



(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)



1-0048182

(51)^{2022.01} C21D 9/32; C23C 8/32; C23C 8/26;
C21D 1/06; C22C 38/00

(13) B

(21) 1-2022-08026

(22) 17/05/2021

(86) PCT/JP2021/018687 17/05/2021

(87) WO 2021/230384 18/11/2021

(30) 2020-086319 15/05/2020 JP; 2020-086318 15/05/2020 JP

(45) 25/07/2025 448

(43) 27/02/2023 419A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) IHARA Naoya (JP); IWAMOTO Takashi (JP); NISHIMURA Kimihiro (JP).

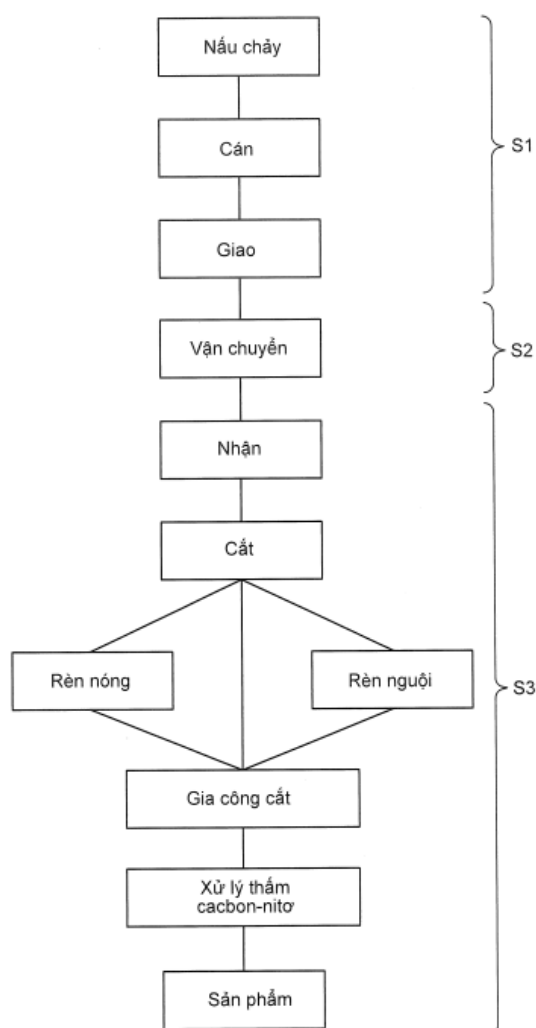
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) BỘ PHẬN BẰNG THÉP

(21) 1-2022-08026

(57) Sáng chế đề cập đến bộ phận bằng thép với độ bền mỗi bề mặt ưu việt. Bộ phận bằng thép có lớp hợp chất nitrua với độ dày từ 5,0 μm đến 30,0 μm và lớp được tăng cứng theo thứ tự từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận, trong đó độ dày của lớp lỗ xốp ở trên bề mặt ngoài cùng của lớp hợp chất nitrua là 3,0 μm hoặc nhỏ hơn và 40,0 % độ dày của lớp hợp chất nitrua hoặc nhỏ hơn, và lớp được tăng cứng có độ cứng là HV600 hoặc lớn hơn tại vị trí 50 μm hướng vào phía trong từ bề mặt bộ phận, độ cứng là HV400 hoặc lớn hơn tại vị trí 400 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận, và độ cứng là HV250 hoặc lớn hơn tại vị trí 600 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận.

FIG. 2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến bộ phận bằng thép, đặc biệt là bộ phận bằng thép có khả năng chống mài mòn và có lớp hợp chất mà đã được đưa vào xử lý thấm cacbon-nitơ trên lớp bề mặt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các bộ phận kết cấu máy chẳng hạn như các bánh răng của ô tô cần phải có khả năng chống mài mòn, và do đó các bộ phận như này thường được đưa vào quá trình xử lý tăng cứng bề mặt. Các ví dụ về xử lý tăng cứng bề mặt đã biết bao gồm xử lý thấm cacbon, thấm tôi cảm ứng, và xử lý thấm nitơ.

Trong số đó, trong xử lý thấm cacbon, C được xâm nhập và được khuếch tán trong vùng austenit nhiệt độ cao và thu được độ sâu tăng cứng sâu. Do đó, xử lý thấm cacbon có hiệu quả trong việc cải thiện khả năng chống mài mòn. Tuy nhiên, vì xử lý thấm cacbon gây ra biến dạng xử lý nhiệt, nên rất khó áp dụng quá trình xử lý này cho bộ phận mà yêu cầu độ chính xác kích thước nghiêm ngặt từ phương diện tiếng ồn hoặc tương tự.

Hơn nữa, trong thấm tôi cảm ứng, việc tôi được thực hiện trên lớp bề mặt bằng cách gia nhiệt cảm ứng cao tần, mà gây ra biến dạng xử lý nhiệt và dẫn đến các vấn đề về độ chính xác kích thước như trong trường hợp với xử lý thấm cacbon.

Mặt khác, trong xử lý thấm nitơ, độ cứng bề mặt được tăng lên bằng cách xâm nhập và khuếch tán nitơ trong phạm vi nhiệt độ tương đối thấp bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ biến đổi A_{c1} , điều này ít gây ra biến dạng xử lý nhiệt như đã đề cập ở trên. Tuy nhiên, có các vấn đề là quá trình xử lý yêu cầu thời gian dài từ 50 giờ đến 100 giờ, và cần phải loại bỏ các lớp hợp chất giòn trên lớp bề mặt sau khi xử lý.

Do đó, xử lý thấm cacbon-nitơ mà trong đó quá trình xử lý được thực hiện tại nhiệt độ xử lý gần bằng với nhiệt độ xử lý thấm nitơ và trong thời gian xử lý ngắn hơn đã được phát triển và đã được sử dụng rộng rãi cho bộ phận kết cấu máy và tương tự trong những năm gần đây. Trong xử lý thấm cacbon-nitơ, N và C được xâm nhập đồng thời trong phạm vi nhiệt độ từ 500 °C đến 600 °C để tạo thành lớp nitrua với chất tan C được hòa tan ở trong lớp này, trong bề mặt ngoài cùng, và đồng thời, N được khuếch tán vào trong nền thép để tạo thành lớp được tăng cứng để tăng cứng bề mặt. Thời gian xử lý của xử

lý thấm cacbon-nitơ có thể được giảm xuống một nửa hoặc ít hơn so với xử lý thấm nitơ thông thường.

Tuy nhiên, trong khi xử lý thấm cacbon cho phép tăng độ cứng lõi bằng cách thấm tôi, thì xử lý thấm cacbon-nitơ không làm tăng độ cứng lõi bởi vì quá trình này được thực hiện tại nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ biến đổi của thép. Do đó, vật liệu được thấm cacbon-nitơ kém hơn về khả năng chống mỏi so với vật liệu được thấm cacbon.

Việc tôi và ram thường được thực hiện trước khi xử lý thấm cacbon-nitơ để làm tăng độ cứng lõi, sao cho khả năng chống mỏi của vật liệu được thấm cacbon-nitơ có thể được cải thiện. Tuy nhiên, cách tiếp cận này không thể tạo ra đủ khả năng chống mỏi. Hơn nữa, cách tiếp cận này làm tăng chi phí sản xuất và làm suy giảm khả năng gia công cơ học.

Để giải quyết các vấn đề này, tài liệu JP H05-59488 A (Tài liệu sáng chế 1) đề xuất thép để thấm cacbon-nitơ mà có thể thể hiện khả năng chống mỏi uốn tốt sau khi đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ bằng cách bổ sung Ni, Cu, Al, Cr, Ti, và tương tự vào thép. Đối với thép này, bằng cách thực hiện xử lý thấm cacbon-nitơ, phần lõi được tăng cứng già bằng các hợp chất liên kim gốc Ni-Al hoặc gốc Ni-Ti hoặc các hợp chất Cu, trong khi ở lớp bề mặt, ví dụ, các nitrua hoặc cacbua của Cr, Al, Ti được kết tủa và được tăng cứng trong lớp nitrua, cải thiện khả năng chống mỏi uốn.

Tài liệu JP 2002-69572 A (Tài liệu sáng chế 2) đề xuất thép để thấm cacbon-nitơ mà có được khả năng chống mỏi uốn ưu việt sau khi đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ bằng cách đưa thép chứa từ 0,5 % đến 2 % Cu vào quá trình rèn kéo dài bằng cách rèn nóng, và sau đó làm mát thép trong không khí để có cấu trúc tế vi chủ yếu bao gồm ferit với chất tan Cu được hòa tan ở trong đó, và sau đó gây ra sự tăng cứng kết tủa của Cu trong quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ tại 580 °C trong 120 phút và sự tăng cứng kết tủa của các cacbonitrua của Ti, V và Nb.

JP 2010-163671 A (Tài liệu sáng chế 3) đề xuất thép để thấm cacbon-nitơ thu được bằng cách phân tán Ti-Mo cacbua, và phân tán tiếp cacbua chứa một hoặc nhiều nguyên tố trong số Nb, V, và W.

Tài liệu JP 6388075 B (Tài liệu sáng chế 4) đề xuất cải thiện độ bền mỏi bề mặt bằng cách làm giảm tỷ lệ rỗng của lớp hợp chất bề mặt.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP H05-59488 A

Tài liệu sáng chế 2: JP 2002-69572 A

Tài liệu sáng chế 3: JP 2010-163671 A

Tài liệu sáng chế 4: JP 6388075 B

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

(Vấn đề kỹ thuật)

Tuy nhiên, mặc dù thép được thấm cacbon-nitơ được mô tả trong các Tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 có khả năng chống mỏi uốn ưu việt, nhưng chúng không xem xét đến khả năng chống mỏi bề mặt. Công nghệ được mô tả trong tài liệu sáng chế 4 cải thiện khả năng chống mỏi bề mặt bằng cách cải thiện lớp hợp chất của bề mặt ngoài cùng, nhưng nó không xem xét đến độ sâu của lớp được tăng cứng.

Có thể hữu ích khi tạo ra bộ phận bằng thép có khả năng chống mỏi bề mặt ưu việt bằng cách điều chỉnh lớp hợp chất và độ sâu của lớp được tăng cứng một cách thích hợp.

(Giải quyết vấn đề)

Để giải quyết các vấn đề này, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu về lớp hợp chất tối ưu và độ sâu tối ưu của lớp được tăng cứng. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng hiệu quả cải thiện khả năng chống mỏi bề mặt bằng cách đạt được cả sự gia tăng về độ sâu của lớp được tăng cứng và ngăn ngừa sự hóa giòn của lớp hợp chất.

1. Bộ phận bằng thép, bao gồm lớp hợp chất nitrua với độ dày từ 5,0 μm đến 30,0 μm và lớp được tăng cứng theo thứ tự từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận, trong đó

độ dày của lớp lỗ xốp ở trên bề mặt ngoài cùng của lớp hợp chất nitrua là 3,0 μm hoặc nhỏ hơn và độ dày của lớp hợp chất nitrua là 40,0 % hoặc nhỏ hơn, và

lớp được tăng cứng có độ cứng là HV600 hoặc lớn hơn tại vị trí 50 μm hướng vào phía trong từ bề mặt bộ phận, độ cứng là HV400 hoặc lớn hơn tại vị trí 400 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận, và độ cứng là HV250 hoặc lớn hơn tại vị trí 600 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận.

2. Bộ phận bằng thép theo mục 1, trong đó bộ phận bằng thép là bộ phận có răng và có lớp hợp chất nitrua và lớp được tăng cứng ít nhất là ở

trong phần răng.

(Hiệu quả có lợi của sáng chế)

Theo sáng chế, có thể tạo ra bộ phận bằng thép với độ bền mỗi bề mặt ưu việt. Do đó, bộ phận bằng thép của sáng chế là cực kỳ hữu ích khi được áp dụng cho bộ phận kết cấu cơ khí dùng cho ô tô và tương tự.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trên các hình vẽ đính kèm:

Fig.1 minh họa mẫu thử nghiệm cắm con lăn; và

Fig.2 minh họa các quá trình sản xuất điển hình của bộ phận được thấm cacbon-nitơ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây sẽ mô tả chi tiết về sáng chế.

Thứ nhất, các nguyên nhân giới hạn độ dày của lớp hợp chất nitrua và lớp lỗ xốp và sự phân bố độ cứng của lớp được tăng cứng của bộ phận bằng thép theo sáng chế trong các phạm vi được mô tả ở trên sẽ được giải thích.

Độ dày của lớp hợp chất nitrua chứa hợp chất nitrua: 5,0 μm đến 30,0 μm

Lớp hợp chất nitrua (sau đây có thể được gọi là “lớp hợp chất”) có độ cứng cực cao và góp phần vào việc cải thiện khả năng chống mài mòn bề mặt của bộ phận bằng thép. Lớp hợp chất nitrua quá mỏng dẫn đến việc lộ ra nền thép của bộ phận bằng thép sớm do mài mòn, điều này làm giảm tác dụng cải thiện độ bền mỏi. Do đó, độ dày của lớp hợp chất nitrua được thiết lập đến 5,0 μm hoặc lớn hơn. Tốt hơn là 6,0 μm hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 10,0 μm hoặc lớn hơn.

Mặt khác, lớp hợp chất nitrua quá dày gây khó khăn cho việc ngăn ngừa sự hình thành của lớp lỗ xốp được mô tả ở dưới đây. Do đó, độ dày của lớp hợp chất nitrua được thiết lập đến 30,0 μm hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là 25,0 μm hoặc nhỏ hơn.

Độ dày của lớp lỗ xốp: 40,0 % độ dày của lớp hợp chất nitrua hoặc nhỏ hơn và 3,0 μm hoặc nhỏ hơn

Lớp lỗ xốp là tập hợp các lỗ xốp cực nhỏ chắc chắn được hình thành ở bề mặt ngoài cùng của lớp hợp chất bằng cách thấm cacbon-nitơ. Vì sự hiện diện của lớp lỗ xốp ảnh hưởng xấu đến độ bền mỏi, nên tốt hơn là làm cho nó

càng mỏng càng tốt. Khi độ dày của lớp lỗ xốp vượt quá 3,0 μm hoặc vượt quá 40,0 % độ dày của lớp hợp chất nitrua, thì sẽ không thể đạt được đủ sự cải thiện được mong đợi về khả năng chống mỏi do sự hình thành của lớp hợp chất nitrua. Do đó, độ dày của lớp lỗ xốp cần phải là 40,0 % độ dày của lớp hợp chất nitrua hoặc nhỏ hơn và 3,0 μm hoặc nhỏ hơn. Thậm chí nó có thể là 0.

Độ dày của lớp lỗ xốp theo sáng chế được đo bằng phương pháp được mô tả trong phần ví dụ thực hiện sáng chế ở dưới đây.

Độ sâu của lớp được tăng cứng: độ cứng là HV600 hoặc lớn hơn tại vị trí 50 μm hướng vào phía trong từ bề mặt bộ phận, độ cứng là HV400 hoặc lớn hơn tại vị trí 400 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận, và độ cứng là HV250 hoặc lớn hơn tại vị trí 600 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận

Điều đã được biết đến là có mối tương quan giữa độ cứng và độ bền mỏi của vật liệu (ví dụ, xem tài liệu “MatNavi, JIS Steel for Machine Structural Use, Mechanical Properties and Fatigue Properties of Chromium Steel and Chromium Molybdenum Steel”). Nói cách khác, có thể thu được độ bền mỏi mong muốn có thể nếu có đủ độ cứng, bất kể hợp phần thép.

Khi bộ phận bằng thép có sự tiếp xúc trượt, hai loại lực được tác dụng vào bộ phận bằng thép. Một là ứng suất cắt do các lực tiếp tuyến, lực này là cực đại tại bề mặt. Lực còn lại là ứng suất cắt do phản lực vuông góc, lực này là cực đại tại các vị trí sâu hơn. Sự phân bố độ cứng được thiết lập để thể hiện khả năng chống mỏi ưu việt chống lại hai loại lực này.

Cụ thể, ứng suất cắt do phản lực vuông góc có xu hướng là vấn đề đối với thép được thấm cacbon-nitơ với lớp được tăng cứng mỏng. Sự phân bố ứng suất cắt do phản lực vuông góc khi răng, trụ, và mặt cầu của bánh răng được tiếp xúc với nhau có thể được biểu thị bằng phương trình sau. Như được sử dụng ở trong bản mô tả này, z là độ sâu, $P(z)$ là ứng suất cắt tại độ sâu z , $P_{\max}$ là ứng suất tiếp xúc cực đại, và b là độ dài trục nhỏ của elip mật tiếp.

$$P(z) = P_{\max} \times \left(\frac{z}{b} - \frac{z^2}{b \times \sqrt{b^2 + z^2}} \right)$$

Mặc dù nó phụ thuộc vào hình dạng của bộ phận bằng thép và tải trọng được tác dụng lên nó, nhưng ứng suất cắt có giá trị cực đại tại độ sâu 400 μm trong nhiều trường hợp, mà có thể đóng vai trò là điểm bắt đầu đứt gãy. Do đó, sự phân bố độ cứng được thiết lập như được mô tả ở trên.

Mặc dù lớp hợp chất nitrua được hình thành sau khi đưa thép vào xử lý thấm cacbon-nitơ, N khuếch tán vào trong lớp hợp chất do xử lý thấm cacbon-nitơ. Kết quả là, lớp khuếch tán N này trở thành lớp được tăng cứng. Bằng cách điều chỉnh nồng độ N bởi sự khuếch tán, độ cứng của lớp được tăng cứng có thể được điều chỉnh như được mô tả ở trên.

Bộ phận bằng thép của sáng chế đặc biệt ưu tiên áp dụng cho bộ phận có răng chẳng hạn như bánh răng, và đặc biệt ưu tiên là lớp hợp chất nitrua và lớp được tăng cứng được hình thành trong phần răng của bộ phận có răng. Phần răng của bộ phận có răng chẳng hạn như bánh răng là phần mà có sự tiếp xúc trượt và yêu cầu độ bền mỗi bề mặt ưu việt. Khi lớp hợp chất nitrua và lớp được tăng cứng được hình thành trong phần răng, thì độ bền của bộ phận có răng có thể được đảm bảo.

Không chỉ đối với bộ phận có răng mà còn đối với các bộ phận bằng thép với phần mà có sự tiếp xúc trượt, độ mỗi bề mặt của phần này là quan trọng để đảm bảo độ bền của bộ phận. Do đó, bằng cách hình thành lớp hợp chất nitrua và pha tăng cứng ở trong phần như này, có thể thu được tác dụng cải thiện độ bền. Vì lý do này, bộ phận bằng thép của sáng chế không bị giới hạn ở bộ phận có răng.

Phần dưới đây mô tả phương pháp sản xuất bộ phận bằng thép của sáng chế.

Fig.2 minh họa các quá trình sản xuất điển hình để sản xuất bộ phận được thấm cacbon-nitơ bằng cách sử dụng thép để thấm cacbon-nitơ (thanh thép). Trên hình vẽ, S1 là quá trình sản xuất thanh thép (thép để thấm cacbon-nitơ) mà là nguyên liệu thô, S2 là quá trình vận chuyển thanh thép, và S3 là quá trình sản xuất bộ phận (bộ phận được thấm cacbon-nitơ).

Trước tiên, trong quá trình sản xuất thanh thép (S1), phôi thép được đưa vào cán nóng và/hoặc rèn nóng để thu được thanh thép, và sau khi kiểm tra chất lượng, thanh thép được xuất xưởng. Sau khi được vận chuyển (S2), thanh thép được cắt thành các kích thước được xác định trước, được đưa vào rèn nóng hoặc rèn nguội, được tạo hình thành hình dạng mong muốn (chẳng hạn như hình dạng sản phẩm bánh răng hoặc sản phẩm trục) bằng cách gia công cắt chẳng hạn khoan doa hoặc tiện, và sau đó được đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ để thu được sản phẩm trong quá trình hoàn thiện bộ phận được thấm cacbon-nitơ (S3).

Ngoài ra, vật liệu được cán nóng có thể được đưa trực tiếp vào gia công cắt chẳng hạn như tiện hoặc khoan doa để thu được hình dạng mong muốn và

sau đó được đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ để thu được sản phẩm. Trong trường hợp rèn nóng, có những trường hợp mà việc nắn nguội được thực hiện sau khi rèn nóng.

Tiếp theo, vật liệu được cán hoặc vật liệu được rèn thu được được đưa vào gia công cắt để thu được hình dạng của bộ phận, và sau đó được đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ. Để thu được độ sâu của lớp được tăng cứng như được mô tả ở trên, cần phải thiết lập nhiệt độ thấm cacbon-nitơ đến phạm vi từ 550 °C đến 590 °C và thời gian thấm cacbon-nitơ đến ít nhất là 5 giờ. Mặt khác, khi thời gian thấm cacbon-nitơ dài như vậy, lớp hợp chất và lớp lõi xốp phát triển quá mức phụ thuộc vào các điều kiện thấm cacbon-nitơ, điều này làm giảm độ bền mỏi. Do đó, cần phải giữ thể thấm nitơ thấp trong quá trình thấm cacbon-nitơ. Khi thể thấm nitơ của khí quyển trong quá trình thấm cacbon-nitơ giảm xuống, độ dày của lớp lõi xốp giảm xuống. Do đó, cần phải biết được trước mối quan hệ giữa thể thấm nitơ và độ dày lớp lõi xốp đối với từng tiêu chuẩn hoặc bộ phận của thép được sử dụng làm nguyên liệu thô và để thông qua thể thấm nitơ giúp có thể đạt được độ dày lớp lõi xốp được quy định theo sáng chế.

Trong xử lý thấm cacbon-nitơ, N và C được xâm nhập đồng thời vào trong thép để tạo thành lớp hợp chất nitrua với chất tan C được hòa tan ở trong đó, và N được khuếch tán vào trong nền thép. Do đó, xử lý thấm cacbon-nitơ có thể được thực hiện trong khí quyển hỗn hợp gồm khí của nitơ chẳng hạn NH_3 và N_2 và khí thấm cacbon chẳng hạn như CO_2 và CO, chẳng hạn như khí quyển NH_3 : N_2 : CO_2 = 50: 45: 5.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phần dưới đây mô tả chi tiết các ví dụ của sáng chế.

Những thép (ID mẫu thép từ A đến E) có các thành phần được liệt kê trong bảng 1 được chế tạo thành thép đúc, mỗi thép đúc này có mặt cắt ngang là 300 mm × 400 mm, bằng cách sử dụng máy đúc liên tục. Mỗi thép đúc được đưa vào ngâm ở 1250 °C trong 30 phút và sau đó được cán nóng thành phôi dạng thanh có mặt cắt ngang hình chữ nhật với cạnh là 140 mm. Hơn nữa, phôi dạng thanh được đưa vào cán nóng để thu được thanh thép 80 mmφ (nguyên liệu thô được cán nóng). Thanh thép được giữ tại 1200 °C trong một giờ và sau đó được đưa vào rèn nóng để thu được thanh thép nhỏ hơn có kích cỡ 35 mmφ.

Bảng 1

(% theo khối lượng)

Thép	C	Si	Mn	P	S	Cr	Các nguyên tố khác
A	0,230	0,20	3,13	0,030	0,101	3,01	-
B	0,121	0,30	1,45	0,012	0,050	1,37	-
C	0,195	0,25	2,42	0,012	0,040	1,98	V:0,2
D	0,061	0,02	1,79	0,015	0,042	1,19	Nb:0,12
E	0,195	0,19	0,82	0,010	0,059	1,39	-
F	1,011	0,18	0,25	0,020	0,010	1,40	-
G	0,530	0,20	0,80	0,015	0,013	1,09	V:0,2
H	0,060	0,53	0,80	0,031	0,015	17,20	-

Hơn nữa, mẫu thử nghiệm cắm con lăn như được minh họa trên Fig.1 được thu từ vật liệu được rèn nóng song song với hướng chiều dọc, và mẫu thử nghiệm được đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ. Để thu được lớp hợp chất và sự phân bố độ cứng mong muốn, nhiệt độ thấm cacbon-nitơ, thời gian, và thể thấm nitơ được điều chỉnh một cách thích hợp.

Do đó, các vật liệu đã thu được nhờ được đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ được tiếp tục đo độ cứng, đo độ dày của lớp hợp chất/lớp lỗ xốp, và đánh giá khả năng chống mài. Các kết quả của các phép đo này và các đánh giá được liệt kê trong bảng 2 (Các bảng 2-1, 2-2, và 2-3).

Độ cứng được đo tại mỗi vị trí 50 μm , 400 μm , và 600 μm từ bề mặt của mặt cắt ngang của vật liệu được thấm cacbon-nitơ. Độ cứng được đo bằng cách sử dụng máy đo độ cứng Vickers tại sáu điểm với tải trọng thử nghiệm là 2,94 N (300 gf) theo tiêu chuẩn JIS Z2244, và giá trị trung bình của các kết quả được xác định.

Độ dày của lớp hợp chất và lớp lỗ xốp được đo trên mặt cắt ngang của vật liệu được thấm cacbon-nitơ. Thép được ăn mòn với dung dịch nital 3 %, và lớp bề mặt được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học cho ba trường quan sát tại độ phóng đại 1000 để xác định lớp hợp chất không bị ăn mòn. Độ dày của lớp hợp chất được đo như giá trị của độ dày lớp hợp chất cực đại trong ba trường quan sát. Đối với lớp lỗ xốp, độ dày của vị trí dày nhất của tập hợp các lỗ xốp cực nhỏ tồn tại liên tục từ bề mặt theo hướng chiều sâu được đo trong mỗi trường quan sát trong số ba trường quan sát, và giá trị lớn nhất trong số các kết quả được lấy làm độ dày của lớp lỗ xốp.

Đánh giá khả năng chống mài được thực hiện bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm cắm con lăn (xem Fig.1) mà đã được đưa vào quá trình xử lý thấm cacbon-nitơ mà chưa được đưa vào bất kỳ quá trình nào trong số các quá trình bao gồm quan sát cấu trúc tế vi, đo độ cứng và quan sát kết tủa, và tuổi thọ mài của mẫu thử nghiệm cắm con lăn được đo bằng thiết bị RPT-402 được sản

xuất bởi Nikko Create. Các điều kiện thử nghiệm cắm con lăn là ứng suất tiếp xúc cực đại 2600 MPa, tốc độ trượt là 40 %, sử dụng dầu bánh răng (BESCO transaxle) làm dầu bôi trơn, và nhiệt độ dầu là 80 °C. Tốc độ quay trong quá trình thử nghiệm là 1500 rpm. SUJ2 được thấm cacbon và được tôi với R cong là 150 mm được sử dụng làm con lăn lớn tiếp xúc với bề mặt vận chuyển.

Bảng 2-1

Số thứ tự	Thép	Độ dày lớp hợp chất (μm)	Độ dày lớp lỗ xốp (μm)	Độ dày lớp lỗ xốp/ Độ dày lớp hợp chất $\times 100$	Độ cứng HV tại 50 μm	Độ cứng HV tại 400 μm	Độ cứng HV tại 600 μm	Tuổi thọ tại ứng suất tiếp xúc lớn nhất là 2600 MPa (lần)	Phân loại
1	A	21,1	1,8	8,5	758	551	312	$2,3 \times 10^7$	Ví dụ
2	A	10,1	2,8	27,7	760	551	305	$4,3 \times 10^7$	
3	A	5,2	1,3	25,0	736	555	310	$2,5 \times 10^7$	
4	A	28,2	2,7	9,6	758	548	313	$3,1 \times 10^7$	
5	B	5,6	2,1	37,5	758	543	314	$3,1 \times 10^7$	
6	B	15,5	2,4	15,5	751	545	311	$4,1 \times 10^7$	
7	B	8,2	2,7	32,9	758	545	318	$2,2 \times 10^7$	
8	B	29,3	2,7	9,2	754	550	310	$2,5 \times 10^7$	
9	C	18,5	2,3	12,4	758	550	317	$3,2 \times 10^7$	
10	C	9,8	2,9	29,6	752	547	314	$4,1 \times 10^7$	
11	C	6,3	2,1	33,3	713	532	333	$2,7 \times 10^7$	
12	C	26,9	2,8	10,4	763	548	306	$2,3 \times 10^7$	
13	D	27,3	1,5	5,5	757	550	320	$2,4 \times 10^7$	
14	D	6,3	2,1	33,3	756	551	309	$2,2 \times 10^7$	
15	D	12,3	2,9	23,6	755	546	318	$2,5 \times 10^7$	
16	D	27,9	2,6	9,3	763	548	316	$2,3 \times 10^7$	
17	E	7,1	1,3	18,3	746	543	310	$2,1 \times 10^7$	
18	E	12,1	2,5	20,7	756	550	312	$2,1 \times 10^7$	
19	E	20,2	2,8	13,9	756	549	314	$3,1 \times 10^7$	
20	E	29,9	2,9	9,7	758	556	314	$3,0 \times 10^7$	
21	F	13,2	1,3	9,8	615	413	264	$2,1 \times 10^7$	
22	F	6,1	1,1	18,0	666	415	261	$2,3 \times 10^7$	
23	F	16,3	2,9	17,8	676	446	256	$3,2 \times 10^7$	
24	F	28,2	2,9	10,3	653	451	259	$3,2 \times 10^7$	
25	G	5,3	1,0	18,9	643	434	280	$2,4 \times 10^7$	
26	G	16,3	2,5	15,3	637	427	273	$2,5 \times 10^7$	
27	G	18,2	2,2	12,1	663	445	272	$2,1 \times 10^7$	
28	G	28,1	2,7	9,6	643	431	291	$3,0 \times 10^7$	
29	H	5,5	1,2	21,8	648	419	253	$2,1 \times 10^7$	
30	H	7,5	2,1	28,0	643	479	271	$2,3 \times 10^7$	
31	H	16,2	2,8	17,3	652	510	261	$2,7 \times 10^7$	
32	H	29,1	2,7	9,3	730	558	251	$3,0 \times 10^7$	

Bảng 2-2

Số thứ tự	Thép	Độ dày lớp hợp chất (μm)	Độ dày lớp lỗ xốp (μm)	Độ dày lớp lỗ xốp/ Độ dày lớp hợp chất $\times 100$	Độ cứng HV tại 50 μm	Độ cứng HV tại 400 μm	Độ cứng HV tại 600 μm	Tuổi thọ tại ứng suất tiếp xúc lớn nhất là 2600 MPa (lần)	Phân loại
33	A	<u>3,3</u>	1,1	33,3	751	549	313	$1,1 \times 10^7$	Ví dụ so sánh
34	B	<u>4,6</u>	0,5	10,9	698	453	260	$8,8 \times 10^6$	
35	C	<u>4,3</u>	1,5	34,9	751	548	313	$1,3 \times 10^7$	
36	D	<u>4,4</u>	1,6	36,4	630	401	251	$6,2 \times 10^6$	
37	E	<u>2,4</u>	0,8	33,3	758	546	311	$1,1 \times 10^7$	
38	F	<u>4,1</u>	1,3	31,7	632	421	275	$2,1 \times 10^6$	
39	G	<u>3,8</u>	1,1	28,9	663	422	275	$8,3 \times 10^6$	
40	H	<u>4,7</u>	1,1	23,4	673	434	263	$6,2 \times 10^6$	
41	A	26,8	<u>4,0</u>	14,9	725	506	398	$1,1 \times 10^6$	Ví dụ so sánh
42	A	5,2	2,3	<u>44,2</u>	763	547	313	$2,5 \times 10^6$	
43	A	9,2	<u>3,3</u>	35,9	755	547	307	$2,7 \times 10^6$	
44	A	20,4	<u>3,4</u>	16,7	760	547	306	$1,4 \times 10^6$	
45	B	26,9	<u>8,2</u>	30,5	765	545	311	$1,5 \times 10^6$	
46	B	5,6	2,5	<u>44,6</u>	755	550	314	$1,7 \times 10^6$	
47	B	10,0	<u>3,6</u>	36,0	760	555	309	$2,1 \times 10^6$	
48	B	28,8	<u>3,2</u>	11,1	760	553	316	$2,6 \times 10^6$	
49	C	20,8	<u>6,9</u>	33,2	760	557	305	$2,6 \times 10^6$	
50	C	5,5	2,6	<u>47,3</u>	760	549	309	$2,2 \times 10^6$	
51	C	11,1	<u>3,3</u>	29,7	761	546	313	$1,4 \times 10^6$	
52	C	28,8	<u>3,5</u>	12,2	758	544	314	$1,7 \times 10^6$	
53	D	28,4	<u>9,2</u>	32,4	754	556	307	$1,6 \times 10^6$	
54	D	5,1	2,4	<u>47,1</u>	743	555	310	$2,4 \times 10^6$	
55	D	10,0	<u>3,4</u>	34,0	766	547	312	$1,2 \times 10^6$	
56	D	26,7	<u>3,1</u>	11,6	760	552	309	$2,6 \times 10^6$	
57	E	29,3	<u>5,5</u>	18,8	752	547	310	$2,3 \times 10^6$	
58	E	5,2	2,3	<u>44,2</u>	744	543	296	$2,1 \times 10^6$	
59	E	9,1	<u>3,4</u>	37,4	764	550	306	$2,6 \times 10^6$	
60	E	28,2	<u>3,5</u>	12,4	757	550	313	$1,4 \times 10^6$	
61	F	5,2	2,1	<u>40,4</u>	634	473	253	$1,4 \times 10^6$	
62	F	10,3	<u>3,1</u>	30,1	633	492	267	$1,5 \times 10^6$	
63	F	12,4	<u>4,2</u>	33,9	683	443	251	$1,7 \times 10^6$	
64	F	23,8	<u>4,3</u>	18,1	688	487	267	$2,1 \times 10^6$	
65	G	5,5	2,3	<u>41,8</u>	676	421	301	$1,2 \times 10^6$	
66	G	11,3	<u>3,3</u>	29,2	656	423	275	$2,6 \times 10^6$	
67	G	12,7	<u>3,8</u>	29,9	653	479	310	$2,3 \times 10^6$	
68	G	26,8	<u>4,2</u>	15,7	637	453	333	$2,1 \times 10^6$	
69	H	5,5	2,4	<u>43,6</u>	679	446	255	$1,5 \times 10^6$	
70	H	10,5	<u>3,4</u>	32,4	664	475	253	$1,7 \times 10^6$	
71	H	13,1	<u>3,6</u>	27,5	651	452	257	$2,1 \times 10^6$	
72	H	28,1	<u>4,5</u>	16,0	677	463	275	$2,6 \times 10^6$	

*1 Trị số được gạch chân biểu thị trị số nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Bảng 2-3

Số thứ tự	Thép	Độ dày lớp hợp chất (μm)	Độ dày lớp lỗ xốp (μm)	Độ dày lớp lỗ xốp/ Độ dày lớp hợp chất $\times 100$	Độ cứng HV tại 50 μm	Độ cứng HV tại 400 μm	Độ cứng HV tại 600 μm	Tuổi thọ tại ứng suất tiếp xúc lớn nhất là 2600 MPa (lần)	Phân loại
73	A	10,2	1,3	12,7	<u>594</u>	403	267	$2,0 \times 10^6$	Ví dụ so sánh
74	B	8,7	1,5	17,2	<u>569</u>	407	272	$2,1 \times 10^6$	
75	C	11,1	1,6	14,4	<u>573</u>	401	251	$9,3 \times 10^5$	
76	D	13,1	1,6	12,2	<u>589</u>	423	263	$1,5 \times 10^6$	
77	E	5,9	1,7	28,8	<u>591</u>	429	259	$2,3 \times 10^6$	
78	F	21,3	2,2	10,3	<u>549</u>	443	256	$2,1 \times 10^6$	
79	G	22,3	2,3	10,3	<u>567</u>	423	257	$8,3 \times 10^6$	
80	H	27,2	2,5	9,2	<u>593</u>	415	254	$6,2 \times 10^6$	
81	A	15,2	1,9	12,5	634	<u>385</u>	253	$8,3 \times 10^5$	Ví dụ so sánh
82	B	16,8	2,3	13,7	630	<u>376</u>	261	$5,9 \times 10^5$	
83	C	18,2	2,4	13,2	666	<u>391</u>	259	$7,9 \times 10^5$	
84	D	18,1	1,5	8,3	627	<u>365</u>	267	$1,1 \times 10^6$	
85	E	20,5	2,3	11,2	639	<u>379</u>	264	$5,1 \times 10^5$	
86	F	5,5	1,2	21,8	666	<u>395</u>	264	$3,1 \times 10^6$	
87	G	15,3	2,8	18,3	658	<u>391</u>	255	$8,6 \times 10^5$	
88	H	20,3	2,2	10,8	613	<u>389</u>	253	$4,2 \times 10^6$	
89	A	17,5	2,2	12,6	608	403	<u>240</u>	$5,1 \times 10^6$	Ví dụ so sánh
90	B	16,2	2,4	14,8	631	404	<u>249</u>	$2,7 \times 10^6$	
91	C	15,5	2,6	16,8	620	409	<u>225</u>	$8,1 \times 10^6$	
92	D	14,7	2,5	17,0	613	413	<u>237</u>	$4,7 \times 10^6$	
93	E	15,8	2,1	13,3	601	415	<u>242</u>	$2,5 \times 10^6$	
94	F	12,3	2,0	16,3	665	442	<u>230</u>	$5,1 \times 10^5$	
95	G	13,4	2,2	16,4	671	423	<u>238</u>	$4,3 \times 10^6$	
96	H	11,0	2,2	20,0	623	411	<u>246</u>	$7,7 \times 10^5$	
97	A	10,5	<u>5,2</u>	<u>49,5</u>	723	<u>201</u>	<u>199</u>	$8,9 \times 10^5$	Ví dụ so sánh
98	B	11,3	2,9	25,7	713	<u>175</u>	<u>176</u>	$8,5 \times 10^4$	
99	C	10,7	<u>4,3</u>	<u>40,2</u>	765	<u>211</u>	<u>220</u>	$5,1 \times 10^5$	
100	D	9,8	2,5	25,5	722	<u>243</u>	<u>247</u>	$1,1 \times 10^6$	
101	E	17,1	<u>4,5</u>	26,3	645	<u>194</u>	<u>194</u>	$3,9 \times 10^4$	
102	F	12,3	<u>3,4</u>	27,6	710	<u>235</u>	<u>185</u>	$1,2 \times 10^6$	
103	G	11,2	2,5	22,3	723	<u>264</u>	<u>173</u>	$1,0 \times 10^6$	
104	H	10,1	2,7	26,7	723	<u>222</u>	<u>180</u>	$3,3 \times 10^6$	

*1 Trị số được gạch chân biểu thị trị số nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Tất cả các ví dụ có sự phân bố độ cứng từ bề mặt theo hướng chiều sâu trong đó độ cứng tại các độ sâu nhỏ hơn 400 μm từ bề mặt lớn hơn độ cứng tại độ sâu 400 μm từ bề mặt, và độ cứng tại các độ sâu nhỏ hơn 600 μm lớn hơn độ cứng tại độ sâu 600 μm từ bề mặt. Do đó, có thể xác nhận rằng độ cứng từ bề mặt đến các độ sâu 400 μm là bằng hoặc lớn hơn độ cứng tại độ sâu 400 μm tính từ bề mặt, và độ cứng từ bề mặt đến các độ sâu 600 μm là bằng hoặc lớn hơn độ cứng tại độ sâu 600 μm tính từ bề mặt.

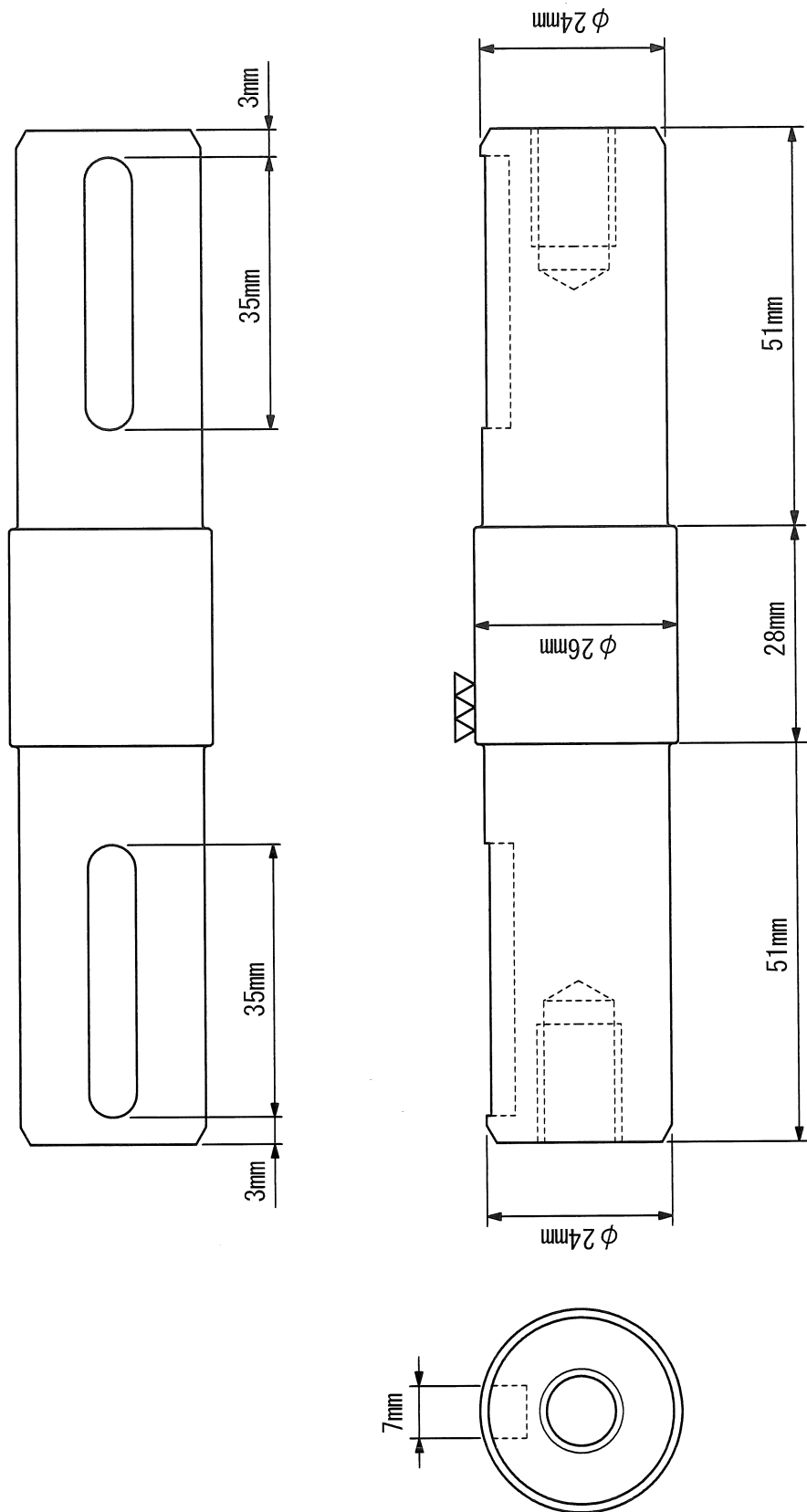
YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bộ phận bằng thép, bao gồm lớp hợp chất nitrua với độ dày từ 5,0 μm đến 30,0 μm và lớp được tăng cứng theo thứ tự từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận, trong đó

độ dày của lớp lỗ xốp ở trên bề mặt ngoài cùng của lớp hợp chất nitrua là 1,0 μm hoặc nhỏ hơn và 3,0 μm hoặc nhỏ hơn và độ dày của lớp hợp chất nitrua là 40,0 % hoặc nhỏ hơn, và

lớp được tăng cứng có độ cứng là HV600 hoặc lớn hơn tại vị trí 50 μm hướng vào phía trong từ bề mặt bộ phận, độ cứng là HV400 hoặc lớn hơn tại vị trí 400 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận, và độ cứng là HV250 hoặc lớn hơn tại vị trí 600 μm tính từ bề mặt bộ phận đến bên trong bộ phận.

2. Bộ phận bằng thép theo điểm 1, trong đó bộ phận bằng thép là bộ phận có răng và có lớp hợp chất nitrua và lớp được tăng cứng ít nhất là ở trong phần răng.

FIG. 1

1 / 2

2 / 2

FIG. 2

