



(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)



1-0031626

(51)<sup>7</sup> **B23K 20/00**; B23K 35/30; C22C 38/00; (13) **B**  
C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/54;  
C22C 38/42; C22C 38/44; C22C 38/46;  
C22C 38/48; C22C 38/50; B23K 20/02;  
C22C 38/06

(21) 1-2015-04780

(22) 15/05/2013

(86) PCT/JP2013/063495 15/05/2013

(87) WO 2014/184890 A1 20/11/2014

(45) 25/04/2022 409

(43) 25/02/2016 335A

(73) NIPPON STEEL STAINLESS STEEL CORPORATION (JP)

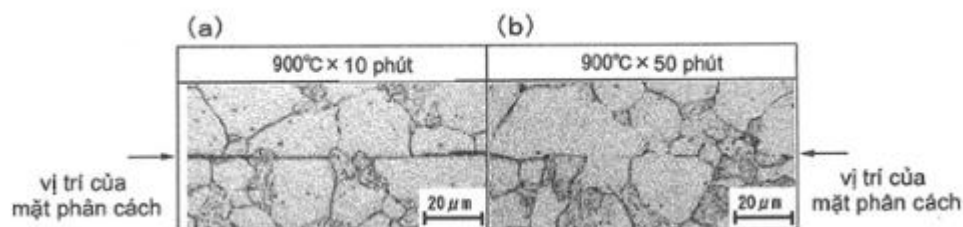
8-2, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0005, Japan

(72) Atsushi SUGAMA (JP); Yukihiro NISHIDA (JP); Kazuyuki KAGEOKA (JP);  
Yoshiaki HORI (JP); Manabu OKU (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT SẢN PHẨM ĐƯỢC TẠO LIÊN KẾT BẰNG  
KHUẾCH TÁN CỦA THÉP KHÔNG GỈ

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ bao gồm bước cho các vật liệu bằng thép không gỉ tiếp xúc trực tiếp với nhau để làm đồng nhất các vật liệu này bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán, trong đó ít nhất một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được cho tiếp xúc là thép hai pha có nhiệt độ bắt đầu chuyển pha austenit  $A_{c1}$  nằm trong khoảng từ 650 đến 950°C trong suốt quá trình tăng nhiệt độ và có vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit bằng 880°C hoặc cao hơn, và sự tạo liên kết bằng khuếch tán được thực hiện trong điều kiện áp lực bề mặt tiếp xúc bằng 1,0MPa hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ 880 đến 1080°C trong khi đồng thời diễn ra sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit trong thép hai pha bị chuyển thành pha austenit.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán của các vật liệu bằng thép không gỉ mà không cần sử dụng vật liệu gắn.

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

Sự tạo liên kết bằng khuếch tán là một trong số các phương pháp để liên kết các vật liệu bằng thép không gỉ với nhau, và các sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ được lắp ráp bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán được ứng dụng cho nhiều sản phẩm như bộ trao đổi nhiệt, chi tiết cơ khí, chi tiết dùng cho pin nhiên liệu, chi tiết dùng cho thiết bị điện, chi tiết dùng cho thiết bị kỹ thuật, chi tiết tạo thành vật phẩm trang trí và vật liệu xây dựng. Đối với phương pháp tạo liên kết bằng khuếch tán, có “phương pháp gắn bằng cách sử dụng vật liệu gắn”, trong đó vật liệu gắn được gắn vào mặt phân cách giữa các vật liệu cần được liên kết để tạo ra sự khuếch tán pha rắn hoặc sự khuếch tán pha lỏng để liên kết các vật liệu này với nhau, và “phương pháp trực tiếp” mà trong đó các bề mặt của vật liệu bằng thép không gỉ được cho tiếp xúc trực tiếp và tạo liên kết bằng khuếch tán với nhau.

Đối với phương pháp gắn có sử dụng vật liệu gắn, có nhiều phương pháp thông thường đã biết, ví dụ, phương pháp có sử dụng thép không gỉ có hai pha làm vật liệu gắn (tài liệu JP 63119993 A), phương pháp tạo liên kết bằng khuếch tán pha lỏng bằng cách sử dụng vật liệu gắn ở dạng lá kim loại được mạ Ni và Au có độ dày vài µm và có cùng thành phần như của vật liệu cần được liên kết (tài liệu JP 4294884 A), và phương pháp sử dụng thép không gỉ austenit chứa hàm lượng Si nhỏ hơn hoặc bằng 11,5% làm vật liệu gắn (tài liệu JP 574431 B). Ngoài ra, “phương pháp hàn cứng” bằng cách sử dụng vật liệu hàn cứng trên cơ sở niken (ví dụ, JIS: BNi từ 1 đến

7) hoặc vật liệu hàn cứng trên cơ sở đồng làm vật liệu gắn có thể được cho là một loại phương pháp tạo liên kết bằng khuếch tán pha lỏng. Các phương pháp có gắn sử dụng vật liệu gắn này có ưu điểm là sự tạo liên kết bằng khuếch tán có thể được đảm bảo và tương đối dễ thực hiện. Tuy nhiên, khi so với phương pháp trực tiếp, phương pháp gắn có sử dụng vật liệu gắn có nhiều nhược điểm như chi phí tăng do việc sử dụng vật liệu gắn, và mỗi liên kết được tạo bởi kim loại khác với các vật liệu cần được liên kết có thể làm cho độ bền chống ăn mòn thấp.

Mặt khác, phương pháp trực tiếp thường không có khả năng tạo ra độ bền liên kết thỏa đáng so với phương pháp gắn có sử dụng vật liệu gắn. Tuy nhiên, phương pháp trực tiếp có thể có ưu điểm là làm giảm chi phí và do đó đã có nhiều nghiên cứu được thực hiện đối với phương pháp trực tiếp này. Ví dụ, tài liệu JP 62199277 A mô tả phương pháp trong đó vật liệu bằng thép không gỉ có hàm lượng S nhỏ hơn hoặc bằng 0,01% trong thép này được tạo liên kết bằng khuếch tán trong môi trường không oxy hóa ở nhiệt độ định trước để tránh làm biến dạng vật liệu, do đó cải thiện đặc tính tạo liên kết bằng khuếch tán của vật liệu bằng thép không gỉ. Tài liệu JP 2261548 A bộc lộ phương pháp trong đó vật liệu dạng lá thép không gỉ có bề mặt được tạo nhám bằng cách xử lý bằng axit được sử dụng. Tài liệu JP 7213918 A bộc lộ phương pháp trong đó vật liệu cần được liên kết là thép không gỉ có hàm lượng Al được giới hạn sao cho khó có khả năng tạo ra màng oxit nhôm là yếu tố ngăn ngừa sự tạo liên kết trong quá trình liên kết bằng khuếch tán. Tài liệu JP 9279310 A bộc lộ phương pháp thúc đẩy quá trình khuếch tán bằng cách sử dụng lá thép không gỉ đã được làm biến dạng bằng cách gia công nguội. Tài liệu JP 999218 A mô tả thép không gỉ ferit có thành phần thích hợp để tạo liên kết bằng khuếch tán bằng cách trực tiếp.

Ngoài ra, tài liệu JP 2000303150 A đề cập đến phương pháp sản xuất thép không gỉ để tạo liên kết bằng khuếch tán bằng cách trực tiếp. Thép này là thép ferit có thành phần chung theo tỷ lệ % trọng lượng bao gồm C với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,08%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 2%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,5%, P với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, S với lượng nhỏ

hơn hoặc bằng 0,01%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,1%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 13 đến 32%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 4%, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 6%, Ti với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,05% và lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

Các kỹ thuật nêu trên và kỹ thuật tương tự cho phép tạo liên kết bằng khuếch tán của các vật liệu thép không gỉ bằng phương pháp trực tiếp. Tuy nhiên, phương pháp trực tiếp này không được sử dụng nhiều trong công nghiệp làm phương pháp tạo liên kết bằng khuếch tán cho các vật liệu bằng thép không gỉ. Lý do chính của việc này là ở chỗ khó đảm bảo cả độ tin cậy của mối liên kết (độ bền liên kết và đặc tính hàn kín) và khó giảm tải trọng khi sản xuất khi sử dụng phương pháp trực tiếp. Đã phát hiện được rằng để đảm bảo độ tin cậy của mối liên kết trong phương pháp trực tiếp, cần có bước sử dụng tải trọng lớn như bước trong đó nhiệt độ liên kết cao tới 1100°C, hoặc bước trong đó áp lực tiếp xúc cao được tạo ra bằng cách ép nóng, HIP hoặc bước tương tự, các bước này chắc chắn sẽ làm tăng chi phí. Khi việc tạo liên kết bằng khuếch tán cho các vật liệu bằng thép không gỉ được thực hiện với tải trọng tương đương với tải trọng trong phương pháp gắn có sử dụng vật liệu gắn thông thường, khó đảm bảo được độ tin cậy thỏa đáng của mối liên kết.

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

Sáng chế được thực hiện nhằm tạo ra sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của vật liệu bằng thép không gỉ có độ tin cậy của mối liên kết cao bằng cách sử dụng “phương pháp trực tiếp”, phương pháp này có thể được thực hiện với tải trọng tương đương với tải trọng trong phương pháp gắn có sử dụng vật liệu gắn thông thường.

Qua nhiều nghiên cứu, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng bằng cách sử dụng sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit bị chuyển thành pha austenit trong quá trình tạo liên kết bằng khuếch tán, sự khuếch tán trong vùng ranh giới giữa các vật liệu bằng thép không gỉ được thúc đẩy mà không cần sử dụng điều kiện nhiệt độ

nung cao hoặc áp lực tiếp xúc cao. Theo sáng chế, các vật liệu bằng thép không gỉ được liên kết bằng khuếch tán mà không cần sử dụng vật liệu gắn bằng cách dựa vào sự phát triển của các hạt tinh thể do sự chuyển pha gây ra (sự di chuyển của ranh giới pha).

Theo một phương án, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ bao gồm bước cho các vật liệu bằng thép không gỉ tiếp xúc trực tiếp với nhau để làm đồng nhất các vật liệu này bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán, trong đó ít nhất một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được cho tiếp xúc là thép hai pha có cấu trúc kim loại của pha ferit + cacbua, pha ferit + pha mactensit hoặc pha đơn mactensit trước khi được liên kết khuếch tán, có thành phần hóa học (A) dưới đây, có giá trị  $\gamma_{\max}$  được tính theo công thức (2) dưới đây nằm trong khoảng từ 20 đến nhỏ hơn 100 và có nhiệt độ bắt đầu chuyển pha austenit  $A_{c1}$  nằm trong khoảng từ 650 đến 950°C trong suốt quá trình tăng nhiệt độ và có vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit lớn hơn hoặc bằng 880°C, và vật liệu còn lại là thép có thành phần hóa học (A), (B) hoặc (C) dưới đây, và sự tạo liên kết bằng khuếch tán được thực hiện trong các điều kiện sao cho áp lực chân không nhỏ hơn hoặc bằng  $10^{-3}$ Pa, áp lực bề mặt tiếp xúc nằm trong khoảng từ 0,03 đến 1,0MPa, nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ 880 đến 1080°C và thời gian nung nằm trong khoảng từ 30 đến 120 phút trong khi đồng thời diễn ra sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit trong thép hai pha bị chuyển thành pha austenit, trong đó

thành phần hóa học (A) gồm C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 2,5%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 13,0 đến 18,5%, N với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,1%, và tùy ý, Cu với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, Mo với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, Al với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, Ti với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, Nb với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, V với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, B với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, toàn bộ lượng này đều tính theo

tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, và có trị số X được tính theo công thức (1) dưới đây nằm trong khoảng từ 650 đến 950:

$$\text{trị số X} = 35(\text{Cr} + 1,72\text{Mo} + 2,09\text{Si} + 4,86\text{Nb} + 8,29\text{V} + 1,77\text{Ti} + 21,4\text{Al} + 40,0\text{B} - 7,14\text{C} - 8,0\text{N} - 3,28\text{Ni} - 1,89\text{Mn} - 0,51\text{Cu}) + 310 \quad (1)$$

$$\gamma_{\text{max}} = 420\text{C} - 11,5\text{Si} + 7\text{Mn} + 23\text{Ni} - 11,5\text{Cr} - 12\text{Mo} + 9\text{Cu} - 49\text{Ti} - 50\text{Nb} - 52\text{Al} + 470\text{N} + 189 \quad (2)$$

thành phần hóa học (B) gồm C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 4,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,5%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,045%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 6,0 đến 28,0%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 15,0 đến 26,0%, và tùy ý, Mo với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 7,0%, Cu với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%, Nb với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ti với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, Al với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, B với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, V với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, W với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, và tổng lượng Ca, Mg, Y và các nguyên tố đất hiếm (rare earth element: REM) nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

thành phần hóa học (C) gồm C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,04%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 11,5 đến 32,0%, và tùy ý, Ni với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,6%, Mo với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 2,5%, Cu với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Nb với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ti với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Al với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,025%, B với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, V với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, W với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, và tổng lượng Ca, Mg, Y và các nguyên tố đất hiếm (REM) nhỏ hơn hoặc

bằng 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

Theo phương án khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ, trong đó sự tạo liên kết bằng khuếch tán được thực hiện trong điều kiện sao cho áp lực bề mặt tiếp xúc nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0MPa.

Cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ bao gồm bước cho các vật liệu bằng thép không gỉ tiếp xúc trực tiếp với nhau để làm đồng nhất các vật liệu này bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán, trong đó ít nhất một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được cho tiếp xúc là thép hai pha có nhiệt độ bắt đầu chuyển pha austenit  $A_{c1}$  nằm trong khoảng từ 650 đến 950°C trong suốt quá trình tăng nhiệt độ và có vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit lớn hơn hoặc bằng 880°C, và sự tạo liên kết bằng khuếch tán được thực hiện trong điều kiện sao cho áp lực bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn hoặc bằng 1,0MPa và nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ 880 đến 1080°C trong khi đồng thời diễn ra sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit trong thép hai pha bị chuyển thành pha austenit.

Cụ thể, ít nhất một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được cho tiếp xúc có thể là thép hai pha có thành phần hóa học (A) dưới đây và có vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit lớn hơn hoặc bằng 880°C,

thành phần hóa học (A) chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 2,5%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 13,0 đến 18,5%, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%, và N với lượng nằm trong khoảng từ

0,005 đến 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, và có trị số X được tính theo công thức (1) dưới đây nằm trong khoảng từ 650 đến 950:

$$\text{giá trị } X = 35(\text{Cr} + 1,72\text{Mo} + 2,09\text{Si} + 4,86\text{Nb} + 8,29\text{V} + 1,77\text{Ti} + 21,4\text{Al} + 40,0\text{B} - 7,14\text{C} - 8,0\text{N} - 3,28\text{Ni} - 1,89\text{Mn} - 0,51\text{Cu}) + 310 \quad (1).$$

Nói chung, thép không gỉ được phân loại thành thép không gỉ austenit, thép không gỉ ferit, thép không gỉ mactensit, và thép tương tự dựa trên cấu trúc kim loại ở nhiệt độ trong phòng, và thuật ngữ “thép hai pha” theo sáng chế có nghĩa là thép có cấu trúc hai pha austenit + ferit ở vùng nhiệt độ  $A_{c1}$  hoặc cao hơn. Thép hai pha này là thép không gỉ được phân loại thành thép không gỉ ferit hoặc thép không gỉ mactensit.

Ví dụ về tổ hợp vật liệu bằng thép không gỉ được tạo liên kết bằng khuếch tán có thể bao gồm ba trường hợp sau.

Trường hợp 1: cả hai vật liệu bằng thép không gỉ cần được tạo liên kết bằng khuếch tán là thép hai pha có thành phần hóa học (A) trên đây.

Trường hợp 2: một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được tạo liên kết bằng khuếch tán là thép hai pha có thành phần hóa học (A) trên đây và thép còn lại là thép có thành phần hóa học (B) dưới đây.

Trường hợp 3: một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được tạo liên kết bằng khuếch tán là thép hai pha có thành phần hóa học (A) dưới đây và thép còn lại là thép có thành phần hóa học (C) dưới đây.

Thành phần hóa học (B) chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 4,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,5%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,045%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 6,0 đến 28,0%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 15,0 đến 26,0%, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 7,0%, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 3,5%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến

1,0%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, N với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,3%, B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, W với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,3%, và tổng lượng Ca, Mg, Y, và các nguyên tố đất hiếm (rare earth element: REM) nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

Thành phần hóa học (C) chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,04%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,6%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 11,5 đến 32,0%, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 2,5%, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, N với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,025%, B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, W với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,3%, và tổng lượng Ca, Mg, Y, và các nguyên tố REM nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

(B) là khoảng thành phần bao gồm cả thép không gỉ austenit, và (C) là khoảng thành phần bao gồm cả thép không gỉ ferit.

Cụ thể, khi thép hai pha có thành phần (A) trên đây là thép có giá trị  $\gamma_{\max}$  được tính theo công thức (2) dưới đây nằm trong khoảng từ 20 đến nhỏ hơn 100, mức độ tự do của các điều kiện để tạo liên kết bằng khuếch tán được gia tăng. Khi thép này được tạo ra, tốt hơn nếu sự tạo liên kết bằng khuếch tán được thực hiện trong điều kiện sao cho áp lực bề mặt tiếp xúc nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,8MPa và nhiệt độ duy trì nằm trong khoảng từ 880 đến 1030°C.

$$\gamma_{\max} = 420C - 11,5Si + 7Mn + 23Ni - 11,5Cr - 12Mo + 9Cu - 49Ti - 50Nb - 52Al + 470N + 189 \quad (2)$$

Trong các công thức (1) và (2) trên đây, hàm lượng nguyên tố được thể hiện theo tỷ lệ % khối lượng được thay vào vị trí của nguyên tố thành phần. 0 được thay vào nguyên tố không có trong thép.

### Hiệu quả đạt được của sáng chế

Cấu trúc được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ theo sáng chế có độ bền liên kết và đặc tính hàn kín rất tốt, và không sử dụng vật liệu gắn nên hữu hiệu trong việc ngăn ngừa sự giảm độ bền chống ăn mòn do quá trình tiếp xúc với kim loại khác với thép (cụ thể là kim loại, kể cả Cu). Ngoài ra, áp lực bề mặt tiếp xúc và nhiệt độ có thể được giảm đi so với trường hợp tạo liên kết bằng khuếch tán của vật liệu thép không gỉ bằng phương pháp trực tiếp thông thường, điều này làm cho có thể sử dụng các phương tiện tạo liên kết bằng khuếch tán thông thường dùng cho phương pháp gắn có sử dụng vật liệu gắn. Do đó, hiệu quả giảm chi phí sản xuất thu được bằng cách không sử dụng vật liệu gắn không bị ảnh hưởng bởi sự tăng tải trọng. Do đó, giải pháp theo sáng chế góp phần tạo ra sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ có độ tin cậy cao.

### Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của mặt phân cách liên kết và vùng lân cận của nó trong khi tạo liên kết bằng khuếch tán ở nhiệt độ 900°C bằng cách sử dụng thép hai pha theo sáng chế ở cả hai vật liệu thép.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện vị trí của các điểm xác định độ dày bằng thiết bị đo độ dày dùng siêu âm đối với bề mặt của vật liệu xếp chồng được tạo liên kết bằng khuếch tán.

Fig.3 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ theo sáng chế).

Fig.4 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.5 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ theo sáng chế).

Fig.6 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.7 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ theo sáng chế).

Fig.8 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.9 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.10 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.11 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.12 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.13 là ảnh chụp thể hiện cấu trúc mặt cắt ngang của vật liệu xếp chồng được thử nghiệm tạo liên kết bằng khuếch tán (ví dụ so sánh).

Fig.14 là hình vẽ sơ lược thể hiện kích thước và hình dạng của các vật liệu bằng thép không gỉ riêng biệt cần được liên kết được sử dụng trong Ví dụ 2 và hình dạng bên ngoài của sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Nói chung, vấn đề cần xem xét là sự tạo liên kết bằng khuếch tán của vật liệu bằng thép không gỉ ở trạng thái được cho tiếp xúc với nhau được thể hiện đầy đủ qua các quy trình sau.

[1] quy trình trong đó các bề mặt tiếp xúc không phẳng bị biến dạng và được cho tiếp xúc chặt chẽ với nhau để làm tăng diện tích tiếp xúc.

[2] quy trình trong đó lớp màng oxit bề mặt có trên bề mặt tiếp xúc của cả hai vật liệu thép phân hủy và khuếch tán và do đó biến mất.

[3] quy trình trong đó diễn ra sự khuếch tán tương hỗ của các nguyên tử và sự phát triển của các hạt tinh thể.

[4] quy trình trong đó khí dư trong lỗ trống giữa các bề mặt tiếp xúc phản ứng với vật liệu nền là kim loại và biến mất.

Màng oxit bề mặt trên vật liệu bằng thép không gỉ là màng có độ trơ mạnh và do đó màng này thường dùng để kết thúc quy trình [2], cần duy trì vật liệu thép với áp lực bề mặt tiếp xúc cao và nhiệt độ cao trong thời gian dài. Điều này làm hạn chế khả năng áp dụng phương pháp tạo liên kết bằng khuếch tán trực tiếp trong thương mại đối với vật liệu bằng thép không gỉ.

Qua nhiều nghiên cứu sâu rộng, các tác giả sáng chế đã phát hiện được phương pháp tạo liên kết bằng khuếch tán trực tiếp cho vật liệu bằng thép không gỉ mà không cần kết thúc quy trình [2] nêu trên. Dấu hiệu chủ yếu của phương pháp này là ở chỗ sự tạo liên kết bằng khuếch tán được tiến hành bằng cách sử dụng lực dẫn động do quá trình chuyển pha ở gần bề mặt tiếp xúc của vật liệu bằng thép không gỉ gây ra. Nhờ phương pháp này, có thể thực hiện sự tạo liên kết bằng khuếch tán trực tiếp trong công nghiệp ở điều kiện nhiệt độ và áp lực bề mặt tiếp xúc thấp hơn so với các phương pháp thông thường, và ngoài ra độ tin cậy của bề mặt liên kết được cải thiện.

Fig.1 thể hiện một ví dụ của cấu trúc mặt cắt ngang ở gần mặt phân cách của liên kết thu được bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán ở nhiệt độ 900°C bằng cách sử dụng cả hai vật liệu thép là thép hai pha có thành phần hóa học theo sáng chế. Thép hai pha này là thép tương ứng với thép D-2 trong Bảng 1 dưới đây, và cấu trúc kim loại của thép này trước khi được tạo liên kết bằng khuếch tán là (pha ferit) + ( $M_{23}C_6$  (trong đó M là nguyên tố kim loại, như Cr) trên cơ sở cacbua). Vật liệu dạng

tấm thành phẩm 2D có độ dày 1,0mm được dùng làm mẫu, và bề mặt của mỗi mẫu này có độ nhám bề mặt  $R_a$  là  $0,21\mu\text{m}$  được cho tiếp xúc trực tiếp với nhau ở áp lực bề mặt tiếp xúc là  $0,3\text{MPa}$ , và đặt các mẫu thu được vào buồng có áp suất  $10^{-3}\text{Pa}$  bằng cách tạo chân không và làm tăng nhiệt độ của mẫu từ nhiệt độ trong phòng đến  $900^\circ\text{C}$  trong khoảng một giờ bằng cách sử dụng thiết bị nung và sau khi nhiệt độ đạt đến  $900^\circ\text{C}$ , duy trì nhiệt độ này, và khi khoảng thời gian duy trì định trước đã hết, mẫu tạo thành được lấy ra khỏi lò và được làm nguội nhanh, và cấu trúc mặt cắt ngang được kiểm tra. Fig.1(a) thể hiện thời điểm có thời gian duy trì là 10 phút, và Fig.1(b) thể hiện thời điểm có thời gian duy trì là 50 phút.

Theo sáng chế, vị trí mà khi đó các chi tiết được cho tiếp xúc với nhau trước khi được tạo liên kết bằng khuếch tán được gọi là “vị trí của mặt phân cách”.

Như quan sát được trên Fig.1(a), ở thời điểm có thời gian duy trì là 10 phút, các hạt tinh thể được tạo ra qua vị trí của mặt phân cách. Các hạt tinh thể này tương ứng với pha austenit được tạo bởi sự chuyển pha từ pha ferit và cacbua trước khi tăng nhiệt độ (ảnh được chụp sau khi làm nguội nhanh từ nhiệt độ duy trì, và do đó pha austenit nêu trên được thể hiện là pha martensit trong ảnh này). Trong ví dụ này, cấu trúc kim loại trước khi tạo liên kết bằng khuếch tán là (pha ferit) + cacbua, và do đó cacbua dùng làm điểm bắt đầu để gây ra sự chuyển pha thành pha austenit. Các tinh thể austenit tạo ra phát triển trong khi mở rộng ranh giới hạt trong pha ferit. Nghĩa là các hạt tinh thể austenit phát triển trong khi đồng thời diễn ra sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit trong thép hai pha bị chuyển thành pha austenit.

Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.1, cả hai vật liệu thép đều là thép hai pha giống nhau. Do đó, cacbua ở một trong số các vật liệu thép có mặt ở gần mặt phân cách có tác dụng làm điểm bắt đầu để tạo ra pha austenit, và khi pha austenit tạo ra phát triển, các hạt tinh thể austenit đã được đưa vào phần tinh thể của vật liệu thép ở phía đối diện và phát triển thành hạt đơn tinh thể austenit sao cho sự tạo liên kết bằng khuếch tán diễn ra. Ở giai đoạn được thể hiện trên trên Fig.1(a), nhiều phần chưa được liên kết vẫn còn lại ở vị trí của mặt phân cách.

Cũng đã khẳng định được rằng khi vật liệu thép ở phía còn lại là thép mà sẽ trở thành một pha austenit ở nhiệt độ duy trì để tạo liên kết bằng khuếch tán hoặc thép mà sẽ trở thành một pha ferit ở nhiệt độ duy trì, các hạt tinh thể austenit được tạo ra bằng cách sử dụng cacbua làm điểm bắt đầu trong thép hai pha có mặt ở gần vị trí của mặt phân cách cũng phát triển qua vị trí của mặt phân cách này thành các tinh thể của vật liệu thép ở phía còn lại.

Cấu trúc kim loại của thép hai pha theo sáng chế bao gồm (pha ferit) + cacbua, (pha ferit) + (pha mactensit), hoặc một pha mactensit theo thành phần hóa học hoặc điều kiện sản xuất tấm thép. Để sử dụng sự khuếch tán các nguyên tử do sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit bị chuyển thành pha austenit trong khi tạo liên kết bằng khuếch tán, pha ferit cần có mặt với lượng lớn hơn hoặc bằng 50% thể tích ở thời điểm mà khi đó sự tạo ra austenit được bắt đầu bằng cách nung nóng để tạo liên kết bằng khuếch tán. Khi thép hai pha cần được tạo liên kết bằng khuếch tán có cấu trúc kim loại của một pha mactensit, việc tôi sơ bộ thép này để có cấu trúc của (pha ferit) + (pha mactensit) là hiệu quả. Trong quá trình tôi, các điều kiện để vật liệu được duy trì, ví dụ, ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 600°C đến nhiệt độ ( $Ac_1 + 50^\circ C$ ) có thể được sử dụng, nhưng thường thu được hiệu quả tôi trong suốt quá trình tăng nhiệt độ trong quá trình tạo liên kết bằng khuếch tán, và sự tạo ra pha austenit có thể được bắt đầu ở trạng thái cấu trúc sao cho pha ferit có mặt.

Các tinh thể austenit của thép hai pha có cấu trúc gồm (pha ferit) + cacbua được tạo ra bằng cách sử dụng cacbua làm điểm bắt đầu, và các tinh thể của thép hai pha có cấu trúc gồm (pha ferit) + (pha mactensit) được tạo ra bằng cách sử dụng pha mactensit làm điểm bắt đầu. Trong trường hợp bất kỳ trong số các trường hợp nêu trên, các tinh thể austenit trong thép hai pha phát triển trong khi di chuyển ranh giới hạt vào pha ferit quanh các tinh thể austenit. Trong trường hợp này, ở vị trí mặt phân cách giữa các vật liệu thép, ranh giới hạt tinh thể di chuyển về phía vật liệu thép ở phía còn lại trước khi oxit dưới dạng lớp ngăn cách sự khuếch tán biến mất hoàn toàn.

Bằng cách đảm bảo thời gian duy trì thỏa đáng ở nhiệt độ mà khi đó sự tạo liên kết bằng khuếch tán diễn ra, sự tăng tỷ lệ thể tích của pha austenit dừng lại làm cho sự di chuyển ranh giới hạt xuất hiện trong các hạt tinh thể ferit còn lại. Sau đó, như được thể hiện trên Fig.1(b), quan sát được các hạt tinh thể ferit phát triển qua vị trí của mặt phân cách. Trong giai đoạn này, các phần không liên kết còn lại ở vị trí mặt phân cách được giảm đáng kể, và do đó có thể cần xem xét việc các vật liệu thép đã được làm đồng nhất với nhau bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán. Kết quả thu được dưới đây bằng cách sử dụng thiết bị đo độ dày dùng siêu âm có thể khẳng định trạng thái trong đó hầu hết các phần ở vị trí mặt phân cách được liên kết với nhau.

#### Thép hai pha

Theo sáng chế, để thu được sự tạo liên kết bằng khuếch tán bằng phương pháp trực tiếp ở nhiệt độ thấp và áp lực bề mặt tiếp xúc thấp, ít nhất một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được tạo liên kết bằng khuếch tán là thép (thép hai pha) có cấu trúc hai pha austenit + ferit trong vùng nhiệt độ mà khi đó sự tạo liên kết bằng khuếch tán diễn ra. Cụ thể, thép hai pha có nhiệt độ bắt đầu chuyển pha austenit  $A_{c1}$  nằm trong khoảng từ 650 đến 950°C trong suốt quá trình tăng nhiệt độ và có vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit lớn hơn hoặc bằng 880°C là được ưu tiên. Thép có nhiệt độ  $A_{c1}$  lớn hơn hoặc bằng 880°C chắc chắn có vùng nhiệt độ hai pha lớn hơn hoặc bằng 880°C, và khi nhiệt độ  $A_{c1}$  quá cao, giới hạn dưới của vùng nhiệt độ hai pha tăng lên và do đó giới hạn dưới của nhiệt độ nung định trước tăng lên, điều này làm cho khó sử dụng hết lợi thế của sáng chế để tiến hành tạo liên kết bằng khuếch tán mà không cần sử dụng vật liệu gắn ở nhiệt độ tương đối thấp bằng cách sử dụng sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit trong thép hai pha bị chuyển pha thành pha austenit. Nhờ các nghiên cứu khác nhau, đã phát hiện được rằng việc sử dụng thép có nhiệt độ  $A_{c1}$  nhỏ hơn hoặc bằng 950°C là hữu hiệu, và thép có nhiệt độ  $A_{c1}$  nhỏ hơn hoặc bằng 900°C được ưu tiên hơn.

Thép hai pha được sử dụng trong sáng chế có thể là loại thép còn được gọi là “thép không gỉ mactensit” miễn là thép này có cấu trúc hai pha austenit + ferit trong

vùng nhiệt độ mà khi đó sự tạo liên kết bằng khuếch tán diễn ra. Thép không gỉ mactensit là loại thép sao cho cấu trúc mactensit thu được bằng cách làm nguội nhanh chóng thép từ vùng nhiệt độ một pha austenit càng cao càng tốt, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 1050°C, và cũng có mặt thép không gỉ mactensit có thành phần cho phép tạo liên kết bằng khuếch tán bằng cách sử dụng sự di chuyển ranh giới hạt tinh thể do sự chuyển pha thành pha austenit trong vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit. Do đó, thép không gỉ mactensit này cũng được xử lý như thép hai pha theo sáng chế.

Để làm ví dụ cụ thể về khoảng tỷ lệ thành phần của thép hai pha theo sáng chế, có thể đề cập thành phần (A) sau.

Thành phần (A) chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 2,5%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 13,0 đến 18,5%, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%, và N với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, và có trị số X được tính theo công thức (1) dưới đây nằm trong khoảng từ 650 đến 950:

$$\text{trị số } X = 35(\text{Cr} + 1,72\text{Mo} + 2,09\text{Si} + 4,86\text{Nb} + 8,29\text{V} + 1,77\text{Ti} + 21,4\text{Al} + 40,0\text{B} - 7,14\text{C} - 8,0\text{N} - 3,28\text{Ni} - 1,89\text{Mn} - 0,51\text{Cu}) + 310 \quad (1)$$

Trị số X là chỉ số mà từ đó nhiệt độ bắt đầu chuyển pha austenit  $A_{c1}$  (°C) trong suốt quá trình tăng nhiệt độ có thể được cho là có độ chính xác cao so với thép hai pha có vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit lớn hơn hoặc bằng 880°C.

Để làm thép hai pha có thành phần hóa học (A) trên đây, cụ thể là thép có giá trị  $\gamma_{\max}$  được tính theo công thức (2) dưới đây nằm trong khoảng từ 20 đến nhỏ hơn 100 có thể được sử dụng.

$$\gamma_{\max} = 420C - 11,5Si + 7Mn + 23Ni - 11,5Cr - 12Mo + 9Cu - 49Ti - 50Nb - 52Al + 470N + 189 \quad (2)$$

$\gamma_{\max}$  là chỉ số của lượng (tỷ lệ % theo thể tích) của pha austenit được tạo ra khi thép được nung nóng và duy trì ở nhiệt độ khoảng 1100°C. Thép này có giá trị  $\gamma_{\max}$  lớn hơn hoặc bằng 100 có thể được cho là loại thép trở thành dạng một pha austenit ở nhiệt độ cao. Đối với thép có giá trị  $\gamma_{\max}$  nằm trong khoảng từ 20 đến nhỏ hơn 100, để điều chỉnh nhiệt độ để tránh vùng một pha  $\gamma$ , và mức độ tự do của các điều kiện thích hợp được gia tăng về phía nhiệt độ thấp và áp lực bề mặt tiếp xúc thấp. Tốt hơn nữa nếu thép có giá trị  $\gamma_{\max}$  nằm trong khoảng từ 50 đến 80 được sử dụng

Loại thép của vật liệu đối diện cần được liên kết

Để làm vật liệu thép (vật liệu thép đối diện) cần được làm đồng nhất bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán với vật liệu thép chứa thép hai pha nêu trên, thép hai pha có thể được sử dụng. Theo cách khác, loại thép austenit mà sẽ trở thành một pha austenit trong vùng nhiệt độ nung để tạo liên kết bằng khuếch tán hoặc loại thép mà sẽ trở thành một pha ferit trong vùng nhiệt độ này có thể được sử dụng. Ngay cả khi thép không phải thép hai pha được sử dụng trong vật liệu thép đối diện, pha austenit phát triển trong thép hai pha bằng cách chuyển pha cũng sẽ phát triển từ vị trí của mặt phân cách về phía vật liệu thép đối diện, điều này làm cho có thể tạo ra mối liên kết khuếch tán có độ bóng nhờ các hạt tinh thể được tạo ra qua vị trí của mặt phân cách.

Để làm loại thép austenit hoặc ferit, nhiều loại thép hiện nay có thể được sử dụng theo mục đích và theo quan điểm về đặc tính tạo liên kết bằng khuếch tán, không có giới hạn cụ thể về tỷ lệ các thành phần của thép. Để làm ví dụ cụ thể về khoảng tỷ lệ thành phần này, có thể đề cập thành phần (B) dưới đây đối với loại thép austenit và thành phần (C) dưới đây đối với loại thép ferit.

Thành phần (B) chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 4,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ

0,001 đến 2,5%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,045%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 6,0 đến 28,0%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 15,0 đến 26,0%, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 7,0%, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 3,5%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, N với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,3%, B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, W với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,3%, và tổng lượng Ca, Mg, Y và các nguyên tố đất hiếm (REM) với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

Thành phần (C) chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,04%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,6%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 11,5 đến 32,0%, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 2,5%, Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Nb với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Ti với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, N với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,025%, B với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%, V với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, W với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,3%, và tổng lượng Ca, Mg, Y và các nguyên tố đất hiếm (REM) với lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

Các điều kiện tạo liên kết bằng khuếch tán

Áp lực bề mặt tiếp xúc giữa các chi tiết cần được tạo liên kết bằng khuếch tán là nhỏ hơn hoặc bằng 1,0MPa. Khi áp lực bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn hoặc bằng 1,0MPa, có thể thực hiện việc tạo liên kết bằng khuếch tán mà không cần sử dụng

vật liệu gắn bằng cách sử dụng các phương tiện tương đối đơn giản. Áp lực bề mặt tiếp xúc sao cho sự tạo liên kết bằng khuếch tán diễn ra có thể được điều chỉnh nhỏ hơn hoặc bằng 1,0MPa theo loại thép được sử dụng hoặc nhiệt độ duy trì hoặc thời gian duy trì nung nóng. Đặc biệt, khi thép có giá trị  $\gamma_{\max}$  nhỏ hơn 100 được sử dụng làm thép hai pha, có thể thu được kết quả có lợi với áp lực bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn hoặc bằng 0,8MPa. Mặt khác, khi áp lực bề mặt tiếp xúc rất thấp, cần thời gian duy trì nung nóng kéo dài, vì thế năng suất sẽ thấp. Theo quan điểm về mặt công nghiệp, tốt hơn nếu áp lực bề mặt tiếp xúc lớn hơn hoặc bằng 0,03 MPa được đảm bảo, và áp lực bề mặt tiếp xúc có thể được kiểm soát để lớn hơn hoặc bằng 0,1MPa. Bề mặt của vật liệu bằng thép không gỉ cần được tạo liên kết bằng khuếch tán, cũng là bề mặt cần được liên kết, cần có độ nhẵn sao cho Ra nhỏ hơn hoặc bằng 0,30 $\mu\text{m}$ . Việc hoàn thiện bề mặt có thể được thực hiện bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp: xử lý bằng axit, tôi bóng, và đánh bóng.

Nhiệt độ nung để tạo liên kết bằng khuếch tán lớn hơn hoặc bằng 880°C. Nhờ các nghiên cứu khác nhau, các tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng khi sử dụng sự di chuyển ranh giới hạt do sự chuyển pha của thép hai pha gây ra, các vật liệu bằng thép không gỉ có thể được liên kết bằng cách khuếch tán với nhau mà không cần duy trì các vật liệu này ở nhiệt độ cao như thường được sử dụng, tuy nhiên, khi các điều kiện như áp lực bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn hoặc bằng 1,0MPa được sử dụng, cần nung nóng ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 880°C. Theo quan điểm để thúc đẩy sự phân tán, việc nung nóng ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 900°C được ưu tiên hơn.

Các vật liệu thép cần được nung nóng và duy trì ở vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit của thép hai pha đã được sử dụng trong cả hai hoặc một trong hai chi tiết. Bằng cách duy trì các vật liệu thép trong vùng nhiệt độ trong đó hai pha này cùng tồn tại, các hạt tinh thể austenit vừa mới phát triển có khả năng phát triển qua vị trí của mặt phân cách về phía vật liệu thép đối diện mà nó tiếp xúc với. Các cơ chế này vẫn chưa được giải thích đầy đủ mà chúng được dự đoán như sau. Khi thép hai pha ở trạng thái sao cho pha ferit có mặt trong thép hai pha được nung nóng đến

vùng nhiệt độ cùng tồn tại hai pha austenit + ferit, trước tiên, cacbua hoặc pha mactensit trong thép hai pha dùng làm điểm bắt đầu để tạo ra các tinh thể austenit. Ranh giới hạt giữa các tinh thể austenit được tạo ra và các tinh thể ferit quanh các tinh thể austenit trở thành trạng thái sao cho ranh giới hạt rất dễ dàng di chuyển do “lực dẫn động của sự chuyển pha”, điều này làm cho tỷ lệ của pha ferit và pha austenit gần đạt đến trạng thái cân bằng. Bằng cách sử dụng lực dẫn động của sự chuyển pha, các tinh thể austenit phát triển trong khi diễn ra sự di chuyển ranh giới hạt vào các tinh thể ferit liền kề trong thép hai pha. Trong trường hợp này, cần xem xét việc các hạt tinh thể austenit phát triển về phía vị trí của mặt phân cách với vật liệu thép đối diện mà nó tiếp xúc với cũng di chuyển ranh giới hạt vào các hạt tinh thể của vật liệu thép đối diện mà nó đã tiếp xúc với và nở ra để có mặt ở dạng ổn định hơn về mặt năng lượng, điều này làm cho các hạt tinh thể austenit được tạo ra qua vị trí của mặt phân cách. Khi các chi tiết ở vị trí mặt phân cách giữa chúng được liên kết một phần bởi các hạt tinh thể austenit, các hạt tinh thể của cả hai chi tiết này có mặt ở phía vị trí của mặt phân cách gần các hạt tinh thể austenit cũng gây ra sự di chuyển của các ranh giới hạt do sự khuếch tán với nhau, vì thế sự tạo liên kết bằng khuếch tán diễn ra.

Đã khẳng định được rằng, khi thép trở thành một pha ferit ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng  $880^{\circ}\text{C}$  hoặc thép trở thành một pha austenit ở nhiệt độ này được sử dụng thay cho thép hai pha nêu trên, phần không được liên kết (khuyết tật) có thể có mặt ở vị trí của mặt phân cách khi điều kiện áp lực bề mặt tiếp xúc thấp và nhiệt độ nung thấp như áp lực bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn hoặc bằng  $1,0\text{MPa}$  và nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ  $880$  đến  $1080^{\circ}\text{C}$ . Do đó, rõ ràng là việc sử dụng lực dẫn động do sự chuyển pha của thép hai pha là rất có lợi trong việc thúc đẩy quá trình tạo liên kết bằng khuếch tán cho vật liệu bằng thép không gỉ ở điều kiện áp lực bề mặt tiếp xúc thấp và nung nóng ở nhiệt độ thấp.

Thép hai pha có thành phần hóa học sao cho giá trị  $\gamma_{\text{max}}$  được tính theo công thức (2) trên đây nhỏ hơn hoặc bằng 100 có vùng nhiệt độ mà khi đó thép có cấu trúc

hai pha austenit + ferit, vùng nhiệt độ này thường nhỏ hơn  $1100^{\circ}\text{C}$ . Nhờ các nghiên cứu khác nhau, tác giả sáng chế đã phát hiện được rằng khi thép hai pha có giá trị  $\gamma_{\text{max}}$  được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ 20 đến nhỏ hơn 100 được sử dụng, sự tạo liên kết bằng khuếch tán có thể được tiến hành trong điều kiện sao cho áp lực bề mặt tiếp xúc nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,8MPa và nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ  $880$  đến  $1030^{\circ}\text{C}$ , và có lợi nếu điều này làm giảm điều kiện áp lực bề mặt tiếp xúc và nhiệt độ để tạo liên kết bằng khuếch tán. Đặc biệt là khi thép hai pha có giá trị  $\gamma_{\text{max}}$  nằm trong khoảng từ 50 đến 80 được sử dụng, mức độ tự do của điều kiện tạo liên kết bằng khuếch tán được tăng lên, và có thể tìm được các điều kiện thích hợp trong khoảng sao cho áp lực bề mặt tiếp xúc nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,5MPa và nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ  $880$  đến  $1000^{\circ}\text{C}$ . Trong trường hợp này, giới hạn trên của nhiệt độ nung có thể được điều chỉnh để nằm trong khoảng thấp, ví dụ, nhỏ hơn hoặc bằng  $980^{\circ}\text{C}$ .

Việc nung nóng để tạo liên kết bằng khuếch tán có thể được thực hiện bằng cách nung và duy trì các chi tiết cần được liên kết trong môi trường được tạo chân không để có áp suất thường là nhỏ hơn hoặc bằng  $10^{-3}\text{Pa}$  như môi trường thường dùng để tạo liên kết bằng khuếch tán thông thường đối với các vật liệu thép không gỉ bằng cách sử dụng vật liệu gắn. Trong quá trình nung nóng này, các vật liệu bằng thép không gỉ cần được liên kết được cho tiếp xúc trực tiếp với nhau mà không cần sử dụng vật liệu gắn. Áp lực bề mặt tiếp xúc được điều chỉnh để nằm trong khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0MPa như đã nêu trên đây. Để làm phương pháp nung nóng, có thể sử dụng phương pháp trong đó toàn bộ các chi tiết trong lò được nung nóng đều bằng thiết bị nung, hoặc phương pháp trong đó vị trí ở gần phần tiếp xúc được nung đến nhiệt độ định trước bằng cách nung nóng bằng điện trở khi cho dòng điện đi qua nó. Thời gian duy trì việc nung nóng có thể được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ 30 đến 120 phút.

**Ví dụ thực hiện sáng chế****Ví dụ 1**

Tạo ra các tấm thép có thành phần hóa học được thể hiện trong Bảng 1. Các tấm thép từ D-1 đến D-3 là thép có giá trị  $\gamma_{\max}$  nhỏ hơn 100, các tấm thép M-1 và M-2 là thép còn được gọi là thép không gỉ mactensit, F-1 là thép ferit một pha, và A-1 là thép austenit một pha. Độ dày, độ bóng bề mặt, và độ nhám bề mặt Ra của mỗi tấm thép cũng được thể hiện trong Bảng 1. Đối với cấu trúc kim loại của mỗi tấm thép trong số các tấm thép được tạo ra, các tấm thép từ D-1 đến D-3 có (pha ferit) + cacbua, các tấm thép M-1 và M-2 có (pha ferit) + (pha mactensit), tấm thép M-3 có một pha mactensit, tấm thép F-1 có một pha ferit, và tấm thép A-1 có một pha austenit.

Bảng 1

| Thép | Thành phần hóa học (% khối lượng) |      |      |      |       |      |      |       |       |      |       | Trị số X<br>* 1 | $\gamma_{max}$ | Tấm thép       |                   |                   | Ghi chú            |
|------|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|      | C                                 | Si   | Mn   | Ni   | Cr    | Cu   | Mo   | Al    | Ti    | Nb   | N     | Thành phần khác |                | Độ dày<br>(mm) | Độ bóng<br>bề mặt | Ra<br>( $\mu m$ ) |                    |
| D-1  | 0,063                             | 0,53 | 0,32 | 2,04 | 16,55 | 0,04 | -    | 0,009 | 0,004 | -    | 0,007 | -               | 71,2           | 0,8            | 2HD               | 0,06              | Thép theo sáng chế |
| D-2  | 0,068                             | 0,39 | 0,76 | 0,12 | 16,06 | 0,05 | 0,04 | -     | -     | -    | 0,057 | -               | 63,2           | 1,0            | 2D                | 0,21              | Thép theo sáng chế |
| D-3  | 0,109                             | 0,41 | 0,32 | 0,16 | 12,32 | -    | 0,17 | -     | 0,020 | 0,02 | 0,009 | -               | 94,5           | 1,6            | 2D                | 0,18              | Thép theo sáng chế |

|     |       |      |      |      |       |      |      |       |       |      |       |   |       |       |     |    |      |                    |
|-----|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|---|-------|-------|-----|----|------|--------------------|
| M-1 | 0,340 | 0,56 | 0,55 | 0,13 | 13,40 | 0,04 | -    | -     | -     | -    | 0,015 | - | 678,8 | 185,5 | 1,0 | 2D | 0,15 | Thép theo sáng chế |
| M-2 | 0,980 | 0,28 | 0,43 | 0,12 | 16,25 | -    | 0,21 | -     | -     | -    | 0,005 | - | 623,4 | 416,1 | 2,1 | 2B | 0,07 | Thép theo sáng chế |
| M-3 | 0,036 | 1,48 | 0,36 | 6,82 | 14,46 | 0,60 | 0,12 | 0,028 | 0,310 | -    | 0,009 | - | 142,8 | 171,7 | 1,0 | 2D | 0,16 | Thép so sánh       |
| F-1 | 0,010 | 0,51 | 0,34 | 0,13 | 18,22 | 0,44 | -    | -     | -     | 0,36 | 0,012 | - | 995,7 | -26,2 | 1,2 | 2D | 0,27 | Thép so sánh       |
| A-1 | 0,053 | 0,50 | 0,77 | 8,55 | 18,10 | 0,25 | 0,19 | 0,005 | -     | -    | 0,028 | - | -62,8 | 212,3 | 1,0 | 2D | 0,09 | Thép so sánh       |

\*1) Đối với thép theo sáng chế, giá trị gần như tương ứng với nhiệt độ Ac<sub>1</sub> (°C).

Các mẫu thép thử nghiệm dạng tấm phẳng có kích thước 20mm × 20mm được cắt từ mỗi tấm thép, và hai mẫu thử nghiệm được xếp chồng và tạo liên kết bằng khuếch tán bằng phương pháp được mô tả dưới đây.

Hai mẫu thử nghiệm cần được tạo liên kết bằng khuếch tán được xếp chồng sao cho bề mặt của các mẫu riêng biệt được cho tiếp xúc với nhau, và đặt áp lực tiếp xúc (áp lực bề mặt tiếp xúc) vào bề mặt tiếp xúc của hai mẫu này đã được điều chỉnh đến áp lực định trước bằng cách sử dụng dụng cụ kẹp có nguyên lý đòn bẩy. Dụng cụ này có cột đỡ được làm bằng cacbon composit, cột này có cần kẹp làm bằng cacbon composit được gắn với ở trạng thái sao cho cần này có thể quay quanh trục cố định theo hướng ngang, và lực hấp dẫn từ cần này đặt tải trọng lên mẫu xếp chồng. Cụ thể, cấu trúc này tạo đòn bẩy trong đó vị trí trục cố định của cần kẹp dùng làm giá đỡ, vị trí đặt tải trọng lên các mẫu đã xếp chồng dùng làm điểm tác dụng, và vị trí mà từ đó trọng lượng treo vào dùng làm điểm tác dụng lực, trong đó điểm tác dụng nằm ở vị trí giữa giá đỡ và điểm tác dụng lực, và lực hấp dẫn được tăng lên để tác dụng lên các bề mặt tiếp xúc của mẫu. Sau đây, hai mẫu thử nghiệm được xếp chồng được gọi tương ứng là “vật liệu thép 1” và “vật liệu thép 2”, và vật liệu có vật liệu thép 1 và vật liệu thép 2 được xếp chồng lên nhau được gọi là “vật liệu xếp chồng”.

Vật liệu thép 1 và vật liệu thép 2 được tạo liên kết bằng khuếch tán bằng cách xử lý nung nóng được mô tả dưới đây. Bằng cách sử dụng dụng cụ kẹp nêu trên, đặt tải trọng định trước vào vật liệu xếp chồng, và dụng cụ kẹp và vật liệu xếp chồng ở trạng thái này được cho vào lò chân không, và lò này được tạo mức chân không sao cho áp suất nằm trong khoảng từ  $10^{-3}$  đến  $10^{-4}$  Pa, và sau đó tăng nhiệt độ trong khoảng một giờ đến nhiệt độ nung định trước được điều chỉnh để lớn hơn hoặc bằng 880°C, và duy trì nhiệt độ này trong 2 giờ, và sau đó vật liệu tạo thành được chuyển vào buồng lạnh và được làm nguội. Trong quá trình làm nguội, mức độ chân không nêu trên vẫn được duy trì cho đến khi nhiệt độ giảm đi

100°C so với nhiệt độ duy trì, và sau đó đưa khí Ar vào buồng này và vật liệu được làm nguội đến nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 100°C trong môi trường khí Ar ở áp suất 90kPa.

Đối với vật liệu xếp chồng đã được xử lý nhiệt bằng cách sử dụng thiết bị đo độ dày dùng siêu âm (Model 35 DL; sản phẩm của công ty OLYMPUS CORPORATION), độ dày được đo riêng biệt ở 49 điểm được lắp đinh tán 3mm trên bề mặt có kích thước 20mm × 20mm của vật liệu xếp chồng như được thể hiện trên Fig.2. Đường kính đầu đo là 1,5mm. Khi giá trị độ dày đo được ở một số điểm đo cho thấy tổng độ dày của vật liệu thép 1 và vật liệu thép 2, có thể cần xem xét cả hai vật liệu thép được làm đồng nhất với nhau do sự khuếch tán của các nguyên tử gây ra ở vị trí mặt phân cách giữa các vật liệu thép tương ứng với điểm đo. Mặt khác, khi giá trị độ dày đo được nhỏ hơn tổng độ dày của vật liệu thép 1 và vật liệu thép 2, các phần không được liên kết (khuyết tật) có mặt ở vị trí mặt phân cách giữa các vật liệu thép tương ứng với điểm đo. Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu kỹ mối liên quan giữa cấu trúc mặt cắt ngang của các vật liệu xếp chồng sau khi xử lý nhiệt và kết quả đo độ dày thu được bằng phương pháp đo trên đây. Kết quả là các tác giả sáng chế đã khẳng định được rằng bằng cách sử dụng giá trị (còn được gọi là “tỷ lệ liên kết”) thu được bằng cách chia giá trị của một hoặc nhiều điểm đo mà mỗi giá trị kết quả đo là tổng độ dày của vật liệu thép 1 và vật liệu thép 2, cho tổng số điểm đo, nghĩa là 49, tỷ lệ diện tích của các phần không được liên kết với diện tích tiếp xúc có thể được đánh giá với độ chính xác cao. Do đó, các đặc tính tạo liên kết bằng khuếch tán được đánh giá theo các tiêu chí sau.

◎: Tỷ lệ liên kết bằng 100% (đặc tính tạo liên kết bằng khuếch tán: rất tốt)

○: Tỷ lệ liên kết nằm trong khoảng từ 90 đến 99% (đặc tính tạo liên kết bằng khuếch tán: tốt)

△: Tỷ lệ liên kết nằm trong khoảng từ 60 đến 89% (đặc tính tạo liên kết

bằng khuếch tán: hơi kém)

×: Tỷ lệ liên kết nằm trong khoảng từ 0 đến 59% (đặc tính tạo liên kết bằng khuếch tán: kém)

Từ kết quả của nhiều nghiên cứu, đã phát hiện được rằng vật liệu có tỷ lệ ○ khi đánh giá đảm bảo được độ bền mỹ mãn của mối liên kết bằng khuếch tán và có đặc tính hàn kín giữa các chi tiết rất tốt (đặc tính sao cho không xuất hiện sự rò rỉ khí qua khuyết tật), và do đó vật liệu có tỷ lệ ○ hoặc cao hơn khi đánh giá được cho là chấp nhận được.

Các kết quả đánh giá được thể hiện trong Bảng 2.

Ngoài ra, đối với vật liệu xếp chồng đã được xử lý nhiệt, cấu trúc của vùng bao gồm cả vị trí mặt phân cách trong mặt cắt ngang được chụp song song với hướng độ dày được quan sát dưới kính hiển vi quang học. Kết quả quan sát đã khẳng định được rằng có mối tương quan chặt chẽ giữa mức độ tạo liên kết bằng khuếch tán khi thử nghiệm được quan sát dưới kính hiển vi (nghĩa là mức độ biến mất của các phần không được liên kết trong vị trí của mặt phân cách) và giá trị của “tỷ lệ liên kết” nêu trên. Các hình vẽ từ Fig.3 đến Fig.13 thể hiện ảnh chụp cấu trúc mặt cắt ngang của một số ví dụ. Trong các ảnh chụp cấu trúc được thể hiện trên các hình vẽ, ngoại trừ các hình vẽ có tỷ lệ ◎ khi đánh giá, vị trí có càng nhiều phần không được liên kết ở vị trí mặt phân cách được chọn có chủ ý và vị trí này được chụp ảnh. Số thứ tự của thử nghiệm được gán theo các ảnh chụp cấu trúc mặt cắt ngang này được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2

| Thử<br>nghiệm<br>số | Loại thép<br>được sử<br>dụng |                          | Các điều tạo liên<br>kết bằng khuếch<br>tán |                             | Đánh<br>giá đặc<br>tính gắn<br>kết | Ghi chú | Ảnh chụp<br>cấu trúc<br>mặt cắt<br>ngang | Phân<br>loại                 |
|---------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------|------------------------------------------|------------------------------|
|                     | Vật<br>liệu<br>thép<br>1     | Vật<br>liệu<br>thép<br>2 | Áp lực bề<br>mặt tiếp<br>xúc<br>(MPa)       | Nhiệt<br>độ<br>nung<br>(°C) |                                    |         |                                          |                              |
| 1                   | D-1                          | D-1                      | 0,1                                         | 980                         | ☉                                  |         |                                          | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 2                   | D-1                          | D-1                      | 0,1                                         | 1000                        | ☉                                  |         |                                          | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 3                   | D-1                          | D-1                      | 0,3                                         | 900                         | ☉                                  |         |                                          | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 4                   | D-1                          | D-1                      | 0,3                                         | 1000                        | ☉                                  |         |                                          | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 5                   | D-1                          | D-1                      | 0,3                                         | 1080                        | ☉                                  |         |                                          | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 6                   | D-1                          | D-1                      | 0,5                                         | 880                         | ○                                  |         |                                          | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 7                   | D-1                          | D-1                      | 0,5                                         | 1000                        | ☉                                  |         | Fig. 3                                   | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |

|    |     |     |     |             |   |                                 |        |                     |
|----|-----|-----|-----|-------------|---|---------------------------------|--------|---------------------|
| 8  | D-1 | D-1 | 0,5 | 1080        | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 9  | D-1 | D-1 | 0,5 | <u>1200</u> | ⊙ | các hạt tinh thể to được tạo ra | Fig. 4 | Ví dụ so sánh       |
| 10 | D-1 | D-1 | 0,8 | 880         | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 11 | D-1 | D-1 | 1,0 | 1030        | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 12 | D-2 | D-2 | 0,1 | 1030        | ○ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 13 | D-2 | D-2 | 0,1 | 1080        | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 14 | D-2 | D-2 | 0,3 | 1030        | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 15 | D-2 | D-2 | 0,5 | 1000        | ○ |                                 | Fig.5  | Ví dụ theo sáng chế |
| 16 | D-2 | D-2 | 0,5 | 1080        | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |

|    |     |     |     |             |   |                                          |        |                              |
|----|-----|-----|-----|-------------|---|------------------------------------------|--------|------------------------------|
| 17 | D-2 | D-2 | 0,5 | <u>1200</u> | ⊙ | các hạt<br>tinh thể<br>to được<br>tạo ra | Fig.6  | Ví dụ<br>so<br>sánh          |
| 18 | D-3 | D-3 | 0,5 | 1030        | ○ |                                          | Fig.7  | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 19 | D-3 | D-3 | 0,5 | 1080        | ⊙ |                                          |        | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 20 | D-3 | D-3 | 0,5 | <u>1200</u> | ⊙ | các hạt<br>tinh thể<br>to được<br>tạo ra | Fig.8  | Ví dụ<br>so<br>sánh          |
| 21 | M-1 | M-1 | 0,5 | 1000        | × |                                          | Fig.9  | Ví dụ<br>so<br>sánh          |
| 22 | M-1 | M-1 | 0,5 | <u>1200</u> | ⊙ | các hạt<br>tinh thể<br>to được<br>tạo ra |        | Ví dụ<br>so<br>sánh          |
| 23 | M-1 | M-1 | 0,8 | 1050        | ○ |                                          |        | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 24 | M-2 | M-2 | 0,5 | 1000        | × |                                          | Fig.10 | Ví dụ<br>so<br>sánh          |
| 25 | M-2 | M-2 | 0,5 | <u>1200</u> | ⊙ | các hạt<br>tinh thể<br>to được<br>tạo ra |        | Ví dụ<br>so<br>sánh          |
| 26 | M-2 | M-2 | 0,8 | 1050        | ○ |                                          |        | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |

|    |            |     |     |             |   |                                 |        |                     |
|----|------------|-----|-----|-------------|---|---------------------------------|--------|---------------------|
| 27 | <u>M-3</u> | M-3 | 0,5 | 1000        | × |                                 | Fig.11 | Ví dụ so sánh       |
| 28 | <u>M-3</u> | M-3 | 0,5 | <u>1200</u> | × | các hạt tinh thể to được tạo ra |        | Ví dụ so sánh       |
| 29 | D-1        | F-1 | 0,3 | 1000        | ○ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 30 | D-1        | F-1 | 0,5 | 1000        | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 31 | D-1        | A-1 | 0,5 | 1000        | ⊙ |                                 |        | Ví dụ theo sáng chế |
| 32 | <u>F-1</u> | F-1 | 0,5 | 1000        | × |                                 | Fig.12 | Ví dụ so sánh       |
| 33 | <u>A-1</u> | A-1 | 0,5 | 1000        | × |                                 | Fig.13 | Ví dụ so sánh       |

Giá trị gạch chân: nằm ngoài khoảng được xác định bởi sáng chế

Từ Bảng 2, có thể thấy rằng trong các ví dụ của sáng chế mà trong đó thép hai pha theo sáng chế được sử dụng làm một trong hai hoặc cả hai vật liệu thép, sự tạo liên kết bằng khuếch tán có thể diễn ra trong điều kiện như áp lực bề mặt tiếp xúc nhỏ hơn hoặc bằng 1,0MPa và nhiệt độ nung nhỏ hơn hoặc bằng 1080°C, thu được phần được liên kết bằng cách khuếch tán tốt. Không cần điều chỉnh nhiệt độ nung cao tới mức lớn hơn hoặc bằng 1100°C, và do đó sự tạo ra các hạt tinh thể to được ngăn ngừa, cải thiện các đặc tính cơ học của sản phẩm được liên kết bằng cách khuếch tán. Khi thép hai pha có giá trị  $\gamma_{\max}$  nhỏ hơn hoặc bằng 100 (tám

thép từ D-1 đến D-3) được sử dụng, khoảng thích hợp của điều kiện tạo liên kết bằng khuếch tán được mở rộng về phía áp lực bề mặt tiếp xúc thấp và nhiệt độ duy trì thấp. Đặc biệt là khi thép hai pha có giá trị  $\gamma_{\max}$  được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ 50 đến 80 (các tấm thép D-1, D-2) được sử dụng, khoảng điều kiện thích hợp được mở rộng thêm nữa, và điều này cũng có lợi theo quan điểm về chi phí sản xuất.

Trái lại, trong các ví dụ so sánh số 9, 17, 20, 22 và 25, nhiệt độ nung cao đến mức xuất hiện sự tạo ra các hạt tinh thể to (xem các hình vẽ Fig.4, Fig.6, và Fig.8). Trong ví dụ so sánh 21 và 24, thép không gỉ mactensit có giá trị  $\gamma_{\max}$  lớn hơn hoặc bằng 100 được sử dụng làm thép hai pha, và lực dẫn động của sự chuyển pha thành pha austenit trong vùng nhiệt độ hai pha được cho là nhỏ hơn trường hợp loại thép có giá trị  $\gamma_{\max}$  nhỏ hơn 100, và sự tạo liên kết bằng khuếch tán không diễn ra khi nhiệt độ duy trì giảm đến 1000°C. Trong các ví dụ so sánh 27 và 28, thép không gỉ mactensit được cho là không có vùng nhiệt độ mà trong đó nó có cấu trúc hai pha austenit + ferit, được sử dụng trong cả hai vật liệu thép, và do đó không thể tìm được các điều kiện tạo liên kết bằng khuếch tán thích hợp. Trong các ví dụ so sánh 32 và 33, các thép tương ứng có cấu trúc một pha ferit và cấu trúc một pha austenit ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 880 đến 1080°C được tạo liên kết bằng khuếch tán nhưng không thể đạt được sự tạo liên kết bằng khuếch tán ở áp lực bề mặt tiếp xúc thấp và nhiệt độ nung thấp như trong ví dụ theo sáng chế.

#### Ví dụ 2

Thép có thành phần hóa học được thể hiện trong Bảng 3 được làm nóng chảy và được cán nóng thành tấm thép cán nóng có độ dày nằm trong khoảng từ 3 đến 4mm, và tiến hành lần lượt các bước tôi, xử lý bằng axit, cán nguội, tôi hoàn thiện, và xử lý bằng axit để thu được tấm thép cán được thử nghiệm có độ dày 1,0mm. Các tấm thép từ D-11 đến D-15 là thép hai pha theo sáng chế, tấm thép

F-11 là thép một pha ferit, và tấm thép A-11 là thép một pha austenit. Độ dày, độ bóng bề mặt và độ nhám Ra của mỗi tấm thép cũng được thể hiện trong Bảng 3. So với cấu trúc kim loại của mỗi tấm thép, các tấm thép từ D-11 đến D-15 có (pha ferit) + cacbua, tấm thép F-11 có một pha ferit, và tấm thép A-11 có một pha austenit.

Bảng 3

| Thép | Thành phần hóa học (% khối lượng) |      |      |      |       |      |      |       |    |      |       | Trị số X<br>*1      | $\gamma_{max}$ | Tấm thép    |                |                | Ghi chú            |
|------|-----------------------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|----|------|-------|---------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|--------------------|
|      | C                                 | Si   | Mn   | Ni   | Cr    | Cu   | Mo   | Al    | Ti | Nb   | N     | Các thành phần khác |                | Độ dày (mm) | Độ bóng bề mặt | Ra ( $\mu m$ ) |                    |
| D-11 | 0,063                             | 0,40 | 0,76 | 0,44 | 16,03 | 0,04 | 0,04 | -     | -  | -    | 0,028 | V: 0,03             | 55,0           | 1,0         | 2D             | 0,20           | Thép theo sáng chế |
| D-12 | 0,080                             | 0,23 | 0,50 | 0,24 | 16,28 | -    | -    | -     | -  | -    | 0,047 | -                   | 63,8           | 1,0         | 2D             | 0,22           | Thép theo sáng chế |
| D-13 | 0,069                             | 0,36 | 0,75 | 0,12 | 16,17 | 0,04 | 0,02 | 0,011 | -  | 0,01 | 0,039 | -                   | 53,3           | 1,0         | 2D             | 0,25           | Thép theo sáng chế |

|      |       |      |      |      |       |      |      |       |       |      |       |          |        |       |     |    |      |                    |
|------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|----------|--------|-------|-----|----|------|--------------------|
| D-14 | 0,086 | 0,56 | 0,29 | 0,12 | 16,13 | 0,04 | 0,25 | -     | 0,010 | 0,02 | 0,025 | B: 0,002 | 875,2  | 45,6  | 1,0 | 2D | 0,19 | Thép theo sáng chế |
| D-15 | 0,064 | 0,54 | 0,31 | 1,90 | 16,37 | 0,04 | 0,04 | 0,004 | 0,004 | -    | 0,011 | -        | 669,7  | 71,9  | 1,0 | 2D | 0,17 | Thép theo sáng chế |
| F-11 | 0,009 | 0,37 | 0,91 | 0,13 | 18,35 | 0,19 | 2,00 | 0,010 | 0,005 | 0,61 | 0,010 | -        | 1127,7 | -62,0 | 1,0 | 2D | 0,25 | Thép so sánh       |
| A-11 | 0,057 | 0,41 | 1,04 | 8,11 | 18,08 | 0,13 | 0,11 | 0,013 | 0,006 | -    | 0,010 | -        | -29,7  | 197,7 | 1,0 | 2D | 0,15 | Thép so sánh       |

\*1) Trong thép theo sáng chế, giá trị gần như tương ứng với nhiệt độ  $Ac_1$  (°C).

Vật liệu thép hình vuông có kích thước 100mm (sau đây được gọi là “vật liệu dạng tấm phẳng”) được tạo ra bằng cách cắt từ mỗi tấm thép cần được thử nghiệm của tấm thép từ D-11 đến D-15. Ngoài ra, phần giữa của mỗi tấm thép hình vuông có kích thước 100mm được tạo ra từ mỗi tấm thép cần được thử nghiệm của tất cả các loại thép được loại bỏ bằng cách cắt để tạo ra vật liệu thép được tạo hình từ khung có chiều rộng 5mm (sau đây được gọi là “vật liệu dạng khung”). Trong trường hợp này, bavia không được loại bỏ. Các lỗ có kích thước  $\phi$  6mm được tạo ra ở mỗi vật liệu dạng tấm phẳng và vật liệu dạng khung ở hai vị trí ở gần các đầu của đường chéo. Hình [1] và hình [5] trên Fig.14(a) thể hiện sơ lược kích thước và hình dạng của vật liệu dạng tấm phẳng, và các hình từ [2] đến [4] trên Fig. 4(a) thể hiện sơ lược kích thước và hình dạng của vật liệu dạng khung. Như được thể hiện trên Fig.14, ba vật liệu dạng khung được xếp chồng, và các vật liệu thép được xếp chồng lên nhau thành chồng theo thứ tự từ [1] đến [5] được thể hiện trên Fig.14(a) sao cho vật liệu dạng tấm phẳng che phủ tương ứng cả hai phía của ba vật liệu dạng khung để tạo ra vật liệu xếp chồng, và các chốt có kích thước  $\phi$  5mm làm bằng hợp kim 600 được chèn vào các lỗ trên đây để liên kết các vật liệu thép riêng biệt, và gia trọng có khối lượng 5 kg được đặt lên mặt trên của vật liệu xếp chồng đã được đặt nằm ngang, và vật liệu xếp chồng này được tạo liên kết bằng khuếch tán trong chân không. Trong trường hợp này, áp lực tiếp xúc khoảng 0,05MPa được đặt lên bề mặt tiếp xúc giữa các vật liệu thép.

Tổ hợp các vật liệu thép từ [1] đến [5] thuộc hai loại sau đây.

Loại A: tất cả các vật liệu từ [1] đến [5] đều là loại thép hai pha theo sáng chế.

Loại B: các vật liệu [1], [3], và [5] đều là loại thép hai pha theo sáng chế, và vật liệu [2] và [4], tương ứng với vật liệu đối lập của chúng, đều là loại thép austenit hoặc thép ferit.

Tiến hành tạo liên kết bằng khuếch tán bằng phương pháp trong đó vật liệu

xếp chồng được cho vào lò chân không, và lò này được tạo chân không sao cho áp suất nhỏ hơn hoặc bằng  $10^{-3}\text{Pa}$ , và sau đó tăng nhiệt độ đến nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ 900 đến 1100°C, và nhiệt độ này được duy trì trong 60 phút, sau đó để nguội trong lò.

Đánh giá độ tin cậy của phần được liên kết bằng khuếch tán

Sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ nêu trên {ở dạng được thể hiện trên Fig.14(b)} được cho thử nghiệm nung nóng trong không khí ở nhiệt độ 800°C trong 24 giờ. Sau đó, sản phẩm tạo thành được cắt ở vị trí a-a' của Fig.14(b) theo hướng xếp chồng để kiểm tra xem bề mặt của phần rỗng bên trong (bề mặt bên trong) có bị oxy hóa hay không. Khi các lỗ trống thông với bên ngoài có mặt trong phần được liên kết bằng cách khuếch tán, hoặc sự hư hại do phần được tạo liên kết bằng khuếch tán trong khi xử lý nhiệt gây ra, oxy xâm nhập vào bên trong vật liệu sao cho bề mặt bên trong sau khi thử nghiệm nung nóng bị oxy hóa và không còn lớp cấu trúc kim loại ban đầu. Mặt khác, khi độ bóng của mỗi liên kết bằng khuếch tán được duy trì sao cho phía trong của vật liệu được duy trì ở mức chân không cao, bề mặt bên trong sau khi thử nghiệm nung nóng có đặc tính của lớp cấu trúc kim loại của thép không gỉ. Sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ có bề mặt bên trong được duy trì đặc tính cấu trúc kim loại ban đầu được đánh giá là “○” (độ tin cậy của phần được liên kết bằng cách khuếch tán: rất tốt), và sản phẩm khác với sản phẩm này được đánh giá là “×” (độ tin cậy của phần được liên kết bằng khuếch tán: kém). Các kết quả được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4

| Thử<br>nghiệm<br>số | Tổ hợp các vật liệu<br>thép                                |                                                      | Điều kiện duy trì<br>nung nóng để tạo<br>liên kết bằng khuếch<br>tán | Đánh giá độ tin cậy<br>của phần được liên<br>kết bằng khuếch tán<br>*1 | Phân<br>loại                 |
|---------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                     | Thép<br>của các<br>vật liệu<br>thép<br>[1], [3],<br>và [5] | Thép<br>của các<br>vật liệu<br>thép<br>[2] và<br>[4] |                                                                      |                                                                        |                              |
| 41                  | D-11                                                       | D-11                                                 | 900°C × 60 phút                                                      | ○                                                                      | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 42                  | D-12                                                       | D-12                                                 | 880°C × 60 phút                                                      | ○                                                                      | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 43                  | D-12                                                       | D-12                                                 | 1080°C × 60 phút                                                     | ○                                                                      | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 44                  | D-13                                                       | D-13                                                 | 900°C × 60 phút                                                      | ○                                                                      | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |

|    |      |      |                  |   |                              |
|----|------|------|------------------|---|------------------------------|
| 45 | D-14 | D-14 | 1000°C × 60 phút | ○ | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 46 | D-15 | D-15 | 900°C × 60 phút  | ○ | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 47 | D-15 | F-11 | 1000°C × 60 phút | ○ | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 48 | D-15 | F-12 | 1000°C × 60 phút | ○ | Ví dụ<br>theo<br>sáng<br>chế |
| 49 | F-11 | F-11 | 1100°C × 60 phút | × | Ví dụ<br>so sánh             |
| 50 | F-12 | F-12 | 1100°C × 60 phút | × | Ví dụ<br>so sánh             |

\*1) Sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán được cho thử nghiệm nung nóng trong không khí ở nhiệt độ 800°C × 24 giờ,

○: Bề mặt bên trong không bị oxy hóa, ×: bề mặt bên trong bị oxy hóa.

Như có thể thấy được từ Bảng 4, bằng cách sử dụng thép hai pha theo sáng chế trong ít nhất một trong số các vật liệu thép trong phần được liên kết bằng cách

khuếch tán, thu được sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán có độ tin cậy rất cao ở nhiệt độ thấp tới mức nằm trong khoảng từ 880 đến 1000°C.

Trái lại, trong các ví dụ so sánh 49 và 50 trong đó thép hai pha không được sử dụng, không thu được sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán có độ tin cậy cao ngay cả khi ở nhiệt độ 1100°C.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ, phương pháp này bao gồm bước cho các vật liệu bằng thép không gỉ tiếp xúc trực tiếp với nhau để làm đồng nhất các vật liệu này bằng cách tạo liên kết bằng khuếch tán, trong đó ít nhất một trong số các vật liệu bằng thép không gỉ cần được cho tiếp xúc là thép hai pha có cấu trúc kim loại của pha ferit + cacbua, pha ferit + pha mactensit hoặc pha đơn mactensit trước khi được liên kết khuếch tán, chứa thành phần hóa học (A) dưới đây, có giá trị  $\gamma_{\max}$  được tính theo công thức (2) dưới đây nằm trong khoảng từ 20 đến nhỏ hơn 100 và có nhiệt độ bắt đầu chuyển pha austenit  $A_{c1}$  nằm trong khoảng từ 650 đến 950°C trong suốt quá trình tăng nhiệt độ và có vùng nhiệt độ hai pha austenit + ferit lớn hơn hoặc bằng 880°C, và vật liệu còn lại là thép có thành phần hóa học (A), (B) hoặc (C) dưới đây, và sự tạo liên kết bằng khuếch tán được thực hiện trong các điều kiện sao cho áp lực chân không nhỏ hơn hoặc bằng  $10^{-3}$ Pa, áp lực bề mặt tiếp xúc nằm trong khoảng từ 0,03 đến 1,0MPa, nhiệt độ nung nằm trong khoảng từ 880 đến 1080°C và thời gian nung nằm trong khoảng từ 30 đến 120 phút trong khi đồng thời diễn ra sự di chuyển ranh giới hạt do pha ferit trong thép hai pha bị chuyển thành pha austenit, trong đó

thành phần hóa học (A) chỉ bao gồm C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,0%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 2,5%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 13,0 đến 18,5%, N với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,1%, và tùy ý, Cu với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, Mo với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, Al với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, Ti với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, Nb với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, V với lượng nằm nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, B với lượng nhỏ hơn

hoặc bằng 0,01%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, và có trị số X được tính theo công thức (1) dưới đây nằm trong khoảng từ 650 đến 950:

$$\text{trị số X} = 35(\text{Cr} + 1,72\text{Mo} + 2,09\text{Si} + 4,86\text{Nb} + 8,29\text{V} + 1,77\text{Ti} + 21,4\text{Al} + 40,0\text{B} - 7,14\text{C} - 8,0\text{N} - 3,28\text{Ni} - 1,89\text{Mn} - 0,51\text{Cu}) + 310 \quad (1)$$

$$\gamma_{\text{max}} = 420\text{C} - 11,5\text{Si} + 7\text{Mn} + 23\text{Ni} - 11,5\text{Cr} - 12\text{Mo} + 9\text{Cu} - 49\text{Ti} - 50\text{Nb} - 52\text{Al} + 470\text{N} + 189 \quad (2)$$

thành phần hóa học (B) chỉ bao gồm C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 4,0%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,5%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,045%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 6,0 đến 28,0%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 15,0 đến 26,0%, và tùy ý, Mo với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 7,0%, Cu với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%, Nb với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ti với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, Al với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, B với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, V với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, W với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, và tổng lượng của Ca, Mg, Y và các nguyên tố đất hiếm (rare earth element: REM) nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

thành phần hóa học (C) chỉ bao gồm C với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,15%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,2%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,04%, S với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,03%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 11,5 đến 32,0%, và tùy ý, Ni với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,6%, Mo với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 2,5%, Cu với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Nb với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ti với lượng nhỏ hơn

hoặc bằng 1,0%, Al với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,025%, B với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, V với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, W với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, và tổng lượng của Ca, Mg, Y và các nguyên tố đất hiếm (REM) nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, toàn bộ lượng này đều tính theo tỷ lệ % khối lượng, với lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được.

2. Phương pháp sản xuất sản phẩm được tạo liên kết bằng khuếch tán của thép không gỉ theo điểm 1, trong đó bước tạo liên kết bằng khuếch tán được thực hiện trong điều kiện sao cho áp lực bề mặt tiếp xúc nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0MPa.

Fig.1

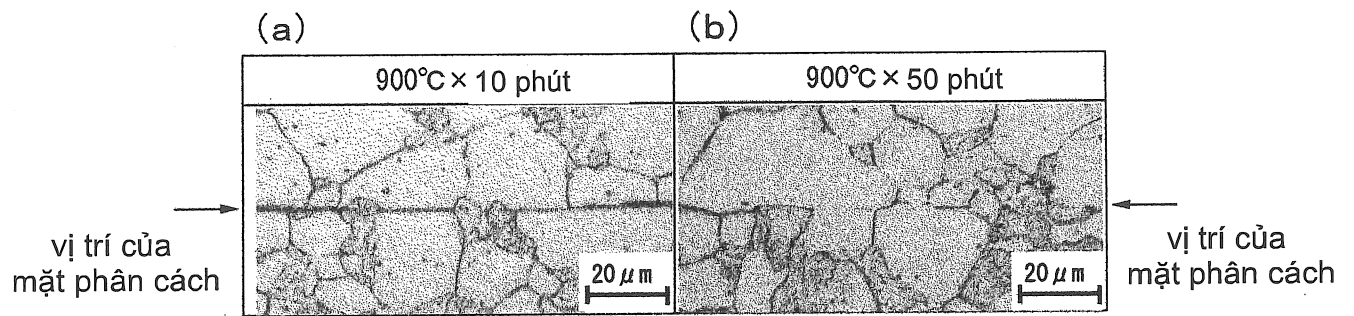
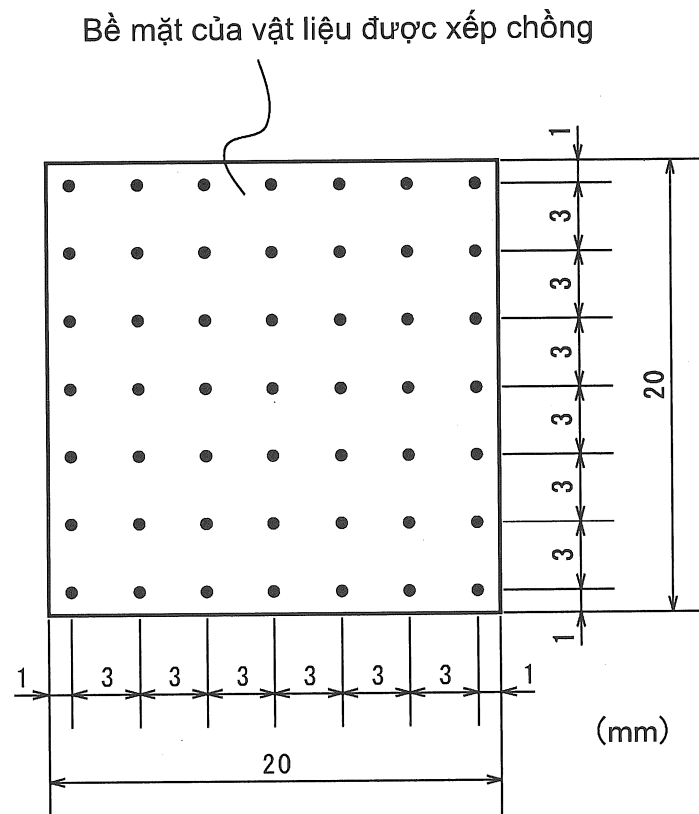
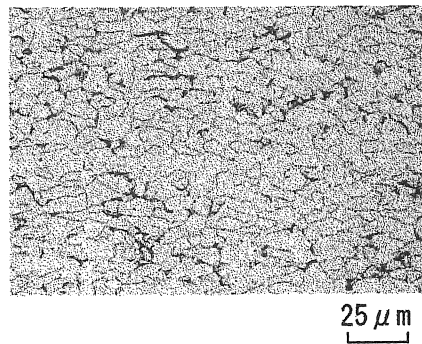


Fig.2



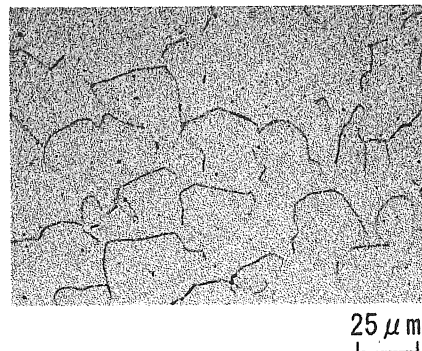
ký hiệu • : điểm đo

Fig.3



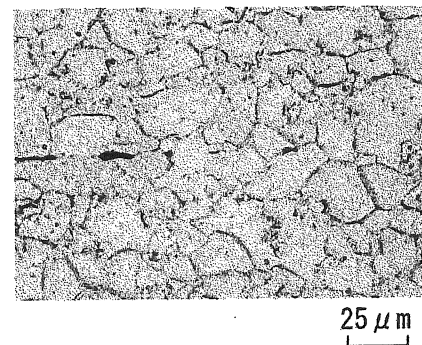
← vị trí của mặt phân cách

Fig.4



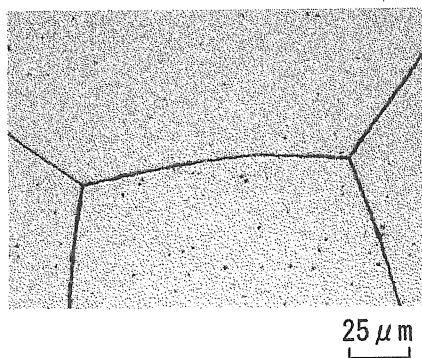
← vị trí của mặt phân cách

Fig.5



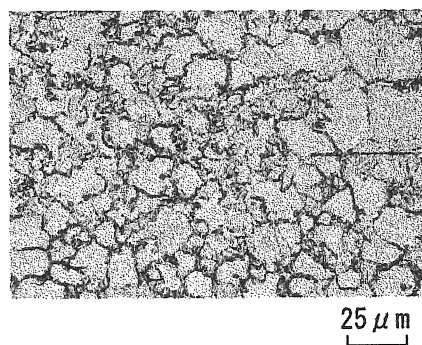
← vị trí của mặt phân cách

Fig.6



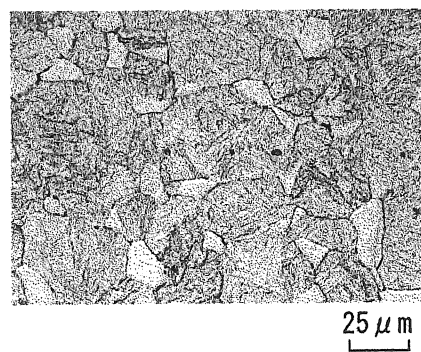
← vị trí của mặt phân cách

Fig.7



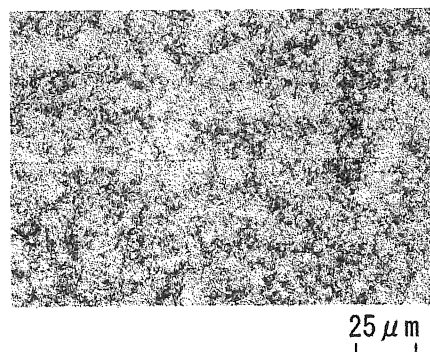
vị trí của mặt phân cách

Fig.8



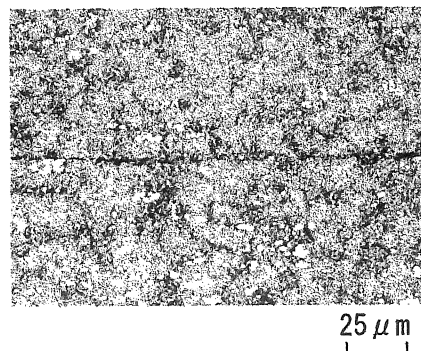
vị trí của mặt phân cách

Fig.9



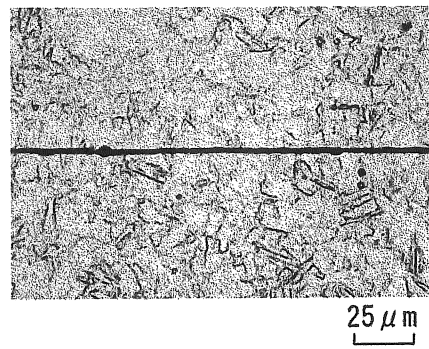
vị trí của mặt phân cách

Fig.10



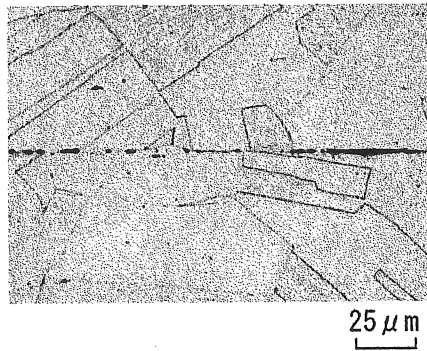
vị trí của mặt phân cách

Fig.11



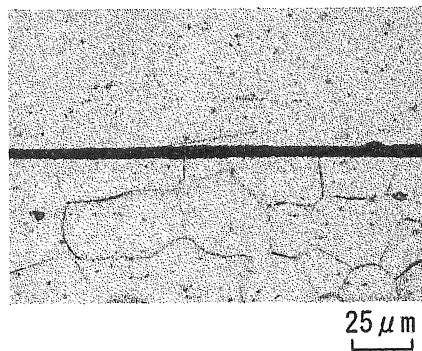
← vị trí của mặt phân cách

Fig.12



← vị trí của mặt phân cách

Fig.13



← vị trí của mặt phân cách

Fig.14

