



(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)



1-0043893

(51)^{2020.01} B23K 20/00; F28F 3/08; B23K 20/04

(13) B

(21) 1-2019-01346

(22) 15/03/2018

(86) PCT/JP2018/010334 15/03/2018

(87) WO 2019/176072 19/09/2019

(45) 25/03/2025 444

(43) 25/12/2020 393A

(73) NIPPON STEEL Stainless Steel Corporation (JP)

8-2, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, 1000005 Japan

(72) HORI Yoshiaki (JP); IMAKAWA Kazunari (JP).

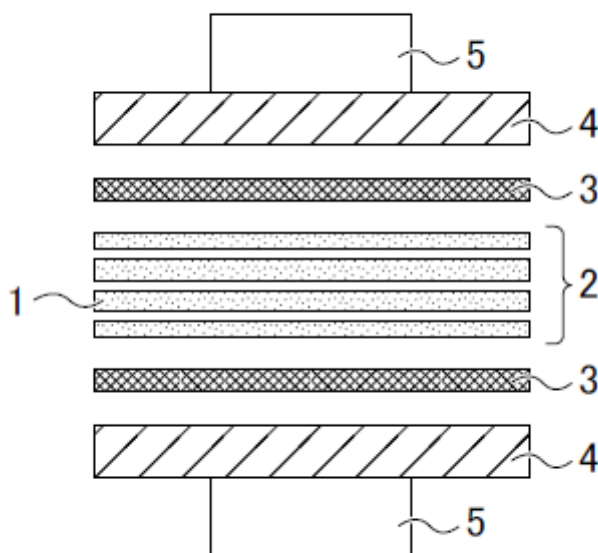
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BỘ TRAO ĐỔI NHIỆT

(21) 1-2019-01346

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt bằng cách liên kết khuếch tán trong đó sự biến dạng của các chi tiết liên kết dưới dạng các tấm thép không gỉ được ngăn chặn và tính dễ tháo (tính tháo ra được của chi tiết liên kết khỏi chi tiết tháo được) sau quá trình xử lý liên kết khuếch tán là rất tốt. Phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt này bao gồm các bước: xếp lớp các chi tiết liên kết 1 được làm bằng thép không gỉ; và tác dụng nhiệt và áp lực để tạo ra liên kết khuếch tán của các chi tiết liên kết 1, trong đó các chi tiết tháo được 3 được bố trí ở cả hai phía của bề mặt của các chi tiết liên kết 1 và các gá kẹp 4 được bố trí để kẹp các chi tiết liên kết 1 thông qua các chi tiết tháo được 3 và sau đó thực hiện bước ép nhờ các gá kẹp 4 bằng thiết bị ép và trong đó liên kết khuếch tán được thực hiện bằng cách sử dụng tổ hợp gồm các chi tiết tháo được 3 và các chi tiết liên kết 1, các chi tiết tháo được 3 bao gồm vật liệu thép chứa Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,5% khối lượng và tỷ lệ (F_r/F_p) của các độ bền ở nhiệt độ cao (F_r) của các chi tiết tháo được 3 ở nhiệt độ 1000°C so với các độ bền ở nhiệt độ cao (F_p) của các chi tiết liên kết 1 ở nhiệt độ 1000°C là lớn hơn hoặc bằng 0,9.

FIG. 1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt bằng liên kết khuếch tán.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Có nhiều loại bộ trao đổi nhiệt khác nhau. Trong số các loại bộ trao đổi nhiệt này, các bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm (các bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm phẳng), mà có hiệu suất trao đổi nhiệt cao và có thể dễ dàng lắp đặt và bảo dưỡng, được sử dụng rộng rãi để làm thiết bị đun nước bằng điện, thiết bị công nghiệp, máy điều hòa không khí trên xe ô tô và thiết bị tương tự. Bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm có nhiều tấm kim loại mỏng phân lớp được tạo kết cấu sao cho các đường dẫn cho môi trường nhiệt độ cao và thấp được tạo thành xen kẽ và liền kề giữa các tấm phân lớp để cho phép trao đổi nhiệt giữa môi trường nhiệt độ cao và thấp qua mỗi tấm.

Như các phương pháp lắp ráp nhiều tấm theo cách xếp lớp, tài liệu sáng chế 1 mô tả, ví dụ, các phương pháp liên kết như siết chặt bằng miếng đệm và vít, hàn và hàn đồng. Đối với các bộ trao đổi nhiệt cỡ từ nhỏ đến vừa, các thao tác liên kết thường được thực hiện bằng cách hàn đồng xét về khả năng chịu áp lực. Tuy nhiên, các cố gắng để xếp lớp và liên kết các tấm lượn sóng bằng cách hàn đồng có thể dẫn đến các khuyết tật liên kết vốn có đối với vật liệu hàn đồng, như sự ăn mòn xuất hiện khi liên kết, các vết nứt ở các phần được hàn đồng và các đường dòng nhiệt bị vùi vùi với sự nóng chảy của đồng.

Theo đó, việc sử dụng phương pháp liên kết khuếch tán đã được xem là để thay thế cho phương pháp hàn đồng. Liên kết khuếch tán là phương pháp liên kết tận dụng các ưu điểm của sự khuếch tán xen kẽ của các nguyên tử của vật liệu nền xuất hiện ở mặt phân cách liên kết ở nhiệt độ cao và áp lực cao trong điều kiện chân không hoặc môi trường khí trơ. Vùng liên kết khuếch tán có thể thu được có độ bền và khả năng chống ăn mòn tương đương với độ bền và khả năng chống ăn mòn của vật liệu nền.

Liên kết khuếch tán được thực hiện bằng cách xếp lớp và ép các chi tiết liên kết bằng các phương tiện ép và duy trì trạng thái đã ép trong khoảng thời gian định trước. Chi tiết tháo được như tấm che và miếng đệm có thể được kẹp giữa chi tiết liên kết và

phương tiện ép khi liên kết khuếch tán được thực hiện. Chi tiết tháo được này có thể được làm bằng vật liệu cacbon do cần có khả năng chịu nhiệt và tính chống đứt gãy ở nhiệt độ trong suốt quá trình liên kết khuếch tán. Ví dụ, tài liệu sáng chế 2 mô tả phương tiện để liên kết khuếch tán trong đó tấm cacbon đàn hồi được sử dụng.

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2010-85094

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2014-128815

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Trong khi đó, tấm thép không gỉ, mà có khả năng chống ăn mòn rất tốt, được sử dụng làm tấm kim loại xét đến độ bền được cải thiện của bộ trao đổi nhiệt. Khi các chi tiết dạng tấm thép không gỉ được xếp lớp và liên kết khuếch tán sử dụng các chi tiết tháo được gồm cacbon được bố trí liền kề với các chi tiết dạng tấm, thép không gỉ có thể phản ứng với cacbon. Điều này có thể làm cho việc tháo chi tiết tháo được khỏi chi tiết dạng tấm sau khi hoàn thành việc xử lý liên kết khuếch tán trở nên phức tạp, dẫn đến làm giảm khả năng tháo ra của cả hai chi tiết này. Nhược điểm là, khả năng chống ăn mòn của các chi tiết dạng tấm cũng có thể bị giảm do sự thấm cacbon, trong đó cacbon thấm vào thép không gỉ, hoặc độ nhám bề mặt của các chi tiết dạng tấm có thể tăng lên, dẫn đến cấu trúc bề mặt bị xấu đi.

Ngoài ra, các tấm dưới dạng các chi tiết liên kết được giữ ở áp lực cao và nhiệt độ cao bởi vì liên kết khuếch tán yêu cầu các chi tiết liên kết cần được ép và gia nhiệt bằng thiết bị ép nóng và thiết bị tương tự. Hơn nữa, chi tiết dạng tấm để tạo ra đường dẫn trong thân chính của bộ trao đổi nhiệt có phần bề mặt không liên kết ở một bên của đường dẫn và do vậy có mức độ ràng buộc tương đối nhỏ bởi môi trường xung quanh so với các chi tiết dạng tấm khác (xem Fig.3(A)). Do đó, biến dạng do nhiệt có thể xuất hiện trong đó chi tiết dạng tấm được mở rộng về một bên của đường dẫn ở phần bề mặt không liên kết bằng cách gia nhiệt trong quá trình xử lý liên kết khuếch tán, ví dụ, như được thể hiện trên Fig.3(B). Bất lợi là, phần bị biến dạng có thể không thể trở lại trạng thái ban đầu ngay cả khi được làm nguội sau khi hoàn tất quá trình xử lý liên kết khuếch tán, tùy thuộc vào mức độ giãn nở nhiệt.

Sáng chế được tạo ra nhằm khắc phục các nhược điểm nêu trên. Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt nhờ liên kết khuếch tán trong đó sự biến dạng của các chi tiết liên kết được ngăn chặn trong khi duy trì các tính chất liên kết khuếch tán ngay cả khi các chi tiết liên kết bao gồm các tấm thép không gỉ và trong đó tính dễ tháo (tính dễ tháo của chi tiết liên kết khỏi chi tiết tháo được) sau quá trình xử lý liên kết khuếch tán là rất tốt.

Giải pháp kỹ thuật

Các tác giả sáng chế tập trung vào các vật liệu và các tính chất của chi tiết tháo được mà làm cho tiếp xúc trực tiếp với chi tiết liên kết (chi tiết dạng tấm). Các tác giả sáng chế đã nhận thấy rằng mục đích trên có thể đạt được bằng cách lựa chọn vật liệu không phản ứng với thép không gỉ chứa trong chi tiết liên kết làm vật liệu cấu thành của chi tiết tháo được và lựa chọn tiếp vật liệu của chi tiết liên kết và chi tiết tháo được sao cho tổ hợp của các tính chất của chúng là phù hợp để ngăn chặn sự biến dạng sau khi liên kết khuếch tán. Sau đó, sáng chế được hoàn thành. Cụ thể, sáng chế có thể đề xuất các giải pháp sau.

(1) Một phương án của sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt, phương pháp này bao gồm các bước: xếp lớp nhiều chi tiết liên kết được làm bằng thép không gỉ và tác dụng nhiệt và áp lực để tạo ra liên kết khuếch tán của các chi tiết liên kết, trong đó các chi tiết tháo được được bố trí ở cả hai phía của bề mặt của các chi tiết liên kết và các gá kẹp được bố trí để kẹp các chi tiết liên kết thông qua các chi tiết tháo được và sau đó thực hiện ép thông qua các gá kẹp bằng thiết bị ép và trong đó liên kết khuếch tán được thực hiện bằng cách sử dụng tổ hợp gồm các chi tiết tháo được và các chi tiết liên kết, các chi tiết tháo được bao gồm vật liệu thép chứa Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,5% khối lượng, tỷ lệ (Fr/Fp) của độ bền ở nhiệt độ cao (Fr) của các chi tiết tháo được ở nhiệt độ 1000°C so với các độ bền ở nhiệt độ cao (Fp) của các chi tiết liên kết ở nhiệt độ 1000°C là lớn hơn hoặc bằng 0,9.

(2) Phương án khác của sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt theo mục (1), trong đó tốc độ làm nguội trung bình sau khi gia nhiệt trong quá trình liên kết khuếch tán là nhỏ hơn 1,2°C/phút.

(3) Phương án khác nữa của sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt theo mục (1) hoặc (2), trong đó các gá kẹp có chứa vật liệu cacbon.

(4) Một phương án khác nữa của sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), trong đó chất bôi trơn được áp dụng cho cả hai mặt của các chi tiết tháo được.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Một phương án của sáng chế có thể đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt bằng liên kết khuếch tán, trong đó sử dụng tổ hợp gồm các chi tiết liên kết và các chi tiết tháo được có các kết cấu nêu trên xét về các thành phần cơ bản, các độ bền ở nhiệt độ cao và các hệ số giãn nở nhiệt có thể ngăn sự biến dạng của các chi tiết liên kết trong khi duy trì các tính chất liên kết khuếch tán ngay cả khi các chi tiết liên kết bao gồm các tấm thép không gỉ và có thể cung cấp tính dễ tháo tốt sau quá trình xử lý liên kết khuếch tán.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ minh họa sơ lược một phương án về các chi tiết liên kết được đặt trong thiết bị ép nóng.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện các sơ đồ gia nhiệt và làm nguội trong quá trình xử lý liên kết khuếch tán được sử dụng trong các ví dụ.

Fig.3 là hình vẽ minh họa sơ lược phương pháp đo lường biến dạng theo các ví dụ. (A) cụm thử nghiệm trước khi liên kết khuếch tán và (B) các chi tiết dạng tấm bị biến dạng sau khi liên kết khuếch tán.

Fig.4 là hình vẽ minh họa sơ lược phương pháp đo tính dễ tháo được sử dụng trong các ví dụ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, các phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Sáng chế sẽ không bị giới hạn ở các phần mô tả này.

Phương án này đề cập đến phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt, phương pháp này bao gồm các bước: xếp lớp các chi tiết liên kết được làm bằng thép không gỉ và tác dụng nhiệt và áp lực để tạo ra liên kết khuếch tán của các chi tiết liên kết. Các chi tiết tháo được được bố trí ở cả hai mặt của các chi tiết liên kết và các gá kẹp được bố trí để kẹp các chi tiết liên kết thông qua các chi tiết tháo được và sau đó thực hiện ép

thông qua các gá kẹp bằng thiết bị ép để cho phép các chi tiết dạng tấm làm các chi tiết liên kết sẽ được liên kết khuếch tán, nhờ đó chế tạo bộ trao đổi nhiệt.

Chi tiết liên kết

Fig.1 thể hiện tổng quan về các chi tiết liên kết được xử lý liên kết khuếch tán. Như thiết bị để thực hiện liên kết khuếch tán, thiết bị ép nóng có thể được sử dụng mà có thể tác dụng nhiệt và áp lực dưới khí quyển định trước. Các chi tiết liên kết (các chi tiết dạng tấm) cần được liên kết khuếch tán được chuẩn bị là tấm nhiều lớp trong đó nhiều chi tiết dạng tấm được xếp lớp và được nạp vào thiết bị ép và gia nhiệt. Sau đó, các chi tiết tháo được được bố trí để tạo ra sự tiếp xúc với cả hai mặt của tấm nhiều lớp. Fig.1 thể hiện ví dụ về tấm nhiều lớp dạng tấm 2 trong đó bốn chi tiết dạng tấm 1 được xếp lớp. Bên trong thiết bị ép và gia nhiệt, mỗi trong các gá kẹp 4 được bố trí để tạo ra sự tiếp xúc với một trong hai chi tiết tháo được 3 được bố trí ở các mặt ngoài của các tấm nhiều lớp dạng tấm 2. Mỗi trong các gá kẹp 4 được nối với trục ép 5 của thiết bị ép. Khi cơ cấu ép (không được thể hiện trên hình vẽ) được khởi động, tấm nhiều lớp dạng tấm 2 được ép bởi các gá kẹp 4 theo cách kẹp thông qua trục ép 5 để cho phép áp lực định trước được tác dụng lên các chi tiết dạng tấm 1 và trạng thái được ép này được duy trì trong khoảng thời gian định trước. Tấm nhiều lớp dạng tấm 2 bao gồm các chi tiết liên kết được gia nhiệt và được ép dưới các điều kiện định trước để tạo ra liên kết khuếch tán của các chi tiết dạng tấm 1 ở bên trong thiết bị ép và gia nhiệt, trong đó chân không hoặc khí quyển trơ được duy trì. Cần lưu ý rằng số lượng các chi tiết dạng tấm không bị giới hạn ở bốn. Nhiều tấm nhiều lớp dạng tấm có thể được sử dụng để chế tạo cụm lắp ráp, trong đó chi tiết tháo được được bố trí giữa các tấm nhiều lớp dạng tấm tương ứng và cụm lắp ráp sau đó có thể được liên kết. Lưu ý rằng hai chi tiết dạng tấm 1 bên trong có độ dày lớn hơn hai chi tiết dạng tấm 1 bên ngoài để tạo ra đường dẫn (không được thể hiện trên hình vẽ) với hai chi tiết dạng tấm 1 bên trong như được thể hiện trên Fig.1. Hơn nữa, tổ hợp gồm hai đường dẫn sẽ không bị giới hạn ở kết cấu được thể hiện trên Fig.1.

Thiết bị ép đơn giản có thể bao gồm cơ cấu ép như bộ chế động, lò xo và khối nặng. Chất bôi trơn có thể được phủ lên bề mặt của chi tiết tháo được trước khi liên kết khuếch tán sao cho chi tiết tháo được có thể được tháo ra một cách dễ dàng khỏi chi tiết liên kết sau khi liên kết khuếch tán.

Trong bộ trao đổi nhiệt có nhiều chi tiết dạng tấm được xếp lớp, chất lưu đi qua các đường dẫn hẹp được tạo bởi các chi tiết dạng tấm để cho phép trao đổi nhiệt giữa chất lưu có nhiệt độ cao và thấp qua mỗi chi tiết dạng tấm. Do đó, các chi tiết dạng tấm cần có độ bền cơ học tốt (độ bền ở nhiệt độ cao) và khả năng chống ăn mòn ở khoảng nhiệt độ cao. Xét đến các vấn đề trên, thép không gỉ, mà có độ chịu nhiệt và độ bền rất tốt, được sử dụng làm các chi tiết dạng tấm theo phương án này. Hơn nữa, các chi tiết dạng tấm tốt hơn được tạo kết cấu ở dạng tấm mỏng để nâng cao hiệu suất trao đổi nhiệt.

Chi tiết tháo được

Theo phương án này, chi tiết tháo được bao gồm vật liệu thép có Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,5% khối lượng được ưu tiên sử dụng. Chi tiết tháo được, mà sẽ được đặt trên chi tiết liên kết và chịu nhiệt độ và áp lực cao trong suốt quá trình liên kết khuếch tán, được yêu cầu, ví dụ, để thể hiện sự rạn nứt và ăn mòn ở nhiệt độ cao nhỏ đáng kể và không phản ứng với chi tiết liên kết. Chi tiết tháo được theo phương án này tốt hơn là bao gồm vật liệu thép có lượng lớn của Si xét về các phản ứng được ngăn chặn với chi tiết liên kết.

Hàm lượng Si

Chi tiết tháo được theo phương án này bao gồm vật liệu thép có Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,5% khối lượng. Si là chi tiết oxi hóa được dễ dàng và do vậy có thể tạo ra màng oxit bền trên bề mặt của chi tiết tháo được. Vật liệu nền của chi tiết tháo được được cho tiếp xúc với chi tiết liên kết thông qua màng Si oxit. Điều này có thể ngăn phản ứng ở mặt giao cắt giữa chi tiết tháo được và chi tiết liên kết. Sự tạo màng Si oxit có thể ngăn sự bám dính và các phản ứng ở mặt phân cách giữa các chi tiết này, và do đó chi tiết tháo được có thể được tháo ra một cách dễ dàng khỏi chi tiết liên kết bằng lực tháo nhỏ sau khi hoàn tất quá trình xử lý liên kết khuếch tán. Màng Si oxit nêu trên cũng có thể cản trở sự thấm của các thành phần của chi tiết tháo được vào bên trong chi tiết liên kết, cho phép khả năng chịu nhiệt và chống ăn mòn tốt của thép không gỉ ở chi tiết liên kết cần được duy trì, và cũng cho phép cấu trúc bề mặt nhẵn cần được duy trì. Xét đến các vấn đề trên, chi tiết tháo được tốt hơn là bao gồm vật liệu thép có Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,5% khối lượng.

Ngay cả khi màng Si oxit được tạo thành trên bề mặt của chi tiết tháo được,

màng Si oxit có thể bị phá hủy một phần do sự thay đổi quá mức về hình dạng của chi tiết tháo được do tải trọng bên ngoài, sự giãn nở hoặc co lại do nhiệt và dạng tương tự. Nếu điều này xuất hiện, một phần của chi tiết tháo được có thể được tiếp xúc với chi tiết liên kết không qua màng oxit, dẫn đến làm giảm tính dễ tháo của các chi tiết này. Xét đến các vấn đề trên, chi tiết tháo được tốt hơn là bao gồm vật liệu thép chứa Si ở mức nhất định hoặc cao hơn để cho phép tạo ra màng oxit ổn định và bền.

Xét đến độ bền cơ học và khả năng chống ăn mòn dưới các môi trường nhiệt độ cao, vật liệu thép không gỉ nền austenit, có độ bền nhiệt, độ bền và khả năng tạo hình rất tốt và tương tự, là phù hợp làm vật liệu của chi tiết tháo được theo phương án này. Cụ thể, các vật liệu thép có các hợp phần sau đây có thể được sử dụng.

(1) Vật liệu thép không gỉ bao gồm C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% khối lượng, Si: 1,5 đến 5,0% khối lượng, Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% khối lượng, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,06% khối lượng, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,02% khối lượng, Ni: 8,0 đến 15,0% khối lượng, Cr: 13,0 đến 23,0% khối lượng, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng.

(2) Vật liệu thép không gỉ, ngoài hợp phần theo mục (1), bao gồm một hoặc nhiều thành phần sau được chọn từ nhóm bao gồm Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% khối lượng, Cu: nhỏ hơn hoặc bằng 4,0% khối lượng, Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,8% khối lượng, Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% khối lượng, V: nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% khối lượng và B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,02% khối lượng.

(3) Vật liệu thép không gỉ, ngoài hợp phần theo mục (1) hoặc (2), bao gồm một hoặc nhiều thành phần sau được chọn từ nhóm bao gồm Al: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng, REM: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng, Y: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng, Ca: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% khối lượng và Mg: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% khối lượng.

Các thành phần của các vật liệu thép không gỉ trên sẽ được mô tả.

C có thể cải thiện độ bền và độ cứng của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn. Tuy nhiên, lượng lớn C có thể làm giảm khả năng gia công và độ dai của thép. Do đó, hàm lượng của C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% khối lượng.

Si, mà được trộn lẫn để cho phép tạo ra màng oxit bền trên bề mặt của chi tiết tháo được như đã mô tả ở trên, tốt hơn được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng

1,5% khối lượng. Sự tạo thành màng Si oxit có thể ngăn phản ứng ở mặt phân cách giữa chi tiết tháo được và chi tiết liên kết, và chi tiết tháo được này có thể được tháo ra một cách dễ dàng khỏi chi tiết liên kết bằng lực tháo nhỏ sau khi liên kết khuếch tán. Màng Si oxit cũng có thể cản trở sự thấm của các thành phần của chi tiết tháo được vào bên trong chi tiết liên kết, cho phép khả năng chịu nhiệt và chống ăn mòn tốt của chi tiết liên kết cần được duy trì và cũng cho phép cấu trúc bề mặt nhẵn cần được duy trì. Khi hàm lượng của Si là nhỏ hơn 1,5% khối lượng, các tác dụng nêu trên thu được từ sự hình thành màng oxit không thể thu được đầy đủ. Cần lưu ý rằng việc bổ sung nhiều hơn 5,0% khối lượng về cơ bản có thể làm bão hòa các tác dụng nêu trên và có thể không còn cung cấp khả năng gia công thích hợp nữa do sự hóa cứng. Do đó, hàm lượng tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% khối lượng.

Mn là nguyên tố mà có thể cải thiện các tính chất oxi hóa ở nhiệt độ cao. Lượng dư có thể làm giảm khả năng gia công do sự hóa cứng gia công. Do đó, hàm lượng của Mn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,5 khối lượng.

Cr là nguyên tố mà có thể tạo ra lớp phủ trạng thái thụ động để cung cấp khả năng chống ăn mòn, làm cho khả năng chống ăn mòn được cải thiện. Hàm lượng nhỏ hơn 13,0% khối lượng không thể cung cấp đầy đủ các tác dụng từ hàm lượng này. Hàm lượng lớn hơn 23,0% khối lượng có thể làm giảm khả năng gia công. Do đó, hàm lượng của Cr tốt hơn là từ 13,0 đến 23,0% khối lượng.

Ni là nguyên tố thiết yếu để làm ổn định pha austenit để duy trì khả năng chống ăn mòn và cũng hiệu dụng đối với khả năng gia công. Hàm lượng nhỏ hơn 8,0% khối lượng có thể không cung cấp đủ các tác dụng này trong khi hàm lượng lớn hơn 15,0% khối lượng có thể làm bão hòa các tác dụng này. Do đó, hàm lượng của Ni tốt hơn là từ 8,0 đến 15,0% khối lượng.

P và S có thể có mặt dưới dạng các tạp chất không thể tránh khỏi. Hàm lượng của các tạp chất này tốt hơn là càng thấp càng tốt trong phạm vi, trong đó khả năng gia công và các tính chất của vật liệu không bị suy giảm. Hàm lượng của P tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,06% khối lượng và hàm lượng của S tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,02% khối lượng.

N có tính hiệu quả làm thành phần làm ổn định austenit và có thể còn cải thiện độ bền ở nhiệt độ cao và khả năng chống ăn mòn của thép không gỉ cùng với Cr và Ni.

Tuy nhiên, việc bổ sung với lượng dư có thể làm giảm khả năng chế tạo. Do đó, hàm lượng của N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng.

Mo và Cu là các nguyên tố có thể góp phần nâng cao độ bền ở nhiệt độ cao và khả năng chống ăn mòn. Hàm lượng của cả Mo và Cu tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,02% khối lượng. Tuy nhiên, khi hàm lượng của Mo là dư, thì pha ferit có thể được tạo thành, dẫn đến khả năng gia công bị giảm xuống. Do đó, hàm lượng của Mo tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% khối lượng. Lượng Cu dư có thể làm giảm khả năng gia công nóng. Do đó, hàm lượng của Cu tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 4,0% khối lượng.

Nb, Ti và V có hiệu quả để nâng cao độ bền ở nhiệt độ cao. Hàm lượng của Nb tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% khối lượng, hàm lượng của Ti tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% khối lượng và hàm lượng của V tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% khối lượng. Mặt khác, khi các nguyên tố này được bao gồm với lượng dư, khả năng gia công có thể bị giảm xuống. Do đó, hàm lượng của Nb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,8% khối lượng, hàm lượng của Ti tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% khối lượng và hàm lượng của V tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% khối lượng.

B là nguyên tố có thể nâng cao khả năng gia công nóng. Hàm lượng của B tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0002% khối lượng. Mặt khác, việc bổ sung với lượng dư có thể thúc đẩy sự kết tủa của các borua, dẫn đến khả năng gia công giảm. Do đó hàm lượng của B tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,02% khối lượng.

Một hoặc nhiều nguyên tố sau được chọn từ nhóm bao gồm Mo, Cu, Nb, Ti, V và B có thể được bổ sung.

Al, REM (nguyên tố đất hiếm), Y, Ca và Mg có hiệu quả để nâng cao sức chống oxi hóa ở nhiệt độ cao và một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ các nguyên tố này có thể được bổ sung. Hàm lượng của Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,001% khối lượng, hàm lượng của REM tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,001% khối lượng, hàm lượng của Y tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0002% khối lượng, hàm lượng của Ca tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0002% khối lượng và hàm lượng của Mg tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0002% khối lượng. Tuy nhiên, lượng dư của các nguyên tố này có thể làm giảm khả năng gia công. Do đó, hàm lượng của Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng, hàm lượng của REM tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng,

hàm lượng của Y tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng, hàm lượng của Ca tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% khối lượng và hàm lượng của Mg tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% khối lượng.

Hình dạng của chi tiết tháo được được chọn một cách thích hợp tùy thuộc vào hình dạng của chi tiết liên kết. Chi tiết dạng tấm dùng cho bộ trao đổi nhiệt kiểu tấm thường có dạng tấm. Theo đó, chi tiết tháo được được bố trí tiếp xúc với nó, được sử dụng làm tấm tháo được. Độ dày tấm của chi tiết tháo được tốt hơn là từ 2 đến 10mm, tốt hơn nữa là từ 3 đến 8mm.

Tỷ lệ của các độ bền ở nhiệt độ cao

Hơn nữa, theo phương án này, liên kết khuếch tán tốt hơn được tạo ra bằng cách sử dụng tổ hợp gồm chi tiết tháo được và chi tiết liên kết, tỷ lệ (Fr/Fp) của các độ bền ở nhiệt độ cao (Fr) của chi tiết tháo được ở nhiệt độ 1000°C so với các độ bền ở nhiệt độ cao (Fp) của chi tiết liên kết ở nhiệt độ 1000°C là lớn hơn hoặc bằng 0,9.

Chi tiết tháo được, chi tiết này được kẹp giữa gá kẹp và chi tiết liên kết và tiếp xúc với nhiệt độ và áp lực cao trong suốt quá trình liên kết khuếch tán, có thể chịu sự biến dạng nếu độ bền ở nhiệt độ cao của chi tiết tháo được là thấp. Sự biến dạng của chi tiết tháo được có thể làm giảm việc ép đồng nhất của chi tiết liên kết mà chi tiết tháo được tiếp xúc với nó, dẫn đến vùng liên kết lỗi. Theo đó, theo phương án này, các chi tiết tháo được được nghiên cứu với các tính chất ở nhiệt độ cao của chúng xét về độ bền ở nhiệt độ cao ở nhiệt độ 1000°C tương ứng với nhiệt độ xử lý tiêu chuẩn trong suốt quá trình liên kết khuếch tán.

Cụ thể, chúng được đánh giá dựa vào tỷ lệ (Fr/Fp) của độ bền ở nhiệt độ cao (Fr) của chi tiết tháo được ở nhiệt độ 1000°C so với các độ bền ở nhiệt độ cao (Fp) của chi tiết liên kết ở nhiệt độ 1000°C. Chi tiết tháo được tốt hơn là bao gồm vật liệu thép có tỷ lệ (Fr/Fp) của các độ bền ở nhiệt độ cao ở nhiệt độ 1000°C là lớn hơn hoặc bằng 0,9. Khi các độ bền ở nhiệt độ cao của chi tiết tháo được là nhỏ hơn 0,9 so với độ bền của chi tiết liên kết, thì chi tiết tháo được có thể chịu biến dạng quá mức khi được ép bằng các gá kẹp. Sự biến dạng của chi tiết tháo được có thể dẫn đến sự biến dạng của chi tiết liên kết do sự ép không đồng nhất của chi tiết liên kết. Do đó, xét về việc ngăn biến dạng, tổ hợp gồm chi tiết tháo được và chi tiết liên kết được ưu tiên sử dụng trong đó tỷ lệ của các độ bền ở nhiệt độ cao là lớn hơn hoặc bằng 0,9, tốt hơn nữa là lớn hơn

hoặc bằng 1,0.

Tỷ lệ của các hệ số giãn nở nhiệt

Tổ hợp gồm chi tiết tháo được và chi tiết liên kết được ưu tiên sử dụng trong đó tỷ lệ (T_r/T_p) của hệ số giãn nở nhiệt (T_r) của chi tiết tháo được với hệ số giãn nở nhiệt (T_p) của chi tiết liên kết ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30°C đến 1000°C là từ 0,90 đến 1,60. Cả chi tiết liên kết và chi tiết tháo được đều giãn nở nhiệt khi gia nhiệt chịu biến dạng đàn hồi. Khi mức độ giãn nở nhiệt là khác nhau giữa các chi tiết này, ràng buộc lẫn nhau do sự biến dạng của chúng có thể gây ra ứng suất tích tụ, dẫn đến biến dạng dẻo tùy thuộc vào lượng ứng suất.

Cụ thể, chi tiết liên kết mà tham gia vào việc tạo thành đường dẫn của phương tiện gia nhiệt (phần rỗng) trong bộ trao đổi nhiệt có thể tiếp xúc với chi tiết tháo được ở một phía bề mặt trong khi nó có thể cũng có phần mà có thể là bề mặt không liên kết ở phía bề mặt đối diện. Phần trong đó các bề mặt liên kết của các chi tiết liên kết bị chồng lấn bị ràng buộc bởi các môi trường xung quanh, nhưng phần rỗng nêu trên không bị ràng buộc bởi các môi trường xung quanh. Điều này có thể dẫn đến sự xuất hiện biến dạng đàn hồi do giãn nở nhiệt (xem Fig.3(B)). Tiếp theo, biến dạng đàn hồi quá mức có thể dẫn đến biến dạng dẻo và việc trở lại hình dạng ban đầu có thể trở nên khó khăn.

Khi chi tiết tháo được có tỷ lệ độ bền ở nhiệt độ cao nhỏ được sử dụng, độ bền dạng của chi tiết tháo được là nhỏ hơn so với chi tiết dạng tấm. Do đó, hệ số giãn nở nhiệt của chi tiết liên kết tốt hơn có thể so sánh được với hệ số giãn nở nhiệt của chi tiết tháo được. Theo phương án này, tính chất nhiệt này có thể được đánh giá dựa trên tỷ lệ (T_r/T_p) của hệ số giãn nở nhiệt (T_r) của chi tiết tháo được với hệ số giãn nở nhiệt (T_p) của chi tiết liên kết. Khi chi tiết tháo được có tỷ lệ độ bền ở nhiệt độ cao nhỏ, thì tỷ lệ của hệ số giãn nở nhiệt (T_p/T_r) trên tốt hơn là bằng $1,0 \pm 5\%$, tức là từ 0,95 đến 1,05.

Tốc độ làm nguội trung bình

Tốc độ làm nguội trung bình sau khi gia nhiệt trong quá trình liên kết khuếch tán tốt hơn là nhỏ hơn 1,2°C/phút. Chi tiết liên kết và chi tiết tháo được chịu sự giãn nở nhiệt trong suốt quá trình liên kết khuếch tán và chịu sự co ngót nhiệt trong bước làm nguội sau khi liên kết khuếch tán để trở lại các hình dạng ban đầu của chúng. Khi mức

độ giãn nở nhiệt là khác nhau giữa chi tiết tháo được và chi tiết liên kết, ràng buộc lẫn nhau của các thay đổi co ngót của chúng trong quá trình làm nguội có thể gây ra ứng suất tích tụ. Khi các thay đổi co ngót này đạt được biên độ lớn quá mức, thì biến dạng dẻo có thể xảy ra. Theo đó, theo phương án này, các tác giả sáng chế tập trung vào tốc độ làm nguội trung bình sau khi hoàn thành liên kết khuếch tán. Khi việc xử lý được thực hiện ở tốc độ làm nguội trung bình nhỏ hơn $1,2^{\circ}\text{C}/\text{phút}$, lượng biến dạng dư sau khi làm nguội có thể được giảm thiểu. Tốc độ làm nguội nhanh hơn tốc độ này là không được ưu tiên bởi vì các thay đổi co ngót do nhiệt có thể là lớn hơn, dẫn đến lượng biến dạng dư lớn sau khi làm nguội. Tốc độ làm nguội trung bình trên đơn giản có thể được kiểm soát ở khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ giữ trong suốt quá trình liên kết khuếch tán đến khoảng 400°C .

Gá kẹp

Gá kẹp là chi tiết mà được nối với cơ cấu ép của thiết bị ép và truyền lực ép tới chi tiết liên kết. Tốt hơn nếu gá kẹp có chứa vật liệu cacbon bởi vì nó được yêu cầu là chịu nhiệt và không bị hư hỏng ở nhiệt độ trong suốt quá trình liên kết khuếch tán.

Chất bôi trơn

Theo một phương án của sáng chế, chất bôi trơn tốt hơn được phủ lên cả hai mặt của chi tiết tháo được. Ví dụ, các chất xịt gốc bo nitrua như bột bo nitrua hình lục giác (h-BN) có thể được sử dụng. Độ dày lớp phủ của chất bôi trơn có thể đơn giản là lớn hơn hoặc bằng 3 lần (khoảng $10\mu\text{m}$) của cỡ hạt trung bình (ví dụ, khoảng $3\mu\text{m}$) của bột của chất bôi trơn.

Các ví dụ thực hiện sáng chế

Dưới đây, các ví dụ về sáng chế sẽ được mô tả. Sáng chế sẽ không bị giới hạn ở các ví dụ sau đây và các cải biến có thể được tạo ra thích hợp.

Chế tạo các tấm thử nghiệm

Các vật liệu thép số 1 đến số 9 có các thành phần hợp chất được thể hiện trong bảng 1, mỗi vật liệu được tạo thỏi trong lò nấu chảy chân không 30-kg và các thỏi thép thu được được rèn thành tấm có độ dày bằng 30mm. Tiếp theo, thực hiện cán nóng ở 1200°C để tạo ra tấm cán nóng có độ dày bằng 6mm và sau đó thực hiện ủ đồng đều ở nhiệt độ 1100°C trong thời gian 60 giây để thu được tấm đã cán nóng và ủ. Tấm đã cán

nóng và ủ được cán nguội thành tấm có độ dày bằng 3,0mm và sau đó thực hiện ủ lần cuối bằng cách ủ đồng đều trong 30 giây ở nhiệt độ 1100°C để thu được tấm hoàn thiện cuối cùng có độ dày là 3mm. Sau đó, việc xử lý hoàn thiện bề mặt được thực hiện theo sự hoàn thiện 2B hoặc 2D để thu được tấm đã cán nguội và ủ. Các vật liệu thép số 5 và số 6 được sử dụng để tạo ra các tấm còn được cán nguội và ủ để điều chỉnh độ dày tấm hoàn thiện cuối cùng lần lượt thành 0,4mm và 1,0mm. Sau đó, việc xử lý hoàn thiện bề mặt được thực hiện theo sự hoàn thiện 2B hoặc 2D để thu được các vật liệu đã cán nguội và ủ. Các tấm thử nghiệm có các kích thước 210mm x 160mm được cắt ra từ các tấm đã cán nguội và ủ nêu trên. Các tấm thử nghiệm này được sử dụng để thử nghiệm các chi tiết liên kết hoặc các chi tiết tháo được. Các thành phần còn lại của mỗi trong các thành phần hợp chất được thể hiện trong bảng 1 là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Các vật liệu thép số 1 đến số 5 là thép không gỉ gốc austenit. Các vật liệu thép số 6 đến số 9 là của thép không gỉ gốc ferit.

Bảng 1

		Các thành phần hợp chất (% khối lượng)														Độ bền ở nhiệt độ cao (P) Mpa	Hệ số giãn nở nhiệt (T) (x10 ⁻⁸ /°C)
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Al	Ti	Nb	Thành phần khác	N		
Các ví dụ theo sáng chế	1	0,060	1,66	0,96	0,022	0,001	10,86	19,82	0,10	0,06	0,030	-	0,10	Ca: 0,001 La: 0,012 Ce: 0,030	0,133	43	19,4
	2	0,042	3,22	0,78	0,027	0,001	13,20	19,20	0,18	0,07	0,020	-	0,09	Mg: 0,008 B: 0,0014	0,014	34	19,2
	3	0,051	2,12	0,81	0,019	0,001	11,80	18,43	0,20	0,09	0,024	0,06	-	V: 0,11 Y: 0,009	0,089	38	19,3
Các ví dụ so sánh	4	0,022	1,38	0,77	0,025	0,002	12,96	19,17	0,19	0,96	0,018	-	0,11	B: 0,0022	0,102	40	19,6
	5	0,020	0,60	1,00	0,020	0,001	10,10	16,70	0,30	2,04	0,022	-	-	-	0,018	32	19,9
	6	0,010	0,31	0,97	0,018	0,001	0,18	18,32	0,21	1,85	0,006	-	0,39	-	0,010	12	12,9
	7	0,011	0,92	1,10	0,017	0,001	0,14	14,02	0,16	0,02	0,003	-	0,35	-	0,009	10	13,5
	8	0,009	0,32	0,28	0,023	0,004	0,15	18,10	0,46	-	0,003	-	0,41	V: 0,06	0,014	11	13,1
	9	0,010	0,56	0,23	0,030	0,001	0,19	18,10	0,09	0,03	3,200	0,15	-	B: 0,0012	0,007	8	13,0

Phép đo độ bền ở nhiệt độ cao

Các tấm thử nghiệm thu được được thử nghiệm kéo ở nhiệt độ cao với tốc độ biến dạng là 0,3%/phút ở nhiệt độ là 1000°C theo JIS G 0567 để đo các giá trị của 0,2% ứng suất thử kéo. Các giá trị đo được này ở đây được coi là các giá trị của độ bền ở nhiệt độ cao ở 1000°C. Các kết quả đo được thể hiện trong bảng 1 (đơn vị: MPa). Sau đó, các tỷ lệ (Fr/Fp) của độ bền ở nhiệt độ cao (Fr) của chi tiết tháo được với độ bền ở nhiệt độ cao (Fp) của chi tiết liên kết được tính toán dựa trên các giá trị đo được. Các kết quả được thể hiện trong bảng 2.

Đo các hệ số giãn nở do nhiệt

Các tấm thử nghiệm được gia nhiệt ở nhiệt độ từ 30°C đến 1000°C ở tốc độ gia nhiệt là 1°C/giây bằng máy đo độ giãn vi sai (thiết bị đo độ giãn nở do gia nhiệt hồng ngoại (TMA), ví dụ tiêu chuẩn: thạch anh, Rigaku Corporation) theo JIS Z 2285. Lượng giãn nở của miếng thử nghiệm trong thử nghiệm được đo để tính toán hệ số giãn nở do nhiệt ($\alpha_{30-1000^\circ\text{C}}$) nằm trong khoảng từ 30°C đến 1000°C. Các kết quả đo được thể hiện trong bảng 1 (đơn vị: $\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$).

Thử nghiệm liên kết

Cụm thử nghiệm được tạo ra bằng cách ghép nối bốn tấm thử nghiệm của các chi tiết liên kết (các chi tiết dạng tấm) với một tấm thử nghiệm của chi tiết tháo được (tấm tháo được). Như được thể hiện trong bảng 2, bốn tấm thử nghiệm làm các chi tiết dạng tấm làm bằng vật liệu thép số 5 trong thử nghiệm này. Hai tấm thử nghiệm (độ dày: 1,0mm/tấm) làm các chi tiết dạng tấm, mỗi chi tiết có khoảng hở đóng vai trò làm đường dẫn được xếp lớp và hai chi tiết dạng tấm (độ dày: 0,4mm/tấm) làm các tấm của bộ trao đổi nhiệt không có khoảng hở, đóng vai trò làm đường dẫn, sau đó được bố trí để kẹp hai tấm thử nghiệm được xếp lớp ở trên. Sau đó, tấm thử nghiệm dưới dạng chi tiết tháo được có độ dày là 3,0mm sau đó được bố trí theo cách xếp lớp. Tấm thử nghiệm là một trong các vật liệu thép số 1 đến số 5. Các gá kẹp làm bằng cacbon được sử dụng. Bột bo nitrua hình lục giác (bột xít bo, YK Inoas Co., Ltd.) làm chất bôi trơn được phủ ở cả hai mặt của chi tiết tháo được. Cụm thử nghiệm trên được xử lý liên kết khuếch tán dưới các điều kiện điều áp lực và gia nhiệt trong thiết bị ép nóng.

- Khí quyển: mức độ chân không ban đầu là nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{-2} Pa

- Nhiệt độ liên kết: 1080°C

- Thời gian gia nhiệt: từ nhiệt độ thường đến nhiệt độ liên kết trong thời gian khoảng 2 giờ.

- Thời gian làm đồng đều (liên kết): 3 giờ

- Tốc độ làm nguội trung bình: từ 1080°C đến 400°C ở tốc độ 3,2°C/phút (mẫu A) hoặc 1,1°C/phút (mẫu B).

- Áp lực ép: áp lực bề mặt là 2 MPa

Các biểu đồ gia nhiệt và làm nguội được sử dụng để xử lý liên kết khuếch tán được thể hiện trên Fig.2. Các mẫu A và B được thể hiện trên Fig.2 biểu diễn hai mẫu như đã mô tả ở trên có tốc độ làm nguội trung bình khác nhau. Sau khi được làm nguội tới nhiệt độ thường, cụm thử nghiệm được tháo ra khỏi thiết bị ép nóng và các thử nghiệm đánh giá sau đây được tiến hành đối với khả năng chống biến dạng và tính dễ tháo ra.

Đánh giá khả năng chống biến dạng

Khả năng chống biến dạng được đánh giá dựa vào lượng biến dạng của các chi tiết dạng tấm đã liên kết khuếch tán. Phương pháp đo lượng biến dạng sẽ được mô tả. Fig.3 thể hiện dưới dạng sơ đồ mặt cắt của cụm thử nghiệm. Fig.3(A) thể hiện trạng thái trước khi liên kết khuếch tán, trong đó cụm thử nghiệm 14 có tổ hợp gồm bốn chi tiết dạng tấm 11a đến 11d và hai tấm tháo được 13 được kẹp bởi các gá kẹp cacbon 15 và sẵn sàng để nén. Fig.3(B) thể hiện trạng thái của cụm thử nghiệm 14 sau khi liên kết khuếch tán. Sau khi liên kết khuếch tán, các chi tiết dạng tấm 11a và 11d hướng vào phần hốc 16 trong cụm thử nghiệm 14, mà bị ràng buộc bởi tấm tháo được 3 và các chi tiết dạng tấm khác 11b và 11c ở các phần khác với các phần hướng vào phần hốc, giãn nở khi gia nhiệt để chịu sự biến dạng, sao cho chúng uốn cong về phía phần hốc. Các phần này vẫn giữ nguyên hình dạng uốn cong trừ khi chúng trở lại hình dạng ban đầu nhờ sự thay đổi do co ngót trong quá trình làm nguội. Các độ cao 17 ở các vị trí mà thể hiện sự biến dạng lớn nhất từ bề mặt của chi tiết dạng tấm 11a hoặc 11d tiếp xúc với tấm tháo được 3 được đo. Trong số các giá trị này, giá trị lớn nhất được sử dụng. Trong phần mô tả này, giá trị này được gọi là lượng biến dạng của chi tiết dạng tấm. Trạng thái biến dạng sau khi liên kết khuếch tán được đánh giá dựa vào lượng biến dạng được xác định như đã mô tả ở trên. Độ cao 17 được đo bằng hệ thống đo hình dạng ba chiều tốc độ cao Comus. Khả năng chống biến dạng được đánh giá là như sau: tốt (A) khi lượng biến dạng là nhỏ hơn 30µm; khá tốt (B) khi lượng biến dạng từ 30µm đến 50µm; và xấu (C) khi lượng biến dạng lớn hơn 50µm.

Đánh giá tính dễ tháo

Cụm thử nghiệm được sử dụng để đánh giá tính dễ tháo sau khi liên kết. Cuối cùng, việc tháo các tấm tháo được ra khỏi chi tiết dạng tấm được thử nghiệm. Tổng quan được thể hiện trên Fig.4. Bộ phận kéo (không được thể hiện trên hình vẽ) và hai đồ gá, mỗi đồ gá có cốc hút 25 được lắp vào đầu của dây 26 được chuẩn bị. Các cốc hút 25 của các đồ gá được lắp vào các bề mặt của hai tấm tháo được 23 của cụm thử nghiệm 24 sau khi liên kết khuếch tán. Khối nặng 27 có trọng lượng định trước được nối với dây 26 của một trong các đồ gá và sau đó dây 26 của đồ gá còn lại được kéo lên bằng bộ phận kéo. Xem liệu các chi tiết tháo được 23 có được tháo ra khỏi chi tiết dạng tấm 21 có thành công hay không được xác định bằng thị giác khi cụm thử nghiệm 24 được kéo từ cả hai mặt bằng lực tương ứng với trọng lượng của khối nặng 27. Các thử nghiệm được tiến hành theo cách tương tự với các trọng lượng của khối nặng 27 thay đổi. Chi tiết dạng tấm và tấm tháo được sau khi liên kết khuếch tán tốt hơn được tháo ra bằng lực nhỏ. Do đó, tiêu chí đánh giá là như sau. Tính dễ tháo được đánh giá là tốt (A) khi tấm tháo được được tháo ra khỏi chi tiết dạng tấm với trọng lượng là nhỏ hơn hoặc bằng 5 kg. Tính dễ tháo được đánh giá là hơi kém (B) khi tấm tháo được được tháo ra khỏi chi tiết dạng tấm với trọng lượng là nhỏ hơn hoặc bằng 20 kg. Tính dễ tháo được đánh giá là kém (C) khi các tấm tháo được không được tháo ra khỏi chi tiết dạng tấm với trọng lượng lớn hơn 20 kg.

Các kết quả thử nghiệm

Ở đây, tổ hợp gồm chi tiết dạng tấm bao gồm thép không gỉ gốc austenit làm bằng vật liệu thép số 5 hoặc chi tiết dạng tấm bao gồm thép không gỉ gốc ferit làm bằng vật liệu thép số 6 và mỗi tấm tháo được bao gồm thép bất kỳ một trong các thép không gỉ từ số 1 đến số 9 được sử dụng để chuẩn bị 18 cụm thử nghiệm. 18 cụm thử nghiệm được sử dụng để thử nghiệm độ bền ở nhiệt độ cao, các hệ số giãn nở nhiệt, khả năng chống biến dạng và tính dễ tháo. Các kết quả thử nghiệm được thể hiện trong bảng 2. Đối với khả năng chống biến dạng và tính dễ tháo, các thử nghiệm được tiến hành với hai biểu đồ gia nhiệt và làm nguội, mỗi mẫu sử dụng ba cụm thử nghiệm. Khả năng chống biến dạng được đánh giá dựa vào giá trị trung bình của các lượng biến dạng từ ba cụm này. Tính dễ tháo được đánh giá dựa vào kết quả trung bình từ ba cụm này.

Bảng 2

	Tấm tháo được	Vật liệu tấm	Hàm lượng Si trong vật liệu thép của tấm tháo được	Tỷ lệ của các độ bền ở nhiệt độ cao	Tốc độ làm nguội			
	Vật liệu thép số	Vật liệu thép số	(% khối lượng)	(Fr/Fp)	3,2°C/phút		1,1°C/phút	
					Khả năng chống biến dạng	Tính dễ tháo	Khả năng chống biến dạng	Tính dễ tháo
Ví dụ sáng chế 1	1	5	1,66	1,34	B	A	A	A
Ví dụ sáng chế 2	2		3,22	1,06	B	A	A	A
Ví dụ sáng chế 3	3		2,12	1,19	B	A	A	A
Ví dụ sáng chế 1	4	5	<u>1,38</u>	1,25	B	C	B	B
Ví dụ sáng chế 2	5		<u>0,60</u>	1,10	B	C	B	C
Ví dụ sáng chế 3	6		<u>0,31</u>	<u>0,38</u>	C	C	C	C
Ví dụ sáng chế 4	7		<u>0,92</u>	<u>0,31</u>	C	C	C	C
Ví dụ sáng chế 5	8		<u>0,32</u>	<u>0,34</u>	C	C	C	C
Ví dụ sáng chế 6	9		<u>0,56</u>	<u>0,25</u>	C	C	C	C
Ví dụ sáng chế 4	1	6	1,66	3,58	B	A	A	A
Ví dụ sáng chế 5	2		3,22	2,83	B	A	A	A
Ví dụ sáng chế 6	3		2,12	3,17	B	A	A	A
Ví dụ sáng chế 7	4	6	<u>1,38</u>	3,33	B	C	B	B
Ví dụ sáng chế 8	5		<u>0,60</u>	2,67	B	C	B	C
Ví dụ sáng chế 9	6		<u>0,31</u>	1,00	B	C	B	C
Ví dụ sáng chế 10	7		0,92	0,83	C	C	C	B
Ví dụ sáng chế 11	8		<u>0,32</u>	0,92	B	C	B	C
Ví dụ sáng chế 12	9		<u>0,56</u>	<u>0,67</u>	C	C	C	B

Các số gạch chân chỉ ra rằng các giá trị này nằm ngoài phạm vi sáng chế

Trong các ví dụ từ 1 đến 6 theo sáng chế, các cụm thử nghiệm có các tấm tháo được bao gồm vật liệu bất kỳ một trong các vật liệu thép số 1 đến số 3 được liên kết khuếch tán. Lượng biến dạng sau khi liên kết khuếch tán nằm trong khoảng là nhỏ hơn hoặc bằng 50µm, nghĩa là, tốt (A) hoặc khá tốt (B) đối với tất cả các trường hợp, chứng

minh rằng thu được các sản phẩm liên kết khuếch tán có biến dạng được khử. Tổ hợp cụ thể của các chi tiết liên kết và các tấm tháo được theo sáng chế có lẽ có thể thúc đẩy quá trình giãn nở và co ngót nhiệt đầy đủ do sự gia nhiệt và làm nguội trong suốt quá trình trong quá trình xử lý liên kết khuếch tán, dẫn đến chống biến dạng.

Hơn nữa, liên quan đến tính dễ tháo của các ví dụ từ 1 đến 6 theo sáng chế, tấm tháo được được tháo ra khỏi các chi tiết dạng tấm bằng lực kéo nhỏ. Khi tổ hợp gồm các chi tiết liên kết và các tấm tháo được theo sáng chế được sử dụng, các tấm tháo được có thể được tháo ra một cách dễ dàng khỏi các chi tiết liên kết sau khi liên kết khuếch tán. Các màng Si oxit được tạo ra trên các bề mặt của các tấm tháo được có thể cản trở được các phản ứng ở mặt phân cách giữa các chi tiết liên kết và các tấm tháo được, dẫn đến làm giảm sự bám dính của các vật liệu này và nhờ vậy dẫn đến cải thiện tính dễ tháo.

Hơn nữa, khi các kết quả từ các trường hợp mà tốc độ làm nguội trung bình là $3,2^{\circ}\text{C/phút}$ (mẫu A) được so sánh với các kết quả từ các trường hợp mà tốc độ làm nguội trung bình là $1,1^{\circ}\text{C/phút}$ (mẫu B) trong các ví dụ từ 1 đến 6 theo các phương án của sáng chế, các cụm thử nghiệm được làm nguội với mẫu B, nghĩa là, với tốc độ làm nguội trung bình nhỏ hơn, thể hiện khả năng chống biến dạng được cải thiện khi so với các cụm thử nghiệm được làm nguội với mẫu A. Tốc độ làm nguội nhỏ hơn có thể làm giảm mức độ thay đổi co ngót do nhiệt và tích tụ ứng suất, dẫn đến chống biến dạng.

Mặt khác, các ví dụ so sánh từ 1 đến 12 sử dụng các tấm tháo được của các vật liệu thép từ số 1 đến số 9. Trong các ví dụ so sánh từ 1 đến 12, hàm lượng Si của vật liệu thép trong các tấm tháo được là nhỏ hơn 1,5% khối lượng, mà nằm ngoài phạm vi được xác định theo sáng chế. Đối với tất cả các trường hợp, tính dễ tháo là hơi kém (B) hoặc kém (C) và việc tháo ra sau khi liên kết khuếch tán là khó khăn.

Hơn nữa, trong các ví dụ so sánh từ 3 đến 6, 10 và 12, trong đó tỷ lệ của các độ bền ở nhiệt độ cao là nhỏ hơn 0,9, sự biến dạng sau khi liên kết khuếch tán là đáng kể, dẫn đến khả năng chống biến dạng kém (C) sau khi liên kết khuếch tán.

Các kết quả thử nghiệm này thể hiện rằng việc sử dụng tổ hợp gồm các chi tiết liên kết và các chi tiết tháo được để liên kết khuếch tán, các chi tiết tháo được bao gồm vật liệu thép chứa Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,5% khối lượng, tỷ lệ (F_r/F_p) của các độ bền ở nhiệt độ cao (F_r) của các chi tiết tháo được ở nhiệt độ 1000°C so với các độ bền ở nhiệt độ cao (F_p) của các chi tiết liên kết ở nhiệt độ 1000°C là lớn hơn hoặc bằng 0,9, cho phép phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt trong đó ngay cả khi các chi tiết liên kết bao

gồm các tấm thép không gỉ, chống biến dạng các chi tiết liên kết trong khi duy trì các tính chất liên kết khuếch tán và tính dễ tháo (tính dễ tháo của chi tiết liên kết khỏi chi tiết tháo được) sau quá trình xử lý liên kết khuếch tán là rất tốt.

Danh mục các số chỉ dẫn

1 Chi tiết dạng tấm (chi tiết liên kết)

2 Tấm nhiều lớp dnagj tấm

3 Chi tiết tháo được

4 Gá kẹp

5 Trục ép

11a, 11b, 11c, 11d Chi tiết dạng tấm

13 Tấm tháo được

14 Cụm thử nghiệm

15 Gá kẹp

16 Phần hốc

17 Độ cao (lượng biến dạng)

21 Chi tiết dạng tấm

23 Tấm tháo được

24 Cụm thử nghiệm

25 Cốc hút

26 Dây

27 Khối nặng

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt, phương pháp này bao gồm các bước: xếp lớp nhiều chi tiết liên kết được làm bằng thép không gỉ và tác dụng nhiệt và áp lực để tạo ra liên kết khuếch tán của các chi tiết liên kết này,

trong đó các chi tiết tháo được được bố trí ở cả hai phía bề mặt của các chi tiết liên kết, và các gá kẹp được bố trí để kẹp các chi tiết liên kết thông qua các chi tiết tháo được, và sau đó thực hiện bước ép nhờ các gá kẹp này bằng thiết bị ép, và

trong đó liên kết khuếch tán được thực hiện bằng cách sử dụng tổ hợp gồm các chi tiết tháo được và các chi tiết liên kết, các chi tiết tháo được này bao gồm vật liệu thép chứa Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,5% khối lượng, và

tỷ lệ (F_r/F_p) của độ bền ở nhiệt độ cao (F_r) của các chi tiết tháo được ở nhiệt độ 1000°C so với độ bền ở nhiệt độ cao (F_p) của các chi tiết liên kết ở nhiệt độ 1000°C là lớn hơn hoặc bằng 0,9.

2. Phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt theo điểm 1, trong đó tốc độ làm nguội trung bình sau khi gia nhiệt trong quá trình liên kết khuếch tán là nhỏ hơn 1,2°C/phút.

3. Phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt theo điểm 1 hoặc 2, trong đó các gá kẹp có chứa vật liệu cacbon.

4. Phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt theo theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó chất bôi trơn được phủ lên cả hai mặt của các chi tiết tháo được.

FIG. 1

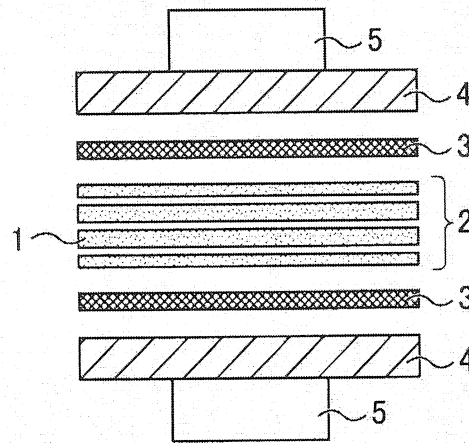


FIG. 2

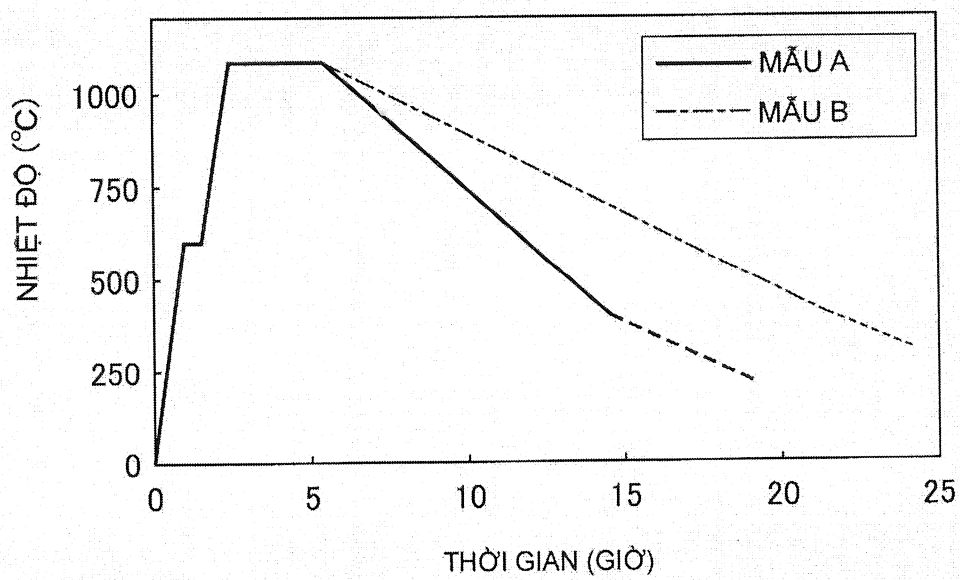


FIG. 3A

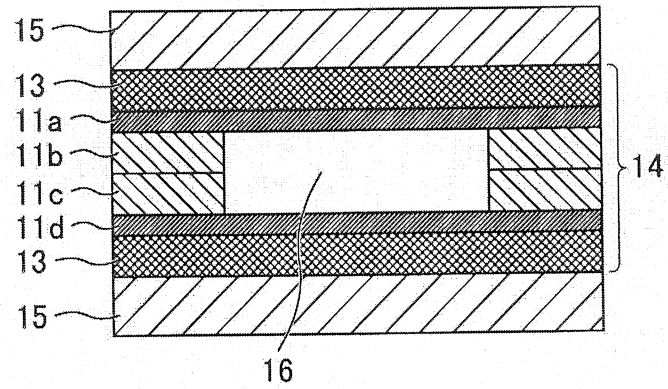


FIG. 3B

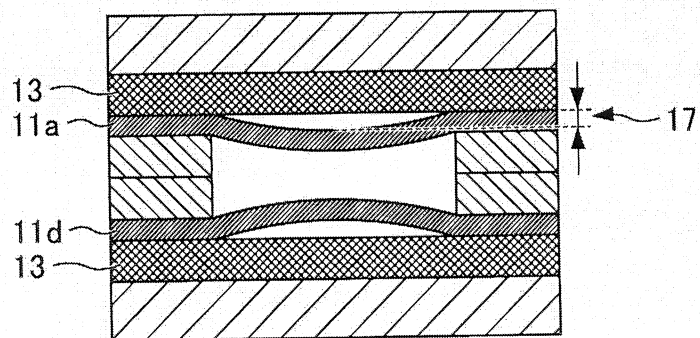


FIG. 4

