



(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)



1-0030428

(51)<sup>7</sup> F28F 3/08; B23K 20/00; F28F 3/04;  
B23K 1/00; F28D 9/02

(13) B

(21) 1-2016-03394

(22) 18/02/2015

(86) PCT/JP2015/054465 18/02/2015

(87) WO 2015/125831 27/08/2015

(30) 2014-028899 18/02/2014 JP

(45) 25/12/2021 405

(43) 26/12/2016 345A

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

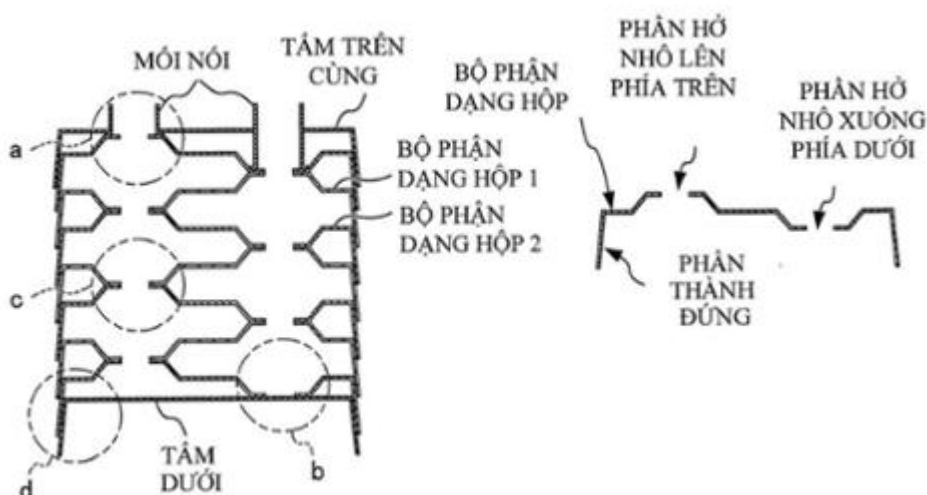
4-1, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008366, Japan

(72) SUGAMA, Atsushi (JP); OKU, Manabu (JP); HORI, Yoshiaki (JP); IMAKAWA, Kazunari (JP).

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

#### (54) BỘ TRAO ĐỔI NHIỆT DẠNG TẤM VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BỘ TRAO ĐỔI NHIỆT NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến bộ trao đổi nhiệt dạng tấm đảm bảo độ kín khí có thể được tạo ra dễ dàng bằng cách thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn mà không sử dụng vật liệu hàn vảy cứng ở ít nhất một phần nối của các bề mặt biên xung quanh của các bộ phận dạng tấm cấu thành bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, và chỗ nối của kênh dẫn cho các bộ phận dạng tấm trên và dưới. Sáng chế cũng đề cập đến: bộ phận dạng tấm hình chữ nhật cấu thành vỏ bộ trao đổi nhiệt là bộ phận dạng hộp được tạo ra có phần thành đứng dọc theo mép ngoài cùng của nó; các bộ phận dạng hộp (1, 2) có cùng hình dạng được tạo kết cấu theo cách sao cho hướng của bề mặt nằm ngang của một trong số các bộ phận dạng hộp được đảo ngược; ghép lớp các bộ phận dạng hộp (1,2) theo thứ tự; lắp khớp phần trên của phần thành đứng ở bộ phận lớp dưới với phần dưới của phần thành đứng của bộ phận lớp trên; thiết lập góc ( $\theta$ ) của phần thành đứng là  $\theta \leq 30^\circ$ ; và thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn ở ít nhất một phần vị trí tiếp xúc giữa phần thành đứng của bộ phận lớp trên và phần thành đứng của bộ phận lớp dưới.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến bộ trao đổi nhiệt dạng tấm trong đó các tấm truyền nhiệt được ghép lớp.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Trong số các loại bộ trao đổi nhiệt khác nhau, các bộ trao đổi nhiệt dạng tấm được sử dụng cho các thiết bị đun nước bằng điện, thiết bị công nghiệp, máy điều hòa không khí trong ô tô hoặc thiết bị tương tự do hiệu suất trao đổi nhiệt của các bộ trao đổi nhiệt này rất cao.

Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm có các tấm được ghép lớp để tạo ra các đường dẫn môi chất trao đổi nhiệt, tức là, các đường dẫn môi chất nhiệt độ cao và môi chất nhiệt độ thấp được tạo kết cấu để ở liền kề nhau để việc trao đổi nhiệt được tác động lẫn nhau nhờ sự chênh lệch nhiệt độ giữa môi chất chảy qua các đường dẫn môi chất nhiệt độ cao và môi chất nhiệt độ thấp này.

Ví dụ, trong tài liệu sáng chế 1, các tấm có các phần nếp gấp để tạo ra các đường dẫn dòng chảy được ghép lớp và được nối bằng các phương pháp nối khác nhau (bắt chặt bằng vòng đệm và vít, hàn, hàn vảy cứng) để thu được kết cấu trong đó các đường dẫn dòng chảy nhiệt độ cao và các đường dẫn dòng chảy nhiệt độ thấp được tạo xen kẽ nhau. Trong khi đó, xét về độ bền nâng cao của chính bộ trao đổi nhiệt, các tấm thép không gỉ có khả năng chống ăn mòn tốt được sử dụng làm các vật liệu tấm kim loại.

Ngoài ra, đối với các bộ trao đổi nhiệt có kích cỡ từ nhỏ đến vừa, các hoạt động nối thường được thực hiện bằng cách hàn vảy cứng xét đến khả năng chịu áp lực.

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2010-85094.

Các tài liệu EP 1 676 089 A1, WO 2007/036963 A1 và EP 2 568 248 A2 bộc lộ các bộ trao đổi nhiệt dạng tấm bao gồm các tấm dạng hộp với phần thành đứng dọc theo mép ngoài cùng, trong đó vùng tiếp xúc giữa các phần ghép chồng của các phần thành đứng của các tấm dạng hộp liền kề được liên kết với nhau bằng cách hàn vảy cứng.

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, các nỗ lực ghép lớp và nối các bộ phận dạng tấm gấp nếp bằng cách hàn vảy cứng có thể dẫn đến các khuyết tật nối vốn có ở các vật liệu hàn vảy cứng, như sự ăn mòn và rạn nứt xảy ra khi nối, khả năng chống ăn mòn giảm và các đường dẫn dòng chảy bị che lấp bởi thể nóng chảy của vật liệu hàn vảy cứng. Ngoài ra, chi phí của các vật liệu hàn vảy cứng cũng là một vấn đề.

Trong khi đó, với phương pháp trong đó khả năng chống ăn mòn được ngăn không cho bị giảm đi ở vùng ghép nối, liên kết khuếch tán pha rắn có thể được sử dụng thay vì hàn vảy cứng. Liên kết khuếch tán pha rắn là phương pháp nối tận dụng sự liên khuếch tán của các nguyên tử của vật liệu nền xảy ra ở mặt ghép nối chung ở nhiệt độ cao và áp suất cao, và có thể tạo ra vùng ghép nối có độ bền và khả năng chống ăn mòn tương đương với độ bền và khả năng chống ăn mòn của vật liệu nền. Tuy nhiên, chất lượng ghép nối bằng cách khuếch tán pha rắn có thể bị ảnh hưởng bởi áp suất, nhiệt độ và yếu tố tương tự tác động ở bề mặt ghép nối.

Cụ thể, trong trường hợp tấm thép không gỉ được sử dụng làm vật liệu tấm kim loại, thì liên kết khuếch tán của thép không gỉ có thể bị ảnh hưởng mạnh bởi các nguyên tố phụ. Khi lượng lớn của các nguyên tố dễ bị oxy hóa, Al, Ti, và Si được chứa trong đó, oxit hoặc màng oxit bền vững có thể được tạo ra trên lớp bề mặt của mặt ghép nối chung để cản trở sự ghép nối.

Ngoài ra, khi các bộ phận dạng tấm ghép lớp được nén theo cả chiều hướng lên phía trên và chiều hướng xuống phía dưới để thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn, thì các tấm liên kế có xu hướng được nối một cách không đầy đủ ở các bề mặt cạnh bên mặc dù liên kết khuếch tán pha rắn có thể đạt được một cách đầy đủ ở các bề mặt ghép nối theo chiều thẳng đứng.

Sở dĩ xảy ra vấn đề này là do lực nén có xu hướng không đủ theo chiều ngang.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Sáng chế được thực hiện để khắc phục các vấn đề nêu trên. Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt dạng tấm kín khí bền vững theo cách thức thuận tiện, cụ thể ngay cả khi tấm thép không gỉ được sử dụng làm vật liệu nền, phương pháp này bao gồm các bước: xác định hình dạng của các bề mặt cạnh bên

của các bộ phận dạng tấm của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm; và thực hiện nối các bề mặt cạnh bên và các đường dẫn dòng chảy ở các bộ phận dạng tấm liền kề theo chiều thẳng đứng nhờ liên kết khuếch tán pha rắn thay vì hàn vảy cứng. Lưu ý rằng, việc sử dụng vật liệu hàn vảy cứng có thể chấp nhận được ở vùng mà ở đó tải không dễ dàng được thêm vào.

#### Cách thức giải quyết vấn đề

Với mục đích này, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo sáng chế khác biệt ở chỗ vỏ của bộ trao đổi nhiệt gồm nhiều bộ phận dạng tấm hình chữ nhật, và các bộ phận dạng tấm hình chữ nhật là các bộ phận dạng hộp, mỗi bộ phận có cùng hình dạng và có phần thành đứng dọc theo mép ngoài cùng, và một trong số các bộ phận dạng hộp được ghép lớp với một bộ phận dạng hộp khác trong số các bộ phận dạng hộp được đảo ngược theo chiều ngang để tạo ra kết cấu ghép lớp có bộ phận lớp trên và bộ phận lớp dưới, sao cho phần trên của phần thành đứng ở bộ phận lớp dưới của kết cấu ghép lớp được lắp khớp vào phần dưới của phần thành đứng ở bộ phận lớp trên của kết cấu ghép lớp, và góc ( $\theta$ ) của các phần thành đứng là  $15^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ , và một phần của vùng tiếp xúc giữa phần trên của phần thành đứng và phần dưới của phần thành đứng được nối bằng liên kết khuếch tán pha rắn.

Ngoài ra, liên kết hàn vảy cứng cũng được thực hiện cho một phần của vùng tiếp xúc trên tùy thuộc vào độ bền ghép nối mong muốn. Các vùng tiếp xúc khác giữa bộ phận lớp trên và bộ phận lớp dưới tốt nhất là cũng được nối bằng liên kết khuếch tán pha rắn hoặc liên kết hàn vảy cứng.

Tốt hơn là, các bộ phận dạng hộp là các sản phẩm được tạo hình bằng cách dập, mỗi bộ phận có hai loại phần hờ ở các vị trí định trước ở mặt trên của nó, một phần hờ được làm hờ và nhô lên từ mỗi trong số các bộ phận dạng hộp và phần hờ còn lại được làm hờ và nhô vào phía trong với cùng độ cao từ mỗi trong số các bộ phận dạng hộp, và mặt trên của phần hờ nhô lên phía trên của bộ phận lớp dưới được nối với mặt dưới trên phần hờ nhô xuống phía dưới của bộ phận lớp trên ở vùng tiếp xúc giữa chúng nhờ liên kết khuếch tán pha rắn hoặc liên kết hàn vảy cứng.

Khi bộ trao đổi nhiệt dạng tấm có kết cấu như được mô tả ở trên được chế tạo sử dụng tấm thép không gỉ làm vật liệu nền, cụm chi tiết ghép lớp của các bộ phận dạng hộp được tạo ra bằng tấm thép không gỉ ferit hoặc tấm thép không gỉ austenit

hoặc tấm thép không gỉ mactensit một pha có thành phần hóa học là  $0,1 \text{ Si} + \text{Ti} + \text{Al} < 0,15\%$  khối lượng và độ nhám bề mặt  $Ra \leq 0,3\mu\text{m}$  có thể được gia nhiệt trong môi trường có nhiệt độ nung nóng lớn hơn hoặc bằng  $1100^\circ\text{C}$  và áp lực tác dụng lớn hơn hoặc bằng  $0,3\text{MPa}$  và nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  để thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn. Ở đây, áp lực nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  có nghĩa là áp suất môi trường xung quanh khi đạt đến nhiệt độ nung nóng. Khi áp suất môi trường xung quanh trong lò trong quá trình gia nhiệt được giảm đến áp suất này, thì khí trơ như Ar và  $\text{N}_2$  sau đó có thể được chứa trong lò.

Khi tấm thép không gỉ hai pha có thành phần hóa học là  $0,1 \text{ Si} + \text{Ti} + \text{Al} < 0,15\%$  khối lượng được sử dụng, và việc gia nhiệt được thực hiện trong môi trường có nhiệt độ nung nóng lớn hơn hoặc bằng  $1000^\circ\text{C}$ , áp lực tác dụng lớn hơn hoặc bằng  $0,1\text{MPa}$  và áp suất môi trường xung quanh nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ , thì ngay cả tấm thép không gỉ có độ nhám bề mặt  $Ra \leq 2,0\mu\text{m}$  cũng có thể được nối một cách đầy đủ bằng liên kết khuếch tán pha rắn.

#### Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, ít nhất một phần việc ghép nối các bề mặt cạnh bên của các bộ phận dạng tấm cấu thành bộ trao đổi nhiệt dạng tấm và việc ghép nối của các đường dẫn dòng chảy ở các bộ phận dạng tấm phía trên và phía dưới được thực hiện bằng liên kết khuếch tán pha rắn trong đó vật liệu hàn vảy cứng như Cu và Ni không được sử dụng.

Do đó, có thể tạo ra bộ trao đổi nhiệt dạng tấm kín khí bền vững với chi phí thấp. Hơn nữa, có thể tạo ra bộ trao đổi nhiệt dạng tấm có độ bền cao với chi phí thấp do tấm thép không gỉ được sử dụng làm vật liệu tấm thép.

#### Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 minh họa kết cấu của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm ghép lớp thông thường.

Fig.2 minh họa kết cấu của các đường dẫn dòng chảy của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm ghép lớp thông thường.

Fig.3 minh họa kết cấu của các đường dẫn dòng chảy của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm ghép lớp theo sáng chế.

Fig.4 minh họa bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo một khía cạnh của sáng chế trong đó cánh tản nhiệt được bố trí ở phần mặt phẳng của bộ phận dạng hộp.

Fig.5 minh họa kết cấu mặt cắt của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm ghép lớp được thể hiện trên Fig.4.

Fig.6 minh họa sơ đồ xử lý nhiệt khi thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn theo các ví dụ của sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Như đã mô tả ở trên, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo sáng chế có các tấm ghép lớp được bố trí để tạo ra các đường dẫn môi chất trao đổi nhiệt, tức là, các đường dẫn môi chất nhiệt độ cao và môi chất nhiệt độ thấp được tạo kết cấu để ở liền kề nhau để việc trao đổi nhiệt được tác động lẫn nhau nhờ sự chênh lệch nhiệt độ giữa môi chất chảy qua các đường dẫn môi chất nhiệt độ cao và môi chất nhiệt độ thấp này.

Bộ trao đổi nhiệt có kết cấu đơn giản có thể được chế tạo như sau: ví dụ, nhiều bộ phận dạng hộp, mỗi bộ phận có hình dạng tương tự nhau được chế tạo, và một trong số các bộ phận dạng hộp được quay theo chiều ngang một góc  $180^\circ$  để đảo ngược hướng được ghép lớp với một bộ phận dạng hộp khác trong số các bộ phận dạng hộp, và sau đó sự ghép lớp của các bộ phận dạng hộp tiếp tục được lặp lại như được thể hiện trên Fig.1 và Fig.2.

Ngoài ra, các bộ phận phía trên và phía dưới cần được làm kín khí ở vùng tiếp xúc giữa phần thành đứng-mép ngoài cùng và mép ngoài cùng của phần hở của các bộ phận dạng hộp được ghép lớp để vận hành sản phẩm ghép lớp nêu trên như bộ trao đổi nhiệt.

Bộ trao đổi nhiệt như được thể hiện trên Fig.2 có thể được tạo ra như sau: tấm thép được dập để tạo thành bộ phận dạng hộp sao cho phần thành đứng-mép ngoài cùng được tạo hơi nghiêng theo hướng ra phía ngoài, và hai loại phần hở được tạo ra ở các vị trí định trước, một phần hở được làm hở lên phía trên ở độ cao thấp hơn một nửa chiều cao của phần thành đứng-mép ngoài cùng ở bộ phận dạng tấm hình chữ nhật nêu trên và phần hở còn lại được làm hở xuống phía dưới ở độ cao tương tự thấp hơn một nửa chiều cao của phần thành đứng-mép ngoài cùng ở bộ phận dạng tấm hình chữ nhật nêu trên, và bộ phận dạng hộp thu được được lắp trên tấm đáy, mà một bộ phận

dạng hộp khác có cùng hình dạng được lắp tiếp trên đó sau khi bộ phận dạng hộp khác này được quay theo chiều ngang một góc  $180^\circ$  để đảo ngược hướng, và sau đó nếu cần, các quy trình này được lặp lại. Lưu ý rằng, phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía trên được tạo kết cấu để được lắp khớp vào và ghép chồng với phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía dưới.

Ở đây, bộ phận phía trên cần được nối kín khí với bộ phận phía dưới. Các vùng cần được nối kín khí gồm có vùng tiếp xúc giữa phần đầu hờ hướng xuống đóng vai trò là đường dẫn dòng chảy của bộ phận phía trên và phần đầu hờ hướng lên đóng vai trò là đường dẫn dòng chảy của bộ phận phía dưới; và phần ghép chồng giữa phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía trên và phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía dưới.

Khi thử liên kết khuếch tán pha rắn cho mỗi vùng nêu trên thay vì hàn vảy cứng trong kết cấu ghép lớp như đã mô tả ở trên, tải có thể được đặt thích hợp vào vùng tiếp xúc giữa phần đầu hờ phía dưới của bộ phận phía trên và phần đầu hờ phía trên của bộ phận phía dưới. Tuy nhiên, khó để đặt một tải thỏa mãn vào phần ghép chồng giữa các phần thành đứng ở các mép ngoài cùng. Tức là, rất khó đặt tải vào phần ghép chồng giữa các phần thành đứng-mép ngoài cùng theo cả chiều hướng lên phía trên và chiều hướng xuống phía dưới, và do vậy liên kết khuếch tán pha rắn không thể được thực hiện đầy đủ.

Do đó, cần phát triển một phương pháp cải tiến để nối phần ghép chồng giữa các phần thành đứng-mép ngoài cùng.

Do đó, theo sáng chế, vùng tiếp xúc giữa phần đầu hờ phía dưới của bộ phận phía trên và phần đầu hờ phía trên của bộ phận phía dưới được thực hiện bằng liên kết khuếch tán pha rắn, và phần ghép chồng giữa phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía trên và phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía dưới được tạo thành hình dạng cụ thể, nhờ đó đạt được chất lượng nối tốt.

Cụ thể, như được thể hiện trên Fig.3 (b), tám thép được tạo hình bằng cách dập để tạo ra bộ phận dạng hộp sao cho phần thành đứng được bố trí ở mép ngoài cùng, và hai loại phần hờ được tạo ra ở các vị trí định trước ở bề mặt trên của nó, một phần hờ được làm hờ và nhô lên trên ở bộ phận dạng hộp và phần hờ còn lại được làm hờ và nhô vào phía trong với cùng độ cao ở bộ phận dạng hộp. Lưu ý rằng trên Fig.3 (a), bộ

phận dạng hộp 1 và bộ phận dạng hộp 2 có cùng hình dạng, nhưng có hướng ngược nhau theo chiều ngang. Do đó, chiều cao của một bộ phận dạng tấm hình chữ nhật dạng hộp bằng tổng chiều cao của các phần hở được làm hở và nhô lên trên và nhô xuống dưới.

Bộ phận dạng hộp nêu trên được lắp trên tấm đáy, mà một bộ phận dạng hộp khác có cùng hình dạng được lắp tiếp trên đó sau khi bộ phận dạng hộp khác này được quay theo chiều ngang một góc  $180^\circ$  để đảo ngược hướng, và nếu cần các quy trình này được lặp lại.

Sau đó, khớp nối và tấm trên cùng mà được tạo ra riêng biệt được gắn vào sản phẩm ghép lớp để thu được kết cấu của bộ trao đổi nhiệt như được thấy trên Fig.3 (a). Lưu ý rằng phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía trên được tạo kết cấu để được lắp khớp vào và ghép chồng với phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía dưới. Vì lý do này, chiều cao của phần thành đứng cần cao hơn tổng chiều cao của các phần hở được làm hở và nhô lên trên và nhô xuống dưới.

Theo sáng chế, một phần của phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía trên và phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía dưới được nối bằng liên kết khuếch tán pha rắn. Để đạt được điều này, các góc nghiêng ra ngoài của phần thành đứng-mép ngoài cùng của bộ phận dạng hộp phía trên và bộ phận dạng hộp phía dưới, mỗi góc  $\theta$  của thành đứng như được thể hiện trên Fig.5 (b), tốt nhất là  $15^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$  để cho phép tải được đặt vào các phần thành đứng theo cả chiều hướng lên phía trên và chiều hướng xuống phía dưới khi thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn. Khi một phần của phần thành đứng được hàn vảy cứng để đạt được độ kín khí cao, tốt nhất là góc  $\theta$  được giảm đến mức nhỏ nhất có thể như  $0^\circ \leq \theta \leq 15^\circ$  để cho phép phần thành đứng hơi nghiêng ra ngoài mà không làm tăng kích cỡ của bản thân bộ trao đổi nhiệt dạng tấm.

Khi sản phẩm ghép lớp trong đó bộ phận dạng hộp 1 và bộ phận dạng hộp 2 được bố trí theo hướng ngược so với bộ phận dạng hộp 1 được lắp ráp như được thể hiện trên Fig.3(a) cùng với tấm đáy, tấm trên cùng và khớp nối tạo ra riêng biệt được duy trì ở nhiệt độ cao trong khi đặt tải theo cả chiều hướng lên phía trên và chiều hướng xuống phía dưới, các vị trí được chỉ ra là a, b, c và d trên Fig.3 (a) được nối nhờ hoạt động liên kết khuếch tán pha rắn.

Ngoài ra, trong bộ trao đổi nhiệt, các đường dẫn môi chất trao đổi nhiệt, tức là, các đường dẫn môi chất nhiệt độ cao và môi chất nhiệt độ thấp được tạo kết cấu để ở liền kề nhau để việc trao đổi nhiệt được tác động lẫn nhau nhờ sự chênh lệch nhiệt độ giữa môi chất chảy qua các đường dẫn môi chất nhiệt độ cao và môi chất nhiệt độ thấp này. Do đó, bề mặt gia tăng của vách ngăn tách các đường dẫn môi chất nhiệt độ cao và môi chất nhiệt độ thấp có tác dụng trong việc làm tăng hiệu quả trao đổi nhiệt.

Do đó, theo sáng chế, cánh tản nhiệt có dạng mặt cắt hình tam giác hoặc hình thang hoặc hình chữ nhật và có cùng chiều cao với chiều cao của bộ phận dạng hộp được bố trí trên phần mặt phẳng phía trên của bộ phận dạng hộp ghép lớp.

Cụ thể, như được thể hiện trên Fig.4, cánh tản nhiệt có dạng mặt cắt hình tam giác, hình thang hoặc hình chữ nhật và có cùng chiều cao với chiều cao của bộ phận dạng hộp được tạo ra trên phần mặt phẳng phía trên của bộ phận dạng hộp theo hướng về phía bên trong của bộ phận dạng hộp. Bộ phận dạng hộp này có cánh tản nhiệt được tạo ra trên phần mặt phẳng phía trên được ghép lớp. Lưu ý rằng, trên Fig.4, bộ phận dạng hộp 2 được bố trí theo hướng ngược so với bộ phận dạng hộp 1, và bộ phận dạng hộp 3 có cùng hình dạng với bộ phận dạng hộp 1 được bố trí theo cùng hướng với bộ phận dạng hộp 1.

Khi phần thành đứng của bộ phận dạng hộp phía trên được ghép lớp để được lắp khớp vào phần thành đứng của bộ phận dạng hộp phía dưới, đầu của các cánh tản nhiệt được làm cho tiếp xúc với nhau. Do đó, khi cụm chi tiết ở trạng thái này được duy trì ở nhiệt độ cao trong khi đặt tải theo cả chiều hướng lên phía trên và chiều hướng xuống phía dưới, các phần được chỉ ra bởi các hình tròn và các hình vuông trên Fig.5 được nối nhờ hoạt động liên kết khuếch tán pha rắn. Lưu ý rằng các bộ phận cánh tản nhiệt có thể được nối với nhau bằng liên kết hàn vảy cứng.

Thay vì tạo ra cánh tản nhiệt trên chính bộ phận dạng hộp, cánh tản nhiệt và bộ phận dạng hộp có thể được tạo ra một cách riêng biệt, và bộ phận cánh tản nhiệt có thể được bố trí giữa các bộ phận dạng hộp được ghép lớp phía trên và phía dưới.

Trong trường hợp một phần của phần thành đứng được hàn vảy cứng, các vật liệu sau đây có thể thường được sử dụng làm các vật liệu hàn vảy cứng: hợp kim hàn trên cơ sở Ni BNi-5 được định nghĩa theo chuẩn JISZ3265, BNi-5 chứa P, hợp kim hàn trên cơ sở Cu BCu-1 (đồng không có oxy) được định nghĩa theo chuẩn JISZ3262.

Vật liệu dạng bột nhão được tạo ra bằng cách trộn bột với chất dính và vật liệu hàn vảy cứng được tạo thành dạng lá có thể được sử dụng. Các loại, các dạng và lượng sử dụng của các vật liệu hàn vảy cứng có thể được chọn tùy thuộc vào vật liệu nền, hình dạng và yếu tố tương tự của bộ phận dạng hộp. Ví dụ, tốt hơn là, vật liệu hàn vảy cứng với lượng lớn hơn hoặc bằng  $0,1\text{g/cm}^2$  và nhỏ hơn hoặc bằng  $1,0\text{g/cm}^2$  được đặt vào khe hở được tạo ra ở các phần thành đứng khi bộ phận dạng hộp có bộ phận cánh tản nhiệt được bố trí trong đó được ghép lớp.

Trong phần trên, kết cấu của bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo sáng chế được mô tả. Như cũng được mô tả ở phần trong đó các vấn đề cần được khắc phục được thảo luận, tốt hơn là tấm thép không gỉ được sử dụng làm vật liệu thép nền để tăng độ bền cho bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo sáng chế trong môi trường cần khả năng chống ăn mòn.

Tuy nhiên, trong trường hợp tấm thép không gỉ được sử dụng làm vật liệu tấm thép, liên kết khuếch tán của thép không gỉ có thể bị ảnh hưởng mạnh bởi các nguyên tố phụ. Khi lượng lớn các nguyên tố dễ bị oxi hóa, Al, Ti, Si được chứa trong đó, oxit hoặc màng oxit bền vững có thể được tạo ra trên bề mặt của mặt ghép nối chung, dẫn đến cản trở việc ghép nối.

Do đó, khi chế tạo bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo sáng chế sử dụng tấm thép không gỉ làm vật liệu nền, các tác giả sáng chế kiểm soát hàm lượng của các nguyên tố dễ bị oxi hóa, Al, Ti và Si, và xác định biên dạng bề mặt của tấm thép không gỉ nền và áp lực tác dụng và nhiệt độ nung nóng khi thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn.

Không có giới hạn về thành phần chung của thép không gỉ được sử dụng. Các vật liệu sau đây có thể được sử dụng: các tấm thép không gỉ ferit, các tấm thép không gỉ austenit, các tấm thép không gỉ mactensit một pha hoặc các tấm thép không gỉ hai pha có các thành phần chung như được định nghĩa theo JIS và chuẩn tương tự.

Khi lượng lớn các nguyên tố dễ bị oxi hóa, Al, Ti và Si được chứa trong đó, oxit hoặc màng oxit bền vững có thể được tạo ra ở bề mặt của mặt ghép nối chung, dẫn đến cản trở việc ghép nối. Do đó, tổng lượng của các nguyên tố này sẽ được kiểm soát. Chi tiết sẽ được mô tả theo các ví dụ. Tóm lại, khi  $0,1\text{ Si} + \text{Ti} + \text{Al}$  lớn hơn hoặc bằng  $0,15\%$ , thì sự oxi hóa có thể được thúc đẩy bên trong các sản phẩm cần được nối, dẫn đến thực hiện ghép nối không đủ.

Tấm thép không gỉ được ưu tiên để sử dụng theo sáng chế là tấm thép không gỉ ferit một pha bao gồm các thành phần sau tính theo % khối lượng: C: từ 0,0001 đến 0,15%, Si: nhỏ hơn 1,5%, Mn: từ 0,001 đến 1,2%, P: từ 0,001 đến 0,045%, S: từ 0,0005 đến 0,03%, Ni: từ 0 đến 0,6%, Cr: từ 11,5 đến 32,0%, Cu: từ 0 đến 1,0%, Mo: từ 0 đến 2,5%, Al: nhỏ hơn 0,15%, Ti: nhỏ hơn 0,15%, Nb: từ 0 đến 1,0%, V: từ 0 đến 0,5%, N: từ 0 đến 0,025% và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Ngoài ra, tấm thép cũng có thể là tấm thép không gỉ austenit bao gồm các thành phần sau tính theo % khối lượng: C: từ 0,0001 đến 0,15%, Si: nhỏ hơn 1,5%, Mn: từ 0,001 đến 2,5%, P: từ 0,001 đến 0,045%, S: từ 0,0005 đến 0,03%, Ni: từ 6,0 đến 28,0%, Cr: từ 15,0 đến 26,0%, Cu: từ 0 đến 3,5%, Mo: từ 0 đến 7,0%, Al: nhỏ hơn 0,15%, Ti: nhỏ hơn 0,15%, Nb: từ 0 đến 1,0%, V: từ 0 đến 0,5%, N: từ 0 đến 0,3% và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Ngoài ra, tấm thép cũng có thể là tấm thép không gỉ mactensit bao gồm các thành phần sau tính theo % khối lượng: C: 0,15 đến 1,5%, Si: nhỏ hơn 1,5%, Mn: từ 0,001 đến 1,0%, P: từ 0,001 đến 0,045%, S: từ 0,0005 đến 0,03%, Ni: 0,05 đến 2,5%, Cr: từ 13,0 đến 18,5%, Cu: từ 0 đến 0,2%, Mo: từ 0 đến 0,5%, Al: nhỏ hơn 0,15%, Ti: nhỏ hơn 0,15%, Nb: từ 0 đến 0,2%, V: từ 0 đến 0,2% và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Ngoài ra, tấm thép cũng có thể là tấm thép không gỉ hai pha ferit-mactensit hoặc tấm thép không gỉ hai pha ferit-austenit bao gồm các thành phần sau tính theo % khối lượng: C: từ 0,0001 đến 0,15%, Si: nhỏ hơn 1,5%, Mn: từ 0,001 đến 1,0%, P: từ 0,001 đến 0,045%, S: từ 0,0005 đến 0,03%, Ni: 0,05 đến 6,0%, Cr: từ 13,0 đến 25,0%, Cu: từ 0 đến 0,2%, Mo: từ 0 đến 4,0%, Al: nhỏ hơn 0,15%, Ti: nhỏ hơn 0,15%, Nb: từ 0 đến 0,2%, V: từ 0 đến 0,2%, N: từ 0,005 đến 0,2% và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Để duy trì khả năng sản xuất, thì B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01% khối lượng và một hoặc nhiều nguyên tố trong số Ca, Mg và REM với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1% có thể được bổ sung vào các thép không gỉ nêu trên.

Hơn nữa, trong liên kết khuếch tán pha rắn, việc ghép nối được thực hiện trong khi các kim loại cần nối được ép mạnh vào nhau.

Do đó, độ nhám bề mặt của cả hai sẽ ảnh hưởng mạnh đến chất lượng mối nối của chúng. Chi tiết về độ nhám bề mặt cũng sẽ được mô tả trong các ví dụ bên dưới. Trong trường hợp liên kết khuếch tán pha rắn được thực hiện dưới áp lực tác dụng là 0,3MPa, thì độ nhám bề mặt của tấm thép không gỉ hai pha, mà có thể được liên kết khuếch tán tương đối dễ dàng, cần là  $Ra \leq 2,0\mu m$ , tùy thuộc vào áp lực ở bề mặt tiếp xúc giữa các kim loại sẽ được nối. Độ nhám bề mặt của tấm thép không gỉ ferrit hoặc tấm thép không gỉ austenit hoặc tấm thép không gỉ mactensit một pha, mà có thể khó được liên kết khuếch tán, cần là  $Ra \leq 0,3\mu m$ .

Áp lực tác dụng được đặt vào giữa các tấm thép không gỉ cần được liên kết khuếch tán sẽ được đặt lớn hơn hoặc bằng 0,1MPa đối với thép không gỉ hai pha, lớn hơn hoặc bằng 0,3MPa đối với các tấm thép không gỉ ferit hoặc austenit hoặc mactensit một pha. Giá trị của áp lực tác dụng nhỏ hơn hoặc bằng các giá trị này không được ưu tiên cho các sản phẩm thương mại như được mô tả bên dưới do cần phải nung nóng tới nhiệt độ cao hơn để tạo ra mặt ghép nối chung chắc chắn. Giá trị của áp lực tác dụng lớn hơn hoặc bằng các giá trị này có thể cho phép liên kết khuếch tán được thực hiện với thiết bị tương đối đơn giản.

Tốt hơn là vật nặng bằng kim loại được sử dụng để đặt áp lực tác dụng theo cả chiều hướng lên phía trên và chiều hướng xuống phía dưới. Thép không gỉ ferit chịu nhiệt có độ bền nhiệt tốt và độ giãn nở nhiệt nhỏ ưu tiên được sử dụng làm vật nặng. Áp lực tác dụng có thể được tính bằng cách chia tải trọng của vật nặng cho các diện tích ghép nối phía trên và phía dưới.

Màng thụ động hóa và màng oxit trên bề mặt ghép nối dễ bị phá vỡ do áp lực tác dụng khi nhiệt tăng lên, mà có thể là nguyên nhân khiến mối nối suy yếu, và diện tích tiếp xúc giữa các bề mặt không đều dưới kính hiển vi của các tấm thép (diện tích bề mặt tiếp xúc chung) có thể dễ dàng được tăng lên. Do đó, diện tích khuếch tán nguyên tử mở rộng, dẫn đến sự liên kết khuếch tán thuận lợi. Mặt khác, khi sử dụng vật nặng lớn hơn để tăng thêm áp lực tác dụng, sự dịch chuyển tải do trọng tâm không ổn định và sự tạo hình kém do tải trọng không đều có xu hướng xảy ra. Hơn nữa, khi tải trọng của vật nặng được tăng lên, thì tỷ lệ giữa trọng lượng này với tải trọng cho phép của đáy lò hoặc các ray truyền được tăng lên. Do đó, trọng lượng của các sản phẩm mà có thể chịu tải sẽ bị giới hạn, dẫn đến khả năng sản xuất hàng loạt bị giảm

đáng kể. Do đó, áp lực tác dụng tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,8MPa, tương ứng với giá trị nhỏ nhất cần để thực hiện việc ghép nối.

Nhiệt độ nung nóng khi thực hiện liên kết khuếch tán được đặt lớn hơn hoặc bằng 1000°C đối với thép không gỉ hai pha, và lớn hơn hoặc bằng 1100°C đối với các tấm thép không gỉ ferit, austenit hoặc mactensit một pha. Liên kết khuếch tán không thể đạt được một cách đầy đủ khi không đạt đến các nhiệt độ này.

Sự khuếch tán pha rắn ở bề mặt của thép không gỉ thường bắt đầu xảy ra xung quanh 900°C. Cụ thể, nung nóng đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 1100°C có thể tạo thuận lợi cho việc liên kết khuếch tán trong thời gian ngắn do sự khuếch tán nguyên tử được kích hoạt. Tuy nhiên, nung nóng đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 1200°C có thể làm giảm độ bền ở nhiệt độ cao và cũng có xu hướng dẫn đến các hạt tinh thể thô. Độ bền ở nhiệt độ cao bị giảm có thể dẫn đến sự biến dạng nhiệt đáng kể của các sản phẩm cần được nối trong quá trình nung nóng. Ngoài ra, các hạt tinh thể thô có thể làm giảm độ bền của vật liệu nền, dẫn đến khả năng chịu áp lực giảm. Do đó, các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu để tìm ra nhiệt độ nung nóng mà liên kết khuếch tán có thể được thực hiện ở nhiệt độ thấp nhất có thể. Kết quả là, các tác giả sáng chế tìm ra rằng các nhiệt độ nung nóng trong các khoảng sau đây có thể được sử dụng để ghép nối trong điều kiện với các thành phần hóa học, độ nhám bề mặt và áp lực tác dụng nêu trên: từ 1100°C đến 1200°C đối với các tấm thép không gỉ ferit hoặc austenit hoặc mactensit một pha, từ 1000°C đến 1200°C đối với tấm thép không gỉ hai pha và từ 1100°C đến 1200°C để nối giữa các vật liệu khác nhau trong số các vật liệu này. Lưu ý rằng nhiệt độ thích hợp để hàn vảy cứng tốt hơn là nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 1100°C được sử dụng khi vật liệu hàn vảy cứng được sử dụng một phần.

Liên kết khuếch tán giữa các tấm thép không gỉ có thể được thực hiện bằng cách duy trì nung nóng các chi tiết cần được nối trong môi trường trong đó áp suất nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2}$  Pa đạt được bằng cách hút chân không. Liên kết khuếch tán không thể đạt được một cách đầy đủ trong môi trường có áp suất lớn hơn  $1 \times 10^{-2}$  Pa.

Trong trường hợp áp suất môi trường xung quanh cao hơn  $1 \times 10^{-2}$  Pa ( $> 1 \times 10^{-2}$  Pa), oxy có trong khe hở giữa các tấm thép không gỉ cần được nối có thể giữ nguyên, dẫn đến sự hình thành màng oxit ở lớp bề mặt ghép nối khi nung nóng. Điều này làm suy giảm đáng kể chất lượng mối nối. Trong trường hợp áp suất môi trường xung

quanh thấp hơn  $1 \times 10^{-2}$  Pa, tức là, áp suất môi trường xung quanh được đặt nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2}$  Pa, màng oxit trên bề mặt sẽ là siêu mỏng. Do đó, đây là điều kiện tối ưu để liên kết khuếch tán. Lưu ý rằng như đã mô tả bên trên, khí trơ như Ar, He và  $N_2$  có thể được đưa vào khi thực hiện ghép nối sau khi áp suất môi trường xung quanh đạt đến mức nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2}$  Pa.

Phương pháp nung nóng trong đó toàn bộ vật liệu trong lò được nung nóng đồng đều bằng bộ gia nhiệt có thể được sử dụng. Thời gian giữ nhiệt có thể được đặt trong khoảng từ 30 đến 120 phút.

Thời gian giữ nhiệt ngắn nhất có thể được ưu tiên khi xét đến việc sản xuất hàng loạt. Tuy nhiên, thời gian nung nóng nhiều hơn hoặc bằng 30 phút được yêu cầu để nung nóng đồng đều toàn bộ các sản phẩm cần được nối để kích thích khuếch tán nguyên tử một cách đầy đủ. Mặt khác, thời gian giữ nhiệt lớn hơn hoặc bằng 120 phút tạo điều kiện cho sự phát triển của các hạt tinh thể tới mức mà độ bền của vật liệu nền bị ảnh hưởng. Do đó, tốt hơn là giữ nhiệt trong khoảng thời gian từ 30 đến 120 phút.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

#### **Ví dụ 1**

Trước tiên, chỉ các bộ phận dạng hộp, mỗi bộ phận dạng hộp có chiều dày tấm là 0,4mm được tạo ra sử dụng tấm thép có thành phần nguyên tố được thể hiện trong bảng 1. Sau đó, ba trong số các bộ phận dạng hộp được ghép lớp như được thể hiện trên Fig.5(a). Các bộ phận dạng hộp này được sử dụng để đánh giá chất lượng mối nối của các mẫu thử nghiệm. Ở đây, góc  $\theta$  của thành đứng bằng  $30^\circ$ , và vật liệu hàn vảy cứng không được sử dụng. Hơn nữa, độ nhám bề mặt Ra ở phần tạo hình là  $\leq 0,3\mu m$ .

Sản phẩm đã lắp ráp sơ bộ ở trên được liên kết khuếch tán dưới các điều kiện được chọn từ các điều kiện được nêu trong bảng 2 và sơ đồ xử lý nhiệt được thể hiện trên Fig.6. Tức là, mẫu được đặt trong lò chân không nằm ngang. Khi áp suất môi trường xung quanh nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2}$  Pa, việc nung nóng được thực hiện theo sơ đồ xử lý nhiệt (3) được thể hiện trên Fig.6 với nhiệt độ nung nóng là  $1200^\circ C$ , thời gian giữ nhiệt là 2,0 giờ và áp lực bề mặt đặt tải là 0,5MPa. Các điều kiện này là các giới hạn trên của nhiệt độ và áp lực bề mặt khi xét đến khả năng sản xuất hàng loạt.

Tải được tác dụng bằng cách đặt vật nặng SUS 430 trên sản phẩm được xử lý mà đã được kẹp bằng các tấm nhôm oxit từ phía trên và phía dưới. Áp lực tác dụng đã được điều chỉnh đơn giản theo phương trình  $P_{\sin \theta}/S = 0,5\text{MPa}$  trong đó  $S$  ( $\text{mm}^2$ ) là tổng diện tích tiếp xúc ở các phần thành đứng, và  $P$  (N) là trọng lượng của vật nặng.

Bảng 1

Thành phần hóa học của các mẫu thử nghiệm (% khối lượng)

| Loại hệ thống thép    | Mẫu số | Cu    | Si   | Mn   | Ni    | Cr    | Mo   | Cu   | Nb   | Ti   | Al    | N     | 0,1Si + Ti + Al | Ghi chú                |
|-----------------------|--------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-----------------|------------------------|
| Thép không gỉ α       | 1      | 0,007 | 0,61 | 0,18 | 0,07  | 11,16 | 0,02 | 0,03 | -    | 0,18 | 0,032 | 0,009 | 0,27            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 2      | 0,008 | 0,38 | 0,28 | 0,25  | 17,22 | 0,04 | 0,05 | 0,15 | 0,18 | 0,022 | 0,012 | 0,24            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 3      | 0,005 | 0,07 | 0,24 | 0,21  | 17,53 | 0,85 | 0,06 | -    | 0,26 | 0,119 | 0,011 | 0,39            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 4      | 0,010 | 0,18 | 0,20 | 0,22  | 17,10 | 0,13 | 0,05 | 0,12 | 0,24 | 0,021 | 0,012 | 0,28            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 5      | 0,007 | 0,23 | 0,22 | 0,13  | 22,03 | 1,04 | 0,03 | 0,19 | 0,20 | 0,090 | 0,013 | 0,31            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 6      | 0,006 | 0,11 | 0,20 | 0,16  | 29,50 | 1,90 | 0,05 | 0,19 | 0,17 | 0,082 | 0,014 | 0,26            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 7      | 0,011 | 0,47 | 0,28 | 0,12  | 17,32 | 0,02 | 0,03 | 0,37 | 0    | 0,003 | 0,008 | 0,05            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 8      | 0,010 | 0,34 | 0,99 | 0,14  | 18,44 | 1,85 | 0,19 | 0,41 | 0    | 0,006 | 0,012 | 0,04            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 9      | 0,006 | 0,32 | 0,99 | 0,16  | 18,23 | 1,99 | 0,17 | 0,61 | 0    | 0,001 | 0,008 | 0,03            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 10     | 0,010 | 0,51 | 0,34 | 0,13  | 22,51 | 0,02 | 0,44 | 0,36 | 0    | 0,001 | 0,012 | 0,05            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 11     | 0,014 | 0,33 | 0,32 | 0,13  | 16,84 | 0,05 | 1,50 | 0,40 | 0    | 0,008 | 0,009 | 0,04            | Vật liệu theo sáng chế |
| Thép không gỉ γ       | 12     | 0,017 | 1,44 | 2,03 | 7,10  | 16,58 | 0,24 | 1,91 | -    | 0    | 0,005 | 0,013 | 0,15            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 13     | 0,040 | 2,80 | 0,67 | 11,9  | 18,39 | 0,75 | 2,00 | -    | 0    | 0,001 | 0,008 | 0,28            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 14     | 0,042 | 3,28 | 0,75 | 13,2  | 19,07 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0    | 0,02  | 0,022 | 0,35            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 15     | 0,053 | 0,50 | 0,77 | 8,55  | 18,10 | 0,19 | 0,25 | -    | 0    | 0,005 | 0,028 | 0,06            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 16     | 0,022 | 0,25 | 1,72 | 8,06  | 17,07 | 0,07 | 3,25 | -    | 0    | 0,001 | 0,013 | 0,03            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 17     | 0,022 | 0,59 | 1,72 | 9,06  | 18,21 | 0,06 | 3,22 | -    | 0    | 0     | 0,023 | 0,06            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 18     | 0,017 | 0,51 | 1,71 | 12,10 | 17,31 | 2,04 | 0,35 | -    | 0    | 0,002 | 0,007 | 0,05            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 19     | 0,050 | 0,50 | 1,50 | 20,20 | 25,30 | 0,20 | -    | -    | 0    | 0     | 0,030 | 0,05            | Vật liệu theo sáng chế |
| Thép không gỉ M       | 20     | 0,036 | 0,48 | 0,36 | 6,82  | 14,46 | 0,12 | 0,60 | -    | 0,31 | 0,028 | 0,009 | 0,49            | Vật liệu so sánh       |
|                       | 21     | 0,340 | 0,56 | 0,55 | 0,13  | 13,40 | 0,03 | 0,04 | -    | 0    | 0     | 0,015 | 0,06            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 22     | 0,980 | 0,28 | 0,43 | 0,12  | 16,25 | 0,21 | 0,03 | -    | 0    | 0     | 0,007 | 0,03            | Vật liệu theo sáng chế |
| Thép không gỉ hai pha | 23     | 0,064 | 0,51 | 0,28 | 0,21  | 16,35 | 0,02 | 0,03 | -    | 0,01 | 0,001 | 0,015 | 0,05            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 24     | 0,078 | 0,57 | 0,32 | 0,27  | 16,22 | 0,08 | 0,03 | -    | 0,01 | 0     | 0,022 | 0,07            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 25     | 0,024 | 0,51 | 0,53 | 0,08  | 11,78 | 0,09 | 0,03 | 0,01 | 0    | 0,002 | 0,017 | 0,05            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 26     | 0,065 | 0,28 | 0,76 | 0,14  | 12,48 | 0,04 | 0,10 | 0,03 | 0    | 0     | 0,011 | 0,03            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 27     | 0,083 | 0,27 | 0,85 | 0,09  | 12,19 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0    | 0,002 | 0,013 | 0,03            | Vật liệu theo sáng chế |
|                       | 28     | 0,230 | 0,53 | 0,32 | 2,04  | 16,55 | 0,03 | 0,04 | -    | 0,01 | 0,009 | 0,142 | 0,07            | Vật liệu theo sáng chế |

- : chỉ báo không phụ gia

Bảng 2

Điều kiện ghép nối

|                                          |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Thiết bị thử nghiệm                      | Lò chân không nằm ngang |
| Áp suất môi trường xung quanh (Pa)       | $\leq 1 \times 10^{-2}$ |
| Nhiệt độ ghép nối ( $^{\circ}\text{C}$ ) | từ 950 đến 1250         |
| Áp lực ở bề mặt đặt tải (MPa)            | 0; 0,1; 0,3; 0,5        |

|                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Chiều dày của mẫu thử nghiệm (mm) | 0,4                                  |
| Độ nhám bề mặt ( $\mu m$ )        | 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 1,0; 2,0; 3,0 |

Sản phẩm được xử lý ba lớp thu được cuối cùng đã được đánh giá về trạng thái oxi hóa bên trong và chất lượng mối nối ở các phần thành đứng. Trạng thái oxi hóa bên trong đã được đánh giá bằng cách quan sát bằng mắt thường tình trạng biến màu của mặt cắt thu được sau khi cắt mẫu. Chất lượng mối nối ở các phần thành đứng được cho là không tốt khi 5 mặt cắt được quan sát dưới kính hiển vi, và vị trí hoàn toàn không ghép nối cũng được quan sát ít nhất một trong số các mặt cắt.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 3.

Các sản phẩm của các mẫu từ số 7 đến 11, từ số 15 đến 19, và từ số 21 đến 28 theo sáng chế đã thể hiện không có sự biến màu do oxi hóa dưới các điều kiện 1200°C, 2,0 giờ và 0,5MPa, và chất lượng mối nối tốt. Mặt khác, các mẫu từ số 1 đến 6, từ số 12 đến 14 và số 20 từ các thực nghiệm so sánh đã thể hiện sự biến màu và chất lượng mối nối không đáp ứng. Do đó, trong các thử nghiệm sau đây, chỉ các sản phẩm theo sáng chế được sử dụng để nhận biết các điều kiện ghép nối phù hợp.

Bảng 3

Các kết quả từ ví dụ 1.

| Mẫu số | Ghi chú                | Oxi hóa bên trong | Chất lượng mối nối |
|--------|------------------------|-------------------|--------------------|
| 1      | Vật liệu so sánh       | ×                 | ×                  |
| 2      | Vật liệu so sánh       | ×                 | ×                  |
| 3      | Vật liệu so sánh       | ×                 | ×                  |
| 4      | Vật liệu so sánh       | ×                 | ×                  |
| 5      | Vật liệu so sánh       | ×                 | ×                  |
| 6      | Vật liệu so sánh       | ×                 | ×                  |
| 7      | Vật liệu theo sáng chế | ○                 | ○                  |
| 8      | Vật liệu theo sáng chế | ○                 | ○                  |
| 9      | Vật liệu theo sáng chế | ○                 | ○                  |

|    |                        |   |   |
|----|------------------------|---|---|
| 10 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 11 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 12 | Vật liệu so sánh       | × | × |
| 13 | Vật liệu so sánh       | × | × |
| 14 | Vật liệu so sánh       | × | × |
| 15 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 16 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 17 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 18 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 19 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 20 | Vật liệu so sánh       | × | × |
| 21 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 22 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 23 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 24 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 25 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 26 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 27 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |
| 28 | Vật liệu theo sáng chế | ○ | ○ |

### Ví dụ 2

Hai bộ phận dạng cánh tản nhiệt có hình dạng mặt cắt (1) tam giác, (2) hình thang, (3) hình chữ nhật mà được tạo ra từ các tấm thép dày 0,4mm được bố trí giữa các bộ phận dạng hộp ba lớp được tạo ra theo mẫu số 10, số 16, số 24 từ ví dụ 1. Sau đó, tấm trên cùng và tấm đáy, mỗi tấm có chiều dày tấm là 1,0mm như được thể hiện trên Fig.3(a) được lắp vào các bộ phận dạng hộp và dạng cánh tản nhiệt trên đây để thu được bộ trao đổi nhiệt được lắp ráp sơ bộ. Lưu ý rằng góc  $\theta$  của các thành đứng được điều chỉnh và thay đổi bằng cách ép. Các mẫu thử nghiệm cũng được xử lý liên kết khuếch tán cho mỗi trong số các vùng tiếp xúc được chỉ ra là "a" (giữa tấm trên cùng

và bộ phận dạng hộp), "b" (giữa tấm đáy và bộ phận dạng hộp), "c" (giữa các phần cánh tản nhiệt) và "d" (giữa các phần thành đứng của các bộ phận dạng hộp) trên Fig.3. Hơn nữa, các mẫu thử nghiệm, mỗi mẫu có vật liệu hàn vảy cứng Cu tinh khiết được cho vào một phần của các vùng tiếp xúc cũng được tạo ra cho các vùng tiếp xúc được chỉ báo là "c" và "d". Tại thời điểm này, vật liệu hàn vảy cứng Cu được sử dụng với lượng là  $0,3\text{g/cm}^2$ .

Bộ trao đổi nhiệt đã lắp ráp sơ bộ trên đây được xử lý ghép nối trong các điều kiện là  $1100^\circ\text{C}$ , 2,0 giờ và  $0,3\text{MPa}$ . Độ bền nối được đo bằng các thử nghiệm chịu áp suất. Các thử nghiệm chịu áp suất được thực hiện như sau: 3 trong 4 mối nối (khe hở) được tạo ra trên phần mặt phẳng ở bề mặt trên của bộ phận dạng hộp như được minh họa trên Fig.4 được bịt kín, và áp suất thủy lực được tác dụng vào bên trong của bộ trao đổi nhiệt qua một mối nối còn lại, và sự xuất hiện rò rỉ được quan sát ở áp suất định trước bằng  $3\text{MPa}$ .

Các kết quả cùng được thể hiện trong bảng 4. Các mẫu từ số 1 đến 9 theo các ví dụ của sáng chế thể hiện hoàn toàn không có sự rò rỉ ở  $3\text{MPa}$  trong các thử nghiệm chịu áp suất, thể hiện chất lượng mối nối tốt. Mặt khác, trong trường hợp của mẫu số 10 và số 11 theo các ví dụ so sánh mà có góc của các thành đứng lớn, và số 12 không có các cánh tản nhiệt ở bên trong, các bộ phận dạng hộp được nén vỡ trong các quá trình thử nghiệm, chỉ ra rằng các bộ phận dạng hộp này không có đủ khả năng chịu áp lực.

Bảng 4

Các kết quả từ các thử nghiệm chịu áp suất trong đó góc của thành đứng trong ví dụ 2 được thay đổi.

| Ví dụ số | Mẫu số | Góc của thành đứng $\theta$ | Dạng cánh tản nhiệt *1 | Phương pháp ghép nối *2, 3 |   |   |     | Thử nghiệm chịu áp suất ở $3\text{MPa}$ *4 | Ghi chú             |
|----------|--------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|---|---|-----|--------------------------------------------|---------------------|
|          |        |                             |                        | a                          | b | c | d   |                                            |                     |
| 1        | 10     | 15                          | ①                      | D                          | D | B | D+B | o                                          | Ví dụ theo sáng chế |
| 2        |        | 15                          | ②                      | D                          | D | D | D+B | o                                          |                     |
| 3        |        | 15                          | ③                      | D                          | D | D | D+B | o                                          |                     |
| 4        | 16     | 0                           | ①                      | D                          | D | B | D+B | o                                          |                     |

|    |    |    |       |   |   |   |     |   |               |
|----|----|----|-------|---|---|---|-----|---|---------------|
| 5  | 24 | 15 | ①     | D | D | B | D+B | o | Ví dụ so sánh |
| 6  |    | 30 | ③     | D | D | D | D   | o |               |
| 7  |    | 15 | ②     | D | D | D | D+B | o |               |
| 8  |    | 15 | ②     | D | D | D | D   | o |               |
| 9  |    | 30 | ②     | D | D | D | D   | o |               |
| 10 |    | 45 | ②     | D | D | D | D   | × |               |
| 11 |    | 60 | ②     | D | D | D | D   | × |               |
| 12 |    | 30 | Không | D | D | D | D   | × |               |

\*1: ① hình tam giác ② hình thang ③ hình chữ nhật

\*2: a (giữa tấm trên cùng và bộ phận dạng hộp, b (giữa tấm đáy và bộ phận dạng hộp)

c (các phần cánh tản nhiệt), d (các thành đứng của các bộ phận dạng hộp)

\*3: D (liên kết khuếch tán); B (hàn vảy cứng)

\*4: o (không rò rỉ); × (bị rò rỉ)

Trong số các ví dụ của sáng chế được thể hiện trong bảng 4, số 7 là ví dụ trong đó liên kết khuếch tán được thực hiện ở "a" đến "c", và hàn vảy cứng được thực hiện ở một phần của "d", và số 8 là ví dụ trong đó liên kết khuếch tán được thực hiện ở "a" đến "d". Sử dụng các ví dụ thử nghiệm đại diện này, các điều kiện ghép nối về nhiệt độ, thời gian, áp lực tác dụng và áp suất môi trường xung quanh được thay đổi để nhận biết các điều kiện ghép nối phù hợp.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 5. Ví dụ số 13 và số 15 đã thể hiện sự ghép nối hỏng do sự nóng chảy không đủ của vật liệu hàn vảy cứng. Hơn nữa, trong trường hợp của ví dụ số 14 và số 16, nhiệt độ và thời gian vượt ra ngoài các khoảng về phía có nhiệt độ cao hơn và thời gian dài hơn. Trong trường hợp của ví dụ số 18, sự biến dạng đáng kể xảy ra trong quá trình nung nóng do áp lực tác dụng dư, thể hiện khả năng chịu áp lực giảm. Áp lực tác dụng là quá thấp đối với ví dụ số 17, và áp suất môi trường xung quanh là quá thấp đối với ví dụ số 19. Trong cả hai trường hợp đó, sự ghép nối là không đủ, và khả năng chịu áp lực kém.

Các kết quả này chứng minh rằng các điều kiện ghép nối nằm ngoài các khoảng được xác định trong bản mô tả này không thể tạo ra khả năng chịu áp lực đủ. Cần lưu

ý rằng, việc thực hiện ghép nối trong các điều kiện nằm trong các khoảng được xác định trong bản mô tả này có thể tạo ra khả năng chịu áp lực đủ như được thể hiện trong bảng 3 và ví dụ số 20.

Bảng 5

Các kết quả từ các thử nghiệm chịu áp suất trong đó các điều kiện ghép nối trong ví dụ 2 đã được thay đổi.

| Ví dụ số | Các số ví dụ<br>trong bảng<br>4 | Nhiệt độ<br>nung nóng<br>(°C) | Thời gian<br>giữ nhiệt<br>(giờ) | Áp lực tác<br>dụng<br>(MPa) | Mức độ<br>chân không<br>(Pa) | Thử nghiệm<br>chịu áp suất<br>ở 3MPa *5 |
|----------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 13       | 7                               | 950                           | 2,0                             | 0,3                         | $1 \times 10^{-3}$           | ×                                       |
| 14       |                                 | 1250                          | 2,0                             | 0,3                         | $1 \times 10^{-3}$           | ×                                       |
| 15       |                                 | 1000                          | 0,15                            | 0,3                         | $1 \times 10^{-3}$           | ×                                       |
| 16       |                                 | 1200                          | 4,0                             | 0,3                         | $1 \times 10^{-3}$           | ×                                       |
| 17       | 8                               | 1100                          | 2,0                             | 0                           | $1 \times 10^{-3}$           | ×                                       |
| 18       |                                 | 1100                          | 2,0                             | 1,5                         | $1 \times 10^{-3}$           | ×                                       |
| 19       |                                 | 1100                          | 2,0                             | 0,3                         | $1 \times 10^{-0}$           | ×                                       |
| 20       |                                 | 1100                          | 2,0                             | 0,3                         | $1 \times 10^{-2}$           | ○                                       |

\*5 : ○ (không rò rỉ); × (có rò rỉ)

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, trong đó vỏ của bộ trao đổi nhiệt bao gồm nhiều bộ phận dạng tấm hình chữ nhật, và các bộ phận dạng tấm hình chữ nhật này là các bộ phận dạng hộp, mỗi bộ phận dạng hộp có cùng hình dạng và có phần thành đứng dọc theo mép ngoài cùng, và một trong số các bộ phận dạng hộp được ghép lớp trên một trong số các bộ phận dạng hộp khác được đảo ngược theo chiều ngang để tạo thành kết cấu ghép lớp có bộ phận lớp trên và bộ phận lớp dưới sao cho phần trên của phần thành đứng ở bộ phận lớp dưới của kết cấu ghép lớp được lắp khớp vào phần dưới của phần thành đứng ở bộ phận lớp trên của kết cấu ghép lớp, và góc ( $\theta$ ) của các phần thành đứng so với phương thẳng đứng của phần mặt phẳng phía trên là  $15^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ , và một phần của vùng tiếp xúc giữa phần trên của phần thành đứng ở bộ phận lớp dưới và phần dưới của phần thành đứng ở bộ phận lớp trên được nối bằng liên kết khuếch tán pha rắn, trong đó một phần của vùng tiếp xúc giữa phần trên của phần thành đứng ở bộ phận lớp dưới và phần dưới của phần thành đứng ở bộ phận lớp trên được nối bằng liên kết hàn vảy cứng.
2. Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo điểm 1, trong đó vùng tiếp xúc giữa bộ phận lớp trên và bộ phận lớp dưới khác với vùng tiếp xúc được nối bằng liên kết khuếch tán pha rắn giữa phần trên của phần thành đứng ở bộ phận lớp dưới và phần dưới của phần thành đứng ở bộ phận lớp trên được nối bằng liên kết khuếch tán pha rắn hoặc liên kết hàn vảy cứng.
3. Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó các bộ phận dạng hộp là các sản phẩm được tạo hình bằng cách dập, mỗi bộ phận dạng hộp này có hai loại phần hờ tại các vị trí đối xứng ở mặt trên của nó, một phần hờ được làm hờ và nhô lên trên từ mỗi trong số các bộ phận dạng hộp và phần hờ còn lại được làm hờ và nhô vào phía trong với cùng độ cao từ mỗi trong số các bộ phận dạng hộp, và mặt trên của phần hờ nhô lên phía trên của bộ phận lớp dưới được nối với mặt dưới của phần hờ nhô xuống phía dưới của bộ phận lớp trên ở vùng tiếp xúc giữa chúng bằng liên kết khuếch tán pha rắn hoặc liên kết hàn vảy cứng.
4. Phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó phương pháp này bao gồm bước gia nhiệt cụm chi tiết ghép lớp của các bộ phận dạng hộp được làm từ tấm thép không gỉ ferit hoặc tấm thép không gỉ

austenit hoặc tấm thép không gỉ mactensit một pha có thành phần hóa học là  $0,1 \text{ Si} + \text{Ti} + \text{Al} < 0,15\%$  khối lượng và độ nhám bề mặt  $Ra \leq 0,3\mu\text{m}$  trong môi trường có nhiệt độ nung nóng lớn hơn hoặc bằng  $1100^\circ\text{C}$ , áp lực tác dụng lớn hơn hoặc bằng  $0,3\text{MPa}$  và áp suất môi trường xung quanh nhỏ hơn hoặc bằng  $1 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  để thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn.

5. Phương pháp chế tạo bộ trao đổi nhiệt dạng tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó phương pháp này bao gồm bước gia nhiệt cụm chi tiết ghép lớp của các bộ phận dạng hộp được làm từ tấm thép không gỉ hai pha có thành phần hóa học là  $0,1 \text{ Si} + \text{Ti} + \text{Al} < 0,15\%$  khối lượng và độ nhám bề mặt  $Ra \leq 2,0\mu\text{m}$  trong môi trường có nhiệt độ nung nóng lớn hơn hoặc bằng  $1000^\circ\text{C}$ , áp lực tác dụng lớn hơn hoặc bằng  $0,1\text{MPa}$  và áp suất môi trường xung quanh nhỏ hơn hoặc bằng  $10^{-2} \text{ Pa}$  để thực hiện liên kết khuếch tán pha rắn.

FIG. 1

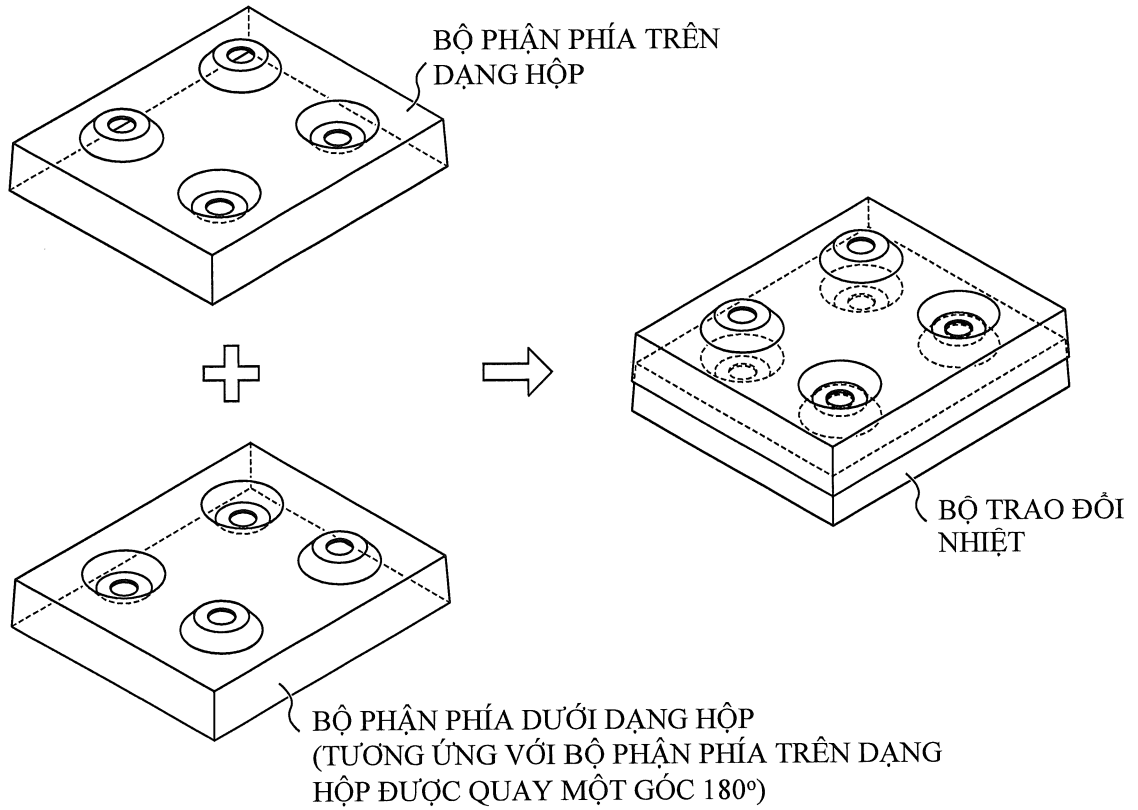


FIG. 2A

[BẢN VẼ LẮP RÁP  
(HÌNH CHIẾU ĐỨNG)]

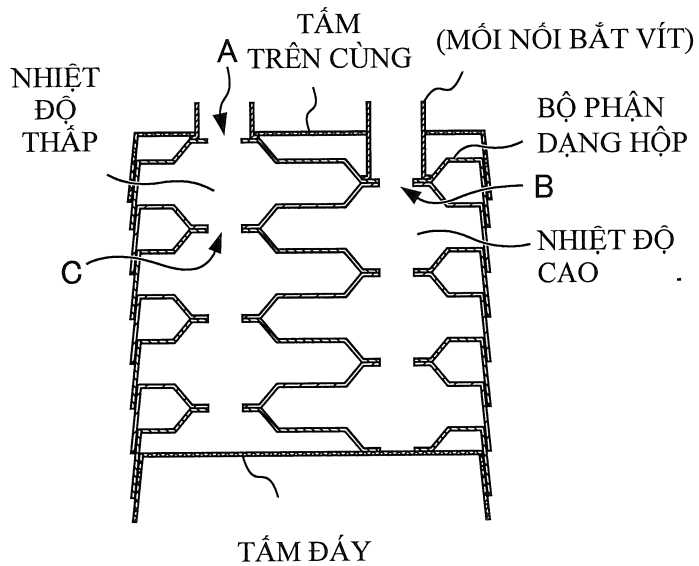


FIG. 2B

[BẢN VẼ LẮP RÁP  
(HÌNH PHỐI CẢNH)]

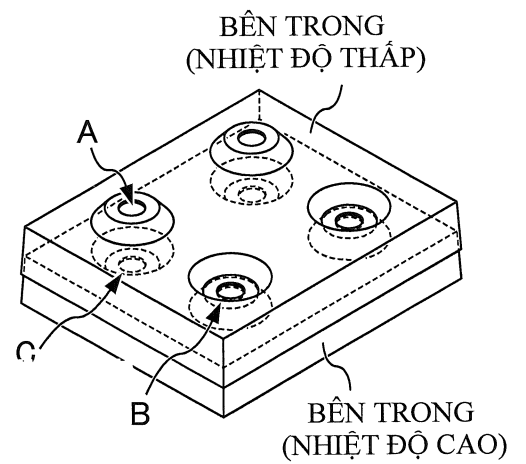


FIG. 3A

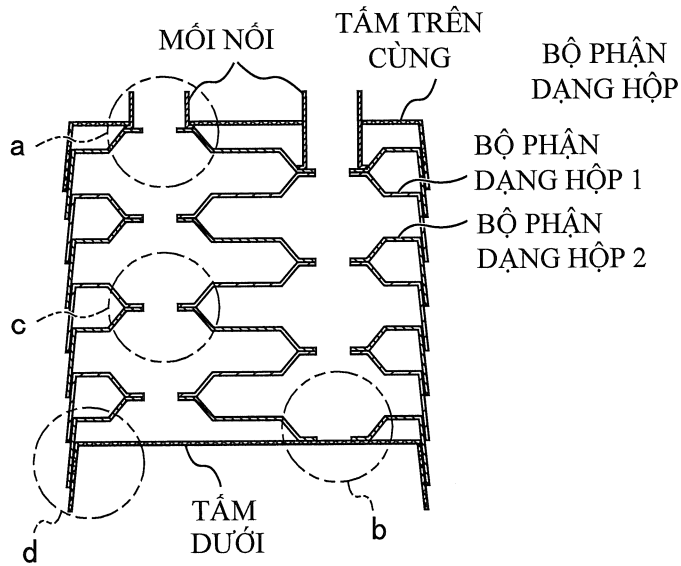


FIG. 3B

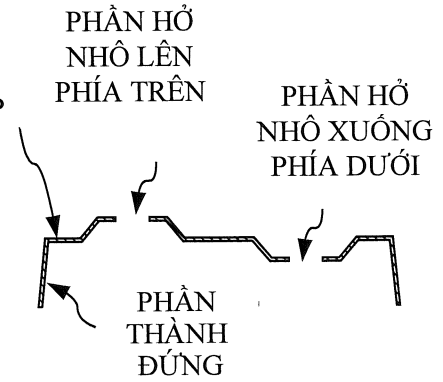


FIG. 4

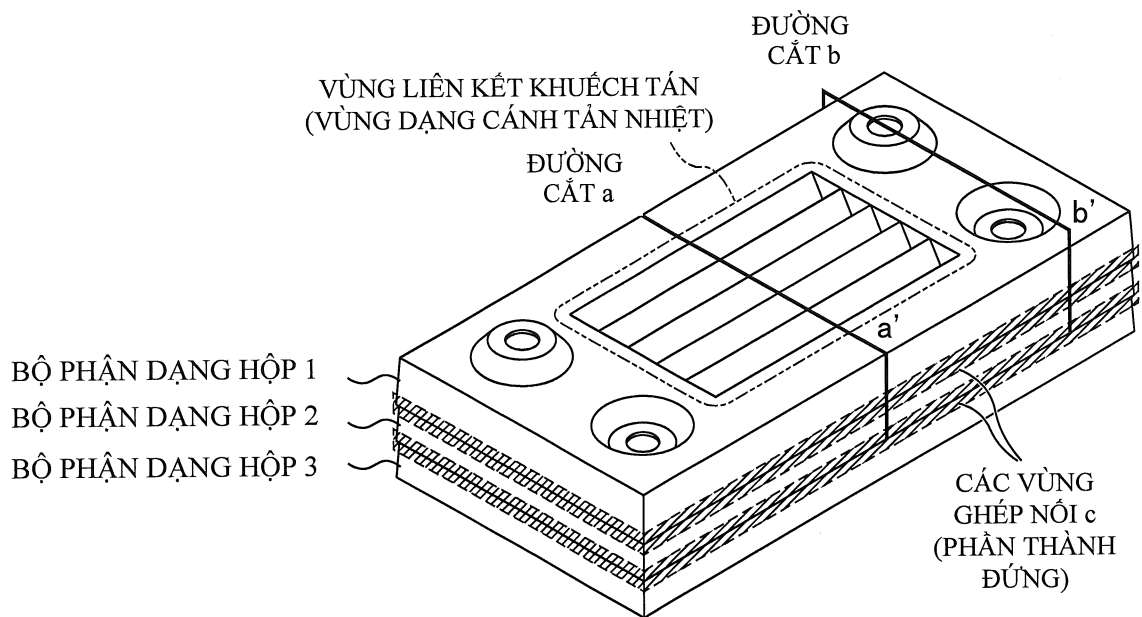
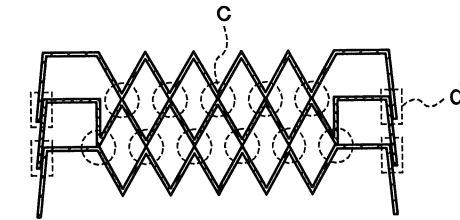


FIG. 5A

&lt;MẶT CẮT a-a'&gt;



|   | VÙNG GHÉP NỐI            | CÁC VỊ TRÍ |
|---|--------------------------|------------|
| c | Vùng dạng cánh tản nhiệt |            |
| d | Phần thành đứng          |            |

KẾT CẤU CỦA CÁC  
VÙNG GHÉP NỐI

FIG. 5B

&lt;MẶT CẮT b-b'&gt;

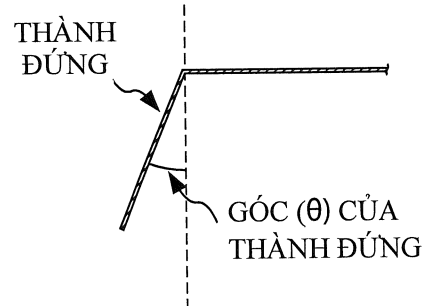


FIG. 6

| ĐIỀU KIỆN                     | Buồng xử lý sơ bộ     | Buồng nung nóng                             | Buồng làm nguội   |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|-------------------|
| NHIỆT ĐỘ                      | ~400°C                | (1) 1000°C<br>(2) 1100°C<br>(3) 1200°C      | 900°C~<br>1000°C~ |
| Áp suất môi trường xung quanh | $1 \times 10^{-2}$ Pa | $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ Pa | Ar (90kPa)        |

