



(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)



1-0033183

(51)⁷ C21D 9/46; B21B 3/00; C22C 38/32;
C22C 38/00; B21B 1/22; B65G 15/48

(13) B

(21) 1-2015-05035

(22) 05/06/2014

(86) PCT/JP2014/064921 05/06/2014

(87) WO 2014/196586 A1 11/12/2014

(30) 2013-119156 05/06/2013 JP

(45) 25/09/2022 414

(43) 27/06/2016 339A

(73) NISSHIN STEEL CO., LTD. (JP)

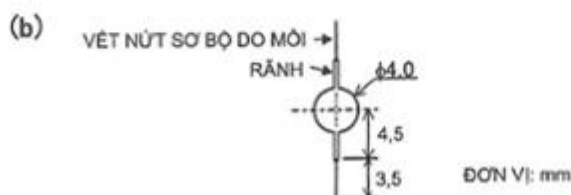
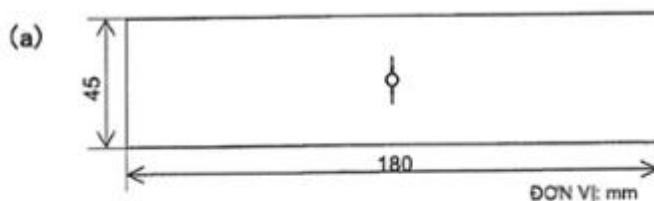
4-1, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8366, Japan

(72) TAGASHIRA Satoshi (JP); KOUTANI Shoichi (JP); OMOSAKO Koji (JP).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ WINCO (WINCO CO., LTD.)

(54) TẤM THÉP DÙNG LÀM BĂNG TẢI VÀ QUY TRÌNH SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép dùng làm băng tải có độ bền cao và khả năng chống phát triển khe nứt rất tốt. Sáng chế còn đề cập đến quy trình sản xuất tấm thép dùng làm băng tải bao gồm các bước: cán nóng tấm phôi thép có thành phần hóa học chứa C với lượng từ 0,60 đến 0,80%, Si với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Mn với lượng từ 0,10 đến 1,0%, P với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,020%, S với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, Cr với lượng từ 0,1 đến 1,0%, V với lượng từ 0 đến 0,5%, Ti với lượng từ 0 đến 0,1%, Nb với lượng từ 0 đến 0,1%, và B với lượng từ 0 đến 0,01%, toàn bộ các lượng này đều tính theo % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong điều kiện nhiệt độ cán nóng hoàn thiện từ 800 đến 900°C, tốc độ làm nguội trung bình từ khi cán hoàn thiện đến khi cuộn lại lớn hơn hoặc bằng 20°C/giây, và nhiệt độ khi cuộn lại từ 450 đến 650°C; sau đó cán nguội mà không xử lý nhiệt sản phẩm đã được cán nóng với tổng mức độ nghiền khi cán lớn hơn hoặc bằng 40% và mức độ nghiền trong một hành trình là nhỏ hơn 12%; và tiếp đó xử lý hóa già sản phẩm đã được cán nguội trong khi duy trì nhiệt độ từ 200 đến 500°C trong khoảng thời gian từ 0,5 đến 30 giờ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép dùng làm băng tải chứa nguyên liệu là thép cacbon và quy trình sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các băng tải bằng thép bao gồm băng tải bằng thép không gỉ được làm từ nguyên liệu là thép không gỉ và băng tải bằng thép cacbon được làm từ nguyên liệu là thép cacbon. Sáng chế đề cập đến băng tải loại thứ hai nghĩa là băng tải bằng thép cacbon. Các ví dụ làm đại diện về ứng dụng của băng tải bằng thép cacbon bao gồm băng chuyền của lò nướng bánh hoặc băng chuyền tương tự. Trong bản mô tả này, băng tải bằng thép nghĩa là băng tải bằng thép cacbon.

Băng tải bằng thép cacbon cần có các đặc tính sau đây.

(i) Sự cân bằng của độ bền (độ cứng) với tính dẻo và độ cứng chắc

Băng tải bằng thép được sử dụng với ứng suất kéo thích hợp tương ứng với mục đích của băng chuyền, và do đó cần có độ bền sao cho băng tải này không bị biến dạng khi tác dụng ứng suất vào nó. Băng tải bằng thép cũng cần có độ cứng bề mặt sao cho ngăn ngừa được sự tạo vết xước khi sử dụng. Trong quá trình sản xuất băng tải bằng thép, việc hiệu chỉnh hình dạng của nó được thực hiện bằng cách tác dụng biến dạng kéo vào đó. Ở thời điểm này, độ bền của nó là quá lớn nên không thể thực hiện được việc hiệu chỉnh hình dạng do tính dẻo (khả năng biến dạng dẻo) không đủ. Ngoài ra, cần có tính dẻo thích hợp để đảm bảo độ cứng chắc khi sử dụng.

(ii) Độ bền mỏi

Băng chuyền chịu ứng suất uốn lặp lại khi sử dụng nên cần có độ bền mỏi cao.

(iii) Tính hàn được

Tấm thép được hàn để tạo hình thành dạng băng tải liên tục. Đôi khi băng tải bằng thép có thể được hàn để sửa chữa. Do đó, băng tải này cần có tính hàn được tốt.

(iv) Độ phẳng

Ứng dụng làm đại diện của băng tải bằng thép cacbon là băng chuyền của lò như được mô tả trên đây, và băng tải này cần có hình dạng phẳng khi sử dụng. Độ phẳng của nó được tăng lên bằng cách tiến hành hiệu chỉnh hình dạng khi sản xuất băng chuyền từ cuộn vật liệu và tác dụng ứng suất kéo khi sử dụng băng chuyền này, và cuộn vật liệu cũng cần có độ phẳng tốt.

Đã có nhiều nghiên cứu khác nhau được tiến hành để tìm ra phương pháp thu được các đặc tính trên đây, và ví dụ, phương pháp xử lý tôi và ram và xử lý cán là cho thép cacbon trung bình, phương pháp xử lý như tôi chì và tạo màng oxit xanh, đã được sử dụng ban đầu trong lĩnh vực dây thép, cho tấm thép như được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2, và tài liệu tương tự đã được phát triển. Phần lớn các băng tải bằng thép cacbon thông thường đã mô tả trên đây được sản xuất bằng một trong số các quy trình sau đây.

(i) xử lý tôi và ram tấm thép đã được cán nguội hoặc cán nóng chứa hàm lượng cacbon khoảng 0,65%.

(ii) xử lý theo thứ tự tôi chì, cán nguội và tạo màng oxit xanh đối với tấm thép đã được cán nguội hoặc cán nóng chứa hàm lượng cacbon khoảng 0,65%.

Băng tải bằng thép có bán trên thị trường hiện nay đáp ứng tính năng cơ bản mà không gặp phải các vấn đề về đặc tính từ (i) đến (iv) trên thực tế. Trong những năm gần đây, theo nhu cầu cải thiện độ bền lâu (thời hạn sử dụng), tác giả

sáng chế bộc lộ giải pháp kỹ thuật nêu trong tài liệu sáng chế 3.

Một trong số các yếu tố làm giảm độ bền lâu của băng tải bằng thép là sự phá hủy do mỏi. Sự phá hủy do mỏi này xuất hiện theo cơ chế là các vết nứt nhỏ được tạo từ các điểm bắt đầu, nghĩa là các vết nứt ở mặt rìa của băng tải hoặc các vết nứt được tạo ra khi sử dụng, phát triển trên khu vực xung quanh do ứng suất lặp lại. Khi các vết nứt có thể phát triển trong vật liệu nghĩa là vật liệu có khả năng chống phát triển khe nứt kém, các vết nứt nhỏ có thể phát triển thành các vết nứt còn được gọi là vết nứt do mỏi khi chịu tác động của ứng suất lặp lại. Khi các vết nứt do mỏi phát triển đến kích thước nhất định, vật liệu này bị phá vỡ đột ngột dưới ứng suất lặp lại. Đây là sự phá hủy do mỏi. Do đó, để làm gia tăng độ bền lâu và độ tin cậy của băng tải bằng thép, điều quan trọng là làm gia tăng khả năng chống phát triển khe nứt.

Vấn đề cần xem xét là khả năng chống phát triển khe nứt bị ảnh hưởng đáng kể bởi cấu trúc kim loại của vật liệu. Khó làm gia tăng khả năng chống phát triển khe nứt ở mức cao và ổn định chỉ bằng cách điều chỉnh cấu trúc kim loại, và đây là một trong số các yếu tố cản trở sự phát triển kỹ thuật làm gia tăng độ bền lâu của băng tải bằng thép. Tác giả sáng chế đã biết rằng cấu trúc kim loại là yếu tố hữu hiệu để làm gia tăng ổn định khả năng chống phát triển khe nứt trong tài liệu sáng chế 3, nhờ đó khả năng chống phát triển khe nứt của tấm thép dùng làm băng tải đã được tăng lên đáng kể. Đồng thời, không cần tiến hành việc xử lý biến đổi đẳng nhiệt, như tôi chì và nhờ đó tấm thép có khả năng chống phát triển khe nứt cao có thể được sản xuất bằng quy trình đơn giản.

Theo phương pháp của tài liệu sáng chế 3, khả năng chống phát triển khe nứt được gia tăng bằng cách giới hạn hàm lượng C nhỏ hơn hoặc bằng 0,60%. Tuy nhiên, có các trường hợp trong đó cần tăng hàm lượng C do một số mục đích khi sử dụng thép hypoeutectoit làm băng tải. Cụ thể, sự tăng hàm lượng C là có lợi để

làm gia tăng độ bền. Sáng chế đề xuất kỹ thuật để cải thiện khả năng chống phát triển khe nứt của thép hypoeutectoit với khoảng hàm lượng C rộng. Cụ thể, kỹ thuật được đề xuất này là hữu hiệu để đạt được cả việc làm gia tăng thêm độ bền và duy trì khả năng chống phát triển khe nứt rất tốt ở băng tải bằng thép cacbon. Ngoài ra, phương pháp được đề xuất này dùng để sản xuất tấm thép dùng làm băng tải bằng quy trình đơn giản nêu trên mà không cần bổ sung thêm bước cụ thể bất kỳ để hiệu chỉnh độ phẳng.

Tài liệu sáng chế 1: JP-A-47-38616

Tài liệu sáng chế 2: JP-A-57-101615

Tài liệu sáng chế 3: Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số JP 3964246

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để đạt được các mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất quy trình sản xuất tấm thép dùng làm băng tải bao gồm các bước: cán nóng tấm phôi thép có thành phần hóa học chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,60 đến 0,80%, Si với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,0%, P với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,020%, S với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1,0%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, và B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%, toàn bộ các lượng này đều tính theo % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong điều kiện nhiệt độ cán nóng hoàn thiện nằm trong khoảng từ 800 đến 900°C, tốc độ làm nguội trung bình từ khi cán hoàn thiện đến khi cuộn lại lớn hơn hoặc bằng 20°C/giây, và nhiệt độ khi cuộn lại nằm trong khoảng từ 450 đến 650°C; sau đó, cán nguội mà không xử lý nhiệt sản phẩm đã được cán nóng với tổng mức độ nghiền khi cán lớn hơn hoặc bằng 40% và mức độ nghiền trong

một hành trình là nhỏ hơn 12%, và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 10%; và tiếp đó xử lý hóa già sản phẩm đã được cán nguội trong khi duy trì nhiệt độ nằm trong khoảng từ 200 đến 500°C trong khoảng thời gian từ 0,5 đến 30 giờ. Quy trình này có thể còn bao gồm bước cán là với mức độ nghiền khi cán nhỏ hơn hoặc bằng 10% sau khi xử lý hóa già.

Trong các nguyên tố thành phần nêu trên, V, Ti, Nb và B là các nguyên tố bổ sung tùy ý.

Mức độ nghiền khi cán trong một hành trình cán được thể hiện bằng công thức (1) sau đây:

$$\text{Mức độ nghiền khi cán (\%)} = (h_0 - h_1) / h_0 \times 100 \quad (1)$$

trong đó h_0 là độ dày tấm (mm) trước hành trình cán, và h_1 là độ dày tấm (mm) sau hành trình cán.

Tổng mức độ nghiền khi cán được thể hiện bằng công thức (2) sau đây:

$$\text{Tổng mức độ nghiền khi cán (\%)} = (H_0 - H_1) / H_0 \times 100 \quad (2)$$

trong đó H_0 là độ dày tấm (mm) trước khi bắt đầu cán (trước hành trình cán thứ nhất), và H_1 là độ dày tấm (mm) sau khi cán xong (sau hành trình cán cuối cùng).

Tốt hơn nếu thành phần hóa học của thép bao gồm C với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn 0,60% đến 0,80%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,002 đến 0,020%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,010%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,50%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, và B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,010%, toàn bộ các lượng này đều tính theo % khối lượng, với lượng còn

lại là Fe và các tạp chất không tránh được. Trong trường hợp này, V, Ti, Nb và B cũng là các nguyên tố bổ sung tùy ý. Trong mỗi hành trình cán nguội, tốt hơn nếu nhiệt độ vật liệu được duy trì ở mức nhỏ hơn hoặc bằng 110°C , và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 100°C .

Tấm thép thu được bằng quy trình sản xuất này có, ví dụ, cấu trúc kim loại chứa cấu trúc pearlit với tỷ lệ lớn hơn hoặc bằng 70% thể tích, và tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 90% thể tích, với tỷ lệ còn lại là pha pro-eutectoid ferrit, độ bền kéo theo hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1100MPa, và tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 1300MPa, và khả năng chống phát triển khe nứt theo mục (A) sau đây lớn hơn hoặc bằng 600MPa. Lượng pro-eutectoid ferrit bằng, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 0,1% thể tích. Do đó, lượng cấu trúc pearlit có thể được xác định để nhỏ hơn hoặc bằng 99,9% thể tích.

(A) Mẫu thử nghiệm được thể hiện trên Fig.1 được thử nghiệm kéo theo hướng chiều dọc của nó (phù hợp với hướng cán) ở nhiệt độ trong phòng và tốc độ kéo bằng 0,3mm/phút, để tạo ra đường cong tải trọng-độ giãn dài để từ đó thu được tải trọng tối đa, và giá trị thu được bằng cách chia tải trọng tối đa cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu ($45\text{mm} \times$ độ dày) được chọn làm khả năng chống phát triển khe nứt (đơn vị: MPa).

Fig.1(a) là hình chiếu bằng thể hiện hình dạng tổng thể của mẫu thử nghiệm. Fig.1(b) là hình vẽ phóng to của lỗ được thể hiện ở giữa Fig.1(a), hình vẽ này thể hiện lỗ và các rãnh được tạo ra quanh lỗ này, và hình dạng và kích thước của các vết nứt sơ bộ do mỏi. Mỗi rãnh có chiều rộng khoảng 2,5mm được tạo ra trên cả hai phía theo hướng chiều rộng của lỗ có đường kính 4,0mm ở tâm của mẫu thử nghiệm, và các vết nứt sơ bộ do mỏi có chiều dài $3,5 \pm 0,1\text{mm}$ được tạo ra ở phía cuối của các rãnh này. Các vết nứt sơ bộ do mỏi có thể được tạo ra theo cách sao cho sau khi tạo ra các rãnh trên cả hai phía của lỗ này, thử nghiệm độ bền mỏi

mạch động một phần được thực hiện bằng cách tác dụng tải trọng lặp lại theo hướng chiều dọc của mẫu thử nghiệm.

Nhiệt độ trong phòng ở đây có nghĩa là nhiệt độ nằm trong khoảng từ 10 đến 35°C như được mô tả trong tiêu chuẩn JIS Z2241:2011 (phương pháp thử nghiệm kéo đối với vật liệu kim loại).

Sáng chế còn đề xuất băng tải bằng thép có tấm thép được tạo hình thành băng tải liên tục bằng cách hàn. Băng tải bằng thép này có thể được ứng dụng thuận lợi vào băng tải dùng làm băng chuyền.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1(a) là hình chiếu bằng thể hiện hình dạng của mẫu thử nghiệm để xác định khả năng chống phát triển khe nứt, và Fig.1(b) là hình vẽ phóng to thể hiện các kích thước của lỗ, các rãnh và các vết nứt sơ bộ do mỏi được tạo ra ở tâm của mẫu thử nghiệm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được mô tả trong tài liệu sáng chế 3 của tác giả sáng chế, vấn đề cần xem xét là cấu trúc được tạo ra chủ yếu là peclit, cấu trúc tối ưu trên thực tế của cấu trúc kim loại có sự cân bằng về độ bền (độ cứng) so với tính dẻo và độ cứng chắc ở mức cao thích hợp dùng làm băng tải bằng thép. Theo phần mô tả của tài liệu sáng chế 3 và các nghiên cứu sau đó của tác giả sáng chế, kiến thức thu được sau đây về trạng thái cấu trúc có hiệu quả cải thiện khả năng chống phát triển khe nứt của tấm thép được tạo ra chủ yếu là peclit.

(1) Trong trường hợp tấm thép có cấu trúc chứa pro-eutectoit ferit và peclit được gia công, cấu trúc peclit được hóa cứng khi gia công nguội có khả năng chống phát triển khe nứt cao hơn cấu trúc pro-eutectoit ferit được hóa cứng

khi gia công nguội. Trong những năm gần đây, để tạo ra băng tải bằng thép có độ bền lâu cao đáp ứng yêu cầu, lượng cấu trúc peclit trong tấm thép cần lớn hơn hoặc bằng 70% thể tích, và tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 90% thể tích.

(2) Trong quá trình cán nguội, các vết nứt nhỏ được đưa vào cấu trúc peclit và có thể là các điểm bắt đầu của các vết nứt do mỏi. Các vết nứt nhỏ được tạo ra trong tấm xementit.

(3) Khó tạo ra các vết nứt nhỏ khi cán nguội khi tấm xementit trong cấu trúc peclit mỏng hơn. Cụ thể, trong trường hợp tỷ lượng theo thể tích của xementit trong cấu trúc peclit nhỏ hơn hoặc bằng 15%, tấm xementit này khó bị tạo vết nứt, và nhờ đó khả năng chống phát triển khe nứt của tấm thép được tăng lên đáng kể.

(4) Trong tấm thép được tạo ra để dùng làm băng tải, độ dày của pha pro-eutectoit ferit theo hướng độ dày của tấm này nhỏ hơn hoặc bằng 5 μ m là hữu hiệu để tạo ra khả năng chống phát triển khe nứt cao.

Các tác giả đã tiến hành nhiều nghiên cứu để tìm ra phương pháp làm tăng thêm độ bền dựa trên kiến thức này. Kết quả là đã phát hiện được rằng trong thép hypoeutectoit, việc tăng hàm lượng C và cho thêm Cr có hiệu quả đáng kể trong việc làm gia tăng độ bền trong khi duy trì khả năng chống phát triển khe nứt cao. Cụ thể, Cr có tác dụng làm gia tăng đáng kể khả năng chống phát triển khe nứt ở thép hypoeutectoit có hàm lượng C tăng quá mức, ví dụ, 0,6% khối lượng. Cr có thể được thêm vào với mục đích cải thiện đặc tính tôi và làm gia tăng độ bền. Tuy nhiên, độ bền lâu của băng tải bằng thép không tăng lên khi cho thêm Cr vào thép có thành phần gần giống với thành phần eutectoit có hàm lượng C cao quá mức, ví dụ, 0,6% khối lượng.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu chi tiết đối với nhiều yếu tố khác nhau làm giảm độ phẳng khi làm hóa cứng bằng cách gia công nguội tấm thép có cấu trúc chứa pro-eutectoit ferit và peclit bằng cách thực hiện bước

cán nguội. Các yếu tố xác định hình dạng của thép được cán nguội thường liên quan đến việc thiết lập các điều kiện khác nhau của máy cán. Ví dụ về việc thiết lập điều kiện này bao gồm đường kính, vật liệu và profin của trục cán, chế độ hành trình, và điều kiện bôi trơn. Đối với các yếu tố liên quan đến đặc tính của tấm thép, sự thay đổi của vật liệu (ví dụ, độ cứng) có thể được xem xét, nhưng miễn là việc cán nóng được thực hiện trong các điều kiện thích hợp trong công nghiệp, có thể không có sự thay đổi của vật liệu bên trong cuộn vật liệu dẫn đến làm giảm độ phẳng.

Nhờ các nghiên cứu chi tiết dựa trên các yếu tố này, đã xác định được rằng mặc dù vật liệu của tấm thép được cán nóng là đều, vẫn có các trường hợp trong đó độ phẳng bị giảm đi khi tăng nhiệt độ của tấm vật liệu do nhiệt gia công khi cán nguội. Điều này có thể xảy ra theo cơ chế sau đây.

(a) Mức độ nghiền khi cán trong một hành trình khi cán nguội cao hơn sinh ra nhiệt gia công lớn hơn, điều này làm tăng nhiệt độ của cuộn vật liệu, và khi nhiệt độ của tấm thép lớn hơn 110°C , sự hóa già do ứng suất động lực xuất hiện làm tăng nhanh chóng tính chống biến dạng khi cán nguội.

(b) Nhiệt gia công tỏa ra bên ngoài hệ thống do sự dẫn nhiệt đến trục cán và dầu cán, và do đó sự tăng nhiệt độ ở phần giữa theo hướng chiều rộng của cuộn vật liệu là lớn hơn ở phần rìa theo hướng chiều rộng của nó.

(c) Trong trường hợp nhiệt độ cuộn vật liệu tăng lên do nhiệt gia công lớn, nhiệt độ ở phần giữa theo hướng chiều rộng lớn hơn 110°C trước tiên sẽ gây hiện tượng hóa già do ứng suất động học. Do đó, xuất hiện các trạng thái mà phần giữa có tính chống biến dạng cao, trong khi các phần ở mép có tính chống biến dạng thấp. Kết quả là mức độ biến dạng (độ giãn dài) trở nên không đều theo hướng chiều dọc, do đó làm giảm độ phẳng.

(d) Do đó, để ngăn ngừa tính chống biến dạng theo hướng chiều dọc

không đều, tốt hơn nếu mức độ nghiền khi cán trong một hành trình cán nguội được kiểm soát để ngăn ngừa hiện tượng nhiệt độ vật liệu ở phần giữa của tấm thép theo hướng chiều dọc (nghĩa là hướng vuông góc với hướng cán) tăng lên quá 110°C . Cũng sẽ tốt hơn nữa nếu nhiệt độ vật liệu ở phần giữa của tấm thép theo hướng chiều dọc được kiểm soát nhỏ hơn hoặc bằng 100°C .

Sáng chế đã được hoàn thành dựa trên sự phát hiện này. Các mục xác định sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Các nguyên tố thành phần

C là nguyên tố quan trọng để tạo ra cấu trúc kim loại chủ yếu là peclit. Cụ thể, hàm lượng C có ảnh hưởng đáng kể đến lượng và dạng peclit. Khi hàm lượng C thấp, tỷ lượng theo thể tích của cấu trúc peclit trong tấm thép được cán nóng bị giảm đi và có thể khó đảm bảo đủ lượng cấu trúc peclit trong tấm thép được tạo ra để dùng làm băng tải bằng thép. Khả năng hóa cứng khi cán nguội bị giảm đi khi tăng lượng pro-eutectoit ferit, điều này có thể làm cho tổng mức độ nghiền khi cán trong quá trình cán nguội trở nên cao quá mức để tạo ra độ bền đích. Ngoài ra, sự biến dạng khi gia công của pha pro-eutectoit ferit có thể quá mức, và lượng cấu trúc peclit, yếu tố có lợi cho tính dẻo và độ cứng chắc, có thể sẽ nhỏ, dẫn đến làm giảm tính dẻo và độ cứng chắc. Nhờ nhiều nghiên cứu khác nhau, đã xác định được hàm lượng C theo sáng chế lớn hơn hoặc bằng 0,60% khối lượng, và tốt hơn là lớn hơn 0,60% khối lượng.

Mặt khác, khi hàm lượng C tăng lên, tỷ lệ xementit trong cấu trúc peclit cũng tăng lên. Cụ thể, khi hàm lượng C lớn hơn 0,80% khối lượng, pha pro-eutectoit xementit được tạo ra trong cấu trúc peclit có thể ngăn cản sự gia tăng ổn định của khả năng chống phát triển khe nứt. Ngoài ra, độ cứng của chi tiết được hàn có thể được tăng lên, và độ cứng chắc có thể bị giảm đi.

Dựa vào các yếu tố nêu trên, hàm lượng C theo sáng chế cần được kiểm

soát chặt chẽ để nằm trong khoảng từ 0,60 đến 0,80% khối lượng, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ lớn hơn 0,60% khối lượng đến 0,80% khối lượng.

Si là nguyên tố khử oxy hóa hữu hiệu của thép nóng chảy. Tốt hơn nếu hàm lượng Si lớn hơn hoặc bằng 0,10% khối lượng. Tuy nhiên, khi hàm lượng Si lớn hơn 1,00% khối lượng, cả tấm thép được cán nóng và tấm thép được cán nguội đều có thể bị hóa cứng, điều này làm giảm năng suất.

Mn có tác dụng làm giảm khoảng cách giữa các phiến trong cấu trúc peclit. Khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,10% khối lượng, cấu trúc peclit dạng tấm mỏng có thể không được tạo ra, và cấu trúc giả peclit có xementit dạng hạt được phân tán trong đó có xu hướng được tạo ra. Trong trường hợp này, có thể không thu được sự cân bằng tốt về độ bền (độ cứng) so với tính dẻo và độ cứng chắc. Mặt khác, khi hàm lượng Mn lớn hơn 1,0% khối lượng, độ cứng chắc có thể bị giảm đi do sự hóa cứng của tấm thép.

P có thể làm giảm độ cứng chắc của tấm thép do sự tách ra của nó ở ranh giới hạt austenit. Hàm lượng P nhỏ hơn hoặc bằng 0,020% khối lượng có thể được chấp nhận theo sáng chế làm khoảng không gây ra vấn đề bất kỳ trên thực tế. Sự loại phospho quá mức có thể làm tăng tải trọng khi sản xuất thép, và do đó hàm lượng P có thể thường nằm trong khoảng từ 0,002 đến 0,020% khối lượng.

S tạo ra MnS trong thép và có thể là các điểm bắt đầu của vết nứt, điều này có thể làm giảm đặc tính độ bền mỏi. Hàm lượng S nhỏ hơn hoặc bằng 0,010% khối lượng có thể được chấp nhận theo sáng chế làm khoảng không gây ra vấn đề bất kỳ trên thực tế. Sự loại lưu huỳnh quá mức có thể làm tăng tải trọng khi sản xuất thép, và do đó hàm lượng S có thể thường nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,010% khối lượng.

Cr có tác dụng làm giảm khoảng cách giữa các phiến trong cấu trúc peclit, và do đó việc cho thêm nguyên tố này được cho là có lợi trong trường hợp dự định

làm tăng độ bền. Việc cho thêm nguyên tố này có thể làm tăng độ bền mà không làm giảm độ cứng chắc. Có các trường hợp trong đó Cr được thêm vào để kiểm soát đặc tính biến dạng của pearlit (vị trí đỉnh trên đường cong TTT). Mặt khác, trong khi sự tăng hàm lượng C là hữu hiệu để làm gia tăng độ bền của thép hypoeutectoid, vấn đề nảy sinh là sự tăng hàm lượng C có thể làm giảm khả năng chống phát triển khe nứt. Do đó, hàm lượng C được giới hạn nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,6% khối lượng khi mục đích về khả năng chống phát triển khe nứt là quan trọng. Mặc dù Cr được thêm vào để làm tăng độ bền theo hàm lượng C này, vẫn khó đạt được độ bền kéo cao theo hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1300MPa.

Tuy nhiên, theo các nghiên cứu chi tiết của tác giả sáng chế, đã phát hiện được rằng trong trường hợp hàm lượng C tăng lên, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 0,60% khối lượng, và tốt hơn là lớn hơn 0,60% khối lượng, và Cr có mặt với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,10% khối lượng, khả năng chống phát triển khe nứt có thể được cải thiện đáng kể trong khi đạt được độ bền kéo cao lớn hơn hoặc bằng 1300MPa. Tuy nhiên, khi hàm lượng Cr cao quá mức, có các trường hợp trong đó khả năng chống phát triển khe nứt bị giảm khá nhiều. Nhờ nhiều nghiên cứu khác nhau, đã xác định được hàm lượng Cr cần được giới hạn nhỏ hơn hoặc bằng 1,00% khối lượng, và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,80% khối lượng. Hàm lượng Cr có thể được kiểm soát nhỏ hơn hoặc bằng 0,60% khối lượng.

Tất cả các nguyên tố V, Ti và Nb đều có tác dụng làm giảm cỡ hạt austenit để góp phần làm gia tăng khả năng chống phát triển khe nứt, và do đó ít nhất một trong số các nguyên tố này có thể được thêm vào, tùy theo nhu cầu. Tuy nhiên, hiệu quả của chúng có thể trở nên bão hòa khi cho thêm chúng với lượng lớn, và do đó tốt hơn nếu lượng tương ứng của chúng là V với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% khối lượng, Ti với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,10% khối lượng, và Nb với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,10% khối lượng. Hữu hiệu hơn nữa nếu cho thêm ít

nhất một trong số các nguyên tố: V với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,50% khối lượng, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,10% khối lượng, và Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,10% khối lượng.

B góp phần làm gia tăng khả năng chống phát triển khe nứt nhờ việc làm tăng độ bền của ranh giới hạt austenit trước, và do đó có thể được thêm vào, tùy theo nhu cầu. Tuy nhiên, hiệu quả của nó có thể bị bão hòa khi cho thêm B với lượng lớn, và do đó trong trường hợp cho thêm B, tốt hơn nếu lượng của nó nhỏ hơn hoặc bằng 0,010% khối lượng. Để có được hiệu quả đáng kể của nó, hữu hiệu hơn nữa nếu cho thêm B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,001% khối lượng.

Cấu trúc kim loại

Theo sáng chế, trong tấm thép được tạo ra để dùng làm băng tải bằng thép, tỷ lượng theo thể tích của cấu trúc pearlit trong cấu trúc kim loại có thể lớn hơn hoặc bằng 70%, và tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 90%. Lượng còn lại không phải pearlit là pha pro-eutectoid ferrit. Khi tấm thép được cán nóng có cấu trúc kim loại chứa pearlit được cán nguội, khoảng cách giữa các phiến được giảm đi trong khi các phiến mỏng của cấu trúc pearlit được định hướng theo hướng cán nguội. Cấu trúc pearlit bị hóa cứng khi gia công nguội do sự tạo thành các phiến mỏng mịn được sắp xếp thẳng hàng theo hướng cán. Cấu trúc pearlit mịn có các phiến mỏng được sắp xếp thẳng hàng theo hướng cán bị giảm độ cứng chắc, bất kể độ bền của nó lớn. Ngoài ra, bằng cách thực hiện việc xử lý hóa già, tính dẻo và độ cứng chắc của nó được cải thiện thêm độ bền trong khi duy trì độ bền cao.

Trong trường hợp lượng cấu trúc pearlit là nhỏ, cần tăng mức độ nghiền khi cán nguội để tạo ra độ bền cần thiết cho băng tải bằng thép gần đây (nghĩa là độ bền kéo theo hướng cán bằng 1100MPa, và tốt hơn là bằng 1300MPa) do lượng pha pro-eutectoid ferrit có khả năng hóa cứng khi gia công nguội là lớn. Khi so sánh giữa pha pro-eutectoid ferrit được hóa cứng khi gia công nguội và cấu trúc pearlit

được hóa cứng khi gia công nguội, cấu trúc peclit được hóa cứng khi gia công nguội có khả năng chống phát triển khe nứt lớn hơn, và do đó lượng peclit nhỏ sẽ không có lợi cho việc làm gia tăng khả năng chống phát triển khe nứt của tấm thép. Nhờ nhiều nghiên cứu khác nhau, để làm gia tăng đáng kể khả năng chống phát triển khe nứt trong khi duy trì độ bền kéo cao lớn hơn hoặc bằng 1100MPa, tỷ lượng theo thể tích của cấu trúc peclit trong cấu trúc kim loại của tấm thép cần ít nhất là bằng 70%. Cụ thể, để tạo ra băng tải bằng thép có mức độ bền kéo theo hướng cán, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 1300MPa một cách ổn định, tốt hơn nếu tỷ lượng theo thể tích của cấu trúc peclit trong cấu trúc kim loại của tấm thép này lớn hơn hoặc bằng 90%. Cụ thể hơn, cấu trúc kim loại được ưu tiên là cấu trúc có cấu trúc peclit chiếm từ 70 đến 99,9% thể tích, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 90 đến 99,9% thể tích, với cấu trúc còn lại là pha pro-eutectoit ferit.

Để làm gia tăng khả năng chống phát triển khe nứt, cách có hiệu quả đáng kể là ngăn ngừa hiện tượng pha pro-eutectoit ferit, có độ bền tương đối thấp trong cấu trúc kim loại của tấm thép, bị phá vỡ. Trong tấm thép được tạo ra để dùng làm băng tải bằng thép, tốt hơn nếu độ dày của pha pro-eutectoit ferit theo hướng độ dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 5 μ m. Pha ferit có tính dẻo cao nhưng có sự cân bằng về độ bền so với tính dẻo và độ cứng chắc sau khi cán nguội so với cấu trúc peclit. Pha pro-eutectoit ferit trong tấm thép được cán nóng được kéo dài theo hướng cán bằng cách cán nguội, và trong trường hợp độ dày của pha pro-eutectoit ferit theo hướng độ dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 5 μ m sau khi cán nguội, tính dẻo và độ cứng chắc của cấu trúc peclit bị giảm đáng kể, vì thế ngăn ngừa khả năng chống phát triển khe nứt bị giảm đi. Để tạo ra pha pro-eutectoit ferit có cấu trúc này, tốt hơn nếu tăng tốc độ làm nguội của quá trình cán hoàn thiện của bước cán nóng để ngăn chặn lượng tạo ra của pha pro-eutectoit ferit đến mức thấp. Nhờ thực hiện các nghiên cứu thêm, đã phát hiện được rằng bằng cách cho thêm Cr vào thép với

lượng lớn hơn hoặc bằng 0,10% khối lượng, lượng pro-eutectoit ferit tạo ra được giảm đi, và cỡ hạt của nó được giảm đi, dẫn đến khả năng chống phát triển khe nứt cao có thể được sử dụng đủ làm băng tải bằng thép ngay cả trong trường hợp độ bền của nó được tăng thêm bằng cách tăng hàm lượng C.

Tính chất vật lý

Để đảm bảo độ bền lâu và độ tin cậy cần thiết cho băng tải bằng thép gần đây, các ví dụ cụ thể về tính chất vật lý của tấm thép được sử dụng bao gồm các đặc tính sao cho độ bền kéo theo hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1100MPa, và tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 1300MPa, ở nhiệt độ trong phòng, và khả năng chống phát triển khe nứt theo mục (A) sau đây lớn hơn hoặc bằng 600MPa.

(A) Mẫu thử nghiệm được thể hiện trên Fig.1 được thử nghiệm kéo theo hướng chiều dọc của nó (phù hợp với hướng cán) ở nhiệt độ trong phòng và tốc độ kéo bằng 0,3 mm/phút để tạo ra đường cong tải trọng-độ giãn dài, từ đó thu được tải trọng tối đa, và giá trị thu được bằng cách chia tải trọng tối đa cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu (45mm × độ dày) được chọn làm khả năng chống phát triển khe nứt (đơn vị: MPa).

Tốt hơn nếu độ giãn dài toàn phần theo hướng cán ở nhiệt độ trong phòng lớn hơn hoặc bằng 5,0%.

Tấm thép dùng làm băng tải có cấu trúc kim loại và tính chất vật lý nêu trên có thể được sản xuất, ví dụ, bằng quy trình sau đây.

Cán nóng

Trong quá trình cán nóng, tốt hơn nếu tốc độ làm nguội sau khi cán nóng hoàn thiện là lớn để làm tăng mức độ quá lạnh của sự biến đổi peclit. Cụ thể, trong trường hợp thép có thành phần nêu trên được sử dụng, tốt hơn nếu quy trình này được sử dụng sao cho nhiệt độ cán nóng hoàn thiện (nghĩa là nhiệt độ cán của chu trình cán nóng cuối cùng) nằm trong khoảng từ 800 đến 900°C, và thép này được

làm nguội nhanh để làm cho tốc độ làm nguội trung bình từ chu trình cán cuối cùng đến khi cuộn lại bằng $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và sau đó được cuộn lại ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 450 đến 650°C . Quy trình này cũng có tác dụng ngăn chặn lượng pha pro-eutectoit ferit tạo ra và tác dụng làm giảm cỡ hạt của nó, như được mô tả trên đây.

Cán nguội

Sáng chế đã xác định được cấu trúc kim loại để đạt được sự cân bằng của độ bền với tính dẻo và độ cứng chắc và độ bền lâu ở mức cao. Nhờ nhiều nghiên cứu khác nhau đối với quy trình sản xuất này, đã phát hiện được rằng tấm thép có cấu trúc kim loại này có thể được tạo ra bằng quy trình cán nguội trực tiếp đối với tấm thép được cán nóng mà không cần xử lý biến đổi đẳng nhiệt thường được thực hiện. Trong trường hợp băng tải bằng thép cần có độ phẳng, băng tải bằng thép như băng chuyền sẽ được tạo ra, tuy nhiên, có lợi đáng kể nếu tạo ra tấm thép nguyên liệu có độ phẳng cao. Để tạo ra tấm thép có độ phẳng cao, đã phát hiện được rằng có lợi ích đáng kể nếu ngăn ngừa sự hóa già do ứng suất động học có liên quan đến sự tăng nhiệt độ khi cán nguội, như được mô tả trong các mục từ (a) đến (d) trên đây. Trong trường hợp nhiệt độ bề mặt của vật liệu ở phần giữa theo hướng vuông góc với hướng cán của tấm thép (nghĩa là hướng chiều rộng) lớn hơn 110°C , sự hóa già do ứng suất động học có thể xuất hiện ở phần giữa theo hướng chiều dọc, và sự thay đổi các đặc tính xuất hiện giữa các phần rìa theo hướng chiều dọc bị tăng nhiệt độ với mức tương đối nhỏ và phần giữa theo hướng chiều dọc, sẽ trở thành yếu tố làm giảm độ phẳng của tấm thép được cán nguội. Tốt hơn nếu kiểm soát nhiệt độ bề mặt của vật liệu ở phần giữa theo hướng chiều dọc nhỏ hơn hoặc bằng 100°C .

Theo sáng chế, phương pháp tạo ra tấm thép có độ phẳng tốt bằng cách làm giảm mức độ thay đổi về các đặc tính do sự hóa già do ứng suất động học gây ra

trong quá trình cán nguội, tấm thép được cán nóng nhưng không được xử lý nhiệt sau khi cán nóng được cán nguội có tổng mức độ nghiêng khi cán lớn hơn hoặc bằng 40% và mức độ nghiêng tối đa trong một hành trình là nhỏ hơn 12%. Tốt hơn nữa nếu mức độ nghiêng tối đa trong một hành trình nhỏ hơn hoặc bằng 10%. Khi mức độ nghiêng trong một hành trình tăng lên, nhiệt độ của tấm thép có thể bị tăng lên, điều này làm cho khó ngăn ngừa được sự thay đổi các đặc tính do sự hóa già do ứng suất động học gây ra. Khi tổng mức độ nghiêng khi cán trong bước cán nguội là nhỏ, khó thu được độ bền cao, và điều này không có lợi cho việc cải thiện độ phẳng. Khi tổng mức độ nghiêng trong bước cán nguội là quá lớn, tính dẻo có thể bị giảm đi. Tốt hơn nếu tổng mức độ nghiêng khi cán nhỏ hơn hoặc bằng 75% trong trường hợp tính dẻo là yếu tố quan trọng.

Cụ thể, tấm thép được cán nóng sau khi cán nóng có thể được tẩy gỉ, và sau đó được cán nguội trực tiếp trên dây chuyền cán nguội. Trong trường hợp việc cán nguội được thực hiện với trục cán theo dây chuyền được kết hợp với dây chuyền tẩy gỉ hoặc dây chuyền tương tự, tổng mức độ nghiêng khi cán nguội cho đến khi xử lý hóa già có thể nằm trong khoảng nêu trên. Trong trường hợp bất kỳ, có thể không cần thực hiện việc xử lý nhiệt giữa bước cán nóng và cán nguội.

Xử lý hóa già

Sau khi cán nguội, việc xử lý hóa già trong khi duy trì nhiệt độ nằm trong khoảng từ 200 đến 500°C trong khoảng thời gian từ 0,5 đến 30 giờ được thực hiện.

Cán là

Việc cán là có thể được thực hiện, nếu cần. Trong trường hợp việc cán là được thực hiện sau khi xử lý hóa già, tốt hơn nếu việc cán là được thực hiện với mức độ nghiêng nhỏ hơn hoặc bằng 10%.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Tạo ra các thép có thành phần hóa học được thể hiện trong Bảng 1, và được cán nóng, cán nguội, xử lý hóa già, và cán là theo thứ tự này trong các điều kiện sau đây để tạo ra các tấm thép có độ dày 1,0mm. Điều kiện cán nóng được mô tả trong Bảng 2. Tốc độ làm nguội trung bình từ khi cán hoàn thiện đến cuộn lại bằng 10°C/giây đối với thép số 3 trong Bảng 2, 60°C/giây đối với thép số 4, và 30°C/giây đối với các thép còn lại. Độ dày của các tấm thép được cán nóng nằm trong khoảng từ 2,0 đến 5,0mm. Trong quá trình cán nguội, tấm thép đã được cán nóng được tẩy gỉ và sau đó được cán đến độ dày nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,1mm. Mức độ nghiền tối đa khi cán trong một hành trình nghiền nguội bằng 7%, và số lượng chu trình nghiền nguội nằm trong khoảng từ 8 đến 25. Tổng mức độ nghiền khi cán nguội lớn hơn hoặc bằng 40% đối với tất cả các mẫu, và tỷ lệ này của thép số 12 trong Bảng 2 là khoảng 80%. Việc xử lý hóa già được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ 400°C trong 15 giờ. Việc cán là được thực hiện với mức độ nghiền khi cán nhỏ hơn hoặc bằng 10%. Thép số 10 trong Bảng 2 được cán nguội đến độ dày bằng 1,0mm, và việc cán là được bỏ qua (mức độ nghiền khi cán là: 0%).

Bảng 1

Thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)										Ghi chú
	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Ti	Nb	B	
A	0,61	0,20	0,59	0,012	0,004	0,12	0	0	0	0	thép theo sáng chế
B	0,67	0,23	0,68	0,013	0,005	0,15	0	0	0	0	
C	0,78	0,18	0,65	0,014	0,005	0,16	0	0	0	0	
E	0,66	0,29	0,66	0,009	0,004	0,20	0,13	0	0	0	
F	0,64	0,20	0,98	0,011	0,004	0,18	0	0,02	0	0	
G	0,62	0,42	0,64	0,015	0,006	0,29	0	0	0,04	0	
H	0,70	0,38	0,55	0,012	0,005	0,51	0	0	0	0,002	
I	0,61	0,45	0,70	0,010	0,003	0,22	0	0,01	0,03	0	
J	<u>0,20</u>	0,21	0,69	0,015	0,004	0,16	0	0	0	0	thép so sánh
K	0,68	0,20	0,60	0,015	0,004	<u>0,04</u>	0	0	0	0	

Các giá trị được gạch chân nằm ngoài khoảng giá trị của sáng chế

Các tấm thép tạo thành có độ dày 1,0mm được quan sát trong thử nghiệm cơ học và cấu trúc kim loại theo các cách sau đây.

Quan sát cấu trúc peclit

Mặt cắt ngang của tấm thép có hướng cán và hướng độ dày tấm được đánh bóng bằng phương pháp điện hóa và sau đó được khắc ăn mòn để tạo ra mẫu thử nghiệm. Thu được hình ảnh bề mặt của mẫu này bằng kính hiển vi quang học, từ đó thu được tỷ lệ theo thể tích của cấu trúc peclit bằng phương pháp phân tích hình ảnh.

Quan sát pha pro-eutectoit ferit

Đối với chính mẫu như nêu trên đây, 10 pha pro-eutectoit ferit kéo dài theo hướng cán được xác định độ dày tối đa theo hướng độ dày của tấm, và giá trị trung bình của chúng được chọn làm độ dày theo hướng độ dày của tấm của pha

pro-eutectoit ferit.

Thử nghiệm độ cứng

Mặt cắt ngang của tấm thép có cả hướng cán và hướng độ dày của tấm được xác định độ cứng Vickers. Tấm thép dùng làm băng tải được sử dụng làm băng chuyền cần có độ cứng lớn hơn hoặc bằng 310 HV, và tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 380 HV.

Thử nghiệm kéo

Mẫu thử nghiệm kéo theo tiêu chuẩn JIS No. 5 song song với hướng cán được sử dụng và được thử nghiệm kéo ở nhiệt độ trong phòng và tốc độ kéo bằng 10 mm/phút. Tấm thép dùng làm băng tải được sử dụng làm băng tải cần có các đặc tính bao gồm độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 1100MPa và độ giãn dài toàn phần lớn hơn hoặc bằng 5%, và cụ thể, tốt hơn nếu độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 1300MPa.

Thử nghiệm xác định khả năng chống phát triển khe nứt

Khả năng chống phát triển khe nứt được xác định bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm được thể hiện trên Fig.1 theo quy trình được xác định trong mục (A). Mẫu thử nghiệm có giá trị bằng 600MPa được chọn là tốt. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2

Số thứ tự	Thép số	Điều kiện cán nóng		Cấu trúc kim loại		Tính chất cơ học				Ghi chú
		Nhiệt độ cán nóng hoàn thiện (°C)	Nhiệt độ cuộn lại (°C)	Tỷ lượng theo thể tích của cấu trúc pearlit (%)	Độ dày theo hướng độ dày tâm của pha pro-eutectoid ferrit (μm)	Độ cứng (HV)	Khả năng chống phát triển khe nứt (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn dài toàn phần (%)	
1	A	855	530	95	0,5	428	660	1,310	9,0	theo sáng chế
2	B	850	583	99	0,1	435	652	1,379	8,0	theo sáng chế
3	B	848	580	67	6,2	400	584	1,262	7,2	so sánh
4	B	856	588	0	0,3	466	545	1,487	4,2	so sánh
5	C	842	550	96	1,0	458	618	1,435	6,2	theo sáng chế
7	E	858	545	97	0,2	438	721	1,382	7,7	theo sáng chế
8	F	845	540	97	0,1	439	738	1,384	7,6	theo sáng chế

9	G	840	540	96	0,2	437	740	1,387	7,5	theo sáng chế
10	H	864	543	95	0,2	436	735	1,380	7,8	theo sáng chế
11	I	860	548	95	0,1	440	742	1,385	7,6	theo sáng chế
12	J	851	585	30	5,8	351	580	1,050	4,2	so sánh
13	K	848	580	99	<0,1	430	467	1,160	2,6	so sánh

Các thép số 1, 2, 5 và từ 7 đến 11 có thành phần và cấu trúc kim loại được xác định theo sáng chế có độ bền kéo cao lớn hơn hoặc bằng 1300MPa và độ bền lâu của khả năng chống phát triển khe nứt lớn hơn hoặc bằng 600MPa, và do đó được khẳng định là có độ bền lâu rất tốt làm bằng tải bằng thép. Các thép này còn có độ cứng tốt và độ giãn dài toàn phần cao.

Mặt khác, thép số 3 có sự tạo ra lượng lớn pha pro-eutectoit ferit do tốc độ làm nguội sau khi cán nóng hoàn thiện là thấp, bằng 10°C/giây, và khả năng chống phát triển khe nứt của nó cũng nhỏ mặc dù độ bền kéo và độ giãn dài của nó tốt. Thép số 4 có khả năng chống phát triển khe nứt nhỏ do cấu trúc đã cán nóng là cấu trúc được tạo ra chủ yếu là bainit. Thép số 12 có sự tạo ra lượng lớn pha pro-eutectoit ferit trong cấu trúc kim loại do hàm lượng C trong thép thấp, và độ bền kéo của nó chỉ bằng 1050MPa ngay cả khi mức độ nghiền khi cán nguội tăng đến khoảng 80%. Ngoài ra, độ giãn dài toàn phần là nhỏ do mức độ nghiền khi cán nguội cao. Thép số 13 có khả năng chống phát triển khe nứt nhỏ do hàm lượng C nhỏ.

Ví dụ 2

Thép B trong Bảng 1 được cán nóng ở nhiệt độ cán nóng hoàn thiện bằng 850°C và nhiệt độ cuộn lại bằng 570°C để tạo ra tấm thép có độ dày 2,5mm. Tốc độ làm nguội trung bình từ khi cán hoàn thiện đến khi cuộn lại 35°C/giây. Tấm thép được cán nguội đến độ dày 1,0mm bằng một trong hai quy trình cán nguội sau đây.

(A) tốc độ cán: 200 m/phút, số lượng chu trình cán: 15, mức độ nghiền trong một hành trình: tối đa 7%, tổng mức độ nghiền khi cán: 60% (theo sáng chế)

(B) tốc độ cán: 200 m/phút, số lượng chu trình cán: 9, mức độ nghiền trong một hành trình: tối đa 13%, tổng mức độ nghiền khi cán: 60% (so sánh)

Khi thực hiện cán nguội trong điều kiện (A) hoặc (B), nhiệt độ bề mặt của

cuộn vật liệu được xác định đối với mỗi chu trình. Các vị trí đo là phần giữa theo hướng chiều dọc và vị trí cách rìa 50mm, ở phần giữa theo hướng chiều dọc của cuộn vật liệu. Độ phẳng của tấm thép được cán nguội có độ dày bằng 1,0mm sau khi cán được xác định ở phần giữa và phần rìa. Độ phẳng được đánh giá theo cách sao cho độ dài 2000mm theo hướng chiều dọc của cuộn vật liệu được chọn là độ dài đối chứng, và chiều cao của phân nhô lên trong độ dài đối chứng được xác định. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3

Số	Thép số	Điều kiện cán nguội	Nhiệt độ cuộn lại (°C)		Độ phẳng (mm)	
			Phần rìa	Phần giữa	Phần rìa	Phần giữa
14	B	(A)	75	86	15	7
15	B	(B)	94	122	54	32

Thép số 14 với điều kiện cán nguội (A) thuộc phạm vi của sáng chế có nhiệt độ bề mặt của cuộn vật liệu không đạt đến 90°C trong khi thực hiện 15 chu trình cán nguội. Độ phẳng sau khi cán nguội là giá trị có lợi. Thép số 15 với điều kiện cán nguội (B) nằm ngoài phạm vi của sáng chế, mặt khác, nhiệt độ bề mặt của cuộn vật liệu ở phần giữa đạt đến 122°C ở mức tối đa trong quá trình cán nguội, nhưng nhiệt độ ở vùng rìa ở thời điểm này là 94°C. Thép số 15 có giá trị độ phẳng (mm) sau khi cán nguội lớn hơn so với tấm thép 14, và do đó có độ phẳng kém hơn rõ ràng. Thép 15 có nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 110°C chỉ ở phần giữa theo hướng chiều rộng của cuộn vật liệu được cho là làm gia tăng tính chống biến dạng, và do đó độ phẳng của cuộn này bị giảm đi.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, khả năng chống phát triển khe nứt của tấm thép có thể được

tăng lên một cách ổn định với khoảng hàm lượng C của thép hypoeutectoit. Cụ thể, việc tạo ra cả độ bền kéo gia tăng ở mức cao lớn hơn hoặc bằng 1300MPa và khả năng chống phát triển khe nứt tốt có thể đạt được đồng thời. Trong quá trình sản xuất tấm thép, nhu cầu xử lý nhiệt, như xử lý tôi chì, có thể được loại bỏ, và quy trình đơn giản bao gồm các bước theo thứ tự cán nóng, cán nguội và hóa già có thể được sử dụng. Ngoài ra, độ phẳng của tấm thép có thể được tăng lên đáng kể bằng cách vận hành đơn giản, nghĩa là kiểm soát điều kiện cán nguội. Tấm thép theo sáng chế được sử dụng thuận tiện làm băng tải. Sáng chế còn góp phần làm gia tăng độ bền lâu và độ tin cậy của băng tải bằng thép.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình sản xuất tấm thép dùng làm băng tải bao gồm các bước: cán nóng tấm phôi thép có thành phần hóa học gồm C với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn 0,60 đến 0,80%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,002 đến 0,020%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,010%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,50%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, và B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,010%, toàn bộ các lượng này đều tính theo % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong điều kiện nhiệt độ cán nóng hoàn thiện nằm trong khoảng từ 800 đến 900°C, tốc độ làm nguội trung bình từ khi cán hoàn thiện đến khi cuộn lại lớn hơn hoặc bằng 25°C/giây, và nhiệt độ khi cuộn lại nằm trong khoảng từ 450 đến 650°C; sau đó cán nguội mà không xử lý nhiệt giữa bước cán nóng và cán nguội sản phẩm đã được cán nóng với tổng mức độ nghiền khi cán lớn hơn hoặc bằng 40% và mức độ nghiền trong một hành trình là nhỏ hơn 12% trong điều kiện nhiệt độ vật liệu nhỏ hơn hoặc bằng 110°C; và tiếp đó xử lý hóa già sản phẩm đã được cán nguội trong khi duy trì nhiệt độ nằm trong khoảng từ 200 đến 500°C trong khoảng thời gian từ 0,5 đến 30 giờ, trong đó tấm thép có tỷ lượng theo thể tích của cấu trúc pearlit trong cấu trúc kim loại lớn hơn hoặc bằng 90%, độ bền kéo theo hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1300MPa, độ dày theo hướng độ dày tấm của pha pro-eutectoid ferrit nhỏ hơn hoặc bằng 5 μ m, độ giãn dài lớn hơn hoặc bằng 5%, và

khả năng chống phát triển khe nứt theo mục A sau đây lớn hơn hoặc bằng 600MPa:

A. mẫu thử nghiệm có lỗ có đường kính 4,0mm ở tâm của mẫu thử nghiệm và hai rãnh mỗi rãnh có chiều rộng khoảng 2,5mm được tạo ra trên cả hai phía theo hướng chiều rộng của lỗ được thử nghiệm kéo theo hướng chiều dọc của nó, phù hợp với hướng cán, ở nhiệt độ trong phòng và tốc độ kéo bằng 0,3 mm/phút để tạo ra đường cong tải trọng-độ giãn dài, từ đó thu được tải trọng tối đa, và giá trị thu được bằng cách chia tải trọng tối đa cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu theo công thức $45\text{mm} \times \text{độ dày}$ được chọn làm khả năng chống phát triển khe nứt, đơn vị: MPa.

2. Quy trình sản xuất tấm thép dùng làm băng tải theo điểm 1, trong đó trong bước cán nguội, mức độ nghiền trong một hành trình nhỏ hơn hoặc bằng 10%.

3. Quy trình sản xuất tấm thép dùng làm băng tải theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó quy trình này còn bao gồm bước cán là với mức độ nghiền khi cán nhỏ hơn hoặc bằng 10% sau khi xử lý hóa già.

4. Tấm thép dùng làm băng tải có thành phần hóa học gồm C với lượng nằm trong khoảng từ 0,60% đến 0,80%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,0%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,002 đến 0,020%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,010%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1,0%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,50%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, và B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,010%, toàn bộ các lượng này đều tính theo % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được; có cấu trúc kim loại có tỷ lệ theo thể tích của cấu trúc pearlit trong cấu trúc kim loại lớn hơn hoặc bằng 90%, và lượng còn lại là pha pro-eutectoid ferrit có độ dày theo hướng độ dày của tấm nhỏ hơn

hoặc bằng $5\mu\text{m}$, và có độ bền kéo theo hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1300MPa , và khả năng chống phát triển khe nứt theo mục A sau đây lớn hơn hoặc bằng 600MPa :

A. mẫu thử nghiệm có lỗ có đường kính $4,0\text{mm}$ ở tâm của mẫu thử nghiệm và hai rãnh mỗi rãnh có chiều rộng khoảng $2,5\text{mm}$ được tạo ra trên cả hai phía theo hướng chiều rộng của lỗ được thử nghiệm kéo theo hướng chiều dọc của nó, phù hợp với hướng cán, ở nhiệt độ trong phòng và tốc độ kéo bằng $0,3\text{ mm/phút}$ để tạo ra đường cong tải trọng-độ giãn dài, từ đó thu được tải trọng tối đa, và giá trị thu được bằng cách chia tải trọng tối đa cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu theo công thức $45\text{mm} \times \text{độ dày}$ được chọn làm khả năng chống phát triển khe nứt, đơn vị: MPa .

Fig.1

