



(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)



1-0032023

(51)⁸ C21D 8/12; C22C 38/00

(13) B

(21) 1-2018-02435

(22) 11/10/2016

(86) PCT/JP2016/080072 11/10/2016

(87) WO/2017/098800 15/06/2017

(30) 2015-240390 09/12/2015 JP

(45) 25/05/2022 410

(43) 25/09/2018 366A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

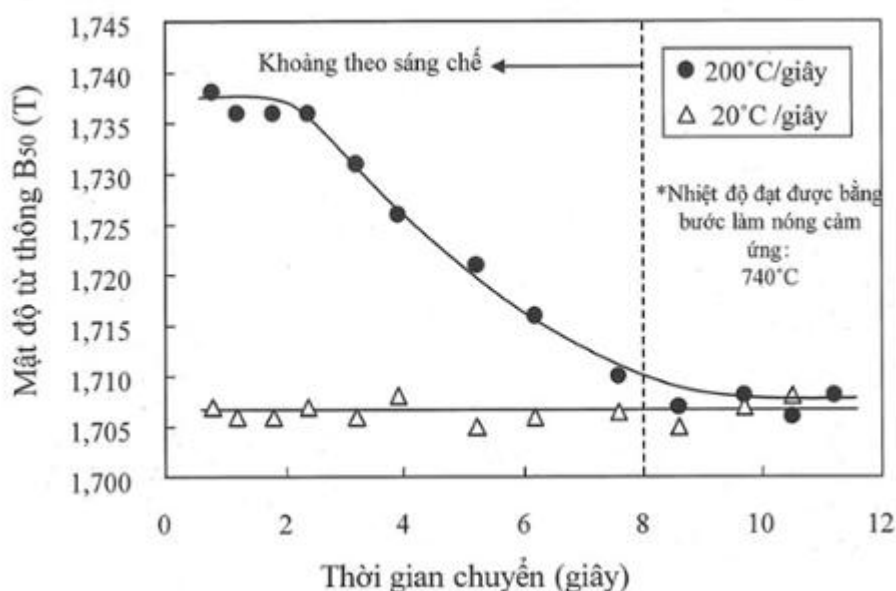
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) OKUBO Tomoyuki (JP); ZAIZEN Yoshiaki (JP); ODA Yoshihiko (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

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

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng bằng cách cán nóng phối thép chứa C: không lớn hơn 0,0050%, Si: không lớn hơn 5,0%, Mn: không lớn hơn 3,0%, P: không lớn hơn 0,2%, S: không lớn hơn 0,005%, Al: không lớn hơn 3,0%, N: không lớn hơn 0,005%, Ni: không lớn hơn 3,0%, Cr: không lớn hơn 5,0%, Ti: không lớn hơn 0,005%, Nb: không lớn hơn 0,005%, B: không lớn hơn 0,005% và O: không lớn hơn 0,005% theo% khối lượng và đưa tấm thép vào ủ bằng nóng, nếu cần, và tiếp theo là cán nguội và ủ hoàn thiện, trong đó bước làm nóng trong quá trình ủ hoàn thiện được thực hiện thành hai giai đoạn là thực hiện làm nóng cảm ứng và sau đó làm nóng bức xạ và bước làm nóng cảm ứng được thực hiện đến nhiệt độ không nhỏ hơn 720°C ở tốc độ làm nóng trung bình không nhỏ hơn 50°C/giây nằm trong khoảng từ 600°C đến 700°C và thời gian từ cuối bước làm nóng cảm ứng đến khi bắt đầu bước làm nóng bức xạ được thiết lập không lớn hơn 8 giây, nhờ đó mật độ từ thông cao có thể thu được ổn định.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, và cụ thể hơn là phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có mật độ từ thông cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, việc tiết kiệm năng lượng được thúc đẩy theo quan điểm về việc bảo vệ môi trường toàn cầu, và lĩnh vực khí cụ điện cũng hướng đến hiệu quả cao và thu nhỏ kích cỡ. Kết quả là, tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được sử dụng rộng rãi làm vật liệu lõi sắt dùng cho các khí cụ điện đòi hỏi lớn phải có mật độ từ thông cao và tổn hao sắt thấp.

Để làm tăng mật độ từ thông trong tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, được biết đến là hữu hiệu để cải thiện kết cấu của thép thành phẩm, hoặc làm giảm các hạt định hướng $\{111\}$ và/hoặc làm tăng các hạt định hướng $\{110\}$ hoặc $\{100\}$. Theo quy trình sản xuất thông thường của thép kỹ thuật điện không định hướng, mật độ từ thông được làm tăng lên bằng cách làm tăng kích cỡ hạt tinh thể trước khi cán nguội hoặc tối ưu hóa sự giảm cán nguội để cải thiện kết cấu.

Theo các cách khác để điều chỉnh kết cấu của thép thành phẩm được đề cập phương pháp làm tăng tốc độ làm nóng trong quá trình ủ kết tinh lại. Phương pháp này thường được sử dụng trong quá trình tạo ra tấm thép kỹ thuật điện được định hướng theo thớ, mà được dựa vào tác động mà sự tổn hao sắt được cải thiện bằng cách làm tăng tốc độ làm nóng trong quá trình ủ tách cacbon (quá trình ủ kết tinh lại sơ cấp) để làm tăng các hạt định hướng $\{110\}$ trong tấm thép sau khi ủ tách cacbon và tinh chế các hạt được tinh chế lại thứ cấp của tấm thép sau khi ủ hoàn thiện (ví dụ, xem Tài liệu sáng chế 1).

Ngay cả khi trong tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng được đề xuất kỹ thuật cải thiện kết cấu và làm tăng mật độ từ thông bằng cách làm tăng tốc độ làm nóng trong quá trình ủ kết tinh lại (ủ hoàn thiện) (ví dụ, xem các Tài liệu sáng chế từ 2-5).

Tài liệu kỹ thuật

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP-A-H01-290716

Tài liệu sáng chế 2: JP-A-H02-011728

Tài liệu sáng chế 3: JP-A-2011-256437

Tài liệu sáng chế 4: JP-A-2012-132070

Tài liệu sáng chế 5: JP-A-2013-010982

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần giải quyết

Tuy nhiên, kỹ thuật được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1 liên quan đến tấm thép kỹ thuật điện được định hướng theo thớ và không thể được áp dụng vào tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng như thông thường.

Mặc dù bước làm nóng nhanh được thực hiện theo kỹ thuật được đề xuất trong Tài liệu sáng chế 2, rõ ràng là khi bước làm nóng cảm ứng không được chấp nhận trong Tài liệu sáng chế 2 được áp dụng, hiệu quả làm tăng mật độ từ thông không thể thu được ổn định do việc kiểm tra của các tác giả sáng chế.

Kỹ thuật được đề xuất trong Tài liệu sáng chế 3 sử dụng làm nóng cảm ứng, nhưng hiệu quả làm tăng ổn định mật độ từ thông không thể thu được bằng kỹ thuật này do việc kiểm tra của các tác giả sáng chế. Ngoài ra, kỹ thuật này được yêu cầu thực hiện việc làm nguội và làm nóng lại sau khi làm nóng nhanh, vì vậy có vấn đề là chi phí sản xuất và chi phí thiết bị trở nên cao hơn.

Trong các kỹ thuật được đề xuất trong các Tài liệu sáng chế 4 và 5, bước làm nóng nhanh được thực hiện bằng cách làm nóng bằng điện. Tuy nhiên, trong quá

trình làm nóng bằng điện, các tia lửa được tạo ra giữa con lăn dẫn điện và tấm thép dễ dàng gây ra các khuyết tật bề mặt, mà gây ra vấn đề nếu kỹ thuật được áp dụng vào quá trình ủ hoàn thiện dùng cho tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng.

Sáng chế được thực hiện theo quan điểm của các vấn đề nêu trên chỉ định đối với các kỹ thuật thông thường, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng mà có thể đạt được một cách ổn định mật độ từ thông cao hơn ngay cả khi bước làm nóng trong quá trình ủ hoàn thiện là bước làm nóng nhanh bằng cách làm nóng cảm ứng.

Giải pháp cho vấn đề

Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu khác nhau tập trung trong các điều kiện làm nóng trong quá trình ủ hoàn thiện, đặc biệt là các điều kiện làm nóng cảm ứng và làm nóng bức xạ để giải quyết vấn đề nêu trên. Kết quả là, đã phát hiện ra là hiệu quả làm tăng mật độ từ thông bằng cách thực hiện bước làm nóng trong hai giai đoạn ủ hoàn thiện khi thực hiện làm nóng cảm ứng và sau đó làm nóng bức xạ, thực hiện làm nóng cảm ứng lên đến nhiệt độ không nhỏ hơn 720°C ở tốc độ làm nóng trung bình không nhỏ hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ nằm trong khoảng từ 600°C đến 700°C , và thiết lập thời gian từ lúc kết thúc làm nóng cảm ứng đến thời gian bắt đầu làm nóng bức xạ không lớn hơn 8 giây.

Có nghĩa là, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng bằng cách cán nóng phôi thép có thành phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, Si: không lớn hơn 5,0% theo khối lượng, Mn: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng, P: không lớn hơn 0,2% theo khối lượng, S: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, Al: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng, N: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, Ni: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng, Cr: không lớn hơn 5,0% theo khối lượng, Ti: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, Nb: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, B: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, O: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được và đưa tấm thép vào cán nguội sau khi ủ

bằng nóng hoặc không ủ bằng nóng và sau đó ủ hoàn thiện, khác biệt ở chỗ bước làm nóng trong quá trình ủ hoàn thiện được thực hiện thành hai giai đoạn là thực hiện làm nóng cảm ứng và sau đó làm nóng bức xạ, và làm nóng cảm ứng được thực hiện lên đến nhiệt độ không nhỏ hơn 720°C ở tốc độ làm nóng trung bình không nhỏ hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ nằm trong khoảng từ 600°C đến 700°C và thời gian từ lúc kết thúc làm nóng cảm ứng đến khi bắt đầu làm nóng bức xạ được thiết lập không lớn hơn 8 giây.

Phôi thép được sử dụng trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ chứa một hoặc hai thành phần được chọn từ Sn: 0,005-0,20% theo khối lượng và Sb: 0,005-0,20% theo khối lượng ngoài thành phần hóa học nêu trên.

Phôi thép được sử dụng trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ chứa một hoặc hai hoặc lớn hơn chất được chọn từ Ca: 0,0001-0,010% theo khối lượng, Mg: 0,0001-0,010% theo khối lượng và REM: 0,0001-0,010% theo khối lượng ngoài thành phần hóa học nêu trên.

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo sáng chế khác biệt ở chỗ kích cỡ hạt ferit của kết cấu tấm thép trước khi cán nguội cuối cùng trong bước cán nguội được thiết lập không lớn hơn $70\mu\text{m}$.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra sự ổn định tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có mật độ từ thông cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ thể hiện mẫu làm nóng ở nhiệt độ $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Fig.2 là đồ thị thể hiện ảnh hưởng của nhiệt độ đạt được bằng bước làm nóng cảm ứng (nhiệt độ cuối) theo mật độ từ thông B_{50} khi thời gian từ cuối của bước làm nóng cảm ứng đến bắt đầu bước làm nóng bức xạ được thiết lập là 2 giây.

Fig.3 là đồ thị thể hiện ảnh hưởng của thời gian từ cuối bước làm nóng cảm ứng đến bắt đầu bước làm nóng bức xạ theo mật độ từ thông B_{50} khi nhiệt độ đạt được bằng cách làm nóng cảm ứng là 740°C .

Mô tả chi tiết sáng chế

Sẽ có mô tả thử nghiệm xây dựng động lực để phát triển sáng chế.

Thép chứa C: 0,0025% theo khối lượng, Si: 1,42% theo khối lượng, Mn: 0,42% theo khối lượng, P: 0,07% theo khối lượng, S: 0,0016% theo khối lượng, Al: 0,0002% theo khối lượng, N: 0,0018% theo khối lượng, Ni: 0,01% theo khối lượng, Cr: 0,02% theo khối lượng, Ti: 0,0018% theo khối lượng, Nb: 0,0006% theo khối lượng, B: 0,0001% theo khối lượng và O: 0,0023% theo khối lượng được làm nóng chảy trong lò chân không để tạo ra thép, mà sau đó được cán nóng để tạo ra tấm cán nóng có độ dày tấm là 2,3 mm. Trong trường hợp này, đã được xác nhận là tấm cán nóng được tái kết tinh lại hoàn toàn và có kích cỡ hạt ferit từ 20-30 μm .

Tiếp theo, tấm cán nóng được tẩy gỉ và được cán nguội để tạo ra tấm được cán nguội có độ dày tấm cuối cùng là 0,5 mm, mà sau đó được đưa vào ủ hoàn thiện (quá trình ủ được kết tinh lại) dưới các điều kiện làm nóng khác nhau. Việc ủ hoàn thiện được thực hiện thành hai giai đoạn là làm nóng trong lò cao làm nóng cảm ứng kiểu solenoit và sau đó làm nóng trong lò điện (lò làm nóng bức xạ), trong đó tốc độ làm nóng trung bình nằm trong khoảng từ 600°C đến 700°C được thiết lập đến hai mức độ $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Trong trường hợp này, môi trường là môi trường khí nitơ khô. Ngoài ra, mẫu làm nóng ở tốc độ $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ được thể hiện trên Fig. 1.

Từ tấm thép sau khi việc ủ hoàn thiện được lấy khỏi các mẫu thử có kích cỡ $280\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ theo hướng cán và hướng chiều ngang làm hướng chiều dọc để đo mật độ từ thông B_{50} bằng việc thử nghiệm Epstein theo JIS C2550-1 (2011) và đánh giá các đặc tính từ của chúng.

Fig.2 thể hiện ảnh hưởng của nhiệt độ đạt được bằng bước làm nóng cảm ứng (nhiệt độ cuối) theo mật độ từ thông B_{50} khi thời gian từ cuối của bước làm nóng cảm ứng đến bắt đầu bước làm nóng bức xạ (thời gian chuyển tiếp) được thiết lập là

2 giây. Như được quan sát trên hình vẽ này, mật độ từ thông được làm tăng nhiều bằng cách thiết lập nhiệt độ đạt được không nhỏ hơn 720°C .

Fig.3 thể hiện ảnh hưởng của thời gian từ cuối bước làm nóng cảm ứng đến bắt đầu bước làm nóng bức xạ (thời gian chuyển tiếp) theo mật độ từ thông B_{50} khi nhiệt độ đạt được bằng cách làm nóng cảm ứng là 740°C . Như được quan sát trên hình vẽ này, mật độ từ thông được làm tăng bằng cách thiết lập thời gian chuyển tiếp đến không lớn hơn 8 giây.

Từ các kết quả thực nghiệm nêu trên, được bộc lộ là để thu được hiệu quả làm tăng một cách ổn định mật độ từ thông bằng hệ làm nóng khi thực hiện làm nóng cảm ứng và sau đó làm nóng bức xạ, cần làm tăng nhiệt độ đạt được bằng cách làm nóng cảm ứng đến nhiệt độ không nhỏ hơn 700°C và ngắn hơn thời gian chuyển tiếp từ cuối bước làm nóng cảm ứng đến làm nóng bức xạ không lớn hơn 8 giây.

Cho đến nay, có nhiều đề xuất về kỹ thuật làm tăng mật độ từ thông của tấm thép kỹ thuật điện được định hướng theo thứ bằng cách thực hiện bước làm nóng nhanh trong quá trình ủ hoàn thiện, nhưng sự hiểu biết được đề cập trên không được báo cáo cho đến nay. Do sự khác nhau giữa tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng và tấm thép kỹ thuật điện được định hướng theo thứ, các tác giả sáng chế đã đề xuất như sau.

Tấm thép kỹ thuật điện được định hướng theo thứ được tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu thô (phôi) chứa lượng lớn pha thứ hai rắn như cacbua, chất ức chế hoặc tương tự trong kết cấu ferit của nó để phát triển ổn định sự kết tinh lại thứ cấp. Khi tấm thép thu được từ vật liệu thô chứa pha thứ hai này được đưa vào cán nguội, việc quay kết tinh cục bộ gây ra ở ferit quanh pha thứ hai, mà dễ dàng được đưa ra ở vị trí định tâm đối với quá trình kết tinh lại.

Ngược lại, do pha thứ hai này hầu như không chứa trong tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, để gây ra sự kết tinh lại bằng cách ủ hoàn thiện sau khi cán nguội, cần làm nóng tấm đến nhiệt độ cao hơn. Tuy nhiên, trong quá trình làm nóng cảm ứng kiểu solenoit thông thường, hiệu quả làm nóng nhanh chóng rơi

vào gần điểm Curie của vật liệu thô, vì vậy tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng không thể được làm nóng nhanh chóng đến vùng nhiệt độ đủ để gây ra sự kết tinh lại do làm nóng cảm ứng. Do đó, được xem là hiệu quả cải thiện kết cấu không thể thu được đủ bằng bước làm nóng nhanh.

Khi bước làm nóng nhanh được thực hiện bằng cách làm nóng cảm ứng, do đó, nhiệt độ đạt được bằng cách làm nóng cảm ứng được làm tăng nhiều hơn có thể và sau đó bước làm nóng bức xạ được bắt đầu ngay để tiếp theo bước làm nóng nhanh đến nhiệt độ cao hơn, nhờ đó việc kết tinh lại được thúc đẩy. Việc này được xem là điểm quan trọng để điều chỉnh kết cấu của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng.

Thành phần hóa học của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng (thép thành phẩm) theo sáng chế sẽ được giải thích dưới đây.

C: không lớn hơn 0,0050% theo khối lượng

C là nguyên tố có hại gây ra sự già hóa từ tính để tạo ra cacbua làm giảm đặc tính tổn hao sắt trong thép thành phẩm. Để ngăn sự già hóa từ tính, C được giới hạn đến không lớn hơn 0,0050% theo khối lượng. tốt hơn là, không lớn hơn 0,0030% theo khối lượng.

Si: không lớn hơn 5,0% theo khối lượng.

Si có tác dụng làm tăng làm tăng điện trở suất thép để làm giảm sự tổn hao sắt và do đó tốt hơn là được bổ sung với lượng không nhỏ hơn 0,1% theo khối lượng. Tốt hơn là, không nhỏ hơn 1,0% theo khối lượng. Tuy nhiên, việc bổ sung vượt quá 5,0% theo khối lượng gây ra độ cứng của thép và làm cho nó khó cán, vì vậy giới hạn trên của Si được thiết lập đến 5,0% theo khối lượng. Tốt hơn là giới hạn trên là 4,0% theo khối lượng. Ngoài ra, Si làm giảm sự tổn hao sắt mà còn làm giảm mật độ từ thông, và do đó khi mật độ từ thông được xem là quan trọng, tốt hơn là không lớn hơn 3,0% theo khối lượng.

Mn: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng

Mn không chỉ có tác dụng làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm sự tổn

hao sắt mà còn có tác dụng ngăn độ giòn nóng, vì vậy tốt hơn là được bổ sung với lượng không nhỏ hơn 0,05% theo khối lượng. Tốt hơn nữa là, không nhỏ hơn 0,1% theo khối lượng. Tuy nhiên, việc bổ sung vượt quá 3,0% theo khối lượng làm cho sự kết tủa của cacbonitrit và làm giảm hơn nữa các đặc tính tổn hao sắt, vì vậy giới hạn trên của Mn là 3,0% theo khối lượng. Tốt hơn là giới hạn trên là 1,0% theo khối lượng. Ngoài ra, việc bổ sung vượt quá 2,0% theo khối lượng làm giảm lớn mật độ từ thông tương tự như Si, vì vậy khi mật độ từ thông được xem là quan trọng, tốt hơn là không lớn hơn 2,0% theo khối lượng.

P: không lớn hơn 0,2% theo khối lượng

P là nguyên tố được sử dụng để điều chỉnh độ cứng (khả năng đục lỗ) của thép. Tuy nhiên, khi được bổ sung với lượng vượt quá 0,2% theo khối lượng, thép bị làm giòn làm cho nó khó cán, vì vậy giới hạn trên của P được thiết lập đến 0,2% theo khối lượng. Tốt hơn là không lớn hơn 0,1% theo khối lượng, tốt hơn nữa là không lớn hơn 0,04% theo khối lượng.

Al: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng

Al có tác dụng làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm sự tổn hao sắt tương tự như Si. Tuy nhiên, khi nó vượt quá 3,0% theo khối lượng, thép bị làm cứng làm cho nó khó cán, và do đó giới hạn trên được thiết lập đến 3,0% theo khối lượng.

Ngoài ra, khi hàm lượng Al nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% theo khối lượng, AlN mịn được kết tủa để làm giảm các đặc tính tổn hao sắt. Ngoài ra, khi Al được làm giảm không lớn hơn 0,01% theo khối lượng, kết cấu được cải thiện để làm tăng mật độ từ thông. Do đó, khi mật độ từ thông được xem là quan trọng thay vì các đặc tính tổn hao sắt, Al tốt hơn là không lớn hơn 0,01% theo khối lượng. Tốt hơn nữa là, không lớn hơn 0,003% theo khối lượng. Mặt khác, khi các đặc tính tổn hao sắt được xem là quan trọng thay vì mật độ từ thông, Al tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1 đến 3,0% theo khối lượng. Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,0% theo khối lượng.

Ni: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng

Ni là nguyên tố có hiệu quả để điều chỉnh độ bền của thép và làm tăng mật độ từ thông. Tuy nhiên, Ni là nguyên tố đắt, và việc bổ sung vượt quá 3,0% theo khối lượng làm cho việc tăng chi phí vật liệu thô, vì vậy giới hạn trên được thiết lập đến 3,0% theo khối lượng. Tốt hơn là không lớn hơn 1,0% theo khối lượng, tốt hơn nữa là không lớn hơn 0,5% theo khối lượng.

Cr: không lớn hơn 5,0% theo khối lượng

Cr có tác dụng làm tăng điện trở suất của thép để làm giảm sự tổn hao sắt. Tuy nhiên, việc bổ sung vượt quá 5,0% theo khối lượng làm kết tủa cacbonitrit và làm giảm một cách bất lợi các đặc tính tổn hao sắt, vì vậy giới hạn trên của Cr được thiết lập đến 5,0% theo khối lượng. Tốt hơn là không lớn hơn 2,0% theo khối lượng, tốt hơn nữa là không lớn hơn 1,0% theo khối lượng.

Mỗi S, N, Ti, Nb, B và O: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng

S, N, Ti, Nb, B và O là nguyên tố có hại tạo ra các kết tủa mịn cacbua, nitrit, sulfit, borit, oxit và v.v.. làm giảm các đặc tính tổn hao sắt. Cụ thể, khi mỗi hàm lượng của các nguyên tố nêu trên vượt quá 0,005% theo khối lượng, ảnh hưởng xấu nêu trên trở nên đáng kể. Do đó, giới hạn trên của mỗi nguyên tố là 0,005% theo khối lượng. Tốt hơn là, không lớn hơn 0,003% theo khối lượng. Ngoài ra, Ti, Nb và B có thể được bổ sung cố ý để trộn với nitơ, nhưng lượng cần nằm trong khoảng nêu trên ngay trong trường hợp này.

Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo sáng chế chứa các thành phần sau đây ngoài các thành phần đã đề cập trên.

Một hoặc hai thành phần được chọn từ Sn: 0,005-0,20% theo khối lượng và Sb: 0,005-0,20% theo khối lượng

Sn và Sb có tác dụng cải thiện kết cấu kết tinh lại để cải thiện mật độ từ thông và các đặc tính tổn hao sắt. Để thu được tác dụng nêu trên, mỗi nguyên tố tốt hơn là được bổ sung với lượng không nhỏ hơn 0,005% theo khối lượng. Tuy nhiên, khi mỗi nguyên tố được bổ sung với lượng vượt quá 0,20% theo khối lượng, tác dụng nêu trên bị bão hòa. Do đó, mỗi lượng bổ sung là Sn và Sb tốt hơn là nằm trong khoảng

từ 0,005 đến 0,20% theo khối lượng. Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% theo khối lượng.

Một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ Ca: 0,0001-0,010% theo khối lượng, Mg: 0,0001-0,010% theo khối lượng, REM: 0,0001-0,010% theo khối lượng.

Ca, Mg và REM có tác dụng khi tạo ra và trộn ổn định sulfua và/hoặc selenua với S và/hoặc Se để cải thiện sự tăng trưởng hạt. Để thu được tác dụng nêu trên, mỗi nguyên tố tốt hơn là được bổ sung với lượng không nhỏ hơn 0,0001% theo khối lượng. Khi được bổ sung với lượng vượt quá 0,010% theo khối lượng, tuy nhiên, các đặc tính tổn hao sắt bị giảm một cách bất lợi, vì vậy giới hạn trên tốt hơn là được thiết lập đến 0,010% theo khối lượng. Tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050% theo khối lượng.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Thép điều chỉnh để có thành phần hóa học nêu trên được làm nóng chảy bằng cách xử lý tinh chế đã biết như xử lý khử khí trong lò chuyển chân không hoặc tương tự và sau đó tạo hình dạng thành vật liệu thép (phôi) bằng phương pháp đã biết như phương pháp đúc liên tục hoặc tương tự.

Tiếp theo, vật liệu thép được đưa vào cán nóng. Nhiệt độ làm nóng lại của phôi trước khi cán nóng, nhiệt độ cuối bước cán hoàn thiện trong bước cán nóng, nhiệt độ cuộn và v.v... không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, tốt hơn là nhiệt độ làm nóng lại nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1200°C và nhiệt độ cuối bước cán hoàn thiện nằm trong khoảng từ 700°C đến 900°C và nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 600°C đến 800°C theo quan điểm đảm bảo các đặc tính từ và năng suất.

Sau đó, tấm thép sau bước cán nóng (tấm cán nóng) được đưa vào ủ bằng nóng, nếu yêu cầu, và một bước cán nguội hoặc hai hoặc nhiều bước cán nguội xen giữa chúng là quá trình ủ trung gian để tạo ra tấm được cán nguội có độ dày tấm cuối cùng.

Theo sáng chế, quan trọng là kích cỡ hạt ferit của kết cấu tấm thép trước bước cán nguội cuối cùng (kết cấu trước bước cán nguội cuối cùng) tốt hơn là được điều chỉnh để không lớn hơn 70 μm , tốt hơn nữa là không lớn hơn 50 μm để tăng cường hiệu quả của sáng chế. Ở đây, kích cỡ hạt ferit nêu trên là kích cỡ hạt trung bình thu được bằng cách đo kích cỡ hạt trong kết cấu mặt cắt ngang của tấm thép theo hướng độ dày nhờ phương pháp giao điểm.

Các tác giả sáng chế đã xem xét lý do tại sao khả năng áp dụng của sáng chế tốt hơn là khi kích cỡ hạt ferit của kết cấu tấm thép trước khi cán nguội cuối cùng không lớn hơn 70 μm như sau.

Do các hạt kết tinh lại có định hướng $\{111\}$ được tạo ra từ vùng gần biên hạt của kết cấu tấm thép trước bước cán nguội cuối cùng trong quá trình ủ hoàn thiện, khi kích cỡ hạt ferit của kết cấu trước cán nguội cuối cùng nhỏ, $\{111\}$ các hạt được kết tinh lại được làm tăng về kết cấu sau bước cán nguội và kết tinh lại. Do đó, được xem là hiệu quả làm giảm các hạt $\{111\}$ bằng cách làm nóng nhanh trở nên đáng kể.

Để làm cho kích cỡ hạt ferit trước bước cán nguội cuối cùng không lớn hơn 70 μm , tốt hơn là bỏ qua quá trình ủ bằng nóng hoặc quá trình ủ trung gian, và khi việc xử lý này được thực hiện, tốt hơn là làm giảm nhiệt độ ủ nhiều nhất có thể. Tuy nhiên, theo quan điểm về việc ngăn tạo rãnh, tốt hơn là tỷ lệ kết tinh lại của tấm thép trước bước cán nguội cuối cùng được điều chỉnh không nhỏ hơn 80%. Ngoài ra, có ưu điểm là việc làm giảm chi phí sản xuất có thể đạt được bằng cách làm giảm nhiệt độ trong quá trình ủ bằng nóng hoặc ủ trung gian hoặc bằng cách bỏ qua quá trình ủ bằng nóng hoặc ủ trung gian.

Tiếp theo, tấm được cán nguội có độ dày tấm cuối cùng đã cho được đưa vào quá trình ủ hoàn thiện. Theo sáng chế, cần thiết là bước làm nóng trong quá trình ủ hoàn thiện được thực hiện theo hai giai đoạn là thực hiện bước làm nóng cảm ứng và sau đó làm nóng bức xạ.

Tốt hơn là bước làm nóng cảm ứng là của loại solenoit. Đó là do loại solenoit có ưu điểm là hiệu quả làm nóng cao và tính đồng đều về nhiệt độ theo hướng chiều

ngang là ưu việt.

Tiếp theo, các điều kiện của bước làm nóng cảm ứng trong quá trình ủ hoàn thiện sẽ được giải thích.

Bước làm nóng cảm ứng được sử dụng ở giai đoạn trước của quy trình làm nóng trong quá trình ủ hoàn thiện. Để thu được hiệu quả theo sáng chế, cần thiết lập tốc độ làm nóng trung bình nằm trong khoảng từ 600°C đến 700°C không nhỏ hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tốt hơn nữa là tốc độ làm nóng không nhỏ hơn $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Giới hạn trên của tốc độ làm nóng không được giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được thiết lập không lớn hơn $1000^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ theo quan điểm về việc làm giảm chi phí thiết bị. Ngoài ra, tốc độ làm nóng trung bình nằm trong khoảng nhiệt độ nhỏ hơn 600°C không được xác định cụ thể, nhưng tốt hơn là được thiết lập không nhỏ hơn $1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tốt hơn là không nhỏ hơn $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ theo quan điểm về năng suất.

Bước làm nóng cảm ứng có thể được thực hiện bằng cách chia thành nhiều phân đoạn. Ngoài ra, để làm giảm chi phí thiết bị đối với bước làm nóng cảm ứng, tấm thép được làm nóng trước bằng bước làm nóng bức xạ trước bước làm nóng cảm ứng và sau đó bước làm nóng cảm ứng có thể chỉ được áp dụng với khoảng nhiệt độ của bước làm nóng nhanh. Trong trường hợp này, giới hạn trên của nhiệt độ làm nóng trước tốt hơn là được thiết lập không lớn hơn 500°C theo quan điểm về việc ngăn thu hồi.

Để thu được hiệu quả sáng chế, nhiệt độ đạt được bằng bước làm nóng cảm ứng (nhiệt độ cuối) cần không nhỏ hơn 720°C . Tốt hơn là, không nhỏ hơn 735°C . Ngoài ra, hiệu quả làm nóng giảm mạnh gần vùng điểm Curie của vật liệu trong bước làm nóng cảm ứng kiểu solenoid, vì vậy lò làm nóng cảm ứng được thiết kế theo mong muốn để làm nóng bởi công suất lớn gần vùng nhiệt độ Curie. Giới hạn trên của nhiệt độ đạt được bằng bước làm nóng cảm ứng không bị giới hạn cụ thể, nhưng mong muốn khoảng 780°C theo quan điểm về việc hạn chế chi phí thiết bị.

Tiếp theo, các điều kiện làm nóng bức xạ tiếp theo bước làm nóng cảm ứng sẽ được giải thích dưới đây.

Sau giai đoạn cuối của bước làm nóng cảm ứng, bước làm nóng bức xạ được thực hiện ở nhiệt độ nung được xác định trước. Để thu được hiệu quả sáng chế, thời gian từ cuối bước làm nóng cảm ứng đến đầu bước làm nóng bức xạ cần không lớn hơn 8 giây. Tốt hơn là không lớn hơn 5 giây, tốt hơn nữa là không lớn hơn 3 giây. Ngoài ra, lò làm nóng bức xạ ở nhiệt độ cao mong muốn được bố trí ngoài thiết bị làm nóng cảm ứng theo quan điểm bảo vệ thiết bị làm nóng cảm ứng. Khó thỏa mãn các điều kiện nêu trên trừ khi các thiết bị này được thiết kế có chủ đích.

Cũng tốt hơn là nhiệt độ tấm thép không được làm giảm để không lớn hơn 700°C từ cuối bước làm nóng cảm ứng đến đầu bước làm nóng bức xạ theo quan điểm khi thúc đẩy việc kết tinh lại của các hạt định hướng {110} hoặc các hạt định hướng {100} bằng bước làm nóng nhanh. Điều kiện này có thể dễ dàng đạt được bằng cách tạo ren lõi giả hoặc tương tự trong lò ủ để làm tăng nhiệt độ thành lò giữa lò làm nóng cảm ứng và lò làm nóng bức xạ trước khi áp dụng theo sáng chế. Ngoài ra, tốc độ làm nóng bằng bước làm nóng bức xạ tốt hơn là không nhỏ hơn 5°C/giây theo quan điểm là thúc đẩy việc kết tinh lại. Điều kiện này có thể được thực hiện dễ dàng bằng cách sử dụng lò làm nóng bức xạ thông thường. Tốt hơn nữa là, không nhỏ hơn 10°C/giây.

Ở đây, “bước làm nóng bức xạ” theo sáng chế có nghĩa là hệ thống làm nóng tấm thép bằng việc bức xạ từ các chi tiết làm nóng như ống bức xạ, bộ làm nóng bằng điện hoặc tương tự, và không bao gồm hệ làm nóng chỉ làm nóng bằng việc bức xạ từ thành lò. Phương pháp làm nóng không sử dụng chi tiết làm nóng như ống bức xạ, bộ làm nóng bằng điện hoặc tương tự có thể được sử dụng, nhưng không phải là thực tế xem xét năng suất công nghiệp.

Tốt hơn là nhiệt độ nung sau khi được làm nóng bằng bước làm nóng bức xạ nằm trong khoảng từ 740°C đến 1100°C và thời gian nung nằm trong khoảng từ 1 đến 600 giây. Khi nhiệt độ nung thấp hơn 740°C, các đặc tính tổn hao sắt tốt không thể thu được, và khi thời gian nung nhỏ hơn 1 giây, việc điều chỉnh nhiệt độ nung trong khi thao tác là khó. Mặt khác, khi nhiệt độ nung vượt quá 1100°C, khuyết tật

cảm biến thường xuyên xảy ra, và khi thời gian nung vượt quá 600 giây, xảy ra việc giảm năng suất. Tốt hơn nữa là, nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ 900°C đến 1050°C, và thời gian nung nằm trong khoảng từ 5 đến 120 giây.

Môi trường trong quá trình ủ hoàn thiện tốt hơn là môi trường không bị oxy hóa hoặc môi trường khử. Ví dụ, tốt hơn là môi trường khí nitơ khô hoặc môi trường hỗn hợp hydro và nitơ có P_{H_2O}/P_{H_2} không lớn hơn 0,1, tốt hơn nữa là không lớn hơn 0,01.

Sau đó, tấm thép sau khi ủ hoàn thiện được phủ với lớp phủ cách điện, nếu cần, để tạo ra thép thành phẩm. Khi lớp sphur cách điện có thể được sử dụng bất kỳ một trong các chất hữu cơ, vô cơ hoặc lớp phủ hỗn hợp hữu cơ- vô cơ đã biết theo mục đích.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Mỗi phôi thép có thành phần hóa học khác nhau được thể hiện trên Bảng 1 được làm nóng lại ở nhiệt độ 1100°C trong thời gian 30 phút và được cán nóng ở nhiệt độ cuối bước cán hoàn thiện là 760°C để tạo ra tấm cán nóng có độ dày tấm là 2,2 mm, mà được cuộn ở nhiệt độ là 650°C. Sau đó, tấm cán nóng là tẩy gỉ sau hoặc không có quá trình ủ băng nóng để giữ ở nhiệt độ nung khác trong thời gian 30 giây và được cán nguội để tạo ra tấm được cán nguội có độ dày tấm cuối cùng là 0,5 mm. Trong trường hợp này, tỷ lệ kết tinh lại của tất cả các tấm thép trước bước cán nguội cuối cùng là 100%.

Sau đó, tấm được cán nguội được đưa vào quá trình ủ hoàn thiện với quá trình ủ liên tục được thực hiện dễ dàng từ việc kết hợp lò cao làm nóng cảm ứng kiểu solenoit và lò làm nóng bức xạ kiểu ống bức xạ ở nhiệt độ 950°C trong thời gian 10 giây. Trong lò làm nóng cảm ứng, công suất đầu ra và tốc độ dòng được điều chỉnh để điều chỉnh nhiệt độ đạt được trong lò làm nóng cảm ứng và thời gian đến khi bắt đầu quá trình ủ bức xạ. Ngoài ra, nhiệt độ giảm từ cuối bước làm nóng cảm ứng đến khi bắt đầu bước làm nóng bức xạ trong khoảng 10°C. Ngoài ra, môi trường trong lò làm nóng cảm ứng là khí nitơ khô, và môi trường trong lò làm nóng bức xạ có $H_2:N_2$

= 20:80 theo % thể tích và độ nhiệt ngưng -40°C ($P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2} = 0,001$), và tốc độ làm nóng trung bình đến nhiệt độ nung trong lò làm nóng bức xạ được thiết lập đến $18^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Sau đó, lớp phủ cách điện được áp dụng để tạo ra thép thành phẩm.

Do đó từ thép thành phẩm thu được được lấy khối mẫu thử Epstein có kích thước $280\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ để đo các đặc tính từ (sự tổn hao sắt $W_{15/50}$, mật độ từ thông B_{50}) bằng thử nghiệm Epstein theo JIS C2550-1 (2011). Các kết quả đo được thể hiện trên Bảng 2.

Khi nhìn từ các kết quả này, tất cả tấm thép được tạo ra bằng phương pháp sản xuất theo sáng chế có mật độ từ thông và các đặc tính tổn hao sắt ưu việt. Cụ thể, có thể thấy là giới hạn tăng lên của mật độ từ thông B_{50} lớn đáng kể khi kích cỡ hạt ferit của kết cấu trước khi cán nguội cuối cùng không lớn hơn $70\text{ }\mu\text{m}$.

Bảng 1

Ký hiệu thép	Thành phần hóa học (% theo khối lượng)													Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ni	Cr	Ti	Nb	B	O	Khác
A	0,0021	1,34	0,21	0,05	0,0018	0,0005	0,0016	0,01	0,01	0,0007	0,0005	0,0001	0,0023	—
B	0,0012	0,79	0,18	0,02	0,0012	0,62	0,0018	0,01	0,01	0,0008	0,0002	0,0001	0,0016	—
C	0,0018	2,89	0,25	0,01	0,0008	0,0002	0,0014	0,01	0,02	0,0012	0,0004	0,0002	0,0031	—
D	0,0013	1,06	1,05	0,01	0,0015	0,0003	0,0016	0,02	0,01	0,0014	0,0001	0,0001	0,0025	—
E	0,0015	1,31	0,12	0,02	0,0016	0,0001	0,0019	0,41	0,02	0,0011	0,0003	0,0002	0,0026	—
F	0,0014	1,26	0,28	0,01	0,0013	0,0004	0,0016	0,01	0,83	0,0015	0,0005	0,0002	0,0021	—
G	0,0009	1,32	0,18	0,06	0,0056	0,0002	0,0011	0,02	0,02	0,0005	0,0005	0,0001	0,0026	—
H	0,0012	1,28	0,21	0,06	0,0016	0,0003	0,0058	0,01	0,01	0,0006	0,0003	0,0001	0,0024	—
I	0,0015	1,33	0,22	0,04	0,0011	0,0001	0,0008	0,01	0,02	0,0004	0,0007	0,0002	0,0062	—
J	0,0016	1,32	0,18	0,03	0,0012	0,0002	0,0013	0,01	0,01	0,0066	0,0004	0,0001	0,0028	—
K	0,0011	1,24	0,28	0,05	0,0018	0,0001	0,0019	0,01	0,01	0,0002	0,0055	0,0001	0,0031	—
L	0,0017	1,36	0,31	0,06	0,0016	0,0004	0,0015	0,02	0,01	0,0011	0,0002	0,0067	0,0038	—
M	0,0013	1,53	0,18	0,04	0,0018	0,0063	0,0017	0,01	0,02	0,0008	0,0002	0,0018	0,0019	—
N	0,0016	1,41	0,25	0,02	0,0012	0,0003	0,0013	0,01	0,01	0,0012	0,0003	0,0002	0,0028	Sn:0,031
O	0,0013	1,36	0,24	0,03	0,0014	0,0006	0,0009	0,02	0,01	0,0009	0,0001	0,0003	0,0019	Sb:0,028
P	0,0014	1,31	0,23	0,05	0,0008	0,0004	0,0012	0,01	0,01	0,0008	0,0005	0,0001	0,0019	Ca:0,0035

Q	0,0015	1,35	0,21	0,04	0,0009	0,0005	0,0016	0,01	0,01	0,0005	0,0002	0,0001	0,0026	Mg:0,0013	Thép theo sáng chế
R	0,0011	1,38	0,26	0,06	0,0013	0,0003	0,0015	0,01	0,01	0,0013	0,0003	0,0002	0,0033	REM:0,0038	Thép theo sáng chế

Bảng 2

Tấm thép số	Ký hiệu thép	Nhiệt độ ủ bằng nóng (°C)	Kích cỡ hạt ferit trước bước cán nguội cuối cùng (μm)	Các điều kiện làm nóng hoàn thiện			Đặc tính từ		Lưu ý
				Tốc độ làm nóng trung bình nằm trong khoảng từ 600 đến 700°C (°C/giây)	Nhiệt độ đạt được bằng bước làm nóng cảm ứng (°C)	Thời gian chuyển từ làm nóng cảm ứng đến làm nóng bức xạ (giây)	Tổn hao sắt $W_{15/50}$ (W/kg)	Mật độ từ thông B_{50} (T)	
1	A	Không có	25	20	740	2	3,83	1,706	Ví dụ so sánh
2	A	Không có	25	60	740	2	3,74	1,715	Ví dụ sáng chế
3	A	Không có	25	120	740	2	3,65	1,728	Ví dụ sáng chế
4	A	Không có	25	200	740	2	3,61	1,732	Ví dụ sáng chế
5	A	Không có	25	200	725	2	3,72	1,721	Ví dụ sáng chế
6	A	Không có	25	200	710	2	3,81	1,709	Ví dụ so sánh
7	A	Không có	25	200	740	4	3,69	1,718	Ví dụ sáng chế
8	A	Không có	25	200	740	9	3,82	1,707	Ví dụ so sánh
9	A	850	67	20	740	2	3,72	1,718	Ví dụ so sánh
10	A	850	67	200	740	2	3,62	1,735	Ví dụ sáng chế
11	A	920	89	20	740	2	3,64	1,726	Ví dụ so sánh
12	A	920	89	200	740	2	3,58	1,738	Ví dụ sáng chế
13	B	Không có	31	20	740	2	3,64	1,693	Ví dụ so sánh
14	B	Không có	31	200	740	2	3,52	1,719	Ví dụ sáng chế
15	B	830	65	20	740	2	3,59	1,702	Ví dụ so sánh
16	B	830	65	200	740	2	3,51	1,721	Ví dụ sáng chế
17	B	930	95	20	740	2	3,48	1,715	Ví dụ so sánh
18	B	930	95	200	740	2	3,43	1,723	Ví dụ sáng chế
19	C	840	63	20	740	2	2,65	1,692	Ví dụ so sánh
20	C	840	63	200	740	2	2,59	1,710	Ví dụ sáng chế
21	D	Không có	28	20	740	2	3,81	1,709	Ví dụ so sánh
22	D	Không có	28	200	740	2	3,64	1,732	Ví dụ sáng chế

23	E	Không có	24	20	740	2	3,76	1,715	Ví dụ so sánh
24	E	Không có	24	200	740	2	3,59	1,736	Ví dụ sáng chế
25	F	Không có	24	20	740	2	3,24	1,691	Ví dụ so sánh
26	F	Không có	24	200	740	2	3,18	1,715	Ví dụ sáng chế
27	G	Không có	16	200	740	2	4,32	1,703	Ví dụ so sánh
28	H	Không có	15	200	740	2	4,21	1,705	Ví dụ so sánh
29	I	Không có	18	200	740	2	4,18	1,706	Ví dụ so sánh
30	J	Không có	14	200	740	2	4,45	1,689	Ví dụ so sánh
31	K	Không có	16	200	740	2	4,41	1,691	Ví dụ so sánh
32	L	Không có	13	200	740	2	4,56	1,707	Ví dụ so sánh
33	M	Không có	28	200	740	2	3,63	1,729	Ví dụ sáng chế
34	N	Không có	26	200	740	2	3,58	1,745	Ví dụ sáng chế
35	O	Không có	28	200	740	2	3,56	1,742	Ví dụ sáng chế
36	P	Không có	33	200	740	2	3,43	1,731	Ví dụ sáng chế
37	Q	Không có	32	200	740	2	3,48	1,730	Ví dụ sáng chế
38	R	Không có	31	200	740	2	3,45	1,728	Ví dụ sáng chế

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng bằng cách cán nóng phối thép có thành phần hóa học bao gồm C: không lớn hơn 0,0050% theo khối lượng, Si: không lớn hơn 5,0% theo khối lượng, Mn: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng, P: không lớn hơn 0,2% theo khối lượng, S: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, Al: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng, N: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, Ni: không lớn hơn 3,0% theo khối lượng, Cr: không lớn hơn 5,0% theo khối lượng, Ti: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, Nb: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, B: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, O: không lớn hơn 0,005% theo khối lượng, tùy ý một hoặc hai thành phần được chọn từ Sn: 0,005-0,20% theo khối lượng và Sb: 0,005-0,20% theo khối lượng, tùy ý một hoặc hai thành phần được chọn từ Ca: 0,0001-0,010% theo khối lượng, Mg: 0,0001-0,010% theo khối lượng và REM: 0,0001-0,010% theo khối lượng, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được và đưa tấm thép vào cán nguội sau khi ủ bằng nóng hoặc không ủ bằng nóng và tiếp theo là ủ hoàn thiện,

khác biệt ở chỗ, P_{H_2O}/P_{H_2} của môi trường ở bước ủ hoàn thiện không lớn hơn 0,1 và bước làm nóng trong quá trình ủ hoàn thiện được thực hiện thành hai giai đoạn là thực hiện làm nóng cảm ứng và sau đó làm nóng bức xạ, và làm nóng cảm ứng được thực hiện lên đến nhiệt độ không nhỏ hơn 720°C ở tốc độ làm nóng trung bình không nhỏ hơn 50°C/giây nằm trong khoảng từ 600°C đến 700°C, và tốc độ làm nóng bởi làm nóng bức xạ lên đến nhiệt độ nung không nhỏ hơn 5°C/giây, và thời gian từ lúc kết thúc làm nóng cảm ứng đến khi bắt đầu làm nóng bức xạ được thiết lập không lớn hơn 3 giây.

2. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo điểm 1, trong đó kích cỡ hạt ferit của kết cấu tấm thép trước khi cán nguội cuối cùng trong bước cán nguội được thiết lập không lớn hơn 70 μm .

Fig. 1

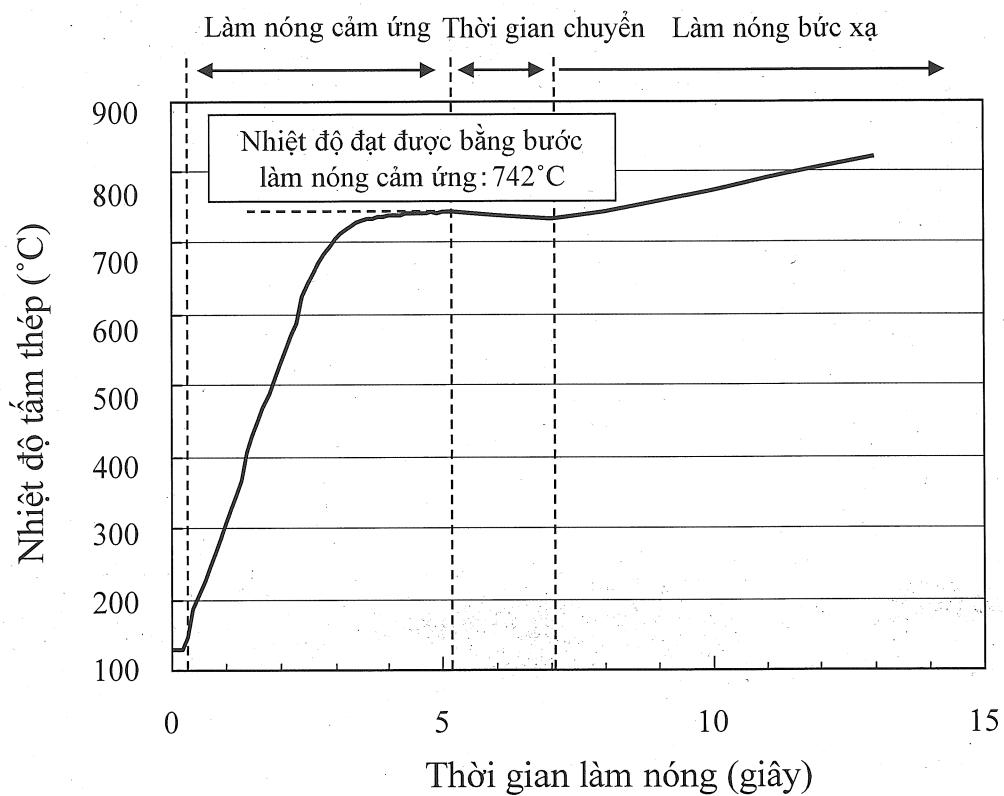


Fig. 2

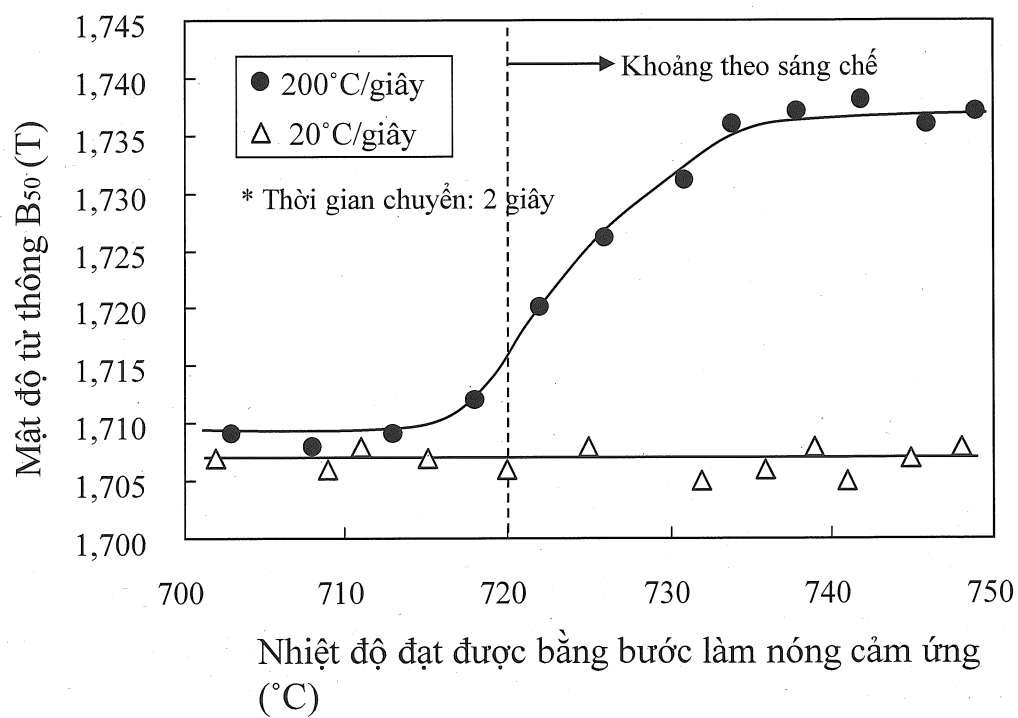


Fig. 3

