



(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)



1-0024331

(51)⁷ C21D 8/12; C22C 38/02; C22C 38/04; (13) B
C22C 38/06; H01F 41/02; C22C 38/14;
H01F 1/147; H01F 1/16; H01F 1/18;
H01F 3/02; C22C 38/00; C22C 38/08

(21) 1-2014-00874

(22) 27/03/2013

(86) PCT/JP2013/058999 27/03/2013

(87) WO2013/146879A1 03/10/2013

(30) 2012-075258 29/03/2012 JP

(45) 27/07/2020 388

(43) 26/05/2014 314A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

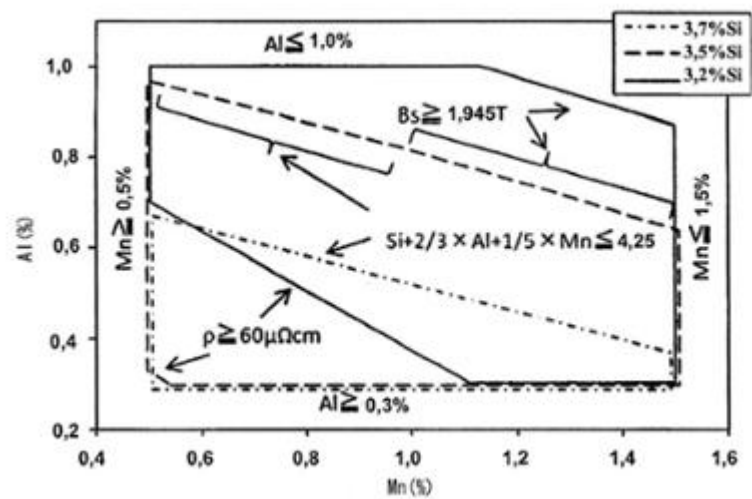
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

(72) NATORI Yoshiaki (JP); MURAKAMI Kenichi (JP); WAKISAKA Takeaki (JP);
MOGI Hisashi (JP); MATSUMOTO Takuya (JP); SHONO Tomoji (JP); TAKASE
Tatsuya (JP); TAKAOBUSHI Junichi (JP).

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

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ PHƯƠNG PHÁP
SẢN XUẤT TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, tấm thép này chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng: C: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0040%, Si: lớn hơn 3,0% và không lớn hơn 3,7%, sol.Al: không nhỏ hơn 0,3% và không lớn hơn 1,0%, Mn: không nhỏ hơn 0,5% và không lớn hơn 1,5%, Sn: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,1%, Ti: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0030%, S: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0020%, N: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,003%, Ni: không nhỏ hơn 0,001% và không lớn hơn 0,2%, P: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,05%, lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất, trong đó điện trở suất ρ ở nhiệt độ phòng $\geq 60 \mu\Omega\text{cm}$, và mật độ từ thông bão hòa Bs ở nhiệt độ phòng $\geq 1,945\text{T}$ được thiết lập, và các thành phần được chứa thỏa mãn $3,5 \leq \text{Si} + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn} \leq 4,25$. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tám thép kỹ thuật điện không định hướng được sử dụng làm lõi sắt của động cơ để sử dụng chủ yếu trong, ví dụ, thiết bị điện và xe lai và phương pháp sản xuất tám thép kỹ thuật điện không định hướng này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Do các vấn đề môi trường điển hình bởi sự ấm lên toàn cầu và vấn đề tài nguyên, chẳng hạn như sự cạn kiệt tài nguyên dầu và sự e ngại đối với tài nguyên năng lượng hạt nhân, nên việc bảo toàn năng lượng đã trở nên ngày càng quan trọng.

Trong các hoàn cảnh như vậy, trong lĩnh vực xe cộ, ví dụ, đã có những bước tiến triển đáng chú ý về các xe lai và các xe điện, mà góp phần vào việc bảo toàn năng lượng.

Ngoài ra, trong các lĩnh vực dụng cụ gia dụng, đang có nhu cầu ngày càng tăng về các tủ lạnh và các máy điều hòa không khí hiệu quả cao mà tiêu thụ điện năng ít hơn.

Các sản phẩm này thường sử dụng các động cơ, và do đó, các động cơ này được yêu cầu phải có hiệu quả được cải thiện ngày một tăng.

Các động cơ trong các sản phẩm này đã được thu nhỏ để đáp lại yêu cầu về việc thu nhỏ và giảm khối lượng, và ngoài ra còn được thiết kế để quay ở tốc độ cao để đáp ứng yêu cầu về việc phát ra đủ năng lượng.

Để làm giảm mức tổn hao ngày càng tăng xảy ra do tốc độ quay cao và nhiệt sinh ra trong các thiết bị, các lõi của các động cơ được yêu cầu cần được tạo ra từ tám thép kỹ thuật điện không định hướng có mức tổn hao sắt ở tần số

cao được giảm đến mức tối thiểu.

Ngoài ra, các động cơ này cần phải tạo ra mômen xoắn cao, và có nhu cầu về tấm thép kỹ thuật điện không định hướng phải có mật độ từ thông bão hòa: Bs, đặc biệt tại thời điểm gia tốc động cơ.

Do tổn hao dòng xoáy gây ra một lượng lớn tổn hao sắt trong mức tổn hao sắt ở tần số cao, nên mức tổn hao sắt có thể được giảm đến mức tối thiểu bằng cách tăng điện trở suất của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, như được mô tả, ví dụ, trong tài liệu sáng chế 1.

Tuy nhiên, việc mạ, mà là cần thiết để làm gia tăng điện trở suất, dẫn đến các vấn đề về giảm mật độ từ thông bão hòa Bs.

Ngoài ra, việc mạ khiến tấm thép giòn đáng kể, mà có ảnh hưởng tiêu cực đến năng suất.

Cụ thể, nếu lượng Si vượt quá 3%, thì việc giảm Bs và độ giòn của tấm thép trở nên đáng chú ý, khiến cho cực kỳ khó đạt được các đặc tính từ mong muốn và năng suất.

Trong tài liệu sáng chế 1, lượng Si + Al được kiểm soát để nhỏ hơn hoặc bằng 4,5%. Tuy nhiên, việc kiểm soát này là không đủ để ngăn không cho tấm thép trở nên giòn. Ngoài ra, tài liệu sáng chế 1 không tính đến hiệu quả của Mn, mà là điểm chính của sáng chế.

Hơn thế nữa, tài liệu sáng chế 1 không đánh giá Bs, và do đó, đặc tính từ ưa thích không thể thu được một cách cần thiết.

Tài liệu sáng chế 2 mô tả mối tương quan giữa điện trở và hằng số Bs. Tuy nhiên, tài liệu sáng chế 2 không dự định thu được mômen xoắn cao, và không thể ngăn ngừa việc tấm thép trở nên giòn.

Ngoài ra, tài liệu sáng chế 2 không hướng vào việc cải thiện mức tổn hao sắt ở các tần số cao, và không tính đến độ giòn của tấm thép có lượng Si vượt quá 3,0% hoặc việc cải thiện mức tổn hao sắt của tấm thép. Do vậy, các đặc tính

từ ưa thích không thể thu được một cách cần thiết.

Các tài liệu kỹ thuật liên quan

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H10-324957

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2010-185119

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Sáng chế nhằm khắc phục các vấn đề mà giải pháp kỹ thuật đã biết được mô tả ở trên có, và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, mà có mức tổn hao sắt được giảm, mật độ từ thông bão hòa Bs được tăng, và có hiệu suất tuyệt vời, và phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng này. Cụ thể hơn, sáng chế đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng với mức tổn hao sắt ở tần số cao được giảm và Bs được tăng, mà không gây ra sự giảm năng suất, và phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng này.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Bản chất của sáng chế là như sau.

(1) Khía cạnh thứ nhất của sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng: C: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0040%, Si: lớn hơn 3,0% và không lớn hơn 3,7%, sol.Al: không nhỏ hơn 0,3% và không lớn hơn 1,0%, Mn: không nhỏ hơn 0,5% và không lớn hơn 1,5%, Sn: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,1%, Ti: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0030%, S: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0020%, N: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,003%, Ni: không nhỏ hơn 0,001% và không lớn hơn 0,2%, và P: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,05%, lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất, trong đó điện trở suất ρ ở nhiệt độ phòng $\geq 60 \mu\Omega\text{cm}$, và mật độ

từ thông bão hòa Bs ở nhiệt độ phòng $\geq 1,945T$ được thiết lập, và các thành phần được chứa thỏa mãn $3,5 \leq Si + (2/3) \times sol.Al + (1/5) \times Mn \leq 4,25$.

(2) Khía cạnh thứ hai của sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo mục (1) mô tả ở trên, trong đó phương pháp này bao gồm các bước: cán nóng tấm chứa các thành phần hóa học được quy định trong mục (1) được mô tả ở trên; sau khi cán nóng, tiến hành ủ tấm đã được cán nóng hoặc tự ủ, hoặc không cần tiến hành ủ tấm đã được cán nóng, và tiến hành tẩy gỉ trong cả hai trường hợp; cán nguội một lần, hoặc cán nguội hai lần với việc ủ trung gian được tiến hành giữa các lần cán nguội; và sau khi cán nguội, tiến hành ủ lần cuối, và tiến hành mạ, trong đó, trong khi cán nguội, nhiệt độ của tấm thép ở lúc bắt đầu cán nguội được thiết lập không thấp hơn 50°C và không cao hơn 200°C , và tốc độ mà tại đó tấm thép đi ngang qua đường thứ nhất trong khi cán được thiết lập không thấp hơn 60m/phút và không cao hơn 200m/phút.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thể hiện mức tổn hao sắt ở tần số cao được giảm đến mức tối thiểu và mật độ từ thông bão hòa Bs được cải thiện trong khi duy trì năng suất cao, và phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Sáng chế góp phần tạo ra động cơ có tính năng cao, hiệu quả cao để sử dụng trong các xe lai và các xe điện trong lĩnh vực xe cộ, và trong các máy điều hòa không khí và các tủ lạnh trong lĩnh vực dụng cụ gia dụng, và ngoài ra còn có thể duy trì năng suất cao, mà khiến cho có thể đạt được việc giảm các chi phí sản xuất.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ minh họa ví dụ về các khoảng của các thành phần theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các tác giả sáng chế đã tập trung nghiên cứu các thành phần trong tấm thép và các điều kiện sản xuất để khắc phục các nhược điểm mô tả ở trên liên quan đến việc bố trí tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thẳng hàng với bậc dòng của các động cơ, nói cách khác, thu được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng với các đặc tính từ có cả các mức tổn hao sắt ở tần số cao thấp đạt yêu cầu lẫn mật độ từ thông bão hòa Bs cao trong trường hợp, trong đó lượng Si được thiết đặt trên 3,0%, trong khi, từ khía cạnh sản xuất, tấm thép duy trì độ dai trong khi sản xuất.

Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng có thể ngăn ngừa sự suy giảm năng suất trong khi duy trì mức tổn hao sắt ở tần số cao thấp và Bs cao bằng cách tạo ra thép chứa Si, sol.Al (Al dung dịch keo), và Mn một cách cân bằng.

Cụ thể, đối với Si, sol.Al, và Mn, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng độ giòn có thể được đánh giá bằng cách sử dụng $Si + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn}$, và phát hiện thêm là có thể giảm bớt độ giòn và giảm đến mức tối thiểu nguy cơ gãy theo thời gian khi tấm thép chạy, bằng cách thiết đặt giá trị này không lớn hơn 4,25.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế tìm ra rằng nguy cơ gãy trong khoảng thời gian khi tấm thép chạy có thể được giảm một cách hiệu quả bằng các kiểm soát một cách phù hợp các nhiệt độ của tấm thép tại thời điểm chạy của tấm thép đã được kéo nguội, ngoài việc thiết đặt các thành phần hóa học trong khoảng được mô tả trên.

Dưới đây, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng (sau đây, còn gọi đơn giản là tấm thép) theo phương án ví dụ của sáng chế, mà đã được tạo ra trên cơ sở các phát hiện được mô tả ở trên sẽ được mô tả chi tiết.

Trước tiên, lý do giới hạn thành phần hóa học của tấm thép sẽ được mô tả.

Cần lưu ý rằng "%" và "phần triệu," mỗi trong số chúng biểu thị hàm lượng, có nghĩa là "% khối lượng" và "phần triệu khối lượng", một cách tương ứng, trừ khi được nêu khác đi.

C: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0040%

C gây ra sự hóa giá từ tính, dẫn đến sự suy giảm các đặc tính từ, và mong muốn là tối thiểu hóa C nhiều nhất có thể. Do vậy, C được thiết đặt sao cho không lớn hơn 0,0040%.

Lượng C được chứa tốt hơn được thiết đặt không lớn hơn 0,0030%, và tốt hơn nữa được thiết đặt không lớn hơn 0,0025%.

Ngoài ra, từ khía cạnh tải sản xuất, giới hạn dưới của lượng C được chứa được thiết đặt là 0,0001%, và tốt hơn là 0,0003%.

Si: lớn hơn 3,0% và không lớn hơn 3,7%

Si là nguyên tố làm gia tăng điện trở suất của tấm thép kỹ thuật điện và giảm hữu hiệu mức tổn hao sắt. Ngoài ra, Si có lợi ích kinh tế trong việc gia tăng điện trở suất ở chi phí thấp. Do vậy, Si cần phải vượt quá 3,0%.

Trong trường hợp trong đó Si nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, cần tăng lượng các nguyên tố đất hiếm khác để thu được điện trở suất $\rho \geq 60 \mu\Omega\text{cm}$, và do đó, lượng Si này không được mong muốn.

Mặt khác, nếu lượng Si được bổ sung tăng, thì mức tổn hao sắt có thể được giảm một cách hiệu quả hơn. Tuy nhiên, lượng Si được bổ sung quá mức khiến cho tấm thép bị giòn, mà làm tăng đáng kể nguy cơ gãy trong khi sản xuất. Do vậy, giới hạn trên của lượng Si được chứa được thiết đặt là 3,7%, và tốt hơn là 3,5%.

sol.Al (Al dung dịch keo): không nhỏ hơn 0,3% và không lớn hơn 1,0%

sol.Al là nguyên tố, mà làm tăng điện trở suất của tấm thép kỹ thuật điện.

Tuy nhiên, sol.Al góp phần lớn vào việc giảm Bs, và có ảnh hưởng lớn

đến độ giòn của tấm thép. Do vậy, giới hạn trên của lượng sol.Al được chứa được thiết đặt là 1,0%, tốt hơn là 0,9%, và tốt hơn nữa là 0,8%.

Ngoài ra, trong trường hợp trong đó lượng sol.Al được chứa là thấp quá mức, điện trở suất trở nên thấp. Ngoài ra, các nitrua, chẳng hạn như các hạt mịn AlN, mà dẫn đến việc suy giảm sự phát triển của hạt. Điều này có thể làm trầm trọng thêm mức tổn hao sắt. Do vậy, giới hạn dưới của lượng sol.Al chứa được thiết đặt là 0,3%, tốt hơn là 0,4%, và tốt hơn nữa là 0,5%.

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

Mn là nguyên tố làm gia tăng điện trở suất của tấm thép kỹ thuật điện, mà không gây ra bất kỳ sự suy giảm nghiêm trọng nào về độ giòn của tấm thép, và có thể giảm một cách hiệu quả mức tổn hao sắt. Do vậy, Mn bằng 0,5% hoặc cao hơn là cần thiết.

Nếu lượng Mn được bổ sung được tăng, thì mức tổn hao sắt có thể được giảm một cách hiệu quả hơn. Tuy nhiên, Mn gây ra sự hình thành austenit, và do đó, nếu lượng Mn là quá mức, thì pha được thay đổi từ pha đơn được tạo ra chỉ bởi ferit trong suốt quá trình nhiệt độ cao trong khi xử lý sản xuất, mà có thể làm suy giảm đáng kể các đặc tính từ của tấm thép sản phẩm được tạo ra.

Vì lý do này, nên giới hạn trên của lượng Mn được chứa được thiết đặt là 1,5%, và tốt hơn là 1,3%.

Để làm giảm mức tổn hao sắt ở tần số cao, cần điều chỉnh một cách phù hợp lượng Si, sol.Al, và Mn được bổ sung.

Kết quả của việc nghiên cứu, đã phát hiện ra rằng cần thiết đặt điện trở suất ở nhiệt độ phòng tới không nhỏ hơn 60 $\mu\Omega\text{cm}$ để thu được mức tổn hao sắt ở tần số cao được ưa thích.

Cần lưu ý rằng điện trở suất ở nhiệt độ phòng thu được nhờ phương pháp bốn cực nói chung đã biết.

Để thu được các đặc tính động cơ ưa thích hơn, cần thiết đặt mật độ từ

thông bão hòa Bs ở nhiệt độ phòng đến $B_s \geq 1,945T$.

Mật độ từ thông bão hòa Bs ở nhiệt độ phòng tự nó là đặc tính từ quan trọng, mà ví dụ, góp phần vào mômen xoắn của động cơ.

Ngoài ra, mật độ từ thông bão hòa Bs ở nhiệt độ phòng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình từ hóa và có hiệu quả đến mức tổn hao sắt. Do vậy, để thu được mức tổn hao sắt thích hợp, điều quan trọng là thiết kế các thành phần trong khi tính đến mật độ từ thông bão hòa Bs ở nhiệt độ phòng.

Cuối cùng, mong muốn là giảm lượng sol.Al được chứa, mà gây ra sự giảm nhiều Bs, trong khi đó mong muốn là tăng lượng Mn được bổ sung xét về sự cần thiết phải gia tăng điện trở suất được mô tả ở trên và sự ảnh hưởng đến độ giòn được mô tả dưới đây.

Bs được đo, ví dụ, nhờ từ kế mẫu rung (VSM).

Ngoài ra, bằng cách thỏa mãn $Si + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times Mn \leq 4,25$, có thể sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, mà thể hiện các đặc tính từ tuyệt vời trong khi giảm đáng kể các nguy cơ, chẳng hạn như giòn, trong khi sản xuất, nhờ đó ngăn ngừa sự suy giảm về năng suất.

Ở đây, Si, sol.Al, và Mn mỗi trong số chúng thể hiện các giá trị khi các hàm lượng trong tấm thép được thể hiện theo % khối lượng.

Khi giá trị $Si + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times Mn$ giảm, thì độ dai của tấm thép ngày càng được cải thiện, và nguy cơ gãy theo thời gian khi tấm thép chạy giảm hơn nữa.

Do đó, từ khía cạnh tấm thép chạy, giới hạn trên của $Si + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times Mn$ được thiết đặt tốt hơn là 4,1, và tốt hơn nữa là 4,0. Tuy nhiên, do sự cần thiết của việc thiết đặt điện trở suất ở nhiệt độ phòng đến không nhỏ hơn $60 \mu\Omega\text{cm}$, cần điều chỉnh một cách phù hợp sự cân bằng giữa các lượng Si, sol.Al, và Mn được bổ sung. Nói cách khác, khó có thể thu được điện trở suất mong muốn nếu giá trị $Si + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times Mn$ là nhỏ hơn 3,5, và do đó, giá

trị giới hạn dưới $\text{Si} + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn}$ được thiết đặt là 3,5, tốt hơn là 3,6, và tốt hơn nữa là 3,7.

Để tăng điện trở suất trong khi xét đến sự ảnh hưởng đến Bs và độ giòn như được mô tả ở trên, mong muốn sử dụng Mn hơn là sol.Al, và tốt hơn là thỏa mãn $\text{sol.Al} < \text{Mn}$.

Ngoài ra, tốt hơn nữa là thỏa mãn $\text{Mn} \geq 0,7\%$ để tăng đầy đủ điện trở suất.

Sn: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,1%

Sn có hiệu quả cải thiện kết cấu sau khi ủ lần cuối để cải thiện B50 (mật độ từ thông tại thời điểm từ hóa ở 5000 A/m), và do đó, lượng Sn được chứa được thiết đặt là không nhỏ hơn 0,005%, và tốt hơn là 0,01%.

Hiệu quả này được gia tăng với sự gia tăng lượng Sn được bổ sung. Tuy nhiên, nếu lượng Sn được chứa là 0,1% hoặc cao hơn, thì hiệu quả bão hòa, và tấm thép trở nên giòn, nên gia tăng nguy cơ gãy tại thời điểm khi tấm thép đang chạy. Do vậy, giới hạn trên được thiết đặt là 0,1%, tốt hơn là 0,9%, và tốt hơn nữa là 0,8%.

Ti: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0030%

Ti kết tủa ở dạng, ví dụ, TiN hoặc TiC, mà dẫn đến sự suy giảm các đặc tính từ và sự phát triển của hạt tại thời điểm ủ lần cuối. Do vậy, mong muốn là giảm Ti nhiều nhất có thể, và lượng Ti được chứa được thiết đặt là 0,0030% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn là 0,0025% hoặc nhỏ hơn.

Tuy nhiên, từ khía cạnh tải sản xuất, giới hạn dưới của lượng Ti chứa được thiết đặt là 0,0001%, và tốt hơn là 0,0003%.

S: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0020%

S kết tủa ở dạng, ví dụ, MnS, MgS, TiS, hoặc CuS, mà dẫn đến sự suy giảm các đặc tính từ và sự phát triển của hạt tại thời điểm ủ lần cuối. Do vậy,

mong muốn là giảm S nhiều nhất có thể.

Các sulfit này có nhiều khả năng kết tủa ở dạng hạt mịn, và có ảnh hưởng lớn đến sự suy giảm việc tổn hao từ trễ của mức tổn hao sắt.

Do vậy, lượng S được chứa được thiết đặt là không lớn hơn 0,0020% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn là không lớn hơn 0,0015%.

Tuy nhiên, từ khía cạnh tải sản xuất, giới hạn dưới của lượng S chứa được thiết đặt là 0,0001%, và tốt hơn là 0,0003%.

N: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,003%

N kết tủa ở dạng, ví dụ, TiN hoặc AlN, mà dẫn đến sự suy giảm các đặc tính từ và sự phát triển của hạt tại thời điểm ủ lần cuối. Do vậy, mong muốn là giảm N nhiều nhất có thể.

Vì lý do này, nên lượng N chứa được thiết đặt là không lớn hơn 0,0030%, và tốt hơn là 0,0025%.

Tuy nhiên, từ khía cạnh tải sản xuất, giới hạn dưới của lượng N chứa được thiết đặt là 0,0001%, và tốt hơn là 0,0003%.

Như được mô tả ở trên, C, Ti, S, và N tạo ra các kết tủa, mà dẫn đến sự gia tăng mức tổn hao từ trễ.

Để làm giảm mức tổn hao sắt tại tần số cao, hữu hiệu là gia tăng điện trở suất, mà làm giảm mức tổn hao dòng xoáy. Tuy nhiên, điều này có thể gây ra sự suy giảm về năng suất dẫn đến độ giòn cũng như sự suy giảm Bs, mà là một trong số các đặc tính từ quan trọng.

Mong muốn là đạt được mức tổn hao sắt ở tần số cao được giảm đầy đủ trong khi giảm các thành phần hợp kim nhiều nhất có thể. Do vậy, tốt hơn là giảm các nguyên tố C, Ti, S, và N này nhiều nhất có thể.

Ni: không nhỏ hơn 0,001% và không lớn hơn 0,2%

Ni có hiệu quả cải thiện độ dai của tấm thép để làm giảm nguy cơ gãy

trong khi sản xuất. Do vậy, Ni được thiết đặt là không nhỏ hơn 0,001%.

Ni có hiệu quả cao hơn khi lượng Ni được bổ sung tăng. Tuy nhiên, vì các lý do kinh tế, nên giới hạn trên của Ni được thiết đặt là 0,2%.

P: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,05%

P có hiệu quả cải thiện kết cấu sau khi ủ lần cuối để cải thiện B50, và do đó, P được thiết đặt là không nhỏ hơn 0,005%.

Hiệu quả này được nâng cao với việc tăng lượng P được bổ sung. Tuy nhiên, nếu lượng P được chứa vượt quá 0,05%, thì tấm thép trở nên giòn, nên gia tăng nguy cơ gãy tại thời điểm khi tấm thép đang chạy. Do vậy, giới hạn trên được thiết đặt là 0,05%, và tốt hơn là 0,03%.

Thành phần hóa học của tấm thép được mô tả ở trên chứa Fe và các tạp chất là lượng còn lại ngoài các nguyên tố được mô tả ở trên. Lượng còn lại có thể chỉ gồm có Fe và các tạp chất. Các tạp chất bao gồm, ví dụ, O và B, mà là các tạp chất không thể tranh khởi thâm nhập trong các quá trình sản xuất hoặc các quá trình khác, và Cu, Cr, Ca, REM (kim loại đất hiếm), và Sb, mà là các lượng rất nhỏ của các nguyên tố được bổ sung để thu được các đặc tính từ ưa thích. Các tạp chất này có thể được chứa trong khoảng, mà không ảnh hưởng đến các đặc tính cơ học và các đặc tính từ của sáng chế.

Ví dụ về các khoảng của các thành phần theo sáng chế được minh họa trên Fig.1.

Các phần được bao quanh bởi đường phác họa minh họa các khoảng phù hợp của sol.Al và Mn với lượng Si được bổ sung được thay đổi tới 3,2%, 3,5%, và 3,7%. Lưu ý rằng các phần của các đường chồng lấp nhau được minh họa sao cho được dịch chuyển một cách thích hợp với nhau.

Đối với 3,2% Si được minh họa bằng đường nét liền, các giới hạn $0,3\% \leq \text{sol.Al} \leq 1,0\%$ và $0,5\% \leq \text{Mn} \leq 1,5\%$ được áp dụng; giới hạn $\rho \geq 60 \mu\Omega\text{cm}$ được áp dụng cho phần ở đó các lượng sol.Al và Mn là thấp; và giới hạn $B_s \geq$

1,945T được áp dụng cho phần ở đó các lượng sol.Al và Mn là lớn. Do vậy, bên trong hình lục giác được bao quanh bởi các đường này thể hiện các khoảng của các thành phần theo sáng chế.

Giới hạn của các thành phần sử dụng $\text{Si} + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn} \leq 4,25$, mà được sử dụng để đánh giá mức độ giòn, là hiệu quả trong trường hợp trong đó lượng Si là cao. Trong trường hợp 3,7% Si, bên trong hình thang được bao quanh bởi đường chấm và gạch minh họa các giới hạn $0,3\% \leq \text{sol.Al}$ và $0,5\% \leq \text{Mn} \leq 1,5\%$ và giới hạn $\text{Si} + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn} \leq 4,25$ thể hiện các khoảng mong muốn của các thành phần.

Xét về mối tương quan giữa sol.Al và Mn, có sự chênh lệch nhỏ về hệ số giữa giới hạn bởi $\text{Bs} \geq 1,945\text{T}$ và giới hạn bởi $\text{Si} + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn} \leq 4,25$. Do vậy, trong trường hợp 3,5% Si, bên trong hình lục giác như được minh họa bằng đường nét đứt có có điểm chéo ở $\text{Mn} \approx 1,0\%$ thể hiện khoảng của các thành phần theo sáng chế đối với 3,5% Si.

Tiếp đến, các điều kiện sản xuất tấm thép theo phương án này sẽ được mô tả.

Như một thép nền được tạo ra bằng các thành phần mô tả ở trên, có thể sử dụng tấm thép được tạo ra nhờ việc làm nóng chảy trong bộ chuyển đổi và sau đó quy trình đúc liên tục hoặc cán sơ cấp thổi đúc.

Tấm thép được nung nhờ quy trình đã biết, và sau đó được tiến hành cán nóng vào thành tấm được cán nóng có độ dày được yêu cầu.

Sau đó, tấm được cán nóng được tiến hành ủ hoặc tự ủ nếu cần.

Tấm thép cán nóng này được tiến hành tẩy gỉ, và sau đó được cán nguội, hoặc cán nguội hai lần, gồm có bước ủ trung gian, để tạo ra tấm có độ dày được xác định trước. Sau đó, tấm được tiến hành ủ lần cuối, và được mạ cách điện.

Ngoài điều kiện sản xuất mô tả ở trên, bằng cách tăng nhiệt độ của tấm thép ở lúc bắt đầu cán trong bước cán nguội và giảm tốc độ mà tại đó tấm đi qua

cán nguội trong lần qua thứ nhất, có thể giảm hơn nữa nguy cơ gãy trong bước cán nguội và bước ủ lần cuối tiếp sau.

Nhiệt độ cần được thiết đặt không nhỏ hơn 50°C, và hiệu quả thu được có thể được cải thiện với sự tăng nhiệt độ. Tuy nhiên, từ khía cạnh tải trọng lên các thiết bị, giới hạn trên của nhiệt độ được thiết đặt là 200°C.

Ngoài ra, bằng cách thiết đặt tốc độ mà tại đó tấm chạy không cao hơn 200m/phút, có thể đạt được hiệu quả giảm nguy cơ gãy. Tuy nhiên, nếu tốc độ mà tại đó tấm chạy là thấp quá mức, thì hiệu quả tăng nhiệt độ của tấm thép sử dụng nhiệt được sinh ra từ các quy trình làm việc được giảm đi đáng kể, và hiệu quả giảm nguy cơ gãy dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ của tấm thép ở lần qua thứ hai hoặc sau đó bị giảm.

Ngoài ra, chi phí cần thiết cho việc cán tăng đáng kể, và do đó, giới hạn dưới của tốc độ được thiết đặt là 60m/phút.

Cần lưu ý rằng mức tổn hao dòng xoáy của mức tổn hao sắt có thể được giảm một cách hiệu quả hơn với việc giảm độ dày của tấm sản phẩm.

Nói chung, tấm được sản xuất với độ dày không lớn hơn 0,50mm. Tuy nhiên, mong muốn là thiết đặt độ dày ở không lớn hơn 0,30mm để làm giảm mức tổn hao sắt, và ngoài ra, mức tổn hao sắt ưa thích hơn có thể thu được bằng cách thiết đặt độ dày không lớn hơn 0,25mm.

Mặt khác, độ dày mỏng quá mức có ảnh hưởng tiêu cực đến năng suất của tấm thép hoặc làm tăng chi phí cần để sản xuất các động cơ. Do vậy, độ dày được thiết đặt tốt hơn là không nhỏ hơn 0,10mm, và tốt hơn nữa là không nhỏ hơn 0,20mm.

Dưới đây, các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Các tấm thép chứa các thành phần khác nhau được thể hiện trong bảng 1 được điều chỉnh phù hợp theo cách sao cho các tấm thép có điện trở suất ρ xấp xỉ là $60 \mu\Omega\text{cm}$, lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, được chuẩn bị. Các tấm thép được cán nóng để có độ dày là 2,0mm, các tấm được tiến hành ủ tấm đã được cán nóng ở nhiệt độ $1000^\circ\text{C} \times 1$ phút, tẩy gỉ, và sau đó được cán nguội để có độ dày là 0,30mm.

Cần lưu ý rằng, ở lần qua thứ nhất của bước cán nguội, nhiệt độ của mỗi trong số các tấm được thiết đặt là 70°C , và tốc độ mà tại đó các tấm được chạy được thiết đặt là 100m/phút.

Các tấm được cán nguội được tiến hành ủ lần cuối ở nhiệt độ $1000^\circ\text{C} \times 15$ giây, và được mạ cách điện.

Phép đo từ tính được đánh giá sử dụng mức tổn hao sắt (W10/800) thu được tại thời điểm khi sự từ hóa hình sin được thực hiện ở chu kỳ 800Hz với mật độ từ thông tối đa là 1,0T.

Sự xuất hiện hoặc không xuất hiện hiện tượng gãy được đánh giá bằng cách đánh giá xem hiện tượng gãy có xảy ra hay không trong khi cán nguội và ủ lần cuối khi ba cuộn được xử lý.

Trong tất cả các cuộn, các giá trị $\text{Si} + (2/3)\text{sol.Al} + (1/5)\text{Mn}$ là thấp hơn 4,25, và không phát hiện hiện tượng gãy ở bất kỳ cuộn nào.

Tuy nhiên, số 1 đến số 4 có điện trở suất là $60 \mu\Omega\text{cm}$ hoặc thấp hơn, và kết quả là, mức tổn hao sắt W10/800 vượt quá 38 W/kg.

Số 5 đến số 12 có điện trở suất là $60 \mu\Omega\text{cm}$ hoặc cao hơn. Tuy nhiên, số 6 đến số 8 có mức tổn hao sắt W10/800 vượt quá 38W/kg, và có Bs thấp hơn 1,970T, thể hiện các đặc tính từ kém.

Một trong số các lý do cho mức tổn hao sắt là kém tương ứng với điện trở suất được xem là Bs thấp, mà là một đặc tính từ quan trọng khác.

Trong các tấm thép này, bất kỳ một hoặc cả hai sol.Al và Mn đều nằm

ngoài khoảng của sáng chế.

Mặt khác, số 5 và số 9 đến số 12 có mức tổn hao sắt W10/800 nhỏ hơn hoặc bằng 38W/kg, và có Bs lớn hơn hoặc bằng 1,970T, dẫn đến các đặc tính từ tuyệt vời có sự cân bằng tốt giữa mức tổn hao sắt và Bs.

Ngoài ra, trong số các ví dụ này, số 9 và số 12 có $\text{sol.Al} < \text{Mn}$ và $\text{Mn} \geq 0,7\%$ kết quả là không lớn hơn 37,7W/kg và Bs là 1,980T, và thể hiện mức tổn hao sắt được ưa thích đặc biệt.

Bảng 1

Số	C	Si	Sol.Al	Mn	Sn	Ti	S	N	Ni	P	Điện trở suất $\mu\Omega\text{cm}$	Bs (T)	W10/800 (W/kg)	Si+ (2/3)sol.Al +(1/5)Mn	Gãy	Lưu ý
1	18	3,01	0,61	0,92	0,054	13	17	17	0,07	0,019	59,5	1,979	38,35	3,60	Không	Ví dụ so sánh
2	20	3,03	0,98	0,25	0,078	15	12	14	0,07	0,010	59,1	1,971	38,73	3,73	Không	Ví dụ so sánh
3	23	3,38	0,35	0,53	0,066	12	17	16	0,06	0,014	59,0	1,986	38,21	3,72	Không	Ví dụ so sánh
4	23	3,05	0,36	1,21	0,034	11	17	12	0,02	0,008	59,5	1,985	38,18	3,53	Không	Ví dụ so sánh
5	24	3,27	0,58	0,65	0,024	16	11	13	0,08	0,010	60,7	1,975	37,96	3,79	Không	Ví dụ của sáng chế
6	25	3,01	1,02	0,51	0,034	15	7	13	0,02	0,018	60,9	1,964	38,29	3,79	Không	Ví dụ so sánh
7	17	3,05	1,13	0,32	0,059	16	13	12	0,06	0,014	61,3	1,960	38,26	3,87	Không	Ví dụ so sánh
8	26	3,23	0,93	0,21	0,026	11	17	16	0,06	0,013	60,8	1,966	38,20	3,89	Không	Ví dụ so sánh
9	27	3,24	0,33	1,14	0,062	16	12	16	0,07	0,011	61,1	1,980	37,69	3,69	Không	Ví dụ của sáng chế
10	24	3,26	0,71	0,52	0,047	12	15	15	0,03	0,008	61,0	1,971	37,97	3,84	Không	Ví dụ của sáng chế
11	20	3,51	0,42	0,51	0,038	16	13	14	0,07	0,016	61,1	1,977	37,75	3,89	Không	Ví dụ của sáng chế
12	23	3,48	0,31	0,71	0,069	12	16	11	0,01	0,015	61,0	1,980	37,63	3,83	Không	Ví dụ của sáng chế

Ví dụ 2

Các tấm thép chứa các thành phần khác nhau được thể hiện trong bảng 2 được điều chỉnh phù hợp theo cách sao cho các dải thép có điện trở suất ρ ở nhiệt độ phòng xấp xỉ $65 \mu\Omega\text{cm}$, lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, được chuẩn bị. Các tấm thép được cán nóng để có độ dày là 2,0mm, được tiến hành ủ tấm đã được cán nóng ở nhiệt độ $1000^\circ\text{C} \times 1$ phút, tẩy gỉ, và sau đó được cán nguội để có độ dày là 0,30mm. Lưu ý rằng, trong lần qua thứ nhất của bước cán nguội, nhiệt độ của mỗi trong số các tấm được thiết đặt là 70°C , và tốc độ mà tại đó các tấm được chạy được thiết đặt là 100m/phút.

Các tấm cán nguội được ủ lần cuối ở $1000^\circ\text{C} \times 15$ giây, và được mạ cách điện.

Phép đo từ tính được đánh giá sử dụng mức tổn hao sắt thu được tại thời điểm khi sự từ hóa hình sin được thực hiện ở chu kỳ 800 Hz với mật độ từ thông tối đa là 1,0T.

Sự xuất hiện hoặc không xuất hiện của hiện tượng gãy được đánh giá bằng cách đánh giá xem hiện tượng gãy có xuất hiện trong khi cán nguội và ủ lần cuối hay không khi ba cuộn được xử lý.

Số 15 và số 19 có giá trị $\text{Si} + (2/3)\text{sol.Al} + (1/5)\text{Mn}$ vượt quá 4,25 gây ở lần qua thứ nhất trong bước cán nguội, và số lượng lớn các mảnh vụn được tìm thấy ở mặt đầu mút theo chiều rộng của các cuộn được cán nguội. Ngoài ra, một số cuộn bị gãy trong bước ủ lần cuối tiếp sau.

Các ví dụ khác có thể qua mà không gây ra bất kỳ sự gãy nào. Số 14, số 18, và số 22 có mức tổn hao sắt $W_{10/800}$ vượt quá 37,0 W/kg và Bs hạ xuống dưới 1,945T, mà là tiêu chí theo sáng chế.

Trong trường hợp của các tấm thép này, bất kỳ một trong số hoặc cả hai sol.Al và Mn nằm bên ngoài khoảng của sáng chế.

Số 13, số 16, số 17, số 20, và số 21 là các ví dụ của sáng chế, và có mức

tổn hao sắt thuận lợi thấp hơn 37,0 W/kg cũng như Bs vượt quá 1,945T, dẫn đến mức tổn hao tuyệt vời cả sắt và Bs.

Cụ thể, số 13, số 16, và số 20 có $\text{sol.Al} < \text{Mn}$ và $\text{Mn} \geq 0,7\%$ kết quả là nhỏ hơn 36,6 W/kg và Bs không nhỏ hơn 1,960T, và thể hiện mức tổn hao sắt ưa thích.

Bảng 2

Số	C	Si	sol.Al	Mn	Sn	Ti	S	N	Ni	P	Điện trở suất	Bs	W10/800	Si+ (2/3)sol.Al +(1/5)Mn	Gãy	Lưu ý
	(phần triệu)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(phần triệu)	(phần triệu)	(phần triệu)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	$\mu\Omega\text{cm}$	(T)	(W/kg)			
13	22	3,26	0,58	1,38	0,066	16	14	15	0,03	0,012	65,4	1,961	36,57	3,92	Không	Ví dụ của sáng chế
14	18	3,03	1,41	0,53	0,007	13	9	14	0,03	0,010	65,2	1,942	37,45	4,08	Không	Ví dụ so sánh
15	14	3,81	0,52	0,51	0,046	14	14	14	0,08	0,011	65,9	1,959	36,42	4,26	Có	Ví dụ so sánh
16	18	3,35	0,72	0,96	0,054	16	14	14	0,09	0,014	65,0	1,960	36,54	4,02	Không	Ví dụ của sáng chế
17	15	3,67	0,62	0,51	0,021	15	10	17	0,08	0,010	65,1	1,959	36,72	4,19	Không	Ví dụ của sáng chế
18	15	3,20	1,18	0,67	0,063	18	10	16	0,10	0,012	66,0	1,944	37,05	4,12	Không	Ví dụ so sánh
19	19	3,62	0,89	0,24	0,017	13	10	15	0,06	0,014	65,4	4,952	36,86	4,26	Có	Ví dụ so sánh
20	14	3,65	0,33	1,02	0,019	16	13	17	0,08	0,014	65,3	1,966	36,46	4,07	Không	Ví dụ của sáng chế
21	14	3,65	0,64	0,52	0,046	15	10	15	0,07	0,008	65,1	1,959	36,74	4,18	Không	Ví dụ của sáng chế
22	16	3,16	1,35	0,35	0,056	18	14	16	0,05	0,010	65,0	1,943	37,42	4,13	Không	Ví dụ so sánh

Ví dụ 3

Các tấm thép chứa các thành phần khác nhau được thể hiện trong bảng 3 được điều chỉnh phù hợp theo cách sao cho các tấm thép có điện trở suất ρ ở nhiệt độ phòng xấp xỉ $69 \mu\Omega\text{cm}$, lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, được chuẩn bị. Các tấm thép được cán nóng để có độ dày là 2,0mm, được tiến hành ủ tấm đã được cán nóng ở nhiệt độ $1000^\circ\text{C} \times 1$ phút, tẩy gỉ, và sau đó được cán nguội để có độ dày là 0,30mm.

Cần lưu ý rằng, trong lần qua thứ nhất của bước cán nguội, nhiệt độ của mỗi trong số các tấm được thiết đặt là 70°C , và tốc độ mà tại đó các tấm được chạy được thiết đặt là 100m/phút.

Các tấm cán nguội được tiến hành ủ lần cuối ở nhiệt độ $1000^\circ\text{C} \times 15$ giây, và được mạ cách điện.

Phép đo từ tính được đánh giá sử dụng mức tổn hao sắt thu được tại thời điểm khi sự từ hóa hình sin được thực hiện ở chu kỳ 800 Hz với mật độ từ thông tối đa là 1,0T.

Sự xuất hiện hoặc không xuất hiện của hiện tượng gãy được đánh giá bằng cách đánh giá xem hiện tượng gãy có xuất hiện trong khi cán nguội và ủ lần cuối hay không khi ba cuộn được xử lý.

Số 29 đến số 33, và số 35 có giá trị $\text{Si} + (2/3)\text{sol.Al} + (1/5)\text{Mn}$ vượt quá 4,25 có số lượng lớn các vết gãy.

Tất cả các vết gãy xuất hiện ở lần qua thứ nhất của bước cán nguội, và số lượng lớn các vết rạn nhỏ được phát hiện ở mặt đầu mút theo chiều rộng của các cuộn được cán nguội. Ngoài ra, hình dạng của con lăn nguội là kém, và một số cuộn bị gãy trong bước ủ lần cuối tiếp sau.

Cụ thể, số 30 và số 31 có độ giòn đáng kể, khiến cho các mẫu không thể sửa chữa được sau khi gãy, và tấm sẽ không thể đi qua.

Số 30 bị gãy mặc dù có hầu như cùng các lượng Si và sol.Al giống như

lượng trong số 21 trong ví dụ 2. Do vậy, để ngăn ngừa hiện tượng gãy, cần hiểu rằng điều quan trọng là tạo ra sự đánh giá bằng cách bổ sung Mn và sử dụng $\text{Si} + (2/3)\text{sol.Al} + (1/5)\text{Mn}$.

Các ví dụ khác có thể đi qua, mà không gây ra bất kỳ sự gãy nào.

Số 25, số 26, số 28, số 29, số 32, và số 33 có mức tổn hao sắt W10/800 vượt quá 36,0 W/kg và Bs thấp hơn 1,945T, mà là tiêu chí của sáng chế.

Trong số 25, số 28, số 31, và số 32, sol.Al nằm ngoài khoảng của sáng chế.

Số 26, số 29, và số 33 thể hiện các mức tổn hao sắt thấp mặc dù có chú ý đến các giá trị của các thành phần Si, sol.Al, và Mn, mà nằm trong khoảng của sáng chế.

Bs là một đặc tính từ quan trọng, và ngoài ra, tính đến việc cũng có ảnh hưởng đến mức tổn hao sắt.

Do vậy, để thu được mức tổn hao sắt ưa thích như được chỉ ra bởi sáng chế, có thể nói là điều quan trọng là thiết kế các thành phần trong khi xét đến không chỉ các khoảng của các thành phần, mà còn cả Bs.

Số 23, số 24, số 27, và số 34 là các ví dụ của sáng chế, và có mức tổn hao sắt thuận lợi có W10/800 nhỏ hơn 36,0 W/kg, và có Bs vượt quá 1,945T.

Bảng 3

Số	C	Si	Sol.Al	Mn	Sn	Ti	S	N	Ni	P	Điện trở	Bs	W10/800	Si+	Gãy	Lưu ý
	(phần triệu)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(phần triệu)	(phần triệu)	(phần triệu)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	$\mu\Omega\text{cm}$	(T)	(W/kg)	(2/3)sol.Al +(1/5)Mn		
23	14	3,40	0,70	1,48	0,010	16	8	12	0,12	0,012	69,0	1,964	35,86	4,16	Không	Ví dụ của sáng chế
24	13	3,55	0,61	1,34	0,045	13	11	10	0,10	0,010	69,0	1,948	35,74	4,22	Không	Ví dụ của sáng chế
25	15	3,20	1,12	1,25	0,010	11	6	13	0,06	0,013	69,2	1,936	36,17	4,20	Không	Ví dụ so sánh
26	13	3,41	0,91	1,13	0,044	8	8	10	0,11	0,011	68,9	1,941	36,03	4,24	Không	Ví dụ so sánh
27	14	3,61	0,45	1,47	0,013	12	8	14	0,08	0,009	69,0	1,952	35,61	4,20	Không	Ví dụ của sáng chế
28	11	3,05	1,50	0,90	0,009	15	9	13	0,11	0,011	68,8	1,928	36,58	4,23	Không	Ví dụ so sánh
29	14	3,41	0,95	1,09	0,022	8	6	12	0,13	0,011	69,0	1,940	36,02	4,26	Có	Ví dụ so sánh
30	13	3,67	0,63	1,10	0,027	11	7	11	0,08	0,009	69,1	1,947	-	4,31	Có	Ví dụ so sánh
31	11	3,03	1,84	0,42	0,018	16	5	13	0,06	0,008	68,8	1,920	-	4,34	Có	Ví dụ so sánh
32	11	3,21	1,29	0,95	0,030	12	8	10	0,04	0,011	69,0	1,932	36,33	4,26	Có	Ví dụ so sánh
33	11	3,45	0,92	1,05	0,014	15	8	11	0,06	0,010	69,0	1,941	36,01	4,27	Có	Ví dụ so sánh
34	13	3,49	0,73	1,27	0,018	15	5	13	0,05	0,010	69,0	1,945	35,85	4,23	Không	Ví dụ của sáng chế
35	14	3,73	0,43	1,28	0,018	8	9	13	0,11	0,010	69,1	1,952	35,55	4,27	Có	Ví dụ so sánh

Ví dụ 4

Các tấm thép chứa các thành phần: C: 0,0012%, Sn: 0,023%, Ti: 0,0011%, S: 0,0007%, N: 0,0014%, Ni: 0,046%, P: 0,011%, Si: 3,26%, sol.Al: 0,98%, và Mn: 0,72% ($\text{Si} + (2/3)\text{sol.Al} + (1/5)\text{Mn} = 4,06$), lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, được cán nóng để có độ dày là 2,0mm. Sau đó, các tấm được cán nóng được tiến hành ủ được cán nóng ở nhiệt độ $1000^{\circ}\text{C} \times 1$ phút, tẩy gỉ, và sau đó được cán nguội để có độ dày là 0,30mm.

Cần lưu ý rằng bước cán nguội được thực hiện trong khi các nhiệt độ của mỗi trong số các tấm và tốc độ mà tại đó các tấm chạy được thay đổi trong lần qua thứ nhất của bước cán nguội theo các giá trị như được thể hiện trong bảng 4.

Các tấm được cán nguội được tiến hành ủ lần cuối ở nhiệt độ $1000^{\circ}\text{C} \times 15$ giây, và được mạ cách điện.

Sự xuất hiện hoặc không xuất hiện của hiện tượng gãy được đánh giá bằng cách đánh giá xem hiện tượng gãy có xuất hiện trong khi cán nguội và ủ lần cuối hay không khi ba cuộn được xử lý.

Số 36 đi qua lần thứ nhất ở tốc độ chậm. Do đó, các nhiệt độ của các cuộn được giảm ở lần qua thứ hai, và hiện tượng gãy xuất hiện trong khi cán nguội.

Số 41 đi qua ở tốc độ nhanh hơn so với khoảng của sáng chế, và hiện tượng gãy xuất hiện trong bước cán nguội. Ngoài ra, hình dạng của tấm cán nguội là kém, và hiện tượng gãy xuất hiện ở bước ủ lần cuối tiếp sau.

Số 42 và số 43 đi qua lần thứ nhất ở các nhiệt độ thấp hơn khoảng của sáng chế, và hiện tượng gãy xuất hiện ở lần qua thứ nhất trong bước cán. Ngoài ra, số lượng lớn các vết rạn nhỏ được phát hiện ở mặt đầu mút của cuộn theo hướng chiều rộng, và hiện tượng gãy xuất hiện ở bước ủ lần cuối tiếp sau.

Số 37 đến số 40 và số 44 đến số 46 nằm trong khoảng của sáng chế, và đi qua, mà không gây ra bất kỳ hiện tượng gãy này.

Bảng 4

Số	Tốc độ đi qua của tấm ở lần qua thứ nhất	Nhiệt độ của tấm đi qua lần thứ nhất	Hiện tượng gãy	Lưu ý
	(m/phút)	(°C)		
36	50	73	Có	Ví dụ so sánh
37	60	68	Không	Ví dụ của sáng chế
38	100	81	Không	Ví dụ của sáng chế
39	150	83	Không	Ví dụ của sáng chế
40	180	77	Không	Ví dụ của sáng chế
41	230	85	Có	Ví dụ so sánh
42	100	31	Có	Ví dụ so sánh
43	100	47	Có	Ví dụ so sánh
44	100	65	Không	Ví dụ của sáng chế
45	100	91	Không	Ví dụ của sáng chế
46	100	138	Không	Ví dụ của sáng chế

Ví dụ 5

Các tấm thép chứa các thành phần khác nhau được thể hiện trong bảng 5 được điều chỉnh phù hợp theo cách sao cho các tấm thép có điện trở suất ρ ở nhiệt độ phòng xấp xỉ $69 \mu\Omega\text{cm}$, lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, được chuẩn bị. Các tấm thép được cán nóng để có độ dày là 2,0mm, các tấm được cán nóng được tiến hành tẩy gỉ, mà không áp dụng việc ủ tấm đã được cán nóng, và sau đó được cán nguội để có độ dày là 0,30mm.

Cần lưu ý rằng, trong lần qua thứ nhất của bước cán nguội, nhiệt độ của

mỗi trong số các tấm được thiết đặt là 70°C , và tốc độ mà tại đó các tấm được chạy được thiết đặt là 100m/phút.

Các tấm được cán nguội được tiến hành ủ lần cuối với $1050^{\circ}\text{C} \times 15$ giây, và được mạ cách điện.

Phép đo từ tính được đánh giá sử dụng mức tổn hao sắt thu được tại thời điểm khi sự từ hóa hình sin được thực hiện ở chu kỳ 800 Hz với mật độ từ thông tối đa là 1,0T.

Sự xuất hiện hoặc không xuất hiện của hiện tượng gãy được đánh giá bằng cách đánh giá xem hiện tượng gãy có xuất hiện trong khi cán nguội và ủ lần cuối hay không khi ba cuộn được xử lý.

Số 50 có giá trị $\text{Si} + (2/3)\text{sol.Al} + (1/5)\text{Mn}$ vượt quá 4,25 có số lượng các vết gãy lớn.

Hiện tượng xuất hiện ở lần qua thứ nhất của bước cán nguội. Ngoài ra, số lượng lớn vết rạn nhỏ được phát hiện ở mặt đầu mút theo chiều rộng của cuộn cán nguội, và hình dạng của tấm cán nguội là kém.

Có thể nói rằng, đối với các ví dụ không có bước ủ tấm đã được cán nóng, nguy cơ gãy có thể được đánh giá bằng cách thiết đặt giá trị $\text{Si} + (2/3)\text{sol.Al} + (1/5)\text{Mn}$ không lớn hơn 4,25.

Trong trường hợp trong đó việc ủ tấm đã được cán nóng không được áp dụng, mức tổn hao sắt W10/800 là cao hơn mức tổn hao của số 23 đến số 35, mà có áp dụng việc ủ tấm đã được cán nóng trong đó, mặc dù các nhiệt độ trong khi ủ lần cuối được tăng tới 1050°C .

Trong số các mẫu, số 49 có mức tổn hao sắt W10/800 cao hơn 37,0 W/kg và Bs thấp hơn 1,945T, mà là tiêu chí của sáng chế.

Trong cuộn này, sol.Al nằm ngoài khoảng của sáng chế.

Số 47 và số 48 là các ví dụ của sáng chế và có mức tổn hao sắt thuận lợi có W10/800 nhỏ hơn 37,0 W/kg và có Bs lớn hơn hoặc bằng 1,945T.

Bảng 5

Số	C	Si	sol.Al	Mn	Sn	Ti	S	N	Ni	P	Điện trở suất	Bs	W10/800	Si+	Gãy	Lưu ý
	(phần triệu)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	(phần triệu)	(phần triệu)	(phần triệu)	(% khối lượng)	(% khối lượng)	$\mu\Omega\text{cm}$	(T)	(W/kg)	(2/3)sol.Al +(1/5)Mn		
47	14	3,47	0,75	1,26	0,013	14	12	13	0,04	0,012	68,9	1,945	36,90	4,22	Không	Ví dụ của sáng chế
48	11	3,63	0,45	1,41	0,042	10	8	13	0,12	0,011	68,9	1,952	36,64	4,21	Không	Ví dụ của sáng chế
49	13	3,15	1,14	1,31	0,043	11	5	10	0,13	0,011	69,2	1,936	37,20	4,17	Không	Ví dụ so sánh
50	11	3,44	1,02	0,91	0,041	15	10	10	0,11	0,007	68,9	1,938	37,10	4,30	Có	Ví dụ so sánh

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có mức tổn hao sắt được giảm và mật độ từ thông bão hòa Bs được tăng, và thể hiện năng suất tuyệt vời, và phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

C: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0040%,

Si: lớn hơn 3,0% và không lớn hơn 3,7%,

sol.Al: không nhỏ hơn 0,3% và không lớn hơn 1,0%,

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

Sn: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,1%,

Ti: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0030%,

S: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,0020%,

N: không nhỏ hơn 0,0001% và không lớn hơn 0,003%,

Ni: không nhỏ hơn 0,001% và không lớn hơn 0,2%, và

P: không nhỏ hơn 0,005% và không lớn hơn 0,05%,

lượng còn lại chỉ gồm có Fe và các tạp chất, trong đó:

điện trở suất ρ ở nhiệt độ phòng $\geq 60 \mu\Omega\text{cm}$, và mật độ từ thông bão hòa B_s ở nhiệt độ phòng $\geq 1,945\text{T}$ được thiết lập, và

các thành phần được chứa thỏa mãn $3,5 \leq \text{Si} + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn} \leq 4,25$.

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

hàm lượng của Mn là không nhỏ hơn 0,7%, tính theo % khối lượng;

hàm lượng của sol.Al là nhỏ hơn hàm lượng của Mn; và

các thành phần được chứa thỏa mãn $3,7 \leq \text{Si} + (2/3) \times \text{sol.Al} + (1/5) \times \text{Mn} \leq 4,0$.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1

hoặc 2, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

cán nóng tấm chứa các thành phần hóa học được xác định theo điểm 1 hoặc 2;

sau khi cán nóng, tiến hành ủ tấm đã được cán nóng hoặc tự ủ, hoặc không cần tiến hành ủ tấm đã được cán nóng, và tiến hành tẩy gỉ trong cả hai trường hợp;

tiến hành cán nguội một lần; và

sau khi cán nguội, tiến hành ủ lần cuối, và tiến hành mạ, trong đó:

trong khi cán nguội, nhiệt độ của tấm thép khi bước cán nguội bắt đầu được thiết lập không thấp hơn 50°C và không cao hơn 200°C , và tốc độ mà tại đó tấm thép đi ngang qua đường thứ nhất trong khi cán được thiết lập không thấp hơn 60m/phút và không cao hơn 200m/phút.

FIG. 1

