



(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)



1-0024208

(51)⁷ C22C 38/02; C22C 38/04; H01F 1/16; (13) B
C22C 38/34; H01F 1/147; C21D 6/00;
C22C 38/06

(21) 1-2013-03742

(22) 05/02/2013

(86) PCT/JP2013/052555 05/02/2013

(87) WO2013/121924A1 22/08/2013

(30) 2012-029884 14/02/2012 JP

(45) 25/06/2020 387

(43) 25/02/2014 311A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

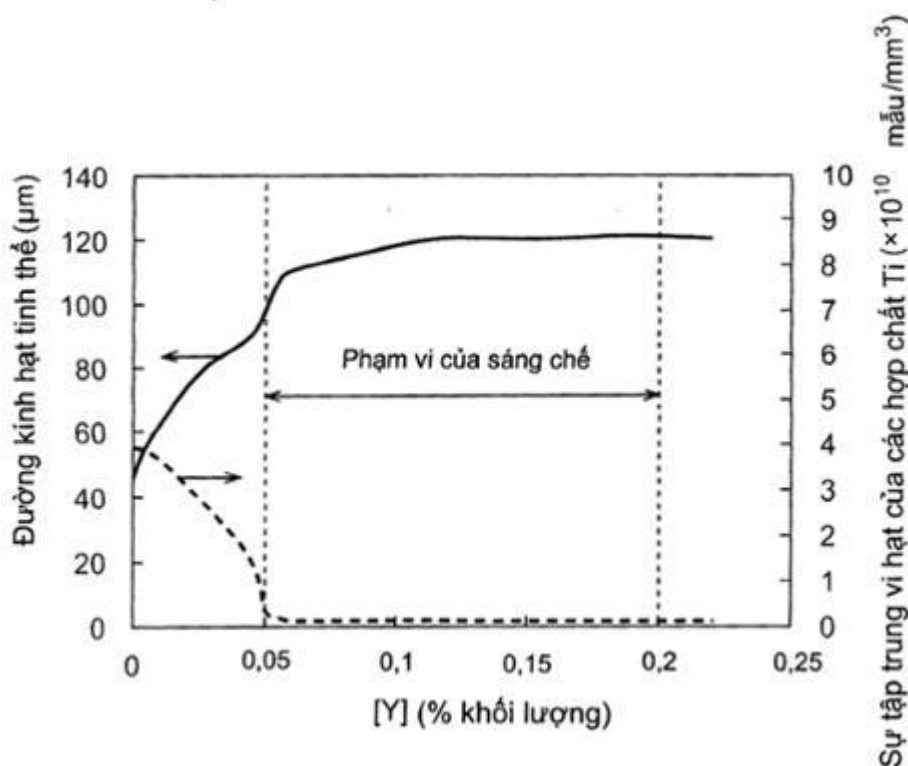
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

(72) MIYAZAKI, Masafumi (JP); YAMAMURA, Hideaki (JP); KAWAKAMI, Kazuto (JP).

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

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐƯỢC ĐỊNH HƯỚNG

(57) Sáng chế đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa: C: 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn; Si: 1,0% khối lượng hoặc lớn hơn và 3,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn; Al: 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn và 3,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn; Mn: 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn và 2,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn; P: 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn; S: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn; Ti: 0,001% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn; N: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn; và Y: lớn hơn 0,05% khối lượng và 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn, còn lại là sắt và các tạp chất thông thường.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chất lượng cao được sử dụng cho vật dụng tần số cao như lõi sắt của mô tơ, và sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng để làm cho các thiết bị điện hiệu quả hơn và góp phần tiết kiệm năng lượng do giảm năng lượng hao phí, và đặc biệt là giảm đáng kể tổn hao lõi sau khi thực hiện tôi khử ứng suất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, vấn đề tiết kiệm năng lượng đang được đặt ra để ngăn sự nóng lên của trái đất, và việc giảm năng lượng tiêu thụ hơn nữa được yêu cầu trong các lĩnh vực như mô tơ của điều hòa nhiệt độ và mô tơ chính của xe điện. Các mô tơ này thường quay với tốc độ cao, và do đó, việc cải thiện tổn hao lõi ở trong khoảng tần số từ 400Hz đến 800Hz mà là tần số cao hơn từ 50Hz đến 60Hz so với khoảng tần số công nghiệp thông thường là cần thiết đối với tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng (dưới đây, có trường hợp được gọi là "tấm thép") để làm vật liệu mô tơ.

Như là một phương pháp để cải thiện tổn hao lõi ở khoảng tần số cao của tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, người ta thường làm tăng điện trở bằng cách tăng hàm lượng Si và Al như được mô tả trong, tài liệu sáng chế 1 chẳng hạn. Lưu ý là, gần đây, có trường hợp nguyên liệu hợp kim của Si và Al có hàm lượng Ti cao được sử dụng do nguyên liệu hợp kim này rẻ để giảm chi phí.

Theo sự gia tăng các hàm lượng Si và Al, Ti có độ dính bám cao nhờ các thành phần này chắc chắn có trong nguyên liệu hợp kim, và do đó, Ti chắc chắn được trộn vào tấm thép. Khi Ti trong tấm thép chiếm 0,001% khối lượng hoặc lớn hơn, thì số hợp chất Ti mịn

có đường kính xấp xỉ vài chục nm như TiN, TiS, TiC được tạo ra trong tấm thép. Các hợp chất Ti mịn trong tấm thép có thể ảnh hưởng đến sự phát triển của các hạt tinh thể ở thời điểm tôi tấm thép, và làm hỏng các đặc tính từ.

Do đó, cần thiết phải giảm các hợp chất Ti trong tấm thép càng nhiều càng tốt. Một trong số các cách là sử dụng nguyên liệu hợp kim có hàm lượng Ti là tạp chất nhỏ. Tuy nhiên, vấn đề lại phát sinh là làm tăng chi phí của nguyên liệu hợp kim nếu cách này được thực hiện. Ngoài ra, một trong những cách khác để làm giảm các hợp chất Ti là giảm N, S và C trong tấm thép, có thể sử dụng công nghệ hiện tại để làm giảm vừa đủ S và C bằng phương pháp xử lý tách khí chân không và v.v.. Tuy nhiên, quy trình xử lý sẽ mất rất nhiều thời gian để làm giảm S và C trong tấm thép, và do đó năng suất cũng giảm xuống. Ngoài ra, dễ hiểu rằng tăng cường bột kín bề luyện thép thì N sẽ không lẫn vào thép nóng chảy, nhưng nó lại làm tăng chi phí do việc tăng cường bột kín, và do đó, vấn đề là hỗn hợp N hòa lẫn vào thép nóng chảy chắc chắn sẽ xảy ra ngay cả nếu thực hiện quy trình xử lý như đã nêu trên.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm số 2007-16278

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm số 2005-336503

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã xét nghiệm số 54-36966

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm số 2006-219692

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có thể được sản xuất với chi phí thấp và năng suất cao bằng quy trình sản xuất theo các phương pháp thông thường, và tấm thép này có khả năng phát triển hạt tinh thể rất tốt ở thời điểm tôi tấm thép và có tổn hao lõi từ ở tần số cao tốt.

Giải pháp kỹ thuật

Mục đích chính của sáng chế là giải quyết các vấn đề nêu trên như được mô tả dưới đây.

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

C: 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Si: 1,0% khối lượng hoặc lớn hơn và 3,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn và 3,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Mn: 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn và 2,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

P: 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

S: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Ti: 0,001% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

N: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và

Y: hơn 0,05% khối lượng và 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

còn lại là giữa sắt và các tạp chất thông thường.

(2) Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo (1), còn chứa các thành phần của nhóm (các nhóm) gồm một loại hoặc hai loại hoặc lớn hơn được chọn từ:

nhóm thứ nhất gồm một loại hoặc hai loại được chọn từ nhóm

chứa Cu: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và Cr: 20% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

nhóm thứ hai gồm một loại hoặc hai loại được chọn từ nhóm chứa Sn và Sb có tổng khoảng 0,3% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

nhóm thứ ba gồm Ni: 1,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn; và

nhóm thứ tư gồm Ca: 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Hiệu quả của sáng chế

Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo sáng chế có khả năng phát triển hạt tinh thể rất tốt ở thời điểm tôi tấm thép và tổn hao lõi từ ở khoảng tần số cao do lượng Ti mịn trong tấm thép nhỏ. Ngoài ra, có thể sản xuất tấm thép với chi phí thấp và năng suất cao, và do đó, có thể góp phần tiết kiệm năng lượng nhờ việc cải thiện các đặc tính của mô tơ.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là hình minh họa mối quan hệ giữa hàm lượng Y trong tấm thép, hàm lượng Ti trong mẫu sản phẩm sau khi thực hiện tôi khử ứng suất, và đường kính hạt tinh thể.

Mô tả chi tiết sáng chế

Khi lượng Y thích hợp được thêm vào tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng, thì việc tạo ra các hợp chất Ti như TiN, TiS, TiC mịn trong tấm thép bị cản trở, và sự tập trung vi hạt của các hợp chất Ti này sẽ giảm xuống đáng kể. Rõ ràng là, sau các xét nghiệm hà khắc, có thể thấy rằng việc ngăn sự phát triển hạt tinh thể của thép nhờ đó được giải phóng và khả năng phát triển hạt tinh thể được cải thiện hơn. Lưu ý là Y là Ytri, là nguyên tố có khối lượng phân tử 39, và là loại nguyên tố đất hiếm.

Sau đây, hiệu quả thêm Y vào sẽ được mô tả chi tiết.

Một thí nghiệm trong phòng thí nghiệm nhờ sử dụng kim loại nóng chảy trong chân không được thực hiện bởi quy trình sau đây.

Đầu tiên, các loại thép nóng chảy khác nhau chứa C: 0,0019% khối lượng đến 0,0032% khối lượng, Si: 2,7% khối lượng đến 3,1% khối lượng, Al: 0,2% khối lượng đến 0,46% khối lượng, Mn: 0,3% khối lượng đến 0,5% khối lượng, P: 0,03% khối lượng đến 0,05% khối lượng, S: 0,0022% khối lượng đến 0,0035% khối lượng, Ti: 0,002% khối lượng đến 0,005% khối lượng, và N: 0,0018% khối lượng đến 0,0033% khối lượng là các thành phần cơ bản, và Y được thay đổi thành phần trong khoảng từ: "0" (không) % khối lượng đến 0,25% khối lượng được nấu chảy. Mỗi trong số chúng được hóa cứng thành thanh, và sau đó, các thử nghiệm được thực hiện theo trình tự cán nóng, tôi tấm đã cán nóng, cán nguội, kết thúc quá trình tôi, và thực hiện tôi khử ứng suất như thử nghiệm trong phòng thí nghiệm để sản xuất sản phẩm mẫu có độ dày 0,35 mm. Tiếp theo, các xét nghiệm đối với các hợp chất và các hạt tinh thể được thực hiện bằng các phương pháp sau đây.

Đầu tiên, phương pháp xét nghiệm các hợp chất sẽ được mô tả. Trước tiên mẫu được mài nhẵn bề mặt đến độ dày thích hợp để làm cho bề mặt mẫu như mặt gương. Sau khi quy trình khắc được mô tả sau đây được thực hiện, các hợp chất được xét nghiệm nhờ sử dụng kính hiển vi điện tử quét loại phát xạ trường và máy phân tích quang phổ phân tán năng lượng. Trong xét nghiệm này, thành phần của hợp chất được phân tích và số các hợp chất trong vùng quan sát đơn vị được đếm theo hướng các hợp chất có đường kính từ 10nm đến 500nm. Nó được chuyển thành sự tập trung vi hạt của các hợp chất trong từng đơn vị khối lượng mẫu theo công thức của DeHoff được minh họa trong ASTM E127: Ấn bản thường niên về các tiêu chuẩn ASTM tập 03.03. (1995). Lưu ý là phương pháp nêu trên chỉ là ví dụ, và bản sao hoặc lớp phủ mỏng có thể được tạo ra từ mẫu để xét nghiệm, hoặc kính hiển vi điện tử truyền qua có thể được sử dụng.

Đối với phương pháp khắc, chẳng hạn, phương pháp của

Kurosawa, và v.v. được mô tả trong (Fumio Kurosawa, Isao Taguchi, Ryutaro Matsumoto: Chuyên san của viện nghiên cứu kim loại Nhật Bản, 43(1979), p.1068) được sử dụng. Kỹ thuật khắc bằng điện phân được thực hiện với mẫu trong dung dịch dung môi không tan trong nước theo phương pháp này, và các hợp chất được tách ra chỉ bằng cách phân hủy thép trong khi duy trì các hợp chất. Ngoài ra, khi đường kính hạt tinh thể được đo, mặt cắt ngang của mẫu được mài nhẵn như gương, kỹ thuật khắc nital được thực hiện để tạo ra hạt tinh thể, và đường kính hạt tinh thể trung bình được đo.

[0015] Fig.1 là hình minh họa mối quan hệ giữa hàm lượng Y, lượng các hợp chất Ti, và đường kính hạt tinh thể trong mẫu sản phẩm theo thử nghiệm nêu trên. Lưu ý là trên Fig.1, mối quan hệ giữa hàm lượng Y và lượng các hợp chất Ti được thể hiện bằng đường chấm chấm, và mối quan hệ giữa hàm lượng Y và đường kính hạt tinh thể được thể hiện bằng đường nét đậm. Ở đây, có TiN, TiS và TiC là các hợp chất Ti được quan sát. Các hợp chất Ti này khác nhau về nhiệt độ tạo ra chúng, TiN được tạo ra ở 1000°C hoặc lớn hơn, TiS được tạo ra ở 900°C hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1000°C, và TiC được tạo ra ở 700°C đến 800°C. Các hợp chất Ti này được tạo ra nhiều như các hợp chất mịn mà có đường kính xấp xỉ vài tá nm trong khi thường sử dụng biên hạt, sự biến vị, và v.v. làm vị trí kết tủa, và chi phối sự phát triển hạt tinh thể của thép bằng cách kìm hãm nó.

Như kết quả của thử nghiệm, rõ ràng là khi có nhiều hơn 0,05% khối lượng Y trong tấm thép, thì sự tập trung vi hạt của các hợp chất Ti trong mẫu sản phẩm giảm xuống đáng kể và khả năng phát triển hạt tinh thể của thép được cải thiện mạnh mẽ.

Do đó, khi Y được thêm vào, các hợp chất Y của oxit Y và oxysulfua Y có đường kính vài trăm nm được quan sát trong tấm thép, nhưng lượng Y tồn tại như các hợp chất của Y nêu trên không vượt quá 0,01% khối lượng. Do đó, khi Y được thêm vào lớn hơn

0,01% khối lượng, người ta đánh giá rằng Y được hòa tan thể rắn trong tấm thép. Do hàm lượng Y trong tấm thép vượt quá 0,01% khối lượng và lượng Y được đánh giá là hòa tan thể rắn tăng lên, nên sự tập trung vi hạt của các hợp chất Ti giảm xuống một cách đều đặn. Khi hàm lượng Y trong tấm thép vượt quá 0,05% khối lượng, thì rõ ràng là sự tập trung vi hạt của các hợp chất Ti trong tấm thép trở nên nhỏ đáng kể. Lưu ý là cơ chế trong đó các hợp chất Ti bị ngăn bởi Y là không rõ ràng, nhưng có thể hiểu rằng khi Y được hòa tan thể rắn trong tấm thép, thì hoạt tính của Ti trong tấm thép giảm xuống và việc tạo thành các hợp chất Ti bị chặn. Lưu ý là hiệu ứng này chỉ cho riêng Y, và hiệu ứng như đã nêu trên không thể xảy ra trong các nguyên tố đất hiếm khác.

Rõ ràng là giới hạn yêu cầu của hàm lượng Y trong tấm thép là lớn hơn 0,05% khối lượng so với thử nghiệm nêu trên để làm giảm đáng kể các hợp chất Ti. Mặt khác, khi hàm lượng Y trong mẫu sản phẩm vượt quá 0,2% khối lượng, thì sự chia tách của Y ở biên hạt trở nên đáng kể, biên hạt trở nên giòn, và vảy sắt xuất hiện ở bề mặt mẫu sản phẩm.

Do đó, người ta rất chú ý đến việc ngăn sự tách biên hạt của Y bằng cách thiết đặt hàm lượng Y trong tấm thép ở 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn trong khi vẫn ngăn được chất kết tủa Ti nhờ việc làm cho tấm thép chứa Y nhiều hơn 0,05% khối lượng để sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có khả năng phát triển hạt tinh thể tốt, các đặc tính từ tốt, và chất lượng bề mặt cũng tốt.

Các hiệu quả nêu trên của Y bị ngăn bởi các hợp chất Ti trong tấm thép, nghĩa là, nó góp phần ngăn sự tạo thành TiN, TiS, và v.v. ở bước tôi tấm thép đã cán nóng hoặc kết thúc quá trình tôi tấm thép được cán nguội, và ngăn sự tạo thành TiC ở thời điểm thực hiện tôi khử ứng suất.

Tiếp theo, các lý do cần hạn chế các thành phần theo sáng chế

được mô tả.

C

C không chỉ làm hỏng các đặc tính từ bằng cách tạo ra TiC trong tấm thép mà còn làm giảm từ tính đáng kể do sự kết tủa của C, và do đó, giới hạn trên của hàm lượng C được thiết đặt ở 0,01% khối lượng. Giới hạn dưới của hàm lượng C không bị giới hạn cụ thể do nó càng nhỏ càng tốt, và "0" (không) % khối lượng cũng có thể được.

Si

Si là nguyên tố làm giảm tổn hao lõi từ. Nó không đủ làm giảm tổn hao lõi từ khi hàm lượng Si nhỏ hơn 1,0% khối lượng mà đó là giới hạn dưới. Lưu ý là giới hạn dưới của hàm lượng Si tốt hơn là 1,5% khối lượng, tốt hơn nữa là 2,0% khối lượng do quan điểm làm giảm hơn nữa tổn hao lõi từ. Ngoài ra, khi hàm lượng Si vượt quá 3,5% khối lượng mà đó là giới hạn trên của nó, khả năng có thể xử lý trở nên khó khăn đáng kể, nên giới hạn trên cần được thiết đặt ở 3,5% khối lượng. Lưu ý là, tốt hơn là giá trị làm giới hạn trên của hàm lượng Si là 3,3% khối lượng thì khả năng có thể xử lý ở bước cán nguội sẽ tốt hơn, tốt hơn nữa là 3,1% khối lượng, và còn tốt hơn nữa là 3,0% khối lượng.

Al

Al là nguyên tố làm giảm tổn hao lõi từ tương tự như Si. Không đủ làm giảm tổn hao lõi từ khi hàm lượng Al nhỏ hơn 0,1% khối lượng mà đó là giới hạn dưới. Ngoài ra, khi hàm lượng Al vượt quá 3,0% khối lượng mà là giới hạn trên của nó, thì chi phí tăng lên đáng kể. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng Al tốt hơn là 0,2% khối lượng, tốt hơn nữa là 0,3% khối lượng, và còn tốt hơn nữa là 0,4% khối lượng theo quan điểm làm giảm tổn hao lõi từ. Ngoài ra, giới hạn trên của hàm lượng Al tốt hơn là 2,5% khối lượng, tốt hơn nữa là 2,0% khối lượng, và còn tốt hơn nữa là 1,8% khối lượng theo quan điểm làm giảm chi phí.

Mn

Mn làm tăng độ cứng của tấm thép và nâng cao đặc tính đục lỗ của nó, và do đó, Mn được thêm vào khoảng 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn. Lưu ý là lý do giới hạn trên của hàm lượng Mn được thiết đặt ở 2,0% khối lượng là để tiết kiệm về mặt kinh tế.

P

P làm tăng độ bền vật liệu và nâng cao khả năng có thể xử lý, và do đó, P được đưa vào. Lưu ý là khả năng có thể xử lý ở bước cán nguội thấp hơn khi P quá mức cho phép, và do đó, hàm lượng P được thiết đặt là 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Một cách ngẫu nhiên, giới hạn dưới của hàm lượng P không được đề xuất bởi vì P chắc chắn được trộn trong suốt quy trình sản xuất tấm thép, nhưng nói chung, tốt hơn là cần thiết đặt hàm lượng P không nhỏ hơn 0,0001% khối lượng theo quan điểm về chi phí sản xuất thép.

Y

Y hoạt động trên Ti trong tấm thép trong trạng thái được hòa tan thể rắn để ngăn sự tạo thành các hợp chất Ti. Hiệu quả có thể được tạo ra khi hàm lượng Y vượt quá 0,05% khối lượng. Ngoài ra, hàm lượng Y càng lớn, thì càng dễ đạt được hiệu quả, và do đó, tốt hơn là Y nên chiếm 0,055% khối lượng hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,06% khối lượng hoặc lớn hơn. Một cách ngẫu nhiên, khi hàm lượng Y quá mức, Y phân ly ở biên hạt trong tấm thép, biên hạt bị giòn, và làm giảm chất lượng sản phẩm do sự tạo thành vảy sắt và v.v.. Do đó, có giới hạn trên trong hàm lượng Y, và sự phân ly của Y ở biên hạt bị ngăn khi hàm lượng Y là 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Giá trị giới hạn trên của hàm lượng Y tốt hơn là 0,15% khối lượng, và tốt hơn nữa là 0,12% khối lượng.

S

S tạo thành sulfua như TiS và MnS , làm giảm khả năng phát triển hạt tinh thể, và làm giảm tổn hao lõi từ. Giới hạn trên của hàm

lượng S để ngăn vấn đề nêu trên là 0,005% khối lượng, và tốt hơn nữa là giới hạn trên nên là 0,003% khối lượng. Giới hạn dưới của hàm lượng S không bị giới hạn cụ thể bởi vì hàm lượng S càng nhỏ càng tốt, và "0" (không)% khối lượng cũng có thể được.

N

N tạo thành nitrat như TiN và làm giảm tổn hao lõi từ, và do đó, giới hạn trên cho phép của hàm lượng N được thiết đặt ở 0,005% khối lượng. Lưu ý là giới hạn trên của hàm lượng N tốt hơn là 0,003% khối lượng, tốt hơn nữa là 0,0025% khối lượng, và còn tốt hơn nữa là 0,002% khối lượng. Ngoài ra, tốt hơn là lượng N càng nhỏ càng tốt theo quan điểm ngăn sự tạo thành nitrat. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng N không bị giới hạn cụ thể, nhưng càng có nhiều hạn chế công nghiệp nếu hàm lượng N càng gần đến "0" (không)% khối lượng, và do đó, tốt hơn là cần thiết đặt giới hạn dưới của hàm lượng N lớn hơn "0" (không)% khối lượng. Lưu ý là mục đích giới hạn dưới của hàm lượng N là 0,001% khối lượng là để nó nằm trong khoảng có thể thực hiện sự khử nitơ trong quy trình sản xuất công nghiệp. Hơn nữa, khi sự khử nitơ được thực hiện sau cùng, tốt hơn là khi hàm lượng N thấp hơn 0,0005% khối lượng do sự tạo thành nitrat cũng bị ngăn.

Ti

Ti tạo ra các hợp chất mịn như TiN , TiS , TiC , làm giảm khả năng phát triển hạt tinh thể, và làm giảm tổn hao lõi từ. Việc tạo ra các hợp chất Ti bị ngăn bởi sáng chế, nhưng giới hạn trên cho phép của hàm lượng Ti cần được thiết đặt ở 0,01% khối lượng. Ngoài ra, giới hạn trên tốt hơn là 0,005% khối lượng vì lý do nêu trên. Lưu ý là khi hàm lượng Ti thấp hơn 0,001% khối lượng, thì lượng kết tủa Ti là quá nhỏ, và sự ảnh hưởng đến hiệu quả phát triển hạt tinh thể về cơ bản là không lớn. Mặt khác, vật liệu hỗn hợp có hàm lượng Ti thấp hơn 0,001% khối lượng rất đắt, và do đó, nó làm tăng chi phí.

Do đó, giới hạn dưới được cho phép lên đến 0,001% khối lượng mà trong đó Ti chắc chắn được trộn như một tạp chất để ngăn sự tạo thành các hợp chất Ti theo sáng chế. Lưu ý là có trường hợp trong đó Ti chứa trong vật liệu hỗn hợp chiếm khoảng 0,002% khối lượng hoặc lớn hơn khi một vật liệu hỗn hợp rẻ cụ thể được sử dụng, và công nghệ hiện nay đặc biệt hiệu quả trong trường hợp như vậy.

Các nguyên tố khác các thành phần nêu trên cũng có thể chứa trong tấm thép miễn là hiệu quả không bị ảnh hưởng nhiều, và chúng cũng nằm trong phạm vi của sáng chế. Sau đây, các nguyên tố được chọn sẽ được mô tả. Lưu ý là các giá trị giới hạn dưới của các nguyên tố này đều được thiết đặt lớn hơn "0" (không) % khối lượng bởi vì điều đó là tốt do chúng chỉ cần chứa một lượng rất nhỏ.

Cu

Cu nâng cao khả năng chống ăn mòn, làm tăng điện trở riêng, và cải thiện tổn hao lõi từ. Lưu ý là khi hàm lượng Cu vượt quá mức cho phép, vảy sắt và v.v. được tạo ra ở bề mặt tấm thép thành phẩm để làm hỏng chất lượng bề mặt, và do đó, hàm lượng Cu tốt hơn là ở mức 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Cr

Cr nâng cao khả năng chống ăn mòn, làm tăng điện trở riêng, và cải thiện tổn hao lõi từ. Lưu ý là khi Cr được thêm vào quá mức, sẽ làm tăng, và do đó, giới hạn trên của hàm lượng Cr tốt hơn là được thiết đặt ở 20% khối lượng.

Sn và Sb

Sn và Sb là các nguyên tố phân ly và nâng cao các đặc tính từ nhờ việc chi phối cấu tạo cốt liệu trên mặt phẳng (111) mà làm giảm các đặc tính từ. Hiệu quả nêu trên được thể hiện nhờ sử dụng chỉ một loại trong số các nguyên tố này, hoặc kết hợp cả hai loại. Lưu ý là khi tổng lượng Sn và Sb vượt quá 0,3% khối lượng, khả năng có thể xử lý ở bước cán nguội giảm, và do đó, tốt hơn là giới hạn trên

của tổng lượng Sn và Sb được thiết đặt ở 0,3% khối lượng.

Ni

Ni phát triển các ưu điểm cấu tạo cốt liệu dùng cho các đặc tính từ để cải thiện tổn hao lõi từ. Lưu ý là khi Ni được thêm vào quá mức, sẽ làm tăng chi phí, và do đó, giới hạn trên của hàm lượng Ni tốt hơn là được thiết đặt ở 1,0% khối lượng.

Ca

Ca là nguyên tố khử lưu huỳnh, làm rắn S trong tấm thép, và ngăn ngừa hoặc ngăn sự tạo thành các hợp chất sulfua như TiS và MnS. Một cách ngẫu nhiên, khi hàm lượng Ca vượt quá 0,01% khối lượng, nó sẽ là không tốt bởi vì các vấn đề như làm giảm tính chịu nhiệt xảy ra, và do đó, giới hạn trên của hàm lượng Ca tốt hơn là được thiết đặt ở 0,01% khối lượng.

Lưu ý là có trường hợp trong đó, chẳng hạn, các nguyên tố sau đây có trong tấm thép như các tạp chất thông thường, nhưng không có vấn đề gì miễn là mỗi trong số chúng ở trong giới hạn được mô tả dưới đây.

Zr

Ngay cả với một lượng rất nhỏ Zr cũng làm ảnh hưởng đến sự phát triển hạt tinh thể, và làm tổn hao lõi từ trở nên xấu đi sau khi thực hiện tôi khử ứng suất. Trường hợp giảm nhiều nhất có thể, thì hàm lượng Zr thường giảm tới mức 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và khi hàm lượng Zr nằm trong giới hạn này, thì sẽ không có hiệu quả có hại và cũng không có vấn đề gì xảy ra.

V

V tạo thành nitrat hoặc cacbua, và làm ảnh hưởng đến sự chuyển vị thành ống dẫn và sự phát triển hạt tinh thể. Trường hợp giảm nhiều nhất có thể, thì hàm lượng V thường giảm tới mức 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và khi hàm lượng V ở trong giới hạn này, sẽ không có hiệu quả có hại và cũng không có vấn đề gì xảy ra.

Nb

Nb tạo thành nitrat hoặc cacbua, làm ảnh hưởng đến sự chuyển vị thành ống dẫn và sự phát triển hạt tinh thể. Trường hợp giảm nhiều nhất có thể, thì hàm lượng Nb thường giảm tới mức 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và khi hàm lượng Nb ở trong giới hạn này, sẽ không có hiệu quả có hại và cũng không có vấn đề gì xảy ra.

Mg

Mg là nguyên tố khử lưu huỳnh, tạo thành sulfua bằng cách phản ứng với S trong tấm thép, và làm rắn S. Khi tăng hàm lượng Mg, hiệu suất khử lưu huỳnh tăng lên, nhưng khi hàm lượng Mg vượt quá 0,05% khối lượng, thì sự phát triển hạt tinh thể bị ảnh hưởng do lượng Mg sulfua vượt mức. Thông thường, hàm lượng Mg là 0,05% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và khi hàm lượng Mg ở trong giới hạn này, sẽ không có hiệu quả có hại và cũng không có vấn đề gì xảy ra.

O

Oxit được tạo ra do O trong tấm thép. Một cách ngẫu nhiên, theo sáng chế, Al chiếm khoảng 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn, và nó đủ để khử oxy, và do đó, hàm lượng O trong tấm thép là 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Khi hàm lượng O ở trong giới hạn này, sẽ không có hiệu quả có hại như làm ảnh hưởng đến sự chuyển vị thành ống dẫn và sự phát triển hạt tinh thể gây ra bởi oxit và không có vấn đề gì xảy ra.

B

B là nguyên tố phân ly biên hạt, và tạo thành nitrat. Sự chuyển vị biên hạt bị ảnh hưởng bởi nitrat, và tổn hao lõi từ càng trở nên xấu hơn. Trường hợp B giảm nhiều nhất có thể, thì hàm lượng B thường giảm tới mức 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và khi hàm lượng B ở trong giới hạn này, sẽ không có hiệu quả có hại và cũng không có vấn đề gì xảy ra.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng theo sáng chế được mô tả. Trong giai đoạn luyện thép, bước luyện thép được thực hiện theo quy trình thông thường như lò thổi và lò luyện thứ cấp, và nó được sản xuất thành loạt sản phẩm hỗn hợp theo yêu cầu. Sau đó, phôi đúc dạng bản được đúc bởi quy trình đúc liên tục hoặc đúc thành thỏi. Sau bước này, phôi đúc thu được được cán nóng, và bước tôi luyện tấm được cán nóng được thực hiện đối với tấm được cán nóng trong khoảng nhiệt độ từ 1100°C đến 1300°C theo yêu cầu. Tiếp theo là bước hoàn tất độ dày sản phẩm bằng một lần cán nguội hoặc hai lần hoặc nhiều hơn nhờ bước ủ trung gian ở 850°C đến 1000°C. Tiếp theo, kết thúc quá trình tôi được thực hiện ở 800°C đến 1100°C, một lớp cách điện được phủ lên bề mặt để hoàn thành sản phẩm. Ngoài ra, bước tôi khử ứng suất được thực hiện ở 700°C đến 800°C theo từng trường hợp.

Như đã nêu trên, theo sáng chế, có thể ngăn sự tập trung vi hạt của các hợp chất Ti trong tấm thép thành $0,3 \times 10^{10}$ mẫu/mm³ hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là $0,2 \times 10^{10}$ mẫu/mm³ hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là $0,1 \times 10^{10}$ mẫu/mm³ hoặc nhỏ hơn mà không thay đổi quy trình sản xuất. Do đó, có thể sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng có khả năng phát triển hạt tinh thể tốt.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, các hiệu quả của sáng chế sẽ được mô tả dựa vào các ví dụ. Lưu ý là các điều kiện và v.v. trong các thử nghiệm này chỉ là các giả định được áp dụng với khả năng vận hành thực tế và các hiệu quả của sáng chế, và sáng chế sẽ không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Trước tiên, thép có các thành phần chứa: C: 0,0015% khối lượng, Si: 2,9% khối lượng, Mn: 0,5% khối lượng; P: 0,09% khối lượng; S: 0,002% khối lượng; Al: 0,43% khối lượng, và N: 0,0022% khối lượng, và chứa nhiều nguyên tố khác như được thể hiện trong

bảng 1, còn lại là được tạo ra từ sắt và có các tạp chất thông thường được chuẩn bị. Sau đó thép có các thành phần nêu trên được luyện bởi lò thổi và thiết bị tách chân không, thép được đựng bằng gầu rót, chuyển qua máng phân phối, thép nóng chảy được cấp vào khuôn bởi vòi phun nhúng chìm, nó được đúc liên tục để tạo ra phôi đúc. Lưu ý là khi Y có trong thép, kim loại Y được thêm vào bể tách chân không. Sau đó, phôi đúc được cán nóng, bước luyện tấm được cán nóng được thực hiện để tạo ra tấm được cán nóng ở 1150°C, và nó được cán nguội để có độ dày khoảng 0,35 mm. Sau đó, bước kết thúc quá trình tôi được thực hiện ở 950°C trong khoảng 30 giây, lớp cách điện được phủ để tạo ra thành phẩm, ngoài ra bước tôi khử ứng suất cũng được thực hiện ở 750°C trong khoảng 2 giờ.

Chất kết tủa và đường kính hạt tinh thể của tấm thép thành phẩm được xét nghiệm bằng các phương pháp nêu trên, và tổn hao lõi từ của tấm thép thành phẩm được xét nghiệm bằng phương pháp được minh họa trong JIS-C-2550 bằng cách cắt tấm thép thành phẩm thành đoạn dài 25cm. Các kết quả xét nghiệm cũng được minh họa trong bảng 1.

Bảng 1

Số	Giá trị thành phần (% khối lượng)										Các đặc điểm, vật liệu, chất lượng của tấm thép thành phẩm			
	[Ti]	[Y]	[Cr]	[Cu]	[Sn]	[Sb]	[Ni]	[Ca]	Nguyên tố hiếm khác [Y]	Số hợp chất Ti trên mỗi đơn vị khối lượng của thép mẫu/mm ³) ※1	Đường kính hạt tinh (μm)	Tồn hao lõi từ W10/800 (W/kg)	Có/không có vết sắt trên bề mặt	Lưu ý
1	0,0023	0,000	0	0	0	0	0	0	0	4,0	55	61,3	Không có	Ví dụ so sánh
2	0,0023	0,005	0	0	0	0	0	0	0	3,8	65	59,5	Không có	Ví dụ so sánh
3	0,0023	0,009	0	0	0	0	0	0	0	3,7	70	59,4	Không có	Ví dụ so sánh
4	0,0023	0,025	0	0	0	0	0	0	0	2,9	80	58,3	Không có	Ví dụ so sánh
5	0,0023	0,045	0	0	0	0	0	0	0	1,4	85	57,7	Không có	Ví dụ so sánh
6	0,0023	0,051	0	0	0	0	0	0	0	0,3	100	54,3	Không có	Ví dụ theo sáng chế
7	0,0023	0,056	0	0	0	0	0	0	0	0,2	105	53,1	Không có	Ví dụ theo sáng chế
8	0,0023	0,056	1,8	0	0	0	0	0	0	0,2	105	52,9	Không có	Ví dụ theo sáng chế
9	0,0023	0,056	0	0,14	0	0	0	0	0	0,2	110	53,3	Không có	Ví dụ theo sáng chế
10	0,0023	0,056	0	0	0,08	0	0	0	0	0,2	115	53,3	Không có	Ví dụ theo sáng chế
11	0,0023	0,056	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	110	53,1	Không có	Ví dụ theo sáng chế
12	0,0023	0,056	0	0	0	0	0,45	0	0	0,2	110	53,2	Không có	Ví dụ theo sáng chế
13	0,0023	0,056	0	0	0	0	0	0,002	0	0,2	110	52,8	Không có	Ví dụ theo sáng chế
14	0,0023	0,060	0	0	0	0	0	0	0	0,1	115	53,2	Không có	Ví dụ theo sáng chế
15	0,0023	0,080	0	0	0	0	0	0	0	0,2	125	53,1	Không có	Ví dụ theo sáng chế
16	0,0011	0,080	0	0	0	0	0	0	0	0,1	130	52,8	Không có	Ví dụ theo sáng chế
17	0,0023	0,115	0	0	0	0	0	0	0	0,1	115	53,3	Không có	Ví dụ theo sáng chế
18	0,0095	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0,1	110	53,5	Không có	Ví dụ theo sáng chế
19	0,0023	0,140	0	0	0	0	0	0	0	0,1	120	53,3	Không có	Ví dụ theo sáng chế
20	0,0023	0,160	0	0	0	0	0	0	0	0,1	120	53,1	Không có	Ví dụ theo sáng chế
21	0,0023	0,190	0	0	0	0	0	0	0	0,1	120	53,0	Không có	Ví dụ theo sáng chế
22	0,0023	0,220	0	0	0	0	0	0	0	0,1	115	53,4	Có	Ví dụ so sánh
23	0,0120	0,080	0	0	0	0	0	0	0	0,8	75	59,6	Không có	Ví dụ so sánh
24	0,0011	0,000	0	0	0	0	0	0	La=0,055	2,8	80	58,6	Không có	Ví dụ so sánh
25	0,0023	0,000	0	0	0	0	0	0	Ce=0,080	2,1	70	59,3	Không có	Ví dụ so sánh

※1 Tổng của TiN, TiS, TiC

Như được minh họa trong bảng 1, số hợp chất Ti (sự tập trung vi hạt) như TiN, TiS và TiC trong tấm thành phẩm là $0,3 \times 10^{10}$ mẫu/mm³ hoặc nhỏ hơn trong các hàng số 6 đến số 21 là các ví dụ của sáng chế. Ngoài ra, các đường kính hạt tinh thể của các mẫu này là 100µm hoặc lớn hơn, và khả năng phát triển hạt tinh thể là tốt, và giá trị tổn hao lỗi từ tốt tương ứng với các ví dụ so sánh ngoại trừ số 22,

Mặt khác, hàm lượng Y trong mỗi số từ 1 đến 5 là các ví dụ so sánh thấp hơn giới hạn dưới trong khoảng lớn hơn 0,05% khối lượng đến 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn, ngoài ra, hàm lượng Ti trong số 23 là ví dụ so sánh cao hơn giới hạn trên trong khoảng từ 0,001% khối lượng đến 0,01% khối lượng. Ngoài ra, nguyên tố đất hiếm khác Y được sử dụng thay cho Y trong số 24, 25 là các ví dụ so sánh. Trong tất cả các ví dụ so sánh này, số hợp chất Ti như TiN, TiS và TiC được tạo ra trong tấm thép thành phẩm, và khả năng phát triển hạt tinh thể và giá trị tổn hao lỗi từ trở nên xấu hơn so với các ví dụ hiện tại. Ngoài ra, hàm lượng Y trong số 22 mà là ví dụ so sánh cao hơn giới hạn trên trong khoảng từ lớn hơn 0,05% khối lượng đến 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn, do đó trong số 22 là ví dụ so sánh, thì sự phân ly của Y xuất hiện ở biên hạt tấm thép thành phẩm, vảy sắt được tạo ra ở bề mặt tấm thép thành phẩm, và chất lượng bề mặt không tốt.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Như đã nêu trên, có thể thu được các đặc tính từ tốt và góp phần tiết kiệm năng lượng trong khi vẫn đáp ứng các yêu cầu của khách hàng nhờ việc ngăn sự kết tủa của TiN, TiS và TiC chứa trong tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng.

YÊU CẦU BẢO HỘ**1. Tấm thép kỹ thuật điện không được định hướng chứa:**

C: 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

Si: 1,0% khối lượng hoặc lớn hơn và 3,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

Al: 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn và 3,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

Mn: 0,1% khối lượng hoặc lớn hơn và 2,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

P: 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

S: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

Ti: 0,001% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

N: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn; và

Y: lớn hơn 0,05% khối lượng và 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn, còn lại là sắt và các tạp chất thông thường.

2. Tấm thép theo điểm 1, trong đó tấm thép này còn chứa:

các nguyên tố của (các) nhóm gồm một loại hoặc hai loại hoặc nhiều hơn được chọn từ:

nhóm thứ nhất gồm một loại hoặc hai loại được chọn từ nhóm bao gồm Cu: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và Cr: 20% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

nhóm thứ hai gồm một loại hoặc hai loại được chọn từ nhóm bao gồm Sn và Sb với tổng lượng 0,3% khối lượng hoặc nhỏ hơn;

nhóm thứ ba là Ni: 1,0% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và

nhóm thứ tư là Ca: 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

FIG. 1

