của thiết bị điện.

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ tấm thép điện không định hướng có khả năng gia công đột lỗ vượt trội và ứng suất chảy cao (400MPa hoặc lớn hơn), khác biệt ở chỗ

bao gồm, theo % khối lượng, Si: 1,5% hoặc lớn hơn và 3,5% hoặc nhỏ hơn, Mn: 1,5% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,2% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, Mg: 0,0003% hoặc lớn hơn và 0,0050% hoặc nhỏ hơn, hoặc Ti: 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,010% hoặc nhỏ hơn, C: 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,010% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và tạp chất không tránh khỏi, và cỡ hạt tinh thể d của tấm sản phẩm là $5\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn và $40\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn, và mối liên hệ $d \leq 50 \times (\text{Si} + 0,5\text{Al}-2)$ được thỏa mãn.

Tài liệu sáng chế 2 nhằm mục đích tạo ra tấm thép điện không định hướng có độ bền vượt trội mà không cần hy sinh tính chảy và năng suất trong quá trình đột lỗ lõi động cơ và sản xuất tấm thép. Tấm thép điện không định hướng đã bộc lộ khác biệt ở chỗ, tấm thép này bao gồm, theo % khối lượng, C: 0,01% hoặc lớn hơn và 0,05% hoặc nhỏ hơn, Si: 2,0% hoặc lớn hơn và 4,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,05% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn, Al: 3,0% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,01% hoặc lớn hơn hoặc 0,05% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và tạp chất không tránh khỏi, và hàm lượng của Mn và C là, theo % khối lượng, thỏa mãn $\text{Mn} \leq 0,6-10 \times \text{C}$, và tỷ lệ diện tích của phần tái kết tinh của tấm thép là 50% hoặc lớn hơn, và nó có giới hạn chảy trong thử nghiệm kéo là 650MPa hoặc lớn hơn, độ giãn dài khi đứt là 10% hoặc lớn hơn, và tổn hao sắt W10/400 là 70W/kg hoặc nhỏ hơn.

Tài liệu sáng chế 3 nhằm mục đích tạo ra tấm thép điện không định hướng có khả năng gia công đột lỗ vượt trội, điều này tạo điều kiện thuận lợi để đúc thành lõi sắt của thiết bị điện. Tấm thép điện không định hướng đã bộc lộ bao gồm thành phần thép bao gồm C: 0,003% hoặc nhỏ hơn, Si: 1,0% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,1% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,1% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn, thỏa mãn $0,2 \leq \text{Al} / (\text{Si} + \text{Al}) \leq 0,6$, phần còn lại là Fe và các nguyên tố tạp chất không tránh khỏi, và có tỷ lệ giữa giới hạn chảy và giới hạn bền là 0,6 hoặc lớn hơn và độ cứng Vickers là 200 hoặc nhỏ hơn.

Tài liệu sáng chế 4 nhằm mục đích tạo ra tấm thép điện không định hướng mà có thể giải quyết vấn đề là tấm uốn hoặc cong vênh khi bị đột lỗ thành hình dạng lõi. Tấm thép điện không định hướng đã bộc lộ bao gồm, theo % khối lượng, C: 0,05% hoặc nhỏ hơn, P: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Si: 5% hoặc nhỏ hơn, Mn: 5% hoặc nhỏ hơn, Al: 3% hoặc nhỏ hơn, S: 0,02% hoặc nhỏ hơn và N: 0,01% hoặc nhỏ hơn, và có giá trị TP

= $P(222) / P(200)$ là 1,3 hoặc lớn hơn, sử dụng tỷ lệ $P(hkl)$ (trong đó (hkl) là định hướng (hkl) mặt phẳng trong bề mặt tấm) của cường độ phản xạ tích hợp tia X so với cường độ lý thuyết và có tốc độ tái kết tinh là 20% hoặc nhỏ hơn.

Hầu hết các lõi sắt dùng cho các động cơ truyền động của các xe ô tô thân thiện với môi trường như là các xe điện - EV (electric vehicle) và các xe lai - HEV (hybrid vehicle) là các khối nhiều lớp (lõi xếp chồng) của các tấm thép điện không định hướng mỏng có độ dày là 0,30mm hoặc nhỏ hơn. Trong quá trình sản xuất chúng, phương pháp đột lỗ liên tục bằng khuôn dập liên hoàn được thừa nhận rộng rãi là phương pháp có năng suất cao. Gần đây, có xu hướng tăng tốc độ đột lỗ liên tục (tốc độ truyền của tấm thép trong khi đột lỗ liên hoàn) để cải thiện hơn hiệu suất. Tuy nhiên, ở tấm thép điện không định hướng được mô tả trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 4, tấm thép được truyền có thể có khả năng bị tách ra khỏi bề mặt truyền và mặt phẳng nằm ngang mà trên đó khuôn đột lỗ được lắp đặt trong khi đột lỗ tốc độ cao (tấm này có thể đập trên bề mặt truyền theo hướng lên và xuống vuông góc với hướng truyền). Kết quả là, cần phải giảm tốc độ truyền, điều này không chỉ cản trở việc cải thiện năng suất mà còn gây ra các vấn đề trong quá trình đột lỗ nếu tấm không được truyền chính xác đến vị trí đột lỗ. Theo đó, người ta thấy rằng năng suất giảm đi đáng kể.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế:

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản (Kokai) số 2005-113158

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản (Kokai) số 2008-050685

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản (Kokai) số 2011-140683

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản (Kokai) số 2008-202070

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép điện không định hướng và phương pháp sản xuất lõi xếp chồng bằng cách sử dụng tấm thép điện không định hướng, điều này có thể cải thiện khả năng truyền nêu trên của tấm thép ngay cả khi đột lỗ liên tục ở tốc độ cao.

Giải quyết vấn đề

Người ta cho rằng độ bền uốn dọc của tấm thép không đủ là nguyên nhân gây ra sự suy giảm khả năng truyền của tấm thép khi đột lỗ liên tục ở tốc độ cao mà sử dụng tấm thép điện không định hướng. Sau đó, để cải thiện độ bền uốn dọc, người ta quan niệm rằng sẽ có hiệu quả khi thiết lập cả giới hạn chảy và môđun Young của tấm thép đến các giá trị cao. Ngoài ra, người ta thấy rằng hiệu quả này có thể được biểu hiện ở các mức thép có hàm lượng Mn hoặc C tương đối cao.

Khi cả giới hạn chảy và môđun Young của tấm thép trong đó các hàm lượng Mn và C đã quy định được thiết lập đến giá trị cao, dựa trên giả định ở trên, thì khả năng truyền của tấm thép có thể được cải thiện trong quá trình đột lỗ liên tục ở tốc độ cao.

Sáng chế được hoàn thành dựa trên các phát hiện nêu trên, và nội dung chính của sáng chế như sau.

[1] Tấm thép điện không định hướng khác biệt ở chỗ tấm thép này bao gồm, theo % khối lượng, Si: 2,0 đến 5,0%, Mn: 0,4 đến 5,0%, $Al \leq 3,0\%$, C: 0,0008 đến 0,0100%, $N \leq 0,0030\%$, $S \leq 0,0030\%$, $Ti \leq 0,0060\%$, phần còn lại là Fe và tạp chất không tránh khỏi, và sản phẩm của các hàm lượng Mn và C nằm trong khoảng từ 0,004 đến 0,05 (% khối lượng)², và tấm thép có giới hạn chảy theo hướng cán là 600MPa hoặc lớn hơn và môđun Young theo hướng cán là 200GPa hoặc lớn hơn.

[2] Tấm thép điện không định hướng theo mục [1], khác biệt ở chỗ tấm thép này còn bao gồm, theo % khối lượng, từ 0,001 đến 0,50% của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Ni, Cr, Mo, Sn và Sb trên tổng số.

[3] Phương pháp sản xuất lõi xếp chồng sử dụng khuôn dập liên hoàn mà sử dụng tấm thép điện không định hướng có đặc tính đột lỗ liên tục vượt trội theo mục [1] hoặc [2] là vật liệu gốc, khác biệt ở chỗ tốc độ truyền của tấm thép V (m/giây), thỏa

mãn công thức (1) sau đây,

$$V: V_{\text{MIN}}-V_{\text{MAX}} (1),$$

trong đó $V_{\text{MAX}} = (1/25) \sqrt{(t^2 \times E \times YS)} (2)$, và

$$V_{\text{MIN}} = (1/25) \sqrt{(t^2 \times 120.000)} (3)$$

và trong đó t: độ dày tấm thép điện (mm), E: môđun Young của tấm thép điện theo hướng cán (GPa), và YS: giới hạn chảy của tấm thép điện theo hướng cán (MPa).

[4] Phương pháp sản xuất lõi xếp chồng theo mục [3], khác biệt ở chỗ lõi xếp chồng được tạo ra phải trải qua quá trình ủ khử ứng suất ở 750 đến 900°C.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, bằng cách thiết lập giới hạn chảy của tấm thép điện không định hướng theo hướng cán đến 600MPa hoặc lớn hơn và môđun Young theo hướng cán đến 200GPa hoặc lớn hơn, thì khả năng truyền của tấm thép có thể được cải thiện khi đột lỗ liên tục ở tốc độ cao.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tất cả sáng chế được mô tả trong các tài liệu sáng chế 1 đến 4 nhằm mục đích cải thiện đặc tính đột lỗ của tấm thép. Tài liệu sáng chế 1 đã nêu ra vấn đề về đặc tính đột lỗ mà tấm thép trở nên giòn khi độ bền tăng lên và năng suất và tính chảy dẻo suy giảm đáng kể, và đã đề xuất vật liệu mà không gây ra tính giòn trong khi vẫn có ứng suất chảy là 400MPa hoặc lớn hơn. Tài liệu sáng chế 2 đã nêu ra vấn đề về đặc tính đột lỗ mà lõi động cơ đã đột lỗ bị nứt và tính chảy dẻo và năng suất bị giảm, và đã đề xuất vật liệu có giới hạn chảy là 650MPa hoặc lớn hơn và độ giãn dài khi đứt là 10% hoặc lớn hơn. Tài liệu sáng chế 3 nhằm đạt được đặc tính đột lỗ bằng cách tạo ra bề mặt cuối được đột lỗ, phần siết chặt, hoặc tương tự thành hình dạng định trước là lõi sắt, và đã đề xuất vật liệu có tỷ lệ giữa giới hạn chảy và giới hạn bền là 0,6 hoặc lớn hơn và độ cứng Vickers là 200 hoặc nhỏ hơn. Tài liệu sáng chế 4 đã nêu lên vấn đề về đặc tính đột lỗ mà khi việc đột lỗ được thực hiện thành hình dạng lõi, nó trở nên khó truyền tấm thép để xếp chồng sau khi đột lỗ do gãy trong quá trình đột lỗ và đã đề xuất vật liệu dùng cho tấm thép bị võng ít mà thu được khi đo ở mép tự do của tấm thép đặt

ở trạng thái hằng.

Mặt khác, trong trường hợp đột lỗ tốc độ cao, mà sáng chế giải quyết, lần đầu tiên người ta thấy rằng vấn đề không phải là suy giảm khả năng truyền sau khi đột lỗ do gãy trong quá trình đột lỗ, mà là khả năng truyền của tấm thép đến vị trí đột lỗ. Tấm thép điện không định hướng có đặc tính đột lỗ liên tục vượt trội, đây là là mục đích của sáng chế, nghĩa là tấm thép điện không định hướng có khả năng truyền vượt trội đến vị trí đột lỗ tại thời điểm đột lỗ liên tục.

Sau đó, là kết quả của sự kiểm tra chi tiết bởi các tác giả sáng chế, để thu được tấm thép điện không định hướng có khả năng truyền vượt trội đến vị trí đột lỗ tại thời điểm đột lỗ liên tục, mà là đối tượng của sáng chế, lần đầu tiên người ta thấy rằng tấm thép cần phải có giới hạn chảy theo hướng cán là 600MPa hoặc lớn hơn và môđun Young theo hướng cán là 200GPa hoặc lớn hơn. Bằng cách cải thiện giới hạn chảy đến 600MPa hoặc lớn hơn, miền đàn hồi của vật liệu có thể được mở rộng, nhờ đó tránh được sự gãy trong khi truyền. Cùng lúc đó, bằng cách thiết lập môđun Young đến 200GPa hoặc lớn hơn, sự biến dạng trong miền đàn hồi có thể giảm đi, và việc đập (rung) của tấm thép do sự rung của thiết bị, cộng hưởng hoặc tương tự có thể được ngăn ngừa. Tốt hơn là, giới hạn chảy là 620MPa hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 715MPa hoặc lớn hơn. Ngoài ra, tốt hơn là môđun Young là 205GPa hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 210GPa hoặc lớn hơn. Đối với “giới hạn chảy” được xác định theo sáng chế, “ứng suất thử kéo 0,2%” được xác định là “giới hạn chảy” đối với tấm thép trong đó điểm chảy trên không được biểu hiện trong thử nghiệm kéo. Ngoài ra, ở tấm thép mà điểm chảy trên được biểu hiện trong thử nghiệm kéo, thì “điểm chảy trên” được xác định là “giới hạn chảy”. Ngoài ra, phương pháp đo “môđun Young” được xác định theo sáng chế không bị giới hạn cụ thể và phương pháp đo đã biết được sử dụng. Cụ thể là, “môđun Young” thu được từ độ nghiêng của vùng biến dạng đàn hồi thể hiện mối liên hệ tuyến tính ở đường cong tải trọng - chuyển vị thu được ở thử nghiệm kéo thông thường.

Giới hạn chảy và môđun Young ở đây là giới hạn chảy và môđun Young tại thời điểm đột lỗ và được đo với tấm thép điện có lớp phủ. Các thay đổi ở giới hạn chảy và môđun Young được gây ra bởi lớp phủ là cực kỳ nhẹ và không đáng kể.

Tiếp theo, lý do giới hạn thành phần thép của sáng chế sẽ được mô tả. Ngoài ra, % nghĩa là % khối lượng. Khoảng các hàm lượng của Si, Mn, Al, C, N, S và Ti của tấm thép theo sáng chế về cơ bản không khác biệt đáng kể so với khoảng thành phần hợp chất thông thường đã biết đối với tấm thép điện không định hướng. Tuy nhiên, khác biệt ở chỗ các hàm lượng của Mn và C được kiểm soát cụ thể nằm trong khoảng cụ thể.

Si là thành phần mà có hiệu quả làm giảm tổn hao sắt bằng cách tăng điện trở và giảm tổn hao dòng điện xoáy. Để phát huy hiệu quả này, cần chứa Si là 2,0% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng tăng lên, mật độ từ thông giảm xuống và chi phí tăng lên. Do đó, hàm lượng được thiết lập đến 5,0% hoặc nhỏ hơn.

Bằng cách chứa Mn cùng với C, nó có hiệu quả ngăn ngừa tấm thép bị đập trong quá trình đột lỗ tốc độ cao. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Mn được thiết lập đến 0,4% hoặc lớn hơn. Ngoài ra, Mn có hiệu quả làm tăng điện trở để giảm tổn hao dòng điện xoáy, cải thiện cấu trúc tái kết tinh sơ cấp làm giảm tổn hao do trễ và cải thiện mật độ từ thông. Nếu hàm lượng Mn quá lớn, thì đặc tính hình thành hạt tinh thể của nó tại thời điểm ủ giảm xuống và tổn hao do trễ tăng lên, và do đó hàm lượng được thiết lập đến 5,0% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng Mn là 1,0% hoặc lớn hơn và 4,6% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 1,6 đến 4,2%, và còn tốt hơn nữa là 2,2 đến 3,8%.

Bằng cách chứa C cùng với Mn, nó có hiệu quả ngăn ngừa tấm thép bị đập trong khi đột lỗ tốc độ cao. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng được yêu cầu là 0,0008% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, khi hàm lượng vượt quá 0,0100%, sự suy giảm tổn hao sắt do già hóa từ trở nên đáng kể. Tốt hơn là 0,0021 đến 0,0090%, và tốt hơn nữa là 0,0041 đến 0,0080%.

Ngoài ra, các hàm lượng của Mn và C nên là sao cho sản phẩm của các hàm lượng tương ứng nằm trong khoảng 0,004 đến 0,05 (% khối lượng)². Nếu sản phẩm nhỏ hơn 0,004, người ta cho rằng sự tương tác giữa Mn và C như được mô tả dưới đây không hoạt động, và có thể không thu được đủ hiệu quả của sáng chế. Giới hạn trên của sản phẩm được xác định từ giới hạn trên của từng thành phần nêu trên. Khoảng tốt hơn là 0,006 đến 0,04 (% khối lượng)², và tốt hơn nữa là 0,008 đến 0,03 (% khối

lượng)².

Lý do tại sao hiệu quả của sáng chế được biểu hiện khi Mn và C cùng tồn tại ở nồng độ tương đối cao không rõ ràng, nhưng nó được xem là như sau. Như đã biết, Mn và C có sự tương tác (còn gọi là lưỡng cực Mn-C) mà hút nhau trong thép, và do đó có hiệu quả ngăn ngừa sự khuếch tán khoảng cách xa của C. Mặt khác, C được biết đến là có hiệu quả ngăn ngừa sự rung thông qua ma sát trong. Theo sáng chế, Mn được cho là ngăn ngừa sự khuếch tán khoảng cách xa của C và tăng cường hiệu quả ngăn ngừa sự rung thông qua ma sát trong được gây ra bởi sự chuyển động khoảng cách ngắn của C. Hiệu quả được cho là hiệu quả hợp lực do sự kết hợp của sự tương tác hấp dẫn giữa các lệch mạng (các khuyết tật mạng) và C với sự tương tác hấp dẫn giữa Mn và C.

Giống như Si, Al cũng là thành phần mà có hiệu quả làm giảm tổn hao sắt bằng cách tăng điện trở và giảm tổn hao dòng điện xoáy. Nó cũng làm tăng tỷ lệ của mật độ từ thông so với mật độ từ thông bão hòa và có hiệu quả cải thiện mật độ từ thông. Nếu hàm lượng Al quá lớn, thì mật độ từ thông bão hòa của nó giảm xuống, điều này dẫn đến sự giảm mật độ từ thông. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập là 3,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là 0,1% hoặc lớn hơn, nhưng Al có thể không được chứa.

N là 0,0030% hoặc nhỏ hơn do nó tạo ra nitrua và làm suy giảm các đặc tính tổn hao sắt. Do S tạo thành sulfua và làm suy giảm các đặc tính tổn hao sắt, nên nó được thiết lập đến 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Ti có thể tạo ra nhiều kết tủa khác nhau như là TiN, TiS và TiC, điều này không chỉ làm suy giảm đặc tính tổn hao sắt mà còn cố định hoàn toàn C mà được cho là đóng vai trò quan trọng theo sáng chế, là cacbua, dẫn đến loại bỏ hiệu quả có lợi của sáng chế. Do đó, nó được thiết lập đến 0,0060% hoặc nhỏ hơn.

Tám thép điện không định hướng theo sáng chế có thể còn chứa ít nhất một trong số Ni, Cr, Mo, Sn và Sb theo % khối lượng là 0,001 đến 0,50% là thành phần tùy chọn. Mỗi Ni, Cr, Mo, Sn và Sb ảnh hưởng đến sự hình thành cấu trúc được tái kết tinh và tạo ra hiệu quả đáng kể cải thiện các đặc tính từ của tám thép, và các hiệu quả này được biểu hiện ở hàm lượng là 0,001% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng này quá lớn, thì hiệu quả lên cấu trúc được tái kết tinh bị bão hòa, và do đó giới hạn trên của hàm lượng được thiết lập đến 0,50% tổng số.

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo sáng chế sẽ được mô tả.

Tấm thép điện không định hướng theo sáng chế có thể được sản xuất theo quy trình thông thường bao gồm luyện thép, cán nóng (hoặc cán nóng, ủ thép cán nóng), tẩy gỉ, cán nguội và ủ hoàn thiện. Các điều kiện sản xuất đối với cán nóng không yêu cầu bất kỳ điều kiện đặc biệt nào. Ví dụ như, nhiệt độ nung nóng phôi thép để cán nóng có thể là 1000 đến 1200°C, và nhiệt độ ủ có thể là các điều kiện tiêu chuẩn như là 700°C hoặc thấp hơn. Không có điều kiện đặc biệt nào được yêu cầu đối với cán nguội.

Trong sản xuất tấm thép theo sáng chế, giới hạn chảy và môđun Young có thể được giữ nằm trong khoảng của sáng chế bằng cách điều chỉnh các điều kiện của ủ hoàn thiện. Bằng cách hạ thấp nhiệt độ ủ hoàn thiện xuống, ví dụ như, 740°C hoặc thấp hơn, thì cả giới hạn chảy và môđun Young đều có thể được tăng lên. Mặt khác, nếu nhiệt độ ủ hoàn thiện quá thấp, thì độ phẳng của tấm thép có thể kém. Do đó, đối với tấm thép có thành phần cấu tạo theo sáng chế, thì nhiệt độ ủ hoàn thiện mà thỏa mãn giới hạn chảy và môđun Young theo sáng chế có thể được xác định đối với từng thành phần cấu tạo trong khi vẫn duy trì được độ phẳng tốt của tấm thép.

Ngoài ra, kiểm soát tốc độ làm nguội của bước ủ hoàn thiện đặc biệt có lợi cho việc biểu hiện các hiệu quả của sáng chế. Cụ thể là, tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng nhiệt độ từ 600 đến 100°C có thể là 60°C/giây hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, tốt hơn là tốc độ làm nguội trung bình CR1 nằm trong khoảng nhiệt độ từ 600 đến 350°C là 40°C/giây hoặc nhỏ hơn, tốc độ làm nguội trung bình CR2 nằm trong khoảng nhiệt độ từ 350 đến 100°C là 40°C/giây hoặc lớn hơn, và $CR2 - CR1 > 0^\circ\text{C/giây}$. Tốt hơn nữa là, $CR2 - CR1 \geq 20^\circ\text{C/giây}$. Không rõ lý do tại sao mô hình làm nguội này được ưa thích, nhưng tấm thép theo sáng chế chứa lượng Mn và C được xác định trước có thể đạt được hiệu quả này, và đặc biệt hiệu quả trong việc làm tăng môđun Young. Do đó, người ta quan niệm rằng mô hình làm nguội này có liên quan đến sự tương tác giữa Mn và C, điều này ảnh hưởng đến sự chuyển động khoảng cách ngắn của C, mà kết quả là tạo ra hiệu quả triệt tiêu dao động.

Có lẽ, khi tốc độ làm nguội trung bình được thiết lập đến 40°C/giây hoặc nhỏ

hơn ở 350°C hoặc cao hơn, thì các cặp Mn-C được tạo ra bằng cách khuếch tán C, và hiệu quả triệt tiêu dao động trong khi truyền tấm thép có thể thu được, ngược lại, khi tốc độ làm nguội trung bình được thiết lập nhỏ hơn 40°C/giây ở 350°C hoặc thấp hơn, người ta cho rằng cacbua được tạo thành từ cặp Mn-C và hiệu quả triệt tiêu dao động mất đi.

Khi thực hiện đột lỗ tốc độ cao được thực hiện bằng cách sử dụng tấm thép điện không định hướng theo sáng chế, thử nghiệm được tiến hành để kiểm tra tốc độ truyền của tấm thép có thể nhanh hơn bao nhiêu.

Nhân đây, tốc độ truyền của tấm thép thu được bằng cách chia khoảng cách truyền cho thời gian cần để truyền hoàn toàn tấm thép, mà không bao gồm thời gian cần để đột lỗ. Điều này là do tấm thép không chuyển động khi tấm thép được đột lỗ trong quá trình đột lỗ tốc độ cao. Nhìn chung, tốc độ truyền của tấm thép này là khoảng 1,1 đến 1,5 lần tổng tốc độ đột lỗ (được tính bao gồm thời gian cần để đột lỗ và thời gian cần để truyền hoàn toàn tấm thép) trong quá trình đột lỗ tốc độ cao.

Tấm thép điện không định hướng có các thành phần bao gồm Si: 3,2%, Mn: 1,0%, Al: 0,7% theo % khối lượng, phần còn lại là Fe và tạp chất không tránh khỏi được sản xuất. Bằng cách thay đổi độ dày tấm là 0,10 đến 0,30mm thông qua quá trình cán nóng và cán nguội và thay đổi nhiệt độ ủ hoàn thiện sau khi cán nguội, tấm thép có giới hạn chảy giữa 350 và 850MPa, và mô đun Young là 170 đến 230GPa được tạo ra.

Bề rộng của tấm thép không bị giới hạn cụ thể, nhưng bề rộng được thiết lập là 300mm đến 500mm khi xem xét đến việc xử lý bằng máy đột lỗ nói chung.

Nhìn chung, tấm thép càng mỏng, thì nó càng có nhiều khả năng xảy ra đập trong khi truyền. Do đó, khoảng độ dày tấm của tấm thép ở đây được thiết lập là 0,10mm, tương đối mỏng, từ độ dày chung là 0,25mm.

Đối với đột lỗ tốc độ cao, tốc độ truyền được thay đổi nằm trong khoảng từ 1 đến 4m/giây khi sản xuất lõi xếp chồng mà sử dụng khuôn dập liên hoàn.

Về kết quả của thử nghiệm, người ta thấy rằng giới hạn của tốc độ truyền (V_{MAX}) của tấm thép có khả năng thực hiện đột lỗ liên tục mà không gây ra việc đập có thể được thể hiện bằng hàm cụ thể của độ dày tấm, mô đun Young và giới hạn chảy:

$((1/25) \sqrt{(t^2 \times E \times YS)})$ khi giới hạn chảy và môđun Young của tấm thép nằm trong khoảng nêu trên của sáng chế. Tức là, người ta thấy rằng khả năng truyền trong khi đột lỗ tốc độ cao là tốt khi tốc độ truyền V (m/giây) của tấm thép không vượt quá V_{MAX} mà thu được theo công thức (2) sau đây.

$$V_{MAX} = (1/25) \sqrt{(t^2 \times E \times YS)} \quad (2)$$

trong đó, t : độ dày tấm của tấm thép điện (mm), E : môđun Young của tấm thép điện theo hướng cán (GPa), và YS : giới hạn chảy của tấm thép điện theo hướng cán (MPa).

Mặt khác, khi giới hạn chảy và môđun Young là các giới hạn dưới của sáng chế, nghĩa là, giới hạn chảy là 600MPa và môđun Young là 200GPa, V_{MAX} của công thức (1) nêu trên là $(1/25) \sqrt{(t^2 \times 120.000)}$, điều này làm cho nó có thể hoạt động ở tốc độ truyền này lên đến giới hạn trên. Từ quan điểm ngược lại, có thể nói rằng tấm thép theo sáng chế khác biệt ở chỗ tốc độ truyền có thể được tăng lên $(1/25) \sqrt{(t^2 \times 120.000)}$ hoặc lớn hơn. Theo sáng chế, giới hạn của tốc độ truyền khi ứng suất chảy và môđun Young nêu trên là các giới hạn dưới của tấm thép theo sáng chế được xác định là V_{MIN} .

$$V_{MIN} = (1/25) \sqrt{(t^2 \times 120.000)} \quad (3)$$

Theo đó, sáng chế là phương pháp để đột lỗ liên tục tấm thép theo sáng chế nằm trong khoảng tốc độ truyền V_{MIN} hoặc lớn hơn và V_{MAX} hoặc nhỏ hơn, tức là, phương pháp sản xuất lõi xếp chồng thỏa mãn công thức (1).

$$V: V_{MIN}-V_{MAX} \quad (1)$$

Cụ thể là, ở phương pháp sản xuất lõi xếp chồng theo sáng chế, có thể thực hiện việc đột lỗ liên tục bằng cách sử dụng tấm thép theo sáng chế trong đó vật liệu được kiểm soát thích hợp và áp dụng thích hợp tốc độ truyền tốc độ cao, mà là khó khăn trước đây. Hiển nhiên, trong hoạt động thực tế, ngay cả nếu tốc độ truyền của tấm thép trong quá trình đột lỗ thấp hơn tốc độ truyền V_{MIN} , các vấn đề về khả năng truyền như là đập không xảy ra. Ví dụ, khi tốc độ xử lý của các bước trước và sau bước đột lỗ là giới hạn tốc độ, thì tốc độ truyền ở bước đột lỗ có thể thấp hơn V_{MIN} .

Lưu ý rằng, thậm chí tấm thép mà không thỏa mãn giới hạn chảy và môđun

Young mà được yêu cầu đối với tấm thép theo sáng chế cũng có khoảng tốc độ truyền được xác định rõ theo V_{MIN} và V_{MAX} nêu trên. Ví dụ như, ngay cả nếu môđun Young quá thấp để thỏa mãn sáng chế, nếu chỉ có giới hạn chảy đủ cao, thì giá trị V_{MAX} trở thành giá trị đủ cao hơn V_{MIN} , và có tốc độ truyền thỏa mãn công thức (1). Tuy nhiên, tấm thép này gây ra vấn đề về khả năng truyền ngay cả nếu tốc độ truyền nằm trong khoảng của công thức (1). Điều này là do cần phải thỏa mãn cả giới hạn chảy và môđun Young cùng một lúc ngoài thành phần thép để thu được hiệu quả của sáng chế.

Sau khi sản xuất lõi xếp chồng bằng cách sử dụng tấm thép điện không định hướng theo sáng chế, các lõi xếp chồng đã sản xuất phải trải qua bước ủ khử ứng suất ở 750 đến 900°C để thu được lõi có ít tổn hao sắt. Kết quả là, biến dạng của các lõi xếp chồng đã sản xuất biến mất, tổn hao lõi sắt giảm xuống và có thể sản xuất được động cơ hiệu quả cao. Nếu nhiệt độ ủ khử ứng suất nhỏ hơn 750°C, thì cỡ hạt tinh thể của tấm thép không hình thành đủ, dẫn đến các hạt mịn. Mặt khác, khi nhiệt độ ủ khử ứng suất vượt quá 900°C, các tấm thép xếp chồng dính vào nhau và tổn hao lõi sắt tăng lên. Do đó, nhiệt độ ủ khử ứng suất được thiết lập nằm trong khoảng từ 750 đến 900°C. Trong không khí ủ của bước ủ khử ứng suất, tốt hơn là giảm nồng độ của khí có tính oxy hóa.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép nóng chảy được làm nóng chảy trong lò chuyển được đúc liên tục để thu được các phôi có các thành phần cấu tạo được thể hiện trong bảng 1. Với các phôi này, bước cán nóng, ủ sau khi cán nóng, và cán nguội được thực hiện theo phương pháp thông thường để thu được các tấm cán nguội có độ dày tấm là 0,25mm đến 0,10mm. Các tấm cán nguội này được ủ hoàn thiện ở nhiệt độ và tốc độ làm nguội được thể hiện trong bảng 1 để thu được các tấm thép điện không định hướng, và các dải thép có bề rộng tấm là 410mm được lấy mẫu bằng cách xẻ dọc. Không khí ủ hoàn thiện là 100% khí nitơ. Giới hạn chảy theo hướng cán và môđun Young theo hướng cán được đo đối với các tấm thép điện không định hướng đã sản xuất và được thể hiện ở bảng 2. Ở đây, với các ví dụ tham chiếu số 20 và 28, do nhiệt độ ủ hoàn thiện quá thấp và độ phẳng của tấm thép kém, nên sự đánh giá tiếp theo về đặc tính đột lỗ tốc độ cao và đánh giá tổn hao sắt không được thực hiện. Ở tất cả các ví dụ, hàm lượng N là 0,0030% hoặc

nhỏ hơn, hàm lượng S là 0,0030% hoặc nhỏ hơn, và hàm lượng Ti là 0,0060% hoặc nhỏ hơn.

Liên quan đến việc đánh giá khả năng truyền tốc độ cao, khi sản xuất lõi xếp chồng mà sử dụng khuôn dập liên hoàn, thì tốc độ truyền được thay đổi nằm trong khoảng từ 2,0 đến 4,0m/giây đối với tấm thép có độ dày tấm là 0,25mm, nằm trong khoảng từ 1,5 đến 2,5m/giây đối với tấm thép có độ dày tấm là 0,15mm, và nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,7m/giây đối với tấm thép có độ dày tấm là 0,10mm. Liên quan đến việc đánh giá khả năng truyền tốc độ cao, “O” được biểu thị ở bảng 2 là ví dụ tốt trong đó xếp chồng và đột lỗ bình thường có thể được thực hiện mà không đập, và “x” được biểu thị ở bảng 2 là khuyết tật đối với các trường hợp khác. Các ví dụ về các lõi bị lỗi được đánh dấu “x” bao gồm hình dạng xấu như là một phần bước theo hướng độ dày xếp chồng của lõi xếp chồng, hoặc xam lõi (nứt) trong quá trình sau khi lắp ráp động cơ. Người ta cho rằng tấm thép bị đập là do lõi bị lỗi. Đập có nghĩa là tấm thép bị biến dạng hoặc bị cong, và kết quả là, tấm thép tách ra theo phương thẳng đứng vuông góc với mặt phẳng nằm ngang mà trên đó bề mặt truyền và khuôn đột lỗ được lắp đặt. Liên quan đến khả năng truyền, được đánh giá là “đạt” nếu không có vấn đề xảy ra ở bất kỳ tốc độ truyền V_{MIN} hoặc nhỏ hơn và V_{MAX} hoặc nhỏ hơn. Nếu vấn đề xảy ra ở tốc độ của ít nhất một trong các tốc độ truyền V_{MIN} hoặc nhỏ hơn và V_{MAX} hoặc nhỏ hơn, thì nó được đánh giá là “không đạt”, và gạch chân được đặt dưới ký tự “x”.

Ở bảng 2, với các số 1 đến 19 (một loạt có độ dày tấm là 0,25mm), tất cả ví dụ là “O” ở tốc độ truyền 2,0m/giây. Với các tốc độ truyền chậm hơn 2,0m/giây, không có vấn đề gì xảy ra. Do đó, ký tự “-” được biểu thị mà không thử nghiệm. Tương tự, với các số 21 đến 27 (một loạt có độ dày tấm là 0,15mm), nếu tốc độ truyền chậm hơn 1,5m/giây, không có vấn đề gì xảy ra. Do đó, ký tự “-” được biểu thị mà không thử nghiệm.

[Bảng 1]

	Số	Thành phần (% khối lượng)					MnxC	Ủ hoàn thiện			Độ dày tấm (mm)	
		C	Si	Mn	Al	khác		(% khối lượng) ²	Nhiệt độ ủ (°C)	Tốc độ làm nguội 600⇒350°C (°C/giây)		Tốc độ làm nguội 350⇒100°C (°C/giây)
Ví dụ sáng chế	1	0,0040	3,2	1,0	0,7			0,0040	700	20	60	0,25
	2	0,0050	2,3	3,2	0,2			0,0160	700	20	60	0,25
	3	0,0075	3,2	1,0	0,7	Ni:0,2		0,0075	680	20	60	0,25
	4	0,0085	3,2	1,0	0,7	Cr:0,1		0,0085	710	20	60	0,25
	5	0,0095	3,2	1,0	0,7	Mo:0,02		0,0095	740	20	60	0,25
	6	0,0066	3,2	1,0	0,7	Sn:0,03		0,0066	700	20	60	0,25
	7	0,0055	3,7	2,2	0,0	Sb:0,02		0,0121	660	20	60	0,25
	8	0,0010	2,4	4,0	0,2			0,0040	680	20	60	0,25
	9	0,0080	3,3	0,6	0,9			0,0048	700	20	60	0,25
	10	0,0050	2,1	4,2	0,6			0,0210	650	20	60	0,25
	11	0,0040	3,2	1,0	0,7			0,0040	700	20	20	0,25
	12	0,0050	2,3	3,2	0,2			0,0160	700	20	20	0,25
	13	0,0040	3,2	1,0	0,7			0,0040	700	60	60	0,25
	14	0,0050	2,3	3,2	0,2			0,0160	700	60	60	0,25
Ví dụ so sánh	15	0,0030	3,2	1,0	0,7			0,0030	750	20	60	0,25
	16	0,0045	3,2	1,0	0,7			0,0045	800	20	60	0,25
	17	0,0040	3,2	1,0	0,7			0,0040	800	20	60	0,25
	18	0,0025	3,2	1,0	0,7			0,0025	700	20	60	0,25
	19	0,0025	3,2	1,0	0,7			0,0025	680	20	60	0,25
Ví dụ tham chiếu	20	0,0025	3,2	1,0	0,7			0,0025	650	20	60	0,25
Ví dụ sáng chế	21	0,0029	2,8	3,0	0,1			0,0087	690	20	60	0,15
	22	0,0029	2,8	3,0	0,1			0,0087	690	20	20	0,15
	23	0,0029	2,8	3,0	0,1			0,0087	690	60	60	0,15
	24	0,0029	2,8	3,0	0,1			0,0087	690	60	20	0,15
	25	0,0021	2,8	3,0	0,1			0,0063	690	20	60	0,15
	26	0,0016	2,8	3,0	0,1			0,0048	690	20	60	0,15
Ví dụ so sánh	27	0,0012	2,8	3,0	0,1			0,0036	680	20	60	0,15
Ví dụ tham chiếu	28	0,0012	2,8	3,0	0,1			0,0036	650	20	60	0,15
Ví dụ sáng chế	29	0,0021	2,8	3,0	0,1			0,0063	690	20	60	0,10
	30	0,0016	2,8	3,0	0,1			0,0048	690	20	60	0,10

[0043]

[Bảng 2]

	Số	Các đặc tính cơ học		Công thức (3)	Công thức (2)	Khả năng truyền tốc độ cao (Tốc độ truyền (m/giây))							Tổn hao sắt sau khi ủ khử ứng suất (W _{10/200} , W/kg)	Ghi chú	
		Giới hạn chảy (Mpa)	Môđun Young (Gpa)			V _{MIN} (m/giây)	V _{MAX} (m/giây)	0,8	1,2	1,5	1,7	2,0			2,5
Ví dụ sáng chế	1	710	206	3,5	3,8	-	-	-	-	0	0	0	0	4,1	
	2	620	220	3,5	3,7	-	-	-	-	0	0	0	0	3,6	
	3	725	220	3,5	4,0	-	-	-	-	0	0	0	0	4,2	
	4	740	215	3,5	4,0	-	-	-	-	0	0	0	0	4,1	
	5	650	209	3,5	3,7	-	-	-	-	0	0	0	0	3,9	
	6	719	216	3,5	3,9	-	-	-	-	0	0	0	0	3,6	
	7	756	211	3,5	4,0	-	-	-	-	0	0	0	0	3,9	
	8	644	208	3,5	3,7	-	-	-	-	0	0	0	×	4,0	
	9	720	214	3,5	3,9	-	-	-	-	0	0	0	0	3,9	
	10	636	220	3,5	3,7	-	-	-	-	0	0	0	×	4,7	
	11	711	202	3,5	3,8	-	-	-	-	0	0	0	×	4,1	
	12	602	201	3,5	3,5	-	-	-	-	0	0	0	×	3,7	
	13	717	204	3,5	3,8	-	-	-	-	0	0	0	×	4,1	
	14	610	204	3,5	3,5	-	-	-	-	0	0	0	×	3,6	
Ví dụ so sánh	15	600	198	3,5	3,4	-	-	-	-	0	0	×	×	4,2	
	16	538	189	3,5	3,2	-	-	-	-	0	0	×	×	4,4	
	17	400	170	3,5	2,6	-	-	-	-	0	0	×	×	4,6	
	18	610	198	3,5	3,5	-	-	-	-	0	0	×	×	4,3	
	19	683	198	3,5	3,7	-	-	-	-	0	0	×	×	4,3	
Ví dụ tham chiếu	20	730	212	3,5	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	Độ phẳng kém	
Ví dụ sáng chế	21	747	215	2,1	2,4	-	-	0	0	0	-	-	-	3,2	
	22	745	203	2,1	2,3	-	-	0	0	×	-	-	-	3,2	
	23	750	202	2,1	2,3	-	-	0	0	×	-	-	-	3,1	
	24	750	202	2,1	2,3	-	-	0	0	×	-	-	-	3,1	
	25	744	208	2,1	2,4	-	-	0	0	0	-	-	-	3,2	
	26	740	205	2,1	2,3	-	-	0	0	0	-	-	-	3,4	
	27	754	196	2,1	2,3	-	-	0	0	×	×	-	-	3,6	
Ví dụ tham chiếu	28	870	219	2,1	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	Độ phẳng kém	
Ví dụ sáng chế	29	731	201	1,4	1,5	0	0	0	×	-	-	-	-	2,8	
	30	729	205	1,4	1,5	0	0	0	×	-	-	-	-	2,9	

<< Độ dày tấm 0,25mm >>

Với ví dụ sáng chế số 1 đến 14, cả giới hạn chảy và môđun Young đều nằm trong khoảng của sáng chế, và khả năng truyền tốc độ cao tốt ở tốc độ truyền là V_{MIN} hoặc lớn hơn và V_{MAX} hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, với ví dụ so sánh 15, $Mn \times C$ nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Ở các ví dụ so sánh 16 và 17, nhiệt độ ủ hoàn thiện quá cao, và một hoặc cả giới hạn chảy và môđun Young đều nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Do đó, V_{MIN} thu được từ các cách tính cao hơn V_{MAX} . Kết quả là, có vấn đề về khả năng truyền ngay cả ở tốc độ truyền là V_{MIN} hoặc nhỏ hơn. Với các ví dụ so sánh số 18 và 19, $Mn \times C$ nằm ngoài khoảng của sáng chế và môđun Young nằm ngoài khoảng của sáng chế, việc truyền tốt không được thực hiện ở tốc độ truyền là V_{MAX} hoặc nhỏ hơn.

<< Độ dày tấm là 0,15mm >>

Đối với các ví dụ sáng chế số 21 đến 26, cả giới hạn chảy và môđun Young đều nằm trong khoảng của sáng chế, và ngay cả nếu tốc độ truyền của tấm thép được thiết lập tốc độ cao nằm trong khoảng V_{MIN} hoặc lớn hơn và V_{MAX} hoặc nhỏ hơn, thì khả năng truyền tốc độ cao vẫn tốt. Mặt khác, với ví dụ so sánh số 27, $Mn \times C$ nằm ngoài khoảng của sáng chế, môđun Young nằm ngoài khoảng của sáng chế, và kết quả là, đã xảy ra sự cố về khả năng truyền với tốc độ truyền nằm trong khoảng V_{MAX} hoặc nhỏ hơn.

<< Độ dày tấm là 0,10mm >>

Đối với các ví dụ sáng chế số 29 đến 30, cả giới hạn chảy và môđun Young đều nằm trong khoảng của sáng chế, và ngay cả nếu tốc độ truyền của tấm thép được thiết lập tốc độ cao nằm trong khoảng V_{MIN} hoặc lớn hơn và V_{MAX} hoặc nhỏ hơn, thì khả năng truyền tốc độ cao vẫn tốt.

Lõi xếp chồng được sản xuất từ chi tiết được đột lỗ ở tốc độ truyền cao nhất mà không gây ra bất kỳ sự cố nào, và nó phải trải qua sự ủ khử ứng suất ở 800°C. Trong lõi xếp chồng, về tổn hao sắt, cuộn B và cuộn kích thích được quấn quanh phần ách sau và được đánh giá là vòng mô phỏng, và tổn hao sắt $W_{10/200}$ (W/kg) được thể hiện ở bảng 2. Nếu tổn hao sắt $W_{10/200}$ là 5W/kg hoặc nhỏ hơn, thì nó được đánh giá là tốt. Trong cả ví dụ sáng chế và ví dụ so sánh, thì tổn hao sắt nằm trong khoảng trong đó không có vấn đề nào khi sử dụng thực tế, nhưng tổn hao sắt có xu hướng tốt hơn ở các ví dụ sáng chế. Điều này được xem là do thép theo sáng chế có xác suất lên đến giới hạn trên của tốc độ

truyền và sự đột lỗ tốt với độ chính xác bằng hoặc cao hơn giới hạn đánh giá, hoặc nó được cho là, khi tấm thép được kiểm soát để các giá trị cao hơn của giới hạn chảy và môđun Young nằm trong các điều kiện của các ví dụ về ủ hoàn thiện phải trải qua bước ủ khử ứng suất để hình thành các hạt, sự thay đổi ở cấu trúc tinh thể (định hướng tinh thể và cỡ hạt) hoạt động theo hướng thuận lợi cho tổn hao sắt.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép điện không định hướng có đặc tính đột lỗ liên tục, khác biệt ở chỗ, tấm thép điện này bao gồm, theo % khối lượng, Si: 2,0 đến 5,0%, Mn: 0,4 đến 5,0%, Al≤3,0%, C: 0,0008 đến 0,0100%, N≤0,0030%, S≤0,0030%, Ti≤0,0060%, phần còn lại là Fe và tạp chất không tránh khỏi, và sản phẩm có các hàm lượng Mn và C nằm trong khoảng từ 0,004 đến 0,05 (% khối lượng)², và tấm thép có giới hạn chảy theo hướng cán là 600MPa hoặc lớn hơn và môđun Young theo hướng cán là 200GPa hoặc lớn hơn.

2. Tấm thép điện không định hướng có đặc tính đột lỗ liên tục theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, tấm thép điện còn bao gồm, theo % khối lượng: 0,001 đến 0,50% của một hoặc nhiều nguyên tố trong số Ni, Cr, Mo, Sn và Sb trên tổng số.

3. Phương pháp sản xuất lõi xếp chồng sử dụng khuôn dập liên hoàn mà sử dụng tấm thép điện không định hướng có đặc tính đột lỗ liên tục theo điểm 1 hoặc 2 là vật liệu gốc, khác biệt ở chỗ, tốc độ truyền của tấm thép V (m/giây), thỏa mãn công thức (1) sau đây:

$$V: V_{\text{MIN}}-V_{\text{MAX}} \text{ (1),}$$

$$\text{trong đó: } V_{\text{MAX}} = (1/25) \sqrt{(t^2 \times E \times YS)} \text{ (2), và}$$

$$V_{\text{MIN}} = (1/25) \sqrt{(t^2 \times 120.000)} \text{ (3)}$$

và trong đó t: độ dày tấm thép điện (mm), E: môđun Young của tấm thép điện theo hướng cán (GPa), và YS: giới hạn chảy của tấm thép điện theo hướng cán (MPa).

4. Phương pháp sản xuất lõi xếp chồng theo điểm 3, khác biệt ở chỗ, lõi xếp chồng được tạo ra bằng cách trải qua bước ủ khử ứng suất ở 750 đến 900°C.