



(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)



1-0024389

(51)⁷ **B23K 35/00; B23K 35/365; C22C 19/00; (13) B**
B23K 35/02

(21) 1-2014-03610

(22) 27/03/2013

(86) PCT/EP2013/056604 27/03/2013

(87) WO2013/144251A1 03/10/2013

(30) 12161742.7 28/03/2012 EP

(45) 27/07/2020 388

(43) 26/01/2015 322A

(73) ALFA LAVAL CORPORATE AB (SE)

P.O. Box 73, S-221 00 Lund, Sweden

(72) SJÖDIN, Per (SE); WALTER, Kristian (SE).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT DẠNG TẤM VÀ
THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT DẠNG TẤM SẢN XUẤT ĐƯỢC BẰNG PHƯƠNG
PHÁP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được ghép nối cố định (1) bao gồm nhiều tấm trao đổi nhiệt bằng kim loại (2) có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C, được bố trí cạnh nhau và tạo thành khối tấm (3) với khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất (4) để chứa môi chất thứ nhất và khoảng trống ở giữa tấm thứ hai (5) để chứa môi chất thứ hai, trong đó các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất và thứ hai (4,5) được bố trí theo thứ tự xen kẽ trong khối tấm (3),

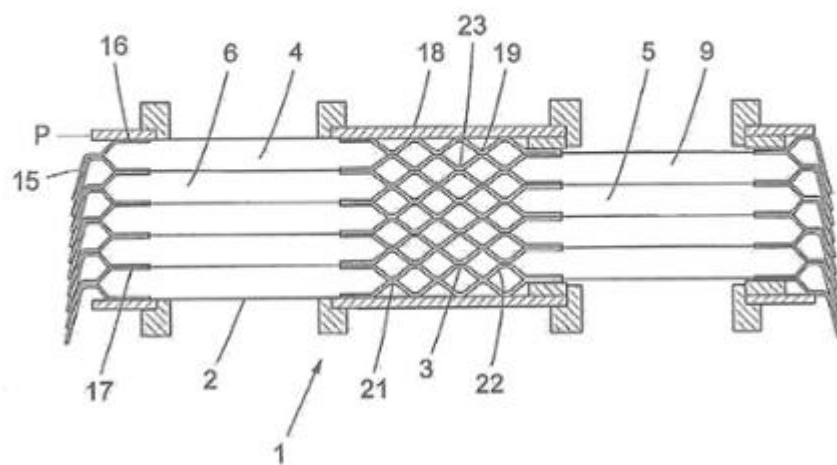
trong đó mỗi tấm trao đổi nhiệt (2) bao gồm vùng truyền nhiệt (10) và vùng rìa (11) có các mép cong (15) bao quanh vùng truyền nhiệt (10),

trong đó mặt thứ nhất (16) của các tấm (2) có dạng lồi và mặt thứ hai (17) của các tấm này có dạng lõm,

trong đó vùng truyền nhiệt (10) bao gồm vùng lượn sóng có phần lồi (18) và phần lõm (19),

trong đó vùng lượn sóng của các tấm và các mép cong (15) được tạo ra bằng cách dập các tấm này.

Ngoài ra sáng chế còn đề cập đến thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm sản xuất được bằng phương pháp nêu trên.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm và thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm sản xuất được bằng phương pháp này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các phương pháp khác nhau có thể được sử dụng để ghép nối các hợp kim có nhiệt độ nóng chảy cao. Ở đây, “nhiệt độ nóng chảy cao” là nhiệt độ nóng chảy lớn hơn 900°C . Hàn là phương pháp thông thường, trong đó kim loại nền được làm nóng chảy khi có hoặc không có vật liệu hàn bổ sung, tức là sản phẩm đúc được tạo ra bằng cách làm nóng chảy và hóa rắn lại.

Hàn vảy cứng là quá trình ghép nối các kim loại dạng rắn đặt gần nhau bằng cách đưa kim loại dạng lỏng nóng chảy ở nhiệt độ lớn hơn 450°C vào. Nói chung, mỗi hàn vảy cứng tạo ra khi hợp kim hàn thích hợp được chọn, bề mặt kim loại nền được làm sạch và vẫn giữ sạch trong khi nung nóng tới nhiệt độ chảy của hợp kim hàn vảy cứng, và kiểu mối nối thích hợp được sử dụng. Trong quá trình này, chất hàn vảy cứng được làm nóng chảy ở nhiệt độ lớn hơn 450°C , tức là mặt phân cách với chất lỏng được tạo ra ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ pha lỏng của kim loại nền cần được ghép nối. Để hàn vảy cứng được, mặt phân cách với chất lỏng cần có khả năng thấm ướt và chảy tốt.

Hàn vảy mềm là quá trình trong đó hai hoặc nhiều chi tiết kim loại được ghép nối bằng cách làm nóng chảy và cho chất hàn, tức là hợp kim hàn, chảy vào mối nối, hợp kim hàn này có điểm nóng chảy thấp hơn chi tiết gia công. Trong phương pháp hàn vảy cứng, chất hàn nóng chảy ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn, nhưng kim loại của chi tiết gia công không nóng chảy. Sự khác biệt giữa hàn vảy mềm và hàn vảy cứng là dựa vào nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn. Nhiệt độ 450°C thường được sử dụng làm điểm mô tả thực tế giữa hàn vảy mềm và hàn vảy cứng.

Nói chung, quy trình hàn vảy cứng bao gồm việc cho chất hàn vảy cứng tiếp xúc với khoảng trống hoặc khe hở giữa các kim loại nền cần được ghép nối. Trong quá

trình nung nóng, chất hàn vảy cứng nóng chảy và điền đầy khe hở cần được ghép nối. Quá trình hàn vảy cứng có ba giai đoạn chính, trong đó giai đoạn thứ nhất được gọi là giai đoạn vật lý. Giai đoạn vật lý này bao gồm làm thấm ướt và làm chảy chất hàn vảy cứng. Giai đoạn thứ hai thường xảy ra ở nhiệt độ ghép nối cho trước. Trong giai đoạn này, có sự tương tác chất rắn-chất lỏng kèm theo sự chuyển khối đáng kể. Thê tích kim loại nền nằm sát ngay chất hàn dạng lỏng sẽ hòa tan hoặc được cho phản ứng với chất hàn trong giai đoạn này. Đồng thời, một lượng nhỏ các nguyên tố của pha lỏng xâm nhập vào kim loại nền dạng rắn. Sự phân bố lại này của các thành phần trong vùng mối nối dẫn đến sự thay đổi thành phần của chất hàn, và đôi khi, thay đổi sự bắt đầu hóa rắn của chất hàn. Giai đoạn cuối cùng, chồng chéo với giai đoạn hai, được đặc trưng bởi sự tạo ra vi cấu trúc của mối nối thu được và xảy ra trong quá trình hóa rắn và làm nguội mối nối.

Một phương pháp khác để ghép nối hai chi tiết kim loại (vật liệu nền) là phương pháp tạo liên kết bằng cách khuếch tán pha lỏng tạm thời (transient liquid phase diffusion bonding: TLP bonding), trong đó sự khuếch tán xảy ra khi nguyên tố làm giảm điểm nóng chảy di chuyển từ lớp xen giữa vào các vùng ranh giới hạt và mạng lưới của các chi tiết kim loại ở nhiệt độ liên kết. Sau đó, quá trình khuếch tán ở trạng thái rắn sẽ dẫn tới sự thay đổi thành phần ở mặt phân cách của liên kết và lớp xen giữa không cùng dạng nóng chảy ở nhiệt độ thấp hơn vật liệu nền. Do đó, một lớp chất lỏng mỏng chảy lan theo mặt phân cách để tạo ra mối nối ở nhiệt độ thấp hơn điểm nóng chảy của một trong số các chi tiết kim loại này. Sự giảm nhiệt độ liên kết dẫn đến sự hóa rắn kim loại nóng chảy, và sau đó pha này có thể được khuếch tán vào các chi tiết kim loại khi duy trì ở nhiệt độ liên kết này trong một khoảng thời gian.

Các phương pháp ghép nối như hàn vảy mềm, hàn vảy cứng và tạo liên kết TLP đã ghép nối thành công các chi tiết kim loại. Tuy nhiên, phương pháp hàn vảy mềm có nhược điểm là có thể rất tốn kém hoặc thậm chí không thể tạo ra một số lượng lớn mối nối khi khó tiếp cận chúng. Phương pháp hàn vảy cứng cũng có nhược điểm, ví dụ, đôi khi khó sử dụng đúng hoặc thậm chí là khó xác định chất hàn thích hợp nhất. Phương pháp tạo liên kết TLP là có lợi khi ghép nối các vật liệu khác nhau nhưng cũng có nhược điểm. Ví dụ, thường khó tìm được lớp xen giữa thích hợp và phương pháp này không thực sự thích hợp để tạo ra mối nối khi các khe hở lớn cần được hàn hoặc khi cần tạo ra mối nối tương đối lớn.

Do đó, nhiều yếu tố có liên quan khi chọn phương pháp ghép nối nhất định. Các yếu tố cũng mang tính quyết định là chi phí hàn, năng suất, độ an toàn, tốc độ hàn và đặc tính của môi nối để ghép nối các chi tiết kim loại cũng như các đặc tính của chính các chi tiết kim loại sau khi ghép nối. Ngay cả khi các phương pháp nêu trên có các ưu điểm riêng, vẫn cần phương pháp ghép nối để sử dụng bổ sung cho các phương pháp hiện nay, cụ thể là khi tính đến các yếu tố như chi phí, năng suất, độ an toàn và tốc độ ghép nối.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là cải tiến các kỹ thuật và giải pháp đã biết nêu trên. Cụ thể, mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được nối cố định theo cách đơn giản và đáng tin cậy trong khi vẫn tạo ra môi nối chắc chắn giữa các tấm của thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm này.

Để đạt được các mục đích này, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được ghép nối cố định bao gồm nhiều tấm trao đổi nhiệt bằng kim loại có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C. Các tấm này được bố trí cạnh nhau và tạo thành khối tấm với các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất để chứa môi chất thứ nhất và các khoảng trống ở giữa tấm thứ hai để chứa môi chất thứ hai, trong đó các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất và thứ hai được bố trí theo thứ tự xen kẽ trong khối tấm. Mỗi tấm trao đổi nhiệt có vùng truyền nhiệt và vùng rìa có các mép cong bao quanh vùng truyền nhiệt này. Mặt thứ nhất của các tấm có dạng lõm và mặt thứ hai của các tấm có dạng lồi và vùng truyền nhiệt bao gồm vùng lượn sóng có phần lõm và phần lồi. Vùng lượn sóng của các tấm và các mép cong được tạo ra bằng cách dập các tấm này. Phương pháp theo sáng chế bao gồm các bước:

- phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy lên trên ít nhất một phần mặt lõm thứ nhất của tấm thứ nhất, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy này bao gồm:

- thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng để làm giảm nhiệt độ nóng chảy của tấm thứ nhất, và
- tùy ý, thành phần gắn kết để tạo điều kiện thuận lợi cho việc phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy trên mặt thứ nhất,

- cho mặt lồi thứ hai của tấm thứ hai tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng

chảy trên mặt lõi thứ nhất của tấm thứ nhất nêu trên bằng cách xếp chồng các tấm này thành khối tấm,

- nung nóng các tấm thứ nhất và thứ hai tới nhiệt độ lớn hơn 1100°C , nhờ đó mặt lõi thứ nhất của tấm thứ nhất nêu trên nóng chảy sao cho lớp bề mặt của tấm thứ nhất nóng chảy và cùng với thành phần làm giảm điểm nóng chảy tạo thành lớp kim loại nóng chảy, lớp này tiếp xúc với tấm thứ hai ở các điểm tiếp xúc giữa tấm thứ nhất và tấm thứ hai, và

- hóa rắn lớp kim loại nóng chảy này để thu được mối nối ở các điểm tiếp xúc giữa các tấm trong khối tấm và các mép cong tạo ra sự lắp chặt giữa các mép cong của các tấm trong khối tấm.

Kim loại của các tấm có thể ở dạng hợp kim của kim loại trên cơ sở sắt, niken và coban, do chúng thường có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C . Các tấm này có thể không là đồng nguyên chất, hợp kim trên cơ sở đồng, nhôm nguyên chất hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm mà không có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C . Kim loại trong các tấm kim loại hoặc thậm chí chính tấm kim loại có thể được gọi là “kim loại nền” hoặc “vật liệu nền”. Ở đây, hợp kim “trên cơ sở sắt” là hợp kim trong đó sắt có tỷ lệ phần trăm trọng lượng cao nhất so với tất cả các nguyên tố trong hợp kim này. Trường hợp tương tự cũng áp dụng đối với hợp kim trên cơ sở niken, coban, crom và nhôm.

Như được nêu trên, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy chứa ít nhất một thành phần là thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Theo cách tùy ý, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy chứa thành phần gắn kết. Tất cả các chất hoặc các thành phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy góp phần làm giảm nhiệt độ nóng chảy của ít nhất tấm thứ nhất được coi là thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Các thành phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy không tham gia vào việc làm giảm nhiệt độ nóng chảy của ít nhất tấm thứ nhất nhưng có tác dụng “kết dính” hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, để hỗn hợp này tạo ra bột nhão, sơn hoặc huyền phù đặc, được coi là thành phần gắn kết. Chắc chắn là thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể bao gồm các thành phần khác, như chất hàn với lượng nhỏ. Tuy nhiên, chất hàn này có thể không chiếm trên 75% trọng lượng của thành phần làm giảm điểm nóng chảy, do ít nhất 25% trọng lượng của thành phần này là bo và silic. Nếu chất hàn được đưa vào hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, nó thường là một phần của thành phần làm giảm điểm nóng chảy.

Ở đây, thuật ngữ “bo và silic” để chỉ tổng lượng bo và silic trong thành phần

làm giảm điểm nóng chảy tính theo tỷ lệ % trọng lượng. Ở đây, tỷ lệ % trọng lượng để chỉ tỷ lệ phần trăm trọng lượng được xác định bằng cách nhân phần khối lượng với 100. Như đã biết, phần khối lượng của một chất trong một thành phần là tỷ lệ nồng độ khối lượng của chất này (tỷ trọng của chất này trong thành phần) với tỷ trọng của thành phần. Ví dụ, lượng bo và silic ít nhất 25% trọng lượng nghĩa là tổng trọng lượng bo và silic ít nhất là 25g trong 100g mẫu thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Rõ ràng là nếu thành phần gắn kết có mặt trong hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy thì tỷ lệ % trọng lượng bo và silic trong hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy có thể nhỏ hơn 25% trọng lượng. Tuy nhiên, bo và silic luôn có mặt với lượng ít nhất 25% trọng lượng trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy như đã nêu, cũng có nghĩa là chất hàn bất kỳ có thể được đưa vào hỗn hợp, tức là chất hàn thường được coi là một phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy.

Thuật ngữ “bo” bao gồm tất cả lượng bo có trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy, bao gồm bo nguyên tố cũng như bo có trong hợp chất chứa bo. Một cách tương ứng, thuật ngữ “silic” bao gồm toàn bộ lượng silic trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy, bao gồm silic nguyên tố cũng như silic có trong hợp chất chứa silic. Do đó, cả bo và silic trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể được thể hiện bằng lượng bo và silic trong các hợp chất bo và silic khác nhau.

Rõ ràng là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy là rất khác với chất hàn vảy cứng thông thường do chúng có lượng chất hàn cao hơn nhiều so với các chất làm giảm điểm nóng chảy như bo và silic. Nói chung, chất hàn vảy cứng chứa bo và silic với lượng nhỏ hơn 18% trọng lượng.

Phương pháp này có lợi ở chỗ lượng chất hàn có thể giảm đi hoặc thậm chí không cần sử dụng chất hàn và có thể áp dụng được cho các tấm kim loại được làm bằng các vật liệu khác nhau. Chắc chắn là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy cũng có thể được phủ trên tấm kim loại thứ hai.

Bo có thể có nguồn gốc từ nguồn bất kỳ trong số bo nguyên tố và bo có trong hợp chất chứa bo được chọn từ ít nhất hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau: bo cacbua, silic borua, niken borua và sắt borua. Silic có thể có nguồn gốc từ nguồn bất kỳ trong số silic nguyên tố và silic có trong hợp chất chứa silic được chọn từ ít nhất hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau: silic cacbua, silic borua và ferosilic.

Thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể chứa bo và silic với lượng ít nhất

40% trọng lượng, hoặc thậm chí có thể chứa bo và silic với lượng ít nhất 85% trọng lượng. Điều này có nghĩa là nếu chất hàn bất kỳ có mặt thì nó có mặt với lượng nhỏ hơn 60% trọng lượng, hoặc thậm chí nhỏ hơn 15% trọng lượng. Thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể còn chứa bo và silic với lượng ít nhất 95% trọng lượng.

Bo có thể chiếm ít nhất 10% trọng lượng theo hàm lượng bo và silic có trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Điều này có nghĩa là, nếu thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng, thì thành phần làm giảm điểm nóng chảy này chứa bo với lượng ít nhất 2,5% trọng lượng. Silic có thể chiếm ít nhất 55% trọng lượng theo hàm lượng bo và silic có trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy.

Thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể chứa các nguyên tố kim loại với lượng nhỏ hơn 50% trọng lượng, hoặc nhỏ hơn 10% trọng lượng. Các nguyên tố kim loại này tương ứng với “chất hàn” được đề cập trên đây. Lượng nhỏ này của các nguyên tố kim loại hoặc chất hàn để phân biệt rõ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy với hỗn hợp hàn vảy cứng đã biết do chúng chứa các nguyên tố kim loại với lượng ít nhất 60% trọng lượng. Ở đây, “các nguyên tố kim loại” bao gồm tất cả các kim loại chuyển tiếp, là các nguyên tố trong khối d của bảng tuần hoàn, bao gồm các nhóm 3 đến 12 của bảng tuần hoàn. Điều này có nghĩa là sắt (Fe), niken (Ni), coban (Co), crom (Cr) và molybden (Mo) là “các nguyên tố kim loại”. Các nguyên tố không là “các nguyên tố kim loại” là các khí trơ, halogen và các nguyên tố sau: bo (B), cacbon (C), silic (Si), nitơ (N), phospho (P), arsen (As), oxy (O), lưu huỳnh (S), selen (Se) và telur (Te). Cần lưu ý rằng, nếu bo có nguồn gốc từ hợp chất niken borua, thì phần niken của hợp chất này là nguyên tố kim loại mà theo một phương án, lượng của nó cần nhỏ hơn 50% trọng lượng so với lượng các nguyên tố kim loại và theo một phương án khác, lượng này nhỏ hơn 10% trọng lượng.

Các tấm có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 0,3mm đến 0,6mm và bước phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy sau đó có thể là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ $0,02\text{mg/mm}^2$ đến $0,12\text{mg/mm}^2$ trên bề mặt của chi tiết kim loại thứ nhất. Việc phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ $0,02\text{mg/mm}^2$ đến $0,12\text{mg/mm}^2$ trên bề mặt của tấm thứ nhất bao gồm cả việc phủ gián tiếp bất kỳ, ví dụ qua tấm thứ hai, chẳng hạn, bo và silic được chuyển từ tấm thứ hai đến tấm thứ nhất. Do đó, bo và silic được đề cập ở đây không nhất thiết phải được phủ

trực tiếp trên chi tiết kim loại thứ nhất, miễn là quá trình này vẫn góp phần làm nóng chảy lớp bề mặt của tấm thứ nhất.

Tấm thứ nhất có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 0,6mm đến 1,0mm và bước phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy sau đó có thể là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ $0,02\text{mg/mm}^2$ đến $1,0\text{mg/mm}^2$ trên bề mặt của tấm thứ nhất. Như được nêu trên, việc phủ này cũng bao gồm "việc phủ" gián tiếp qua tấm thứ hai.

Tấm thứ nhất có thể có độ dày lớn hơn 1,0mm và bước phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy sau đó có thể là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ $0,02\text{mg/mm}^2$ đến $5,0\text{mg/mm}^2$ trên bề mặt của tấm thứ nhất.

Việc phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy có thể được thực hiện trước khi dập các tấm. Việc phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy có thể được thực hiện theo cách khác sau khi dập các tấm.

Việc phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy cũng có thể được thực hiện sau khi xếp chồng các tấm thành khối tấm bằng cách phun xối huyền phù chứa hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy qua khối tấm.

Việc phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy có thể được thực hiện bằng cách in lưới hoặc bằng cách phun tia vào cuộn kim loại mà sau đó cuộn này được cắt thành các tấm.

Mặt thứ nhất có thể có diện tích lớn hơn diện tích được xác định bằng điểm tiếp xúc trên mặt thứ nhất này, sao cho kim loại trong lớp kim loại đã nóng chảy chảy tới điểm tiếp xúc khi mối nối được tạo ra. Sự chảy này thường do tác dụng mao dẫn gây ra.

Diện tích bề mặt có thể lớn hơn ít nhất 10 lần diện tích được xác định bằng điểm tiếp xúc. Diện tích bề mặt thậm chí còn lớn hơn (hoặc điểm tiếp xúc nhỏ hơn đáng kể), như lớn hơn ít nhất 20 hoặc 30 lần so với diện tích được xác định bằng điểm tiếp xúc. Diện tích bề mặt để chỉ diện tích bề mặt mà kim loại nóng chảy chảy từ đó để tạo ra mối nối.

Diện tích bề mặt có thể lớn hơn ít nhất 3 lần so với diện tích mặt cắt ngang của mối nối. Diện tích bề mặt có thể thậm chí còn lớn hơn (hoặc diện tích mặt cắt ngang của mối nối nhỏ hơn đáng kể) như lớn hơn ít nhất 6 hoặc 10 lần so với diện tích được xác định bằng điểm tiếp xúc. Diện tích mặt cắt ngang của mối nối có thể được xác

định là diện tích mặt cắt ngang mà mỗi nối đi qua mặt phẳng song song với bề mặt chứa điểm tiếp xúc, ở vị trí mà mỗi nối có chiều rộng nhỏ nhất (diện tích mặt cắt ngang).

Mỗi nối có thể chứa ít nhất 50% trọng lượng hoặc ít nhất 85% trọng lượng hoặc thậm chí 100% trọng lượng kim loại (nguyên tố kim loại) mà trước khi nung nóng là một phần của chi tiết bất kỳ trong số chi tiết kim loại thứ nhất và chi tiết kim loại thứ hai. Điều này được thực hiện bằng cách để kim loại của các chi tiết kim loại chảy tới điểm tiếp xúc và tạo ra mỗi nối. Mỗi nối được tạo ra theo cách này là rất khác với các mối nối được tạo ra bằng cách hàn vảy cứng, do các mối nối này thường chứa ít nhất 90% trọng lượng kim loại mà trước khi hàn vảy cứng, là một phần chất hàn của chất hàn vảy cứng được sử dụng để tạo ra mỗi nối.

Các tấm có thể có thành phần nguyên tố bất kỳ trong số các thành phần sau:

- i) Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng <13% trọng lượng, Mo với lượng <1% trọng lượng, Ni với lượng <1% trọng lượng và Mn với lượng <3% trọng lượng;
- ii) Fe với lượng >90% trọng lượng;
- iii) Fe với lượng >65% trọng lượng và Cr với lượng >13% trọng lượng;
- iv) Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng >15,5% trọng lượng và Ni với lượng >6% trọng lượng;
- v) Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng >15,5% trọng lượng, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 10% trọng lượng và Ni với lượng >8% trọng lượng;
- vi) Ni với lượng >97% trọng lượng;
- vii) Cr với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >60% trọng lượng;
- viii) Cr với lượng >15% trọng lượng, Mo với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >50% trọng lượng;
- ix) Co với lượng >70% trọng lượng; và
- x) Fe với lượng >10% trọng lượng, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 30% trọng lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 30% trọng lượng và Co với lượng >50% trọng lượng.

Điều này có nghĩa là tấm thứ nhất cũng như tấm thứ hai có thể được làm bằng

nhiều hợp kim khác nhau. Rõ ràng là các kim loại hoặc nguyên tố khác chiếm lượng còn lại trong các ví dụ nêu trên, như thông thường trong lĩnh vực này.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm có các tấm trao đổi nhiệt bằng kim loại có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C . Các tấm này được bố trí cạnh nhau và tạo thành khối tấm với các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất để chứa môi chất thứ nhất và các khoảng trống ở giữa tấm thứ hai để chứa môi chất thứ hai, trong đó các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất và thứ hai được bố trí theo thứ tự xen kẽ trong khối tấm. Mỗi tấm trao đổi nhiệt có vùng truyền nhiệt và vùng rìa có các mép cong bao quanh vùng truyền nhiệt này. Mặt thứ nhất của các tấm có dạng lồi và mặt thứ hai của các tấm có dạng lõm và vùng truyền nhiệt bao gồm vùng lượn sóng có phần lồi và phần lõm. Vùng lượn sóng của các tấm nêu trên và mép cong được tạo ra bằng cách dập các tấm này. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được sản xuất theo phương pháp nêu trên hoặc theo phương án bất kỳ trong số các phương án của nó.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm có tấm thứ nhất được ghép nối với tấm thứ hai bằng mối nối, các tấm này có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C , trong đó mối nối này chứa ít nhất 50% trọng lượng các nguyên tố kim loại được lấy từ vùng (A1) bao quanh mối nối và là một phần của tấm bất kỳ trong số tấm thứ nhất và tấm thứ hai.

Các mục đích, dấu hiệu, khía cạnh và ưu điểm khác nhau của phương pháp, sản phẩm và hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy nêu trên sẽ là rõ ràng từ phần mô tả chi tiết sáng chế dưới đây cũng như từ các hình vẽ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các phương án thực hiện sáng chế sẽ được mô tả bằng cách ví dụ có dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là hình chiếu cạnh của thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm theo giải pháp đã biết.

Fig.2 là hình chiếu bằng của thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm theo Fig.1.

Fig.3 là hình vẽ mặt cắt ngang của thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm theo Fig.1.

Fig.4 là sơ đồ công nghệ thể hiện phương pháp ghép nối các tấm trong thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm theo phương pháp của sáng chế.

Fig.5 thể hiện tấm đã được dập được sử dụng trong các ví dụ mô tả cách có thể

ghép nối hai chi tiết kim loại.

Fig.6 là ảnh chụp mặt cắt ngang của mối nối giữa tấm được thể hiện trên Fig.5 và tấm phẳng.

Fig.7 thể hiện đồ thị trong đó chiều rộng mối nối được vẽ đồ thị theo hàm số của lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy đã được phủ ($\text{g}/3500\text{mm}^2$), bao gồm các đường xu hướng.

Fig.8 thể hiện đồ thị khác trong đó diện tích điền đầy của mối nối được tính dựa trên chiều rộng được vẽ đồ thị theo hàm số của lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy đã được phủ ($\text{g}/3500\text{mm}^2$), bao gồm các đường xu hướng.

Fig.9 thể hiện đồ thị khác trong đó tỷ lệ % mẫu được thử nghiệm kéo trong đó mối nối chắc hơn hoặc chắc bằng tấm vật liệu được vẽ đồ thị theo hàm số của lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy đã được phủ ($\text{g}/3500\text{mm}^2$), bao gồm các đường xu hướng, và

Fig.10 thể hiện ảnh chụp các mẫu thử nghiệm khác được ghép nối.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được bộc lộ dựa vào các hình vẽ kèm theo, xem Fig.1, Fig.2 và Fig.3 tương ứng. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm 1 có các tấm trao đổi nhiệt 2 được bố trí cạnh nhau để tạo thành khối tấm 3 với các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất 4 để chứa môi chất thứ nhất và các khoảng trống ở giữa tấm thứ hai 5 để chứa môi chất thứ hai. Các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất 4 và khoảng trống ở giữa tấm thứ hai 5 được bố trí theo thứ tự xen kẽ trong khối tấm 3, tức là cứ mỗi khoảng trống ở giữa tấm thứ hai 5 lại đến khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất 4 và cứ mỗi khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất 4 lại đến khoảng trống ở giữa tấm thứ hai 5, xem Fig.3.

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm 1 được bộc lộ trên các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.3 có các tấm trao đổi nhiệt 2 được nối cố định với nhau. Hai tấm trao đổi nhiệt ngoài cùng có thể tạo thành các tấm đầu hoặc được thay bằng các tấm đầu.

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm 1 còn có các rãnh nạp và rãnh xả 6-9, được bố trí để vận chuyển môi chất thứ nhất đi vào khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất 4 và đi ra khỏi khoảng trống này, và để vận chuyển môi chất thứ hai đi vào khoảng trống ở giữa tấm thứ hai 5 và đi ra khỏi khoảng trống này. Mỗi tấm trao đổi nhiệt 2 mở rộng mặt phẳng mở rộng chính p, và bao gồm vùng truyền nhiệt 10 và vùng rìa 11 bao quanh

vùng truyền nhiệt 10 này. Mỗi tấm trao đổi nhiệt 1 còn có hai vùng cửa vào 12 và 13, được bố trí lần lượt ở đầu thứ nhất 1A của tấm trao đổi nhiệt 1 và ở đầu thứ hai 1B của tấm trao đổi nhiệt 1. Các vùng cửa vào 12 và 13 được bố trí trong vùng rìa 11, và cụ thể hơn là ở giữa vùng rìa 11 và vùng truyền nhiệt 10. Mỗi vùng cửa vào 12, 13 có ít nhất hai cửa vào 14 được bố trí thẳng hàng với các rãnh nạp và rãnh xả 6-9 tương ứng. Mỗi tấm trao đổi nhiệt 1 còn bao gồm gờ ngoài bao quanh hoặc mép cong 15. Mép cong hoặc gờ 15 được bố trí bên ngoài hoặc tạo ra phần ngoài của vùng rìa 11. Cần lưu ý rằng các tấm trao đổi nhiệt 2 cũng có thể có mép cong bên ngoài 15 kéo dài dọc theo phần ngoài rìa của tấm trao đổi nhiệt 1. Do đó, mỗi tấm 2 có mặt thứ nhất 16 có dạng lồi và mặt thứ hai 17 có dạng lõm.

Vùng truyền nhiệt 10 bao gồm vùng lượn sóng có phần lồi 18 và phần lõm 19. Các phần lồi và lõm này có thể được tạo ra dưới dạng gờ và rãnh hoặc vết lõm.

Các tấm 2 có thể được làm bằng hợp kim kim loại trên cơ sở sắt, niken và coban, do chúng thường có nhiệt độ pha rắn cao hơn 1100°C. Các tấm này có thể không được làm bằng đồng nguyên chất, nhôm nguyên chất hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, chúng không có nhiệt độ pha rắn cao hơn 1100°C. Ví dụ, các tấm này có thể thường được làm bằng hợp kim trên cơ sở sắt, niken và coban.

Kim loại trong các tấm 2 hoặc thậm chí chính các tấm 2 có thể được gọi là “kim loại nền” hoặc “vật liệu nền”. Ở đây, “hợp kim trên cơ sở sắt” là hợp kim trong đó sắt có tỷ lệ phần trăm trọng lượng cao nhất so với tất cả các nguyên tố trong hợp kim này. Trường hợp tương tự cũng áp dụng đối với hợp kim trên cơ sở niken, đồng, coban, crom và nhôm chẳng hạn.

Theo Fig.4, sơ đồ công nghệ của phương pháp ghép nối các tấm 2 của thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm 1 được minh họa. Các tấm 2 có thể được làm bằng các vật liệu khác nhau như đã mô tả trên đây.

Trong bước thứ nhất 201, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 được phủ trên ít nhất một phần mặt lồi thứ nhất 16 của các tấm. Hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 này có thể chỉ được phủ trên một phần của mặt lồi 16 hoặc trên gần như toàn bộ mặt lồi 16. Theo một phương án khác, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 cũng có thể được phủ trên mặt lõm thứ hai 17 của các tấm 2 sau đó nhưng với lượng nhỏ hơn lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy đã phủ lên mặt lồi thứ nhất 16.

Chính việc phủ này có thể được thực hiện bằng các kỹ thuật thông thường, ví

dụ, bằng cách phun, in lưới, phủ bằng con lăn hoặc sơn trong trường hợp hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy chứa thành phần gắn kết, bằng phương pháp PVD hoặc CVD hoặc chỉ phủ chất làm giảm điểm nóng chảy trong trường hợp không sử dụng thành phần gắn kết.

Hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 chứa ít nhất một thành phần là thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Theo cách tùy ý, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy chứa thành phần gắn kết. Tất cả các chất hoặc thành phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy góp phần làm giảm nhiệt độ nóng chảy của ít nhất chi tiết kim loại thứ nhất được coi là thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Các thành phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy không tham gia vào việc làm giảm nhiệt độ nóng chảy của ít nhất chi tiết kim loại thứ nhất mà có tác dụng “kết dính” hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, để hỗn hợp này tạo ra bột nhão, sơn hoặc huyền phù đặc, được coi là thành phần gắn kết. Chắc chắn là thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể bao gồm các thành phần khác, như chất hàn với lượng nhỏ. Tuy nhiên, các chất hàn này không thể chiếm trên 75% trọng lượng của thành phần làm giảm điểm nóng chảy, do ít nhất 25% trọng lượng của thành phần này là bo và silic. Nếu chất hàn được đưa vào hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, nó thường là một phần của thành phần làm giảm điểm nóng chảy.

Ở đây, "bo và silic" để chỉ tổng lượng bo và silic trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy tính theo tỷ lệ % trọng lượng. Ở đây, tỷ lệ % trọng lượng để chỉ tỷ lệ phần trăm trọng lượng xác định được bằng cách nhân phần khối lượng với 100. Như đã biết, phần khối lượng của một chất trong một thành phần là tỷ lệ nồng độ khối lượng của chất này (tỷ trọng của chất này trong thành phần đã nêu) với tỷ trọng của thành phần đã nêu. Ví dụ, lượng bo và silic ít nhất 25% trọng lượng để chỉ tổng trọng lượng bo và silic ít nhất là 25g trong 100g mẫu thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Rõ ràng là nếu thành phần gắn kết có mặt trong hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, thì tỷ lệ % trọng lượng bo và silic trong hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy có thể nhỏ hơn 25% trọng lượng. Tuy nhiên, bo và silic luôn có mặt trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy với lượng ít nhất 25% trọng lượng, như đã nêu, thành phần này cũng bao gồm chất hàn bất kỳ có thể có mặt, tức là chất hàn thường được coi là một phần của thành phần làm giảm điểm nóng chảy.

Thuật ngữ “bo” bao gồm toàn bộ lượng bo trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy, bao gồm bo nguyên tố cũng như bo trong hợp chất chứa bo. Một cách

tương ứng, thuật ngữ “silic” bao gồm toàn bộ lượng silic trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy, bao gồm silic nguyên tố cũng như silic trong hợp chất chứa silic. Do đó, trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy, cả lượng bo và silic có thể được thể hiện bằng lượng bo và silic trong các hợp chất chứa bo và silic khác nhau.

Rõ ràng là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy là rất khác với chất hàn vảy cứng thông thường do chúng có lượng chất hàn cao hơn nhiều so với chất làm giảm điểm nóng chảy như bo và silic. Nói chung, chất hàn vảy cứng có lượng bo và silic nhỏ hơn 18% trọng lượng.

Phương pháp theo sáng chế có lợi ở chỗ lượng chất hàn có thể được giảm đi hoặc thậm chí không cần sử dụng chất hàn và phương pháp này có thể được áp dụng cho các chi tiết kim loại được làm bằng các vật liệu khác nhau. Phương pháp này cũng có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau, ví dụ để ghép nối các tấm truyền nhiệt hoặc vật kim loại thích hợp bất kỳ mà nếu không sẽ được ghép nối bằng phương pháp hàn vảy mềm hoặc hàn vảy cứng thông thường.

Theo một phương án khác của sáng chế, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 được phủ trên cuộn kim loại mà sau đó cuộn này được cắt thành các tấm 2.

Trong bước tiếp theo 202, mặt lõm thứ hai 17 của tấm thứ hai 22 được cho tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 ở các điểm tiếp xúc 23 trên mặt lõm thứ nhất 16 của tấm thứ nhất 21. Bằng cách xếp chồng các tấm thứ nhất và thứ hai, khối tấm 3 được tạo ra. Điều này có thể được thực hiện bằng tay hoặc thực hiện tự động bằng cách sử dụng các hệ thống sản xuất tự động thông thường. Chắc chắn là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 cũng có thể được phủ lên mặt lõm thứ hai 17 của các tấm thứ hai 22.

Bo có thể có nguồn gốc từ nguồn bất kỳ trong số bo nguyên tố và bo có trong hợp chất chứa bo được chọn từ ít nhất hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau: bo cacbua, silic borua, niken borua và sắt borua. Silic có thể có nguồn gốc từ nguồn bất kỳ trong số silic nguyên tố và silic có trong hợp chất chứa silic được chọn từ ít nhất hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau: silic cacbua, silic borua và ferosilic.

Thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể chứa bo và silic với lượng ít nhất 40% trọng lượng, hoặc thậm chí có thể chứa bo và silic với lượng ít nhất 85% trọng lượng. Điều này có nghĩa là nếu chất hàn bất kỳ có mặt thì nó có mặt với lượng nhỏ hơn 60% trọng lượng, hoặc nhỏ hơn 15% trọng lượng tương ứng. Thành phần làm

giảm điểm nóng chảy thậm chí có thể chứa bo và silic với lượng ít nhất 95% trọng lượng.

Bo có thể chiếm ít nhất 10% trọng lượng của hàm lượng bo và silic trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy. Điều này có nghĩa là, nếu thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng thì thành phần làm giảm điểm nóng chảy này chứa bo với lượng ít nhất 2,5% trọng lượng. Silic có thể chiếm ít nhất 55% trọng lượng của hàm lượng bo và silic trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy.

Thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể chứa các nguyên tố kim loại với lượng nhỏ hơn 50% trọng lượng, hoặc nhỏ hơn 10% trọng lượng. Các nguyên tố kim loại này tương ứng với “chất hàn” được bàn luận trên đây. Lượng nhỏ này của các nguyên tố kim loại hoặc chất hàn để phân biệt hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 với các hỗn hợp hàn vảy cứng đã biết do chúng chứa các nguyên tố kim loại với lượng ít nhất 60% trọng lượng. Ở đây, “các nguyên tố kim loại” bao gồm tất cả các kim loại chuyển tiếp, là các nguyên tố trong khối d của bảng tuần hoàn, bao gồm các nhóm 3 đến 12 của bảng tuần hoàn. Điều này có nghĩa là sắt (Fe), niken (Ni), coban (Co), crom (Cr) và molybden (Mo) là “các nguyên tố kim loại”. Các nguyên tố không là “các nguyên tố kim loại” là khí trơ, halogen và các nguyên tố sau: bo (B), cacbon (C), silic (Si), nitơ (N), phospho (P), arsen (As), oxy (O), lưu huỳnh (S), selen (Se) và telur (Tu). Cần lưu ý rằng, nếu bo có nguồn gốc từ hợp chất niken borua, thì niken của hợp chất này là nguyên tố kim loại mà theo một phương án, lượng của nó có cần nhỏ hơn 50% trọng lượng so với lượng các nguyên tố kim loại và theo một phương án khác, lượng này nhỏ hơn 10% trọng lượng.

Các tấm 2 có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,6mm và bước phủ 201 để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 sau đó có thể là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,12mg/mm² trên mặt lồi thứ nhất 16 của tấm thứ nhất 21. Bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,12mg/mm² trên bề mặt của mặt lồi thứ nhất 16 bao gồm cả việc phủ gián tiếp bất kỳ, ví dụ, qua mặt lõm thứ hai 17, chẳng hạn, bo và silic được chuyển từ tấm thứ hai 22 đến tấm thứ nhất 21. Do đó, bo và silic được đề cập ở đây không nhất thiết phải được phủ trực tiếp trên tấm thứ nhất 21, miễn là quá trình này vẫn góp phần làm nóng chảy lớp bề mặt của mặt lồi thứ nhất 16 của tấm thứ nhất 21.

Các tấm 2 có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0mm và bước phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 sau đó có thể là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02 đến 1,0mg/mm² trên bề mặt của các tấm 2 này.

Các tấm 2 có thể có độ dày lớn hơn 1,0mm và bước phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy sau đó có thể là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02 đến 5,0mg/mm² trên bề mặt của các tấm 2 này.

Hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy có thể được phủ trên bề mặt có diện tích lớn hơn diện tích được xác định bằng các điểm tiếp xúc 23, sao cho kim loại trong lớp kim loại đã nóng chảy sẽ chảy tới điểm tiếp xúc khi mỗi nối được tạo ra. Sự chảy này thường do tác dụng mao dẫn gây ra.

Diện tích bề mặt có thành phần làm giảm điểm nóng chảy có thể lớn hơn ít nhất 10 lần so với diện tích được xác định bằng các điểm tiếp xúc 23. Diện tích bề mặt này có thể còn lớn hơn (hoặc điểm tiếp xúc nhỏ hơn đáng kể), như lớn hơn ít nhất 20 hoặc 30 lần so với diện tích được xác định bằng điểm tiếp xúc. Diện tích bề mặt để chỉ diện tích bề mặt mà kim loại đã nóng chảy chảy từ đó để tạo ra mỗi nối. Chắc chắn là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy có thể được phủ trên toàn bộ mặt lõi thứ nhất 16 của tấm thứ nhất 21.

Diện tích bề mặt nêu trên có thể lớn hơn ít nhất 3 lần so với diện tích mặt cắt ngang của mỗi nối. Thậm chí diện tích bề mặt có thể lớn hơn (hoặc diện tích mặt cắt ngang của mỗi nối nhỏ hơn đáng kể), như lớn hơn ít nhất 6 hoặc 10 lần so với diện tích được xác định bằng điểm tiếp xúc. Diện tích mặt cắt ngang của mỗi nối có thể được xác định là diện tích mặt cắt ngang mà mỗi nối này đi qua mặt phẳng song song với bề mặt có điểm tiếp xúc, ở vị trí mà mỗi nối có chiều rộng (diện tích mặt cắt ngang) nhỏ nhất.

Các mối nối có thể chứa ít nhất 50% trọng lượng hoặc ít nhất 85% trọng lượng hoặc thậm chí 100% trọng lượng kim loại (nguyên tố kim loại) mà trước khi nung nóng là một phần của tấm 2 bất kỳ. Điều này được thực hiện bằng cách cho kim loại của các tấm này chảy tới các điểm tiếp xúc 23 và tạo ra mỗi nối. Mỗi nối được tạo ra theo cách này là rất khác với mỗi nối được tạo ra bằng cách hàn vảy cứng, do các mối nối này thường chứa ít nhất 90% trọng lượng kim loại mà trước khi hàn vảy cứng là một phần của chất hàn trong chất hàn vảy cứng được sử dụng để tạo ra mỗi nối.

Các tấm thứ nhất 2 có thể có thành phần nguyên tố bất kỳ trong số các thành

phần sau:

i) Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng <13% trọng lượng, Mo với lượng <1% trọng lượng, Ni với lượng <1% trọng lượng và Mn với lượng <3% trọng lượng;

ii) Fe với lượng >90% trọng lượng;

iii) Fe với lượng >65% trọng lượng và Cr với lượng >13% trọng lượng;

iv) Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng >15,5% trọng lượng và Ni với lượng >6% trọng lượng;

v) Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng >15,5% trọng lượng, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 1 đến 10% trọng lượng và Ni với lượng >8% trọng lượng;

vi) Ni với lượng >97% trọng lượng;

vii) Cr với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >60% trọng lượng;

viii) Cr với lượng >15% trọng lượng, Mo với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >50% trọng lượng;

ix) Co với lượng >70% trọng lượng; và

x) Fe với lượng >10% trọng lượng, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 30% trọng lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 30% trọng lượng và Co với lượng >50% trọng lượng.

Điều nêu trên có nghĩa là các tấm 2 có thể được làm bằng nhiều hợp kim khác nhau. Rõ ràng là trong các ví dụ nêu trên, các kim loại hoặc các nguyên tố khác chiếm lượng còn lại như thông thường trong ngành này.

Trong bước tiếp theo 203, khối tấm 3 được nung nóng tới nhiệt độ cao hơn 1100°C. Nhiệt độ chính xác có thể được tìm ra trong các ví dụ sau đây. Trong bước nung nóng, mặt lõm thứ nhất 16 của tấm thứ nhất 21 nóng chảy và tạo ra lớp bề mặt 24 và cùng với thành phần làm giảm điểm nóng chảy, tạo ra lớp kim loại nóng chảy 25 tiếp xúc với mặt lõm thứ hai 17 của tấm thứ hai 22 ở các điểm tiếp xúc 23 giữa tấm thứ nhất 21 và tấm thứ hai 22. Khi điều này xảy ra, kim loại của lớp kim loại đã nóng chảy sẽ chảy về phía điểm tiếp xúc 23.

Trong bước cuối 204, lớp kim loại đã nóng chảy 25 được để hóa rắn để thu được mối nối 26 ở các điểm tiếp xúc 23 giữa các tấm trong khối tấm 3 và các mép cong 15 tạo ra sự lấp chặt giữa các mép cong 15 của tấm 2 trong khối tấm 3 nghĩa là

kim loại đã chảy tới các điểm tiếp xúc 23 sẽ hóa rắn. Trong bước phủ 201, khi hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 chỉ được phủ trên mặt lõi 16 của các tấm 2, đã bất ngờ phát hiện được rằng sự thay đổi hình dạng của các tấm 2 diễn ra làm cho dạng lõi của các tấm 2 này trở nên lõi đều đơn, nghĩa là các mép cong 15 tạo ra sự lắp rất chặt và kín với nhau trong khối tấm 3, khối này trở nên kín hơn so với trường hợp sử dụng công nghệ hàn vảy cứng đã biết. Trên thực tế, khối này cũng kín hơn so với khoảng cách ban đầu giữa các mép cong 15. Để so sánh, nếu chỉ phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 20 trên mặt lõm 17, khe hở giữa các mép cong 15 sẽ tăng lên. Sự thay đổi hình dạng này xảy ra khi hỗn hợp tạo hợp kim với bề mặt, điều này cũng có nghĩa là sẽ có ứng suất nén trên bề mặt do sự tạo hợp kim. Nếu hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy được phủ lên cả mặt lõi 16 và mặt lõm 17, sẽ có ứng suất nén xuất hiện trên cả hai mặt này làm cho ứng suất mỗi của tấm 2 và khối tấm 3 tăng lên.

Quá trình hóa rắn thường bao gồm việc giảm nhiệt độ tới nhiệt độ trong phòng. Tuy nhiên, hiện tượng hóa rắn cũng xảy ra trong các quá trình vật lý phân bố lại các thành phần (bo và silic) trong vùng môi nổi trước khi nhiệt độ giảm đi.

Từ phần mô tả trên đây, đã thấy rằng mặc dù các phương án khác nhau của sáng chế đã được mô tả và thể hiện, sáng chế không chỉ giới hạn ở các phương án này mà còn có thể được thể hiện theo các cách khác trong phạm vi đối tượng được xác định trong các yêu cầu bảo hộ sau đây. Các hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy khác nhau cũng có thể được kết hợp với các kim loại khác nhau của các chi tiết kim loại. Ví dụ, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (hỗn hợp) A3.3 có thể được kết hợp với các chi tiết kim loại làm bằng thép loại 316.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm và ví dụ được đưa ra để mô tả các vật liệu thích hợp dùng làm tấm trao đổi nhiệt, thành phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 23, lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy cần sử dụng, nhiệt độ nung nóng thích hợp, thời gian nung nóng v.v.. Do đó, kết quả của các thử nghiệm và ví dụ này được sử dụng cho các đối tượng đã mô tả trên đây như tấm thứ nhất, tấm thứ hai, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, điểm tiếp xúc, mối nối, v.v., tức là tất cả các đối tượng đã mô tả trên đây có thể có các đặc điểm liên quan tương ứng đã được mô tả cùng với các ví dụ và thử nghiệm dưới đây. Trong phần sau đây, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy được gọi là

“hỗn hợp”. Tấm kim loại có thể được gọi là “kim loại nền”.

Fig.5 thể hiện tấm 150 được sử dụng để minh họa cách có thể ghép nối hai chi tiết kim loại. Tấm 150 là tấm dập hình tròn, có đường kính 42mm, độ dày 0,4mm và được làm bằng thép không gỉ loại 316L (loại thép SAE). Tấm dập 150 có hai gờ được dập chữ v và h, mỗi gờ có chiều dài khoảng 20mm. v là ký hiệu viết tắt của gờ trái và h là ký hiệu viết tắt của gờ phải. Ký hiệu “v” và “h” được sử dụng trong các ví dụ 5 và 9 dưới đây.

Fig.6 thể hiện mặt cắt ngang của mối nối giữa tấm 150 thuộc loại được thể hiện trên Fig.5 và tấm phẳng. Mối nối được tạo ra ở điểm tiếp xúc giữa các gờ của tấm 150 và tấm phẳng. Để ước tính lượng kim loại tạo ra mối nối, các phép tính gần đúng và tính toán sau đây được thực hiện.

Thể tích ở tâm mối nối được cho là không đáng kể. Do đó, thể tích kim loại tạo ra của các mối nối trên chiều rộng như chiều rộng B (trong ví dụ này là nhỏ hơn hoặc bằng 1,21mm) được đặt bằng 0. Trên các mặt ngoài của gờ chữ v, cách nhau một khoảng $(X - B)/2$, kim loại được tích tụ. Nếu hỗn hợp (hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy) được phủ trên tấm phẳng, các tấm này được gắn với nhau và các lớp bề mặt đã nung nóng của các tấm này sẽ nóng chảy và kim loại ở dạng nóng chảy được vận chuyển nhờ tác dụng mao dẫn tới vùng mối nối từ các vùng lân cận, do vậy tạo thành thể tích kim loại tạo ra mối nối.

Có thể tính diện tích bằng cách ước lượng rằng hai tam giác được tạo ra trên mỗi phía của phần tâm mối nối. Góc α trong tam giác đo được là bằng 28° . Tổng chiều rộng đo được là X và chiều rộng của phần tâm là B. Do đó, tổng diện tích A của hai tam giác là $A = 2 \cdot (((X - B)/2) \cdot ((X - B)/2) \cdot \tan(\alpha)) / 2$. Khi B bằng 1,21mm, thì $A = 2 \cdot (((X - 1,21)/2) \cdot ((X - 1,21)/2) \cdot \tan(28)) / 2$. Tổng thể tích của hợp kim hàn vảy cứng tạo ra và chảy tới khe hở để tạo ra mối nối sẽ bằng diện tích này nhân với chiều dài của hai gờ chữ v, h. Một số hợp kim hàn vảy cứng tạo ra không chảy tới khe hở và nằm lại trên bề mặt được phủ hỗn hợp.

Fig.7 là đồ thị thể hiện chiều rộng đo được theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ theo các phương án khác nhau ($g/3500mm^2$) cùng với các đường xu hướng. Kết quả của các thử nghiệm này được thể hiện trong bảng 8 và 9 (xem Ví dụ 5 dưới đây) và trên Fig.7. Đường xu hướng thể hiện trên Fig.7 là dựa trên hàm số $Y = K \cdot X + L$, trong đó Y là diện tích, K là độ dốc của đường này, X là lượng hỗn hợp được phủ

và L là hằng số. Kết quả chiều rộng đo được và diện tích gần đúng được thể hiện trên Fig.7. Lượng hỗn hợp được phủ, xem các Bảng 8 và 9, nằm trong khoảng từ 0,06g/3500mm² đến 0,96g/3500mm², tương ứng với 0,017 mg/mm² đến 0,274 mg/mm².

Đường xu hướng $Y = K \cdot X + L$ của hỗn hợp được xác định, trong đó Y là chiều rộng mối nối, K là độ dốc của đường này, X là lượng hỗn hợp được phủ và L là hằng số, xem Fig 7. Do đó, chiều rộng của mối hàn vảy cứng là:

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp A3.3) = 1,554 + 9,922 · (lượng hỗn hợp A3.3 được phủ)

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp B2) = 0,626 + 10,807 · (lượng hỗn hợp B2 được phủ)

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp C1) = 0,537 + 8,342 · (lượng hỗn hợp C1 được phủ)

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp F0) = 0,632 + 7,456 · (lượng hỗn hợp F0 được phủ).

Như đã thấy từ Fig.7, trong số các hỗn hợp A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3 và F0, hỗn hợp A3.3 tạo ra lượng hợp kim hàn vảy cứng cao nhất trong mối nối theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ. Mẫu F0 không tạo ra mối nối đáng kể bất kỳ khi lượng phủ thấp hơn 0,20g/3500mm².

Fig.8 thể hiện đồ thị khác trong đó diện tích điền đầy của mối hàn vảy cứng được tính dựa vào chiều rộng đo được theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ (g/3500mm²) cùng với đường xu hướng. Đường xu hướng $Y = K \cdot X - L$ của hỗn hợp được xác định, trong đó Y là diện tích, K là độ dốc của đường này, X là lượng hỗn hợp được phủ và L là hằng số, xem Fig.8. Đối với Fig.7, diện tích của mối hàn vảy cứng là:

Y (diện tích đối với hỗn hợp A3.3) = 4,361 · (lượng hỗn hợp A3.3 được phủ) - 0,161

Y (diện tích đối với hỗn hợp B2) = 3,372 · (lượng hỗn hợp B2 được phủ) - 0,318

Y (diện tích đối với hỗn hợp C1) = 2,549 · (lượng hỗn hợp C1 được phủ) - 0,321

Y (diện tích đối với hỗn hợp F0) = 0,569 · (lượng hỗn hợp F0 được phủ) -

0,093.

Việc tính gần đúng thể tích tạo ra dựa trên đồ thị được thể hiện trên Fig.8 đối với lượng phủ $0,18\text{g}/3500\text{mm}^2$, trừ mẫu F0 do “không tạo ra” môi hàn vảy cứng và mẫu D0.5 do dữ liệu quá ít, để thu được thể tích hợp kim hàn vảy cứng của các mẫu tạo ra trong mỗi nối giữa các tấm, xem các công thức sau:

$$\text{Thể tích (A3.3)} = 0,63 \cdot \text{chiều dài } 40 (20 \cdot 2) = 25,2\text{mm}^3$$

$$\text{Thể tích (B2)} = 0,30 \cdot \text{chiều dài } 40 (20 \cdot 2) = 12,0\text{mm}^3$$

$$\text{Thể tích (C1)} = 0,12 \cdot \text{chiều dài } 40 (20 \cdot 2) = 4,8\text{mm}^3$$

$$\text{Thể tích (E0.3)} = 0,10 \cdot \text{chiều dài } 40 (20 \cdot 2) = 4,0\text{mm}^3.$$

Fig.9 thể hiện đồ thị khác trong đó tỷ lệ phần trăm (%) là tỷ lệ thành công của thử nghiệm kéo trong đó mỗi nối chắc hơn hoặc chắc bằng tấm vật liệu theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ, tức là số g trên 3500mm^2 . Nếu tấm vật liệu chắc hơn mỗi nối dẫn đến mỗi nối bị bong thì kết quả được đặt bằng 0. Đối với các mẫu mà mỗi nối chắc hơn tấm vật liệu, sự khác nhau về kết quả sẽ không có ý nghĩa thống kê.

Fig.10 thể hiện mẫu ghép nối khác bằng cách tạo mỗi nối nhờ sử dụng hỗn hợp. Ảnh chụp thể hiện mỗi nối tạo ra giữa hai tấm. Mẫu này được lấy từ Ví dụ 10.

Trong các ví dụ sau đây, sáng chế được minh họa chi tiết hơn.

Các thử nghiệm trong các ví dụ này được thực hiện để đánh giá xem silic có thể tạo ra “hợp kim hàn vảy cứng” hay không khi silic này được phủ trên bề mặt của mẫu thử nghiệm kim loại nền (tức là trên chi tiết kim loại). Ngoài ra, bo với lượng khác nhau được bổ sung để làm giảm điểm nóng chảy của hợp kim hàn vảy cứng. Bo cũng được sử dụng để làm thay đổi tính năng thấm ướt của hợp kim hàn vảy cứng. Đặc tính của hỗn hợp thử nghiệm cũng được đánh giá. Trong các ví dụ này, wt% là tỷ lệ phần trăm trọng lượng và atm% là tỷ lệ phần trăm của nguyên tử. Ở đây, “hợp kim hàn vảy cứng” được gọi là hợp kim được tạo ra khi silic và bo làm cho một phần, hoặc một lớp, kim loại nền (chi tiết kim loại) nóng chảy. Do vậy, “hợp kim hàn vảy cứng” là một hỗn hợp và các nguyên tố kim loại có nguồn gốc từ kim loại nền.

Nếu không được nói rõ, các mẫu thử nghiệm kim loại nền của tất cả các thử nghiệm được rửa sạch bằng nước rửa chén và bằng axeton trước khi các mẫu hỗn hợp silic và bo được bổ sung vào mẫu thử nghiệm.

Ví dụ 1

Ví dụ 1 liên quan đến việc điều chế các mẫu hỗn hợp silic và bo để thử nghiệm. Mẫu hỗn hợp số C1 được điều chế bằng cách trộn 118,0g bột silic tinh thể có cỡ hạt lọt qua lưới số 325, 99,5% (tính theo kim loại), mã sản phẩm 7440-21-3 của Alfa Aesar - Johnsons Matthey, với 13,06g bột bo tinh thể có cỡ hạt lọt qua lưới số 325, 98% (tính theo kim loại), mã sản phẩm 7440-42-8 của Alfa Aesar - Johnsons Matthey và 77,0g chất gắn kết Nicorobraz S-30, sản phẩm của Wall Colmonoy trong thiết bị trộn Varimixer BEAR, sản phẩm của Busch & Holm để thu được 208g bột nhão là mẫu C1. Tất cả các mẫu thử nghiệm được điều chế theo quy trình giống như mẫu hỗn hợp C1. Các mẫu này được nêu tóm tắt trong Bảng 2. Hỗn hợp thu được tương ứng với “hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy” đã bàn luận trên đây. Bo và silic trong hỗn hợp tương ứng với “thành phần làm giảm điểm nóng chảy” của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy và chất gắn kết trong hỗn hợp tương ứng với “thành phần gắn kết” của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy.

Mẫu hỗn hợp số	Bo [g]	Silic [g]	Chất gắn kết S-30 [g]	Tổng trọng lượng [g]
F0	0,00	124,7	73,3	198
E0.3	4,30	123,9	72,1	200
D0.5	6,41	121,2	75,0	203
C1	13,06	118,0	77,0	208
B2	24,88	104,5	72,81	202
A3.3	11,46	22,9	19,3	54,0

Bảng 2

Các mẫu G15, H100, I66 và J được điều chế theo cách giống như các mẫu F0, E0.3, D0.5, C1, B2 và A3.3, chỉ khác là chất gắn kết khác được sử dụng. Chất gắn kết là Nicorobraz S-20, sản phẩm của Wall Colmonoy. Các mẫu thử nghiệm này được nêu tóm tắt trong Bảng 3.

Mẫu hỗn hợp số	Bo [g]	Silic [g]	Chất gắn kết S-20 [g]	Tổng trọng lượng [g]
G15	0,37	2,24	3,1	5,7

H100	4,19	0	5,3	9,5
I66	1,80	2,70	5,5	10,0
J	2,03	2,02	5,0	9,0

Bảng 3

Đối với các mẫu hỗn hợp này, tỷ lệ, tỷ lệ phần trăm trọng lượng và tỷ lệ phần trăm nguyên tử được tính toán như thể hiện trong Bảng 4.

Mẫu hỗn hợp số	Tỷ lệ [trọng lượng]		Lượng [tỷ lệ % trọng lượng]		Lượng [tỷ lệ % nguyên tử]	
	Bo	Silic	Bo	Silic	Bo	Silic
F0	0	100	0	100	0	100
E0.3	3	100	3	97	8	92
D0.5	5	100	5	95	12	88
C1	10	100	9	91	21	79
B2	19	100	16	84	33	67
A3.3	33	100	25	75	46	54
G15	17	100	14	86	30	70
H100	100	0	100	0	100	0
I66	66	100	40	60	63	37
J	100	100	50	50	72	28

Bảng 4

Chất gắn kết

Hàm lượng chất gắn kết (polyme và dung môi) trong chất gắn kết S-20 và S-30 được xác định. Tiếp đó, hàm lượng chất “khô” trong gel được thử nghiệm. Các mẫu chất gắn kết S-20 và S-30 được cân và sau đó cho vào lò ở nhiệt độ 98°C trong thời gian 18 giờ. Sau khi các mẫu được lấy ra khỏi lò, chúng được cân lại và kết quả được thể hiện trong Bảng 5.

Chất gắn kết	Trước khi sấy trong lò [g]	Sau khi sấy trong lò [g]	Tỷ lệ polyme [% trọng lượng]
S-20	199,64	2,88	1,44
S-30	108,38	2,68	2,47

Bảng 5

Ví dụ 2

Ví dụ 2 liên quan đến thử nghiệm hàn vảy cứng, tức là thử nghiệm trong đó các mẫu hỗn hợp được phủ trên chi tiết kim loại (chi tiết thử nghiệm hoặc các tấm thử nghiệm). Các chi tiết kim loại có dạng mẫu thử nghiệm hình tròn có đường kính 83mm và độ dày 0,8mm và các chi tiết kim loại này được làm bằng thép không gỉ loại 316L. Hỗn hợp với hai lượng khác nhau được sử dụng: 0,2g và 0,4g. Hỗn hợp được phủ trên chi tiết kim loại. Tất cả các mẫu được hàn vảy cứng trong lò chân không thông thường ở nhiệt độ 1210°C trong thời gian 1 giờ. Thử nghiệm kép được thực hiện. Nghĩa là, hai lượng hỗn hợp, hai mẫu và sáu hỗn hợp khác nhau: $2 \cdot 2 \cdot 6 = 24$ mẫu. Hỗn hợp thử nghiệm là: F0, E0.3, D0.5, C1, B2 và A3.3. Các hỗn hợp này được phủ trên vùng hình tròn của chi tiết kim loại, có đường kính nằm trong khoảng từ 10 đến 14mm, tức là bề mặt phủ có diện tích nằm trong khoảng từ 78 đến 154mm². Điều này tương đương với lượng hỗn hợp được phủ nằm trong khoảng từ 1,3 đến 5,1mg/mm².

Đã quan sát được rằng kim loại của các chi tiết kim loại được làm nóng chảy, tức là hỗn hợp nóng chảy được tạo ra. Cũng đã quan sát được rằng theo một số khía cạnh, hỗn hợp nóng chảy xuất hiện dưới dạng hợp kim hàn vảy cứng chảy được thành dòng. Không xác định kích thước thấm ướt, dường như lượng bo trong hỗn hợp tăng lên dẫn đến khả năng thấm ướt tốt hơn. Tuy nhiên, cũng thấy rằng đối với một số mẫu, toàn bộ chiều dày của chi tiết kim loại nóng chảy nên tạo thành lỗ thủng ở giữa chi tiết kim loại. Đối với “các mẫu 0,2g”, 5 trong số 12 mẫu thử nghiệm có lỗ thủng, và đối với “các mẫu 0,4g”, 10 trong số 12 mẫu có lỗ thủng. Các thử nghiệm khác cho thấy rằng, để tránh tạo ra lỗ thủng, có thể thích hợp là phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,12mg/mm² nếu chi tiết kim loại có độ dày nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,6mm. Nếu chi tiết kim loại có độ dày nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0mm, lượng phủ bo và silic nằm trong khoảng từ 0,02 đến 1,0mg/mm² có thể là thích hợp. Lượng thích hợp hơn nữa có thể được xác định theo kinh nghiệm.

Ví dụ 3

Ví dụ 3 liên quan đến việc phủ hỗn hợp trên bề mặt. Trong Ví dụ này, các tấm thử nghiệm (chi tiết kim loại) được chuẩn bị để thử nghiệm mối hàn, thử nghiệm ăn mòn và thử nghiệm kéo đồng thời. Từ Ví dụ 2 đã kết luận được rằng có thể có rủi ro nếu phủ hỗn hợp silic và bo theo điểm hoặc đường thẳng trên các tấm có thành mỏng, do điều này có thể tạo ra lỗ thủng trên các tấm. Do đó, các mẫu thử nghiệm mới, tức là

các tấm thử nghiệm, được sử dụng để phủ các hỗn hợp Si và B khác nhau để thử nghiệm mối hàn, thử nghiệm ăn mòn, và thử nghiệm kéo.

Các mẫu thử nghiệm mới là các tấm làm bằng thép không gỉ loại 316L. Các tấm này có kích thước chiều rộng 100mm, chiều dài nằm trong khoảng 180 đến 200mm và độ dày 0,4mm. Tất cả các tấm được rửa sạch bằng nước rửa chén và bằng axeton trước khi phủ mẫu hỗn hợp Si và B. Trọng lượng được xác định. Trên mỗi tấm, phần có chiều dài 35mm tính từ cạnh gần được che đi.

Các hỗn hợp thử nghiệm khác nhau A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3, F0, G15, H100, và I66 được sử dụng. Các tấm thử nghiệm này được phủ hỗn hợp (bằng cách sử dụng chổi thông thường) trên vùng bề mặt không được che của chúng, bề mặt này có kích thước 100mm x 35mm. Chất gắn kết là S-30. Sau khi sấy trong thời gian trên 12 giờ ở nhiệt độ trong phòng, băng dính che phủ được bóc đi và trọng lượng mỗi tấm được xác định. Trọng lượng được thể hiện trong Bảng 6 dưới đây là tổng trọng lượng của hỗn hợp trên diện tích $100\text{mm} \times 35\text{mm} = 3500\text{mm}^2 = 35\text{cm}^2$. Ví dụ này cho thấy rằng hỗn hợp được phủ dễ dàng trên bề mặt kim loại.

Mẫu hỗn hợp số	Tỷ lệ B : Si [trọng lượng]	Trọng lượng của hỗn hợp + chất gắn kết khô [g]	Trọng lượng của hỗn hợp Si + B mà không có chất gắn kết [g]	Trọng lượng của hỗn hợp trên một đơn vị diện tích [mg/cm^2]
A3.3	33 : 100	0,0983	0,0959	2,74
B2	19 : 100	0,0989	0,0965	2,76
C1	10 : 100	0,1309	0,1277	3,65
D0.5	5 : 100	0,1196	0,1166	3,33
E0.3	3 : 100	0,0995	0,0970	2,77
H100	100 : 0	0,1100	0,1073	3,07
I66	66 : 100	0,0900	0,0878	2,51

Bảng 6

Ví dụ 4

Ví dụ 4 liên quan đến thử nghiệm uốn-ăn mòn. Các miếng thử nghiệm có chiều rộng 35mm được cắt từ các tấm thử nghiệm, nghĩa là các miếng này có vùng bề mặt được phủ có kích thước 35mm x 35mm. Trên vùng bề mặt này, tấm dập hình tròn được đặt lên (xem Fig.13), tấm dập này có đường kính 42mm và độ dày 0,4mm được

làm bằng thép không gỉ loại 316L. Mẫu thử nghiệm được nung nóng (“hàn vảy cứng”) trong 1 giờ ở nhiệt độ 1210°C. Các tấm thử nghiệm để thử nghiệm ăn mòn được phủ mẫu hỗn hợp A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3, H100, I66 và J, xem Bảng 4.

Các mẫu được thử nghiệm theo phương pháp thử nghiệm ăn mòn ASTM A262, "Standard Practices for Detecting Susceptibility to inter-granular Attack in Austenitic Stainless Steels". “Practice E – Copper - Copper Sulfate - Sulfuric Acid. Test for Detecting Susceptibility to Inter-granular Attack in Austenitic Stainless Steels”, được chọn từ phương pháp thử nghiệm. Lý do chọn thử nghiệm ăn mòn này là có nguy cơ bo có thể phản ứng với crom trong thép để tạo ra crom borua, chủ yếu ở vùng ranh giới hạt, và do đó sẽ làm gia tăng nguy cơ tấn công ăn mòn giữa các hạt, tiêu chuẩn được gọi là tiêu chuẩn “thực tế” được sử dụng, đun sôi dung dịch axit sulfuric 16% cùng với đồng sulfat trong thời gian 20 giờ và sau đó thực hiện thử nghiệm uốn, theo chương 30 của tiêu chuẩn nêu trên.

Phần sau đây bàn luận kết quả của thử nghiệm uốn-ăn mòn và cắt mẫu thử nghiệm. Các mẫu thử nghiệm được thử nghiệm uốn theo phương pháp thử nghiệm ăn mòn nêu trong chương 30.1 của tiêu chuẩn nêu trên. Không mẫu nào trong số các mẫu có dấu hiệu cho thấy sự tấn công ăn mòn giữa các hạt khi quan sát các bề mặt được uốn bằng mắt thường. Sau khi thử nghiệm theo phương pháp ASTM, các mẫu thử nghiệm đã uốn được cắt, mài và đánh bóng và mặt cắt ngang được đánh giá bằng cách soi kính hiển vi quang học theo phương pháp phổ phân tán năng lượng (Energy Dispersive Spectroscopy: EDS). Kết quả được nêu tóm tắt trong Bảng 7.

Mẫu hỗn hợp số	Quan sát bề mặt bằng mắt thường để phát hiện vết nứt do ăn mòn khi được uốn theo tiêu chuẩn ASTM	Kết quả đánh giá về mặt luyện kim của các mẫu thử nghiệm ăn mòn được cắt ngang và các mẫu thử nghiệm được uốn. Kết quả SEM-EDS của pha có vết nứt
A3.3	Không có vết nứt	Không có hiện tượng ăn mòn Lớp bề mặt có chiều dày tối đa 8µm có vài vết nứt. Pha có vết nứt có hàm lượng Cr và B cao, có thể là pha crom borua.
B2	Không có vết nứt	Không có hiện tượng ăn mòn Lớp bề mặt có chiều dày tối đa 8µm có vài vết nứt. Pha có vết nứt có hàm lượng Cr và B cao, có thể là pha crom borua

C1	Không có vết nứt	Không có hiện tượng ăn mòn hoặc vết nứt
D0.5	Không có vết nứt	Không có hiện tượng ăn mòn hoặc vết nứt
E0.3	Không có vết nứt	Không có hiện tượng ăn mòn Lớp bề mặt có chiều dày tối đa khoảng 60µm có vài vết nứt. Pha có vết nứt có hàm lượng Si cao thường là <5% trọng lượng
H100	Không có vết nứt	Bề mặt và mối hàn bị ăn mòn
I66	Không có vết nứt	Không có hiện tượng ăn mòn Lớp bề mặt có chiều dày tối đa khoảng 12µm có vài vết nứt. Pha có vết nứt có hàm lượng Cr và B cao, có thể là pha crom borua
J	Không có vết nứt	Không có hiện tượng ăn mòn Lớp bề mặt có chiều dày tối đa khoảng 20µm có vài vết nứt. Pha có vết nứt có hàm lượng Cr và B cao, có thể là pha crom borua

Bảng 7

Rõ ràng là khi bổ sung bo với lượng lớn như đối với mẫu H100, J, I66, pha dễ vỡ được tạo ra trên bề mặt, có thể là pha crom borua, tăng lên theo lượng bo. Không quan sát thấy pha dễ vỡ trong mẫu H100, có thể là do hiện tượng ăn mòn trên bề mặt. Lượng borua cũng tăng lên theo lượng bo, nghĩa là cần lưu ý rằng đặc tính ăn mòn có thể giảm đi khi bổ sung bo với lượng lớn, như đối với mẫu H100 bị tấn công trong thử nghiệm ăn mòn. Tác dụng “âm tính” với bo có thể giảm đi nhờ sử dụng kim loại nền dày hơn và/hoặc thời gian khuếch tán lâu hơn (thời gian để tạo ra mối nối). Theo cách này, có thể làm giảm lượng bo trong kim loại nền. Cũng với các lượng bo thông thường như với mẫu A3.3 và B2, lớp bề mặt dễ vỡ mỏng hơn được tạo ra. Đã thấy rằng khi lượng bo trong mẫu thấp, mẫu E0.3, lớp bề mặt dễ vỡ khá dày, với hàm lượng silic cao, thường là > 5% trọng lượng silic, được tạo ra có đặc trưng khác với bề mặt dễ vỡ của các mẫu A3.3, B2, H100, I66 và J. Tác dụng “âm tính” với silic có thể giảm đi nhờ sử dụng kim loại nền dày hơn và/hoặc thời gian khuếch tán lâu hơn. Khi đó, có thể làm giảm lượng silic trong kim loại nền.

Ví dụ 5

Ví dụ 5 liên quan đến thử nghiệm mối hàn đối với một số mẫu. Từ các mẫu thử nghiệm thu được theo Ví dụ 3, các miếng mẫu có chiều rộng 35mm được cắt từ các tấm, nghĩa là bề mặt được phủ có kích thước 35mm x 35mm. Tấm dập hình tròn được

đặt trên bề mặt này có đường kính 42mm và độ dày 0,4mm, được làm bằng thép không gỉ loại 316L, xem Fig.5. Tấm dập này có hai gờ được dập, mỗi gờ có chiều dài khoảng 20mm. Các mẫu được hàn vảy cứng trong thời gian 1 giờ ở nhiệt độ khoảng 1200°C.

Kết quả của thử nghiệm mối hàn cho thấy rằng có một lượng hợp kim hàn vảy cứng trong vùng mối nối tạo ra giữa diện tích mặt phẳng (mà trên đó hỗn hợp được phủ), và gờ được dập của mẫu thử nghiệm được thể hiện trên Fig.5. Lượng hợp kim hàn vảy cứng được tính bằng phép tính gần đúng, xem Fig.6, bằng cách tính diện tích bằng cách ước lượng rằng hai tam giác được tạo ra trên mỗi phía của tâm mối nối. Ở phần giữa, “hợp kim hàn vảy cứng” bổ sung không tạo ra hoặc được tạo ra với lượng rất nhỏ. Hai tam giác này có thể được xác định bằng cách đo chiều cao (h) và đáy (b), tổng diện tích của hai tam giác là $(h) \cdot (b)$ do có hai tam giác. Vấn đề ở đây là khó xác định chiều cao. Do đó, tác giả sáng chế sử dụng công thức sau để tính diện tích của hai tam giác:

$$A = ((X - B) / 2) \cdot ((X - B) / 2) \cdot \tan \alpha$$

A là tổng diện tích của hai tam giác, X là tổng chiều rộng của mối nối được tạo ra, B là phần mối nối được tạo ra trong đó thể tích của hợp kim hàn vảy cứng tạo ra ở tâm mối nối là không đáng kể. Do đó, đáy của mỗi tam giác là $(X - B) / 2$. Chiều cao được tính bằng cách đo góc α , là góc giữa các đường tiếp tuyến của gờ được dập với đáy.

Để tính thể tích của hợp kim hàn vảy cứng tạo ra và chảy tới khe hở, chiều dài tương ứng của hai gờ tiếp xúc với bề mặt được xác định là 20mm. Tổng chiều dài của các gờ này được nhân với tổng diện tích.

Diện tích của hai tam giác là diện tích gần đúng sau khi hàn vảy cứng được nêu trong các Bảng 8 và 9. Thể tích là thể tích của hợp kim hàn vảy cứng tạo ra trên một trong số các gờ. Kết quả của thử nghiệm mối hàn được thể hiện trong bảng 8 và 9, và trên Fig.7. Trong Bảng 8 và Bảng 9, v và h là ký hiệu viết tắt, v = gờ trái và h = gờ phải.

Mẫu hỗn hợp số	Lượng hỗn hợp chất gắn kết Si + B được phủ [g]	Chiều rộng [mm]	Diện tích gần đúng sau khi hàn vảy cứng [mm ²]	Thể tích [mm ³]
A3.3x-1v	0,06	2,69	0,29	5,8
A3.3x-1h	0,06	2,58	0,25	5,0

A3.3-1v	0,10	2,23	0,14	2,8
A3.3-1h	0,10	2,31	0,16	3,2
A3.3-2v	0,14	3,38	0,63	12,6
A3.3-2h	0,14	3,19	0,52	10,4
A3.3-3v	0,09	1,92	0,07	1,4
A3.3-3h	0,09	1,85	0,05	1,0
B2X-1v	0,18	2,12	0,11	2,2
B2X-1h	0,18	2,50	0,22	4,4
B2X-2v	0,15	2,31	0,16	3,2
B2X-2h	0,15	2,31	0,16	3,2
B2-1v	0,10	1,96	0,07	1,4
B2-1h	0,10	1,92	0,07	1,4
B2-2v	0,24	3,23	0,54	10,8
B2-2h	0,24	3,23	0,54	10,8
B2-3v	0,16	2,77	0,32	6,4
B2-3h	0,16	2,69	0,29	5,8
B4v	0,11	1,35	0,00	0
B4h	0,11	1,35	0,00	0

Bảng 8 (giá trị xác định được trong thử nghiệm mỗi hàn, các mẫu A3.3 - B2/B4)

Mẫu hỗn hợp số	Lượng hỗn hợp chất gắn kết Si + B được phủ [g]	Chiều rộng [mm]	Diện tích gần đúng sau khi hàn vảy cứng [mm ²]	Thể tích [mm ³]
C1X-1v	0,22	2,50	0,22	4,4
C1X-1h	0,22	2,69	0,29	5,8
C1X-2v	0,33	3,08	0,46	9,2
C1X-2h	0,33	3,27	0,56	11,2
C1-1v	0,13	1,46	0,01	0,2
C1-1h	0,13	1,46	0,01	0,2
C1-2v	0,15	1,96	0,07	1,4
C1-2h	0,15	2,08	0,10	2,0
C1-3v	0,14	1,54	0,01	0,2

C1-3h	0,14	1,62	0,02	0,4
D0.5-1v	0,19	2,54	0,23	4,6
D0.5-1h	0,19	2,50	0,22	4,4
D0.5-2v	0,12	1,08	0,00	0
D0.5-2h	0,12	1,08	0,00	0
D0.5-3v	0,14	2,04	0,09	1,8
D0.5-3h	0,14	2,04	0,09	1,8
E0.3-1v	0,13	1,15	0,00	0
E0.3-1h	0,13	1,15	0,00	0
E0.3-2v	0,21	2,31	0,16	3,2
E0.3-2h	0,21	2,31	0,16	3,2
E0.3-3v	0,10	1,35	0,00	0
E0.3-3h	0,10	1,35	0,00	0
F0-1h	0,45	2,69	0,29	5,8
F0-2v	0,25	1,08	0,00	0
F0-2h	0,25	1,35	0,00	0
F0-3v	0,96	2,96	0,41	8,2
F0-3h	0,96	3,08	0,46	9,2

Bảng 9 (giá trị xác định được trong thử nghiệm mỗi hàn đối với các mẫu C1 đến F0)

Kết quả chiều rộng đo được và diện tích gần đúng được nêu trong các Bảng 8 và 9, và thể hiện bằng đồ thị trên Fig.7. Lượng phủ, xem các Bảng 8 và 9, nằm trong khoảng từ 0,06g/3500mm² đến 0,96g/3500mm², tương ứng với lượng nằm trong khoảng từ 0,017 mg/m² đến 0,274 mg/mm².

Đường xu hướng $Y = K \cdot X + L$ của các hỗn hợp được xác định, trong đó Y là chiều rộng mỗi nối, K là độ dốc của đường này, X là lượng hỗn hợp được phủ và L là hằng số, xem Fig.7. Do đó, chiều rộng của mỗi hàn vảy cứng là:

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp A3.3) = $1,554 + 9,922 \cdot (\text{lượng hỗn hợp A3.3 được phủ})$

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp B2) = $0,626 + 10,807 \cdot (\text{lượng hỗn hợp B2 được phủ})$

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp C1) = $0,537 + 8,342 \cdot (\text{lượng hỗn hợp C1 được phủ})$

phủ)

Y (chiều rộng đối với hỗn hợp F0) = $0,632 + 7,456 \cdot$ (lượng hỗn hợp F0 được phủ).

Như đã thấy từ đồ thị, trong số các hỗn hợp A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3 và F0, hỗn hợp A3.3 tạo ra lượng hợp kim hàn vảy cứng lớn nhất trong mỗi nối theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ. Mẫu F0 không tạo ra mối nối đáng kể bất kỳ ở lượng phủ thấp hơn $0,20\text{g}/3500\text{mm}^2$.

Đường xu hướng $Y = K \cdot X - L$ của các hỗn hợp được xác định, Y là diện tích, K là độ dốc của đường này, X là lượng hỗn hợp được phủ và L là hằng số, xem Fig.8.

Y (diện tích đối với hỗn hợp A3.3) = $4,361 \cdot$ (lượng hỗn hợp A3.3 được phủ) - $0,161$

Y (diện tích đối với hỗn hợp B2) = $3,372 \cdot$ (lượng hỗn hợp B2 được phủ) - $0,318$

Y (diện tích đối với hỗn hợp C1) = $2,549 \cdot$ (lượng hỗn hợp C1 được phủ) - $0,321$

Y (diện tích đối với hỗn hợp F0) = $0,569 \cdot$ (lượng hỗn hợp F0 được phủ) - $0,093$.

Việc tính gần đúng thể tích tạo ra dựa trên đồ thị được thể hiện trên Fig.8 đối với lượng phủ $0,18\text{g}/3500\text{ mm}^2$, trừ mẫu F0, do “không tạo ra” mối hàn vảy cứng và mẫu D0.5 do dữ liệu quá ít, cho kết quả thể tích hợp kim hàn vảy cứng tạo ra trong mối nối giữa hai gờ của các mẫu, xem phần dưới đây.

Thể tích (A3.3) = $0,63 \cdot$ chiều dài $40 (20 \cdot 2) = 25,2\text{mm}^3$

Thể tích (B2) = $0,30 \cdot$ chiều dài $40 (20 \cdot 2) = 12,0\text{mm}^3$

Thể tích (C1) = $0,12 \cdot$ chiều dài $40 (20 \cdot 2) = 4,8\text{mm}^3$

Thể tích (E0.3) = $0,10 \cdot$ chiều dài $40 (20 \cdot 2) = 4,0\text{mm}^3$

Ngoài ra, hỗn hợp có tỷ lệ bo cao hơn được thử nghiệm, ví dụ, các mẫu G15, H100, I66 và J. Các mẫu thử nghiệm này cho kết quả khá giống với hỗn hợp A3.3 và B2 xét về thể tích hợp kim hàn vảy cứng tạo ra. Tuy nhiên, mặt cắt ngang về mặt luyện kim của các mẫu hàn vảy cứng cho thấy lượng borua cao hơn và đối với mẫu H100, tức là bo nguyên chất, còn phát hiện được trên bề mặt của pha giòn có hàm lượng crom cao có hỗn hợp được phủ trước đó. Các pha cứng có thể là pha crom borua, làm

giảm hàm lượng crom trong vật liệu bao quanh, làm giảm độ bền chống ăn mòn. Đây có thể là vấn đề khi cần độ bền chống ăn mòn cao nhưng không là vấn đề đối với các môi trường không ăn mòn. Tác dụng của bo có thể giảm đi khi thay đổi việc xử lý nhiệt và hoặc khi sử dụng kim loại nền dày hơn để có thể “hấp thụ” lượng bo lớn hơn. Đối với vật liệu có độ dày $\geq 1\text{mm}$, tác dụng trên bề mặt này cũng sẽ ít nghiêm trọng hơn do tỷ lệ của thể tích bề mặt so với thể tích kim loại nền là nhỏ hơn nhiều đối với vật liệu mỏng có độ dày $< 1\text{mm}$ hoặc $< 0,5\text{mm}$. Crom borua có thể có lợi nếu muốn độ bền ăn mòn tốt hơn. Thử nghiệm về mặt luyện kim cũng cho thấy rằng đối với mẫu F0, tức là silic nguyên chất, phát hiện được pha giòn và dày chứa silic, có độ dày $> 50\%$ độ dày của tấm thử nghiệm đối với một số vùng trong mẫu được thử nghiệm. Cũng phát hiện được pha tương tự trong mỗi nối. Phát hiện được các vết nứt trong pha này, với chiều dài $> 30\%$ độ dày của tấm thử nghiệm. Các vết nứt này sẽ làm giảm tính chất cơ học của sản phẩm được ghép nối và có thể là các điểm khởi đầu ăn mòn và hoặc vết nứt do mỏi. Độ cứng trung bình của pha này lớn hơn 400Hv (Vickers). Độ cứng của pha giòn này có thể khó giảm đi so với pha borua, nhờ sử dụng kim loại nền dày hơn hoặc thay đổi việc xử lý nhiệt. Tuy nhiên, đối với kim loại nền dày hơn, tác dụng này có thể ít nghiêm trọng hơn.

Ví dụ 6

Ví dụ 6 liên quan đến thử nghiệm kéo mối nối. Tiếp đó, các tấm thử nghiệm tương ứng với các mẫu sử dụng trong Ví dụ 3 được cắt thành các miếng nhỏ. Kích thước của các mẫu cắt là chiều rộng 10mm, chiều dài từ 180 đến 200mm và độ dày 0,4mm. Diện tích phủ của mỗi mẫu cắt là $10\text{mm} \times 35\text{mm} = 350\text{mm}^2$. Phần dày hơn có độ dày 4mm của thép không gỉ loại 316L được đặt trên diện tích phủ này để che phủ 30mm trong tổng cộng 35mm bề mặt được phủ. Phần dày hơn được đặt ở đầu của miếng mẫu để chừa lại 5mm bề mặt đã phủ không được che bằng tấm dày này. Bằng cách này, sự giảm độ bền của tấm vật liệu do hỗn hợp phủ sẽ được phát hiện khi thử nghiệm kéo nếu mối nối chắc hơn tấm. Tấm dày hơn cũng rộng hơn các mẫu có chiều dày 10mm. Tất cả các mẫu thử nghiệm được hàn vảy cứng (nung nóng) ở nhiệt độ khoảng 1200°C trong khoảng 1 giờ.

Sau khi nung nóng, phần dày được lắp theo chiều ngang trên máy thử nghiệm kéo. Miếng mẫu được uốn mạnh tới 90° tới hướng thẳng đứng. Các mẫu được lắp sao cho chúng có thể di chuyển theo chiều ngang. Sau đó, các mẫu được cho chịu tải trọng

và mỗi nôi bị bong.

Nếu tám vật liệu chắc hơn mỗi nôi thì mỗi nôi này bị bong, kết quả được đặt bằng 0. Đối với các mẫu mà mỗi nôi chắc hơn tám vật liệu, sự khác biệt về kết quả là không có ý nghĩa thống kê. Kết quả được thể hiện dưới dạng tỷ lệ phần trăm (%) của các mẫu thử nghiệm có mỗi nôi chắc hơn hoặc chắc bằng tám vật liệu theo hàm số của lượng hỗn hợp phủ, nghĩa là mỗi nôi không bị bong khi thử nghiệm. Kết quả được nêu tóm tắt trong Bảng 10 và thể hiện bằng đồ thị trên Fig.9.

Lượng hỗn hợp Si + B [g]	Tỷ lệ thành công đối với hỗn hợp A3.3-1 [%]	Tỷ lệ thành công đối với hỗn hợp B2-1 [%]	Tỷ lệ thành công đối với hỗn hợp C1-1 [%]	Tỷ lệ thành công đối với hỗn hợp D0.5-1 [%]
0,0600	100			
0,0910	100			
0,0989		83		
0,1092		100		
0,1196				0
0,1309			50	
0,1399	100			
0,1402			50	
0,1428				0
0,1500		100		
0,1548			67	
0,1558		100		
0,1800		100		
0,1850				50
0,2200			100	
0,2417		100		
0,3000	100			
0,3300			100	

Bảng 10

Ví dụ 7

Để thiết lập mối liên hệ giữa lượng hỗn hợp được phủ và nguy cơ tạo lỗ thủng qua các tấm, các thử nghiệm mới được thực hiện. Trong tất cả các thử nghiệm, hỗn hợp B2 được sử dụng, xem Bảng 6. Hỗn hợp B2 còn chứa chất gắn kết S-30. Các miếng mẫu được thử nghiệm có dạng hình tròn có độ dày 0,8mm và đường kính 83mm. Kim loại nền trong các tấm thử nghiệm là thép không gỉ loại 316. Đối với tất cả các mẫu, hỗn hợp được phủ ở phần giữa của mẫu thử nghiệm. Diện tích phủ là 28mm^2 , tức là vết hình tròn có đường kính 6mm. Tất cả các mẫu thử nghiệm được cân trước và sau khi phủ, và kết quả được nêu tóm tắt trong Bảng 11. Sau đó mẫu thử nghiệm được cho vào lò ở nhiệt độ trong phòng trong 12 giờ. Các mẫu này được cân lại.

Tất cả các mẫu thử nghiệm được cho vào lò và được nung nóng (còn được gọi là “hàn vảy cứng”) ở nhiệt độ 1210°C trong thời gian khoảng 1 giờ. Trong quá trình hàn vảy cứng, chỉ có các mép ngoài của mỗi mẫu được tiếp xúc với vật liệu cố định để giữ cho bề mặt dưới ở giữa tấm không tiếp xúc với vật liệu bất kỳ trong quá trình hàn vảy cứng. Lý do của việc giữ bề mặt dưới ở giữa tấm không tiếp xúc là có thể ngăn ngừa hiện tượng sụt mẻ hàn hoặc cháy thủng nếu vật liệu ở giữa tấm được đỡ từ dưới bởi vật liệu cố định.

Kết quả về lượng phủ và cháy thủng của các mẫu có độ dày 0,8mm được nêu tóm tắt trong Bảng 11.

Mẫu số	Lượng hỗn hợp Si + B và chất gắn kết ướt bổ sung S-30 [g]	Lượng hỗn hợp Si + B và chất gắn kết ướt bổ sung S-30 [mg/mm^2]	Lượng hỗn hợp Si + B và chất gắn kết khô bổ sung S-30 [mg/mm^2]	Lượng hỗn hợp Si + B không có chất gắn kết [mg/mm^2]	Cháy thủng [1] hoặc [0]
1	0,020	0,714	0,464	0,453	0
2	0,010	0,357	0,232	0,226	0
3	0,040	1,429	0,928	0,905	0
4	0,030	1,0714	0,696	0,679	0
5	0,050	1,786	1,161	1,132	0
6	0,060	2,143	1,393	1,359	0
7	0,070	2,500	1,625	1,585	0

8	0,080	2,857	1,857	1,811	0
9	0,090	3,214	2,089	2,037	0
10	0,100	3,571	2,321	2,264	0
11	0,110	3,928	2,554	2,491	1
12	0,120	4,285	2,786	2,717	1
13	0,130	4,642	3,018	2,943	1
14	0,150	5,357	3,482	3,396	1
15	0,170	6,071	3,946	3,849	1
16	0,190	6,786	4,411	4,302	1
17	0,210	7,500	4,875	4,755	1
18	0,230	8,214	5,339	5,207	1
19	0,280	10,000	6,500	6,339	1
20	0,290	10,357	6,732	6,566	1

Bảng 11

Các thử nghiệm cho thấy rằng có hiện tượng cháy thùng (lỗ thùng) ở giữa mẫu 10 và 11 đối với tấm có độ dày 0,8mm. Mẫu 10 có lượng hỗn hợp được phủ là 2,264 mg/mm² và mẫu 11 có lượng hỗn hợp được phủ là 2,491 mg/mm². Khi ghép nối các tấm có độ dày nhỏ hơn 1mm, các tấm có nguy cơ cháy thùng khi lượng phủ nằm trong khoảng từ 2,830 mg/mm² đến 3,114 mg/mm², lượng phủ nằm giữa khoảng này là 2,972 mg/mm². Do đó, đối với tấm có độ dày nhỏ hơn 1mm, lượng phủ nhỏ hơn 2,9 mg/mm² sẽ là thích hợp để tránh cháy thùng tấm.

Ví dụ 8

Trong Ví dụ 8, mỗi hàn vảy cứng giữa hai tấm của thiết bị trao đổi nhiệt được đập được tạo ra theo ba cách khác nhau. Độ dày các tấm của thiết bị trao đổi nhiệt là 0,4mm.

Trong các mẫu thử nghiệm thứ nhất và thứ hai, chất hàn vảy cứng trên cơ sở sắt có thành phần gần giống thép không gỉ loại 316 được sử dụng. Xem Công bố đơn quốc tế số WO 2002/38327 về chất hàn vảy cứng. Chất hàn vảy cứng này có lượng silic tăng tới khoảng 10% trọng lượng, lượng bo khoảng 0,5% trọng lượng và lượng Fe giảm còn khoảng 10,5% trọng lượng. Trong mẫu thử nghiệm thứ nhất, chất hàn vảy

cứng được phủ theo đường thẳng và trong mẫu thử nghiệm thứ hai, chất hàn vảy cứng được phủ đều trên bề mặt. Trong cả hai trường hợp, chất hàn được phủ sau khi dập tấm.

Mẫu thử nghiệm hàn vảy cứng 1 cho thấy chất hàn vảy cứng được phủ theo đường thẳng sẽ chảy tới các mối hàn vảy cứng. Một số chất hàn vảy cứng không chảy tới mối hàn vảy cứng và do đó làm tăng cục bộ độ dày ở đường phủ. Đối với mẫu thử nghiệm 2, chất hàn vảy cứng chảy tới các mối hàn vảy cứng, tuy nhiên một số chất hàn vảy cứng ở lại trên bề mặt và làm tăng độ dày. Trong các mẫu thử nghiệm 1 và 2, lượng chất hàn vảy cứng tương ứng với khoảng 15% trọng lượng tấm vật liệu.

Trong mẫu thử nghiệm 3, hỗn hợp A3.3 được sử dụng, xem Bảng 6. Hỗn hợp này được phủ trước khi ép đều trên tấm. Hỗn hợp được phủ với lượng để sẽ tạo ra mối hàn vảy cứng có kích thước tương tự như đối với các mẫu thử nghiệm 1 và 2.

Mẫu thử nghiệm 3 được phủ một lớp có độ dày tương ứng với trọng lượng bằng khoảng 1,5% trọng lượng tấm vật liệu. Bằng cách phủ hỗn hợp A3.3, hợp kim hàn vảy cứng được tạo ra từ kim loại nền (chi tiết kim loại), và hợp kim hàn vảy cứng tạo ra này sẽ chảy tới các mối hàn vảy cứng. Do đó, độ dày của tấm giảm đi do lượng vật liệu được kéo tới mối hàn vảy cứng nhiều hơn so với lượng hỗn hợp được bổ sung trên bề mặt này.

Ví dụ 9

Ví dụ 9 liên quan đến các thử nghiệm với nguồn bo và silic khác nhau. Mục đích của thử nghiệm này là đánh giá các nguồn bo và nguồn silic thay thế. Hỗn hợp B2 được chọn làm hỗn hợp đối chứng cho các thử nghiệm, xem Bảng 6. Các nguồn thay thế được thử nghiệm về khả năng tạo mối nối của chúng. Đối với mỗi thử nghiệm, nguồn bo thay thế hoặc nguồn silic thay thế được thử nghiệm. Khi sử dụng nguồn thay thế, sự ảnh hưởng của nguyên tố còn lại được cho là bằng 0, tức là chỉ có trọng lượng của bo hoặc silic trong nguồn thay thế được “xác định”, xem Bảng 12. Đối với hỗn hợp đối chứng B2, tỷ lệ trọng lượng giữa silic và bo là 10g/2g với tổng trọng lượng lên tới 12g. Mỗi hỗn hợp chứa chất gắn kết S-30 và hỗn hợp được phủ trên tấm thép theo Ví dụ 1. Tất cả các mẫu được hàn vảy cứng trong lò chân không ở nhiệt độ 1210°C trong thời gian 1 giờ.

Mẫu	Nguồn thay thế	Lượng [Si] bổ sung [g]	Lượng [B] bổ sung [g]	Lượng [Si] tương ứng [g]	Lượng [B] tương ứng [g]
Si - B	Si - B	10,0	2,0	10,0	2,0
Si - B ₄ C	B ₄ C	10,0	2,6	10,0	2,0
Si - FeB	FeB	10,1	12,5	10,1	2,0
FeSi - B	FeSi	30,2	2,0	10,1	2,0
Si - NiB	NiB	10,1	13,0	10,1	2,0

Bảng 12

Đường xu hướng $Y = K \cdot X + L$ đối với hỗn hợp B2 được xác định, Y là chiều rộng mỗi nối, K là độ dốc của đường này đối với hỗn hợp B2, X là lượng hỗn hợp được phủ và L là hằng số khi không phủ hỗn hợp B2, xem Fig.7. Do đó, chiều rộng của mỗi hàn vảy cứng $Y = 0,626 + 10,807 \cdot (\text{lượng hỗn hợp được phủ})$.

Trong Bảng 13, v = gờ trái và h = gờ phải như trong Ví dụ 5.

Mẫu	Lượng phủ [g]	Chiều rộng mỗi nối theo tính toán, Y [mm ²]	Chiều rộng mỗi nối đo được [mm ²]
Si - B ₄ C - v	0,22	3,0	2,69
Si - B ₄ C - h	0,22	3,0	2,88
Si - FeB - v	0,26	3,4	1,73
Si - FeB - h	0,26	3,4	1,73
FeSi - B - v	0,29	3,8	2,1
FeSi - B - h	0,29	3,8	2,1
Si - NiB - v	0,39	4,8	2,69
Si - NiB - h	0,39	4,8	2,88

Bảng 13

Kết quả trong Bảng 13 cho thấy rằng có thể sử dụng B₄C, NiB và FeB làm nguồn thay thế cho bo. Nếu NiB được sử dụng, lượng tạo ra là nhỏ hơn so với bo nguyên chất. Tuy nhiên, NiB có thể được sử dụng nếu cần tạo hợp kim Ni.

Ví dụ 10

Trong Ví dụ 10, các kim loại nền khác nhau được thử nghiệm, tức là các kim loại có thể được sử dụng để tạo ra các chi tiết kim loại 11 và 12 thể hiện trên Fig.1. Tất cả các thử nghiệm, trừ thép mềm và hợp kim Ni-Cu, được thử nghiệm theo “thử nghiệm Y” (xem phần dưới đây).

Đối với thử nghiệm Y, hai mẫu thử nghiệm hình tròn được dập có độ dày khoảng 0,8mm được xếp chồng lên nhau. Mỗi mẫu có gờ được dập hình tròn. Mặt trên của các gờ này được đặt hướng vào nhau để tạo ra khe hở tròn giữa các mẫu. Đối với mỗi mẫu, hỗn hợp B2, trong Ví dụ này chứa chất gắn kết S-20, được phủ bằng chổi sơn. Trọng lượng hỗn hợp được phủ không được xác định do lớp phủ không đồng nhất khi dùng chổi sơn. Ảnh chụp một trong số các mẫu sau khi hàn được thể hiện trên Fig.10.

Các mẫu thép mềm và mẫu Ni-Cu được phủ theo cách tương tự, chỉ khác là thép mềm được “thử nghiệm mối hàn” theo ví dụ 5 và đối với Ni-Cu, thử nghiệm được thực hiện với hai mẫu thử nghiệm phẳng. Các mẫu, trừ mẫu Ni-Cu, được “hàn vảy cứng” trong lò ở nhiệt độ khoảng 1200°C, ví dụ 1210°C, trong thời gian 1 giờ trong lò chân không. Mẫu Ni-Cu được hàn vảy cứng ở nhiệt độ khoảng 1130°C trong thời gian khoảng 1 giờ trong cùng lò chân không này. Sau khi “hàn vảy cứng”, mối nối được tạo ra giữa các mẫu của tất cả các thử nghiệm. Sự chảy của “hợp kim hàn vảy cứng” tạo ra (làm bằng kim loại nền) tới mối nối cũng được quan sát đối với tất cả các mẫu thử nghiệm. Kết quả được thể hiện trong Bảng 14.

Mẫu kim loại nền số	Cr [% trọng lượng]	Fe [% trọng lượng]	Mo [% trọng lượng]	Ni [% trọng lượng]	Cu [% trọng lượng]	Mn [% trọng lượng]	Sau khi hàn vảy cứng có tạo ra mối nối không?	Sau khi hàn vảy cứng có sự chảy của hợp kim hàn vảy cứng không?
1	-	0,3	-	99	-	0,2	Có	Có
2	21	0,6	16	62	0,4	-	Có	Có
3	22	0,7	16	59	1,6	-	Có	Có
4	0,6	1,9	29	68	0,2	-	Có	Có
5	21	4,4	13	58	-	-	Có	Có
6	19	5,0	9,0	63	0,4	-	Có	Có
7	15	5,5	17	60	-	0,3	Có	Có
8	1,1	5,6	28	63	0,6	0,4	Có	Có
9	19	6,2	2,6	70	1,7	0,4	Có	Có
10	33	32	1,7	33	0,4	0,6	Có	Có

11	27	33	6,5	32	1,1	1,4	Có	Có
12	27	36	3,4	32	1,0	1,4	Có	Có
13	24	44	7,2	23	0,3	1,5	Có	Có
14	20	48	4,3	25	1,1	1,2	Có	Có
15	19	50	6,3	25	0,2	-	Có	Có
16	20	54	6,5	19	0,6	0,4	Có	Có
17	29	64	2,4	3,5	-	-	Có	Có
18	28	66	2,2	3,5	-	-	Có	Có
19	0,3	1,1	-	66	31	1,6	Có	Có
20	0,17	99,5	-	-	-	0,3	Có	Có

Bảng 14

Kết quả nêu trong Bảng 14 cho thấy rằng hợp kim hàn vảy cứng được tạo ra giữa hỗn hợp và kim loại nền của mỗi mẫu từ 1 đến 20. Các kết quả này cũng cho thấy rằng mỗi nối được tạo ra đối với mỗi mẫu thử nghiệm.

Các ví dụ này cho thấy rằng bo là thành phần cần thiết để tạo ra lượng đáng kể hợp kim hàn vảy cứng, hợp kim này có thể điền đầy các mối nối và cũng tạo độ bền cho mối nối. Các ví dụ này cũng cho thấy rằng bo là thành phần cần thiết đối với vi cấu trúc, do phát hiện được pha dày dễ vỡ đối với các mẫu không chứa bo.

Từ phần nêu trên đã thấy rằng kim loại nền, tức là các chi tiết kim loại được mô tả liên quan đến Fig.1 chẳng hạn, có thể được làm bằng hợp kim chứa các nguyên tố như sắt (Fe), crom (Cr), niken (Ni), molybden (Mo), mangan (Mn), đồng (Cu), v.v.. Một số ví dụ về hợp kim được sử dụng cho các chi tiết kim loại được liệt kê trong Bảng 15.

Kim loại nền (chi tiết kim loại)	Nhiệt độ pha rắn gần đúng [°C]	Nhiệt độ pha lỏng gần đúng [°C]
Niken 200/201	1435	1445
Nicrofer 5923hMo	1310	1360
Hợp kim Hastelloy ® C-2000 ®	1328	1358
Hastelloy B3	1370	1418
Hợp kim C22	1357	1399
Inconel 625	1290	1350

Hợp kim C 276	1325	1370
Nicrofer 3033	1330	1370
Nicrofer 3127HMo	1350	1370
AL6XN	1320	1400
254SMO	1325	1400
Monel 400	1299	1348
Cu nguyên chất	1085	1085
Thép mềm	1505	1535
Thép không gỉ loại 316	1390	1440
Thép không gỉ loại 304	1399	1421

Bảng 15

Hỗn hợp, tức là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, có thể được phủ bằng cách sơn như được mô tả trên đây. Hỗn hợp này cũng có thể được phủ bằng phương pháp khác như phương pháp lắng đọng hơi vật lý (physical vapor deposition: PVD), hoặc phương pháp lắng đọng hơi hóa học (chemical vapor deposition: CVD), trong trường hợp này, hỗn hợp nêu trên không cần chứa thành phần gắn kết. Có thể phủ silic theo một lớp và bo theo một lớp, bằng cách sơn hoặc bằng phương pháp PVD hoặc CVD. Tuy nhiên, dù được phủ theo lớp, cả bo và silic đều được cho là thành phần cần được đưa vào hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy do chúng sẽ tương tác trong quá trình nung nóng giống như chúng được trộn trước khi phủ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được ghép nối cố định (1) bao gồm nhiều tấm trao đổi nhiệt bằng kim loại (2) có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C, được bố trí cạnh nhau và tạo thành khối tấm (3) với khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất (4) để chứa môi chất thứ nhất và khoảng trống ở giữa tấm thứ hai (5) để chứa môi chất thứ hai, trong đó các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất và thứ hai (4,5) được bố trí theo thứ tự xen kẽ trong khối tấm (3),

trong đó mỗi tấm trao đổi nhiệt (2) có vùng truyền nhiệt (10) và vùng rìa (11) có các mép cong (15) bao quanh vùng truyền nhiệt (10),

trong đó mặt thứ nhất (16) của các tấm (2) có dạng lõm và mặt thứ hai (17) của các tấm này có dạng lồi,

trong đó vùng truyền nhiệt (10) bao gồm vùng lượn sóng có phần lồi (18) và phần lõm (19),

trong đó vùng lượn sóng của các tấm và các mép cong (15) được tạo ra bằng cách dập các tấm (2),

phương pháp này bao gồm:

- bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) trên ít nhất một phần của mặt lồi thứ nhất (16) của tấm thứ nhất (21), hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) này chứa:

- thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng để làm giảm nhiệt độ nóng chảy của tấm thứ nhất (21), và

- tùy ý, thành phần gắn kết để tạo điều kiện thuận lợi cho bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) trên mặt lồi thứ nhất (16),

- bước tiếp xúc (202) để cho mặt lồi thứ hai (17) của tấm thứ hai (22) tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) trên mặt lồi thứ nhất (16) của tấm thứ nhất (21) bằng cách xếp chồng các tấm (21, 22) thành khối tấm (3),

- bước nung nóng (203) để nung nóng các tấm thứ nhất và thứ hai (21, 22) đến nhiệt độ lớn hơn 1100°C, nhờ đó mặt lồi thứ nhất (16) của tấm thứ nhất (21) được làm nóng chảy sao cho lớp bề mặt (24) của tấm thứ nhất (21) nóng chảy và, cùng với thành phần làm giảm điểm nóng chảy (20), tạo ra lớp kim loại nóng chảy (25), lớp này tiếp

xúc với tấm thứ hai (22) ở các điểm tiếp xúc (23) giữa tấm thứ nhất (21) và tấm thứ hai (22), và

- bước hóa rắn lớp kim loại nóng chảy (25) để thu được mối nối (26) ở các điểm tiếp xúc (23) giữa các tấm (2) trong khối tấm (3), và các mép cong (15) tạo ra sự lắp chặt giữa các mép cong (15) của các tấm (2) trong khối tấm (3).

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bo có nguồn gốc từ nguồn bất kỳ trong số bo nguyên tố và bo có trong hợp chất chứa bo được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau: bo cacbua, silic borua, niken borua và sắt borua.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó silic có nguồn gốc từ nguồn bất kỳ trong số silic nguyên tố và silic có trong hợp chất chứa silic được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau: silic cacbua, silic borua và ferosilic.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa bo và silic với lượng ít nhất 40% trọng lượng.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa bo và silic với lượng ít nhất 85% trọng lượng.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó bo chiếm ít nhất 10% trọng lượng theo hàm lượng bo và silic có trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó bo chiếm ít nhất 55% trọng lượng theo hàm lượng bo và silic có trong thành phần làm giảm điểm nóng chảy.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa các nguyên tố kim loại với lượng nhỏ hơn 50% trọng lượng.

9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó thành phần làm giảm điểm nóng chảy chứa các nguyên tố kim loại với lượng nhỏ hơn 10% trọng lượng.

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó tấm thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 0,3mm đến 0,6mm và bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02mg/mm² đến 0,12mg/mm² trên mặt lõi thứ nhất (16) của tấm thứ nhất (21).

11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó chi tiết kim loại thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 0,6mm đến 1,0mm và bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) là bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02mg/mm² đến 1,0mg/mm² trên mặt lõi thứ nhất (16) của tấm thứ nhất (21).

12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) bao gồm:

- nung nóng (203) để nung nóng các tấm (2) cho đến khi hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy gắn kết với mặt lõi thứ nhất (16) của tấm thứ nhất (21), và
- làm giảm nhiệt độ của các tấm (2) trước khi toàn bộ lượng bo và silic trong hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) tạo hợp chất với kim loại trong tấm thứ nhất (21).

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12, trong đó bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) được thực hiện trước khi dập các tấm.

14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) được thực hiện sau khi dập các tấm.

15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) được thực hiện sau khi xếp chồng các tấm thành khối tấm (3) bằng cách phun xối huyền phù chứa hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy qua khối tấm này.

16. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) được thực hiện bằng cách in lưới.

17. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (20) được thực hiện bằng cách phun tia vào cuộn kim loại mà sau đó cuộn này được cắt thành các tấm (2).

18. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 17, trong đó mặt thứ nhất (16) có diện tích (A1) lớn hơn diện tích (A2) được xác định bằng các điểm tiếp xúc (23) trên mặt (16) nêu trên để kim loại trong lớp kim loại đã nóng chảy (25) chảy tới điểm tiếp xúc (23) khi tạo ra mối nối (26) trong bước (204).

19. Phương pháp theo điểm 18, trong đó diện tích (A1) của mặt thứ nhất (16) lớn hơn ít nhất 10 lần so với diện tích (A2) được xác định bằng điểm tiếp xúc (23).

20. Phương pháp theo điểm 18 hoặc 19, trong đó diện tích (A1) của mặt thứ nhất (16) lớn hơn ít nhất 3 lần so với diện tích mặt cắt ngang (A3) của mối nối (26).

21. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 20, trong đó mối nối (26) chứa kim loại, mà trước bước nung nóng (203) là một phần của tấm bất kỳ trong số các tấm (2), với lượng ít nhất 50% trọng lượng.

22. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng <13% trọng lượng, Mo với lượng <1% trọng lượng, Ni với lượng <1% trọng lượng và Mn với lượng <3% trọng lượng.

23. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2)

chứa Fe với lượng >90% trọng lượng.

24. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Fe với lượng >65% trọng lượng và Cr với lượng >13% trọng lượng.

25. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng >15,5% trọng lượng và Ni với lượng >6% trọng lượng.

26. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng >15,5% trọng lượng, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 1% đến 10% trọng lượng và Ni với lượng >8% trọng lượng.

27. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Ni với lượng >97% trọng lượng.

28. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Cr với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >60% trọng lượng.

29. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Cr với lượng >15% trọng lượng, Mo với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >50% trọng lượng.

30. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó các tấm (2) chứa Co với lượng >70% trọng lượng.

31. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 21, trong đó tấm thứ nhất chứa Fe với lượng >10% trọng lượng, Mo với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 30% trọng lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 30% trọng lượng và Co với lượng >50% trọng lượng.

32. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được ghép nối cố định (1), thiết bị này bao gồm nhiều tấm trao đổi nhiệt bằng kim loại (2) có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C, được bố trí cạnh nhau và tạo thành khối tấm (3) với khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất (4) để chứa môi chất thứ nhất và khoảng trống ở giữa tấm thứ hai (5) để chứa môi chất thứ hai, trong đó các khoảng trống ở giữa tấm thứ nhất và thứ hai (4,5) được bố trí theo thứ tự xen kẽ trong khối tấm (3),

trong đó mỗi tấm trao đổi nhiệt (2) bao gồm vùng truyền nhiệt (10) và vùng rìa (11) có các mép cong (15) bao quanh vùng truyền nhiệt (10),

trong đó mặt thứ nhất (16) của các tấm (2) có dạng lồi và mặt thứ hai (17) của các tấm này có dạng lõm,

trong đó vùng truyền nhiệt (10) bao gồm vùng lượn sóng có phần lồi (18) và phần lõm (19),

trong đó vùng lượn sóng của các tấm và các mép cong (15) được tạo ra bằng cách dập các tấm (2),

trong đó thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm này được sản xuất bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 31.

33. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm theo điểm 32, trong đó thiết bị này bao gồm tấm thứ nhất (21) được ghép nối với tấm thứ hai (22) bằng mối nối (26), các tấm (2) có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C, trong đó mối nối (26) chứa ít nhất 50% trọng lượng các nguyên tố kim loại được lấy từ vùng (A1) bao quanh mối nối (26) và là một phần của tấm bất kỳ trong số tấm thứ nhất (1) và tấm thứ hai (2).

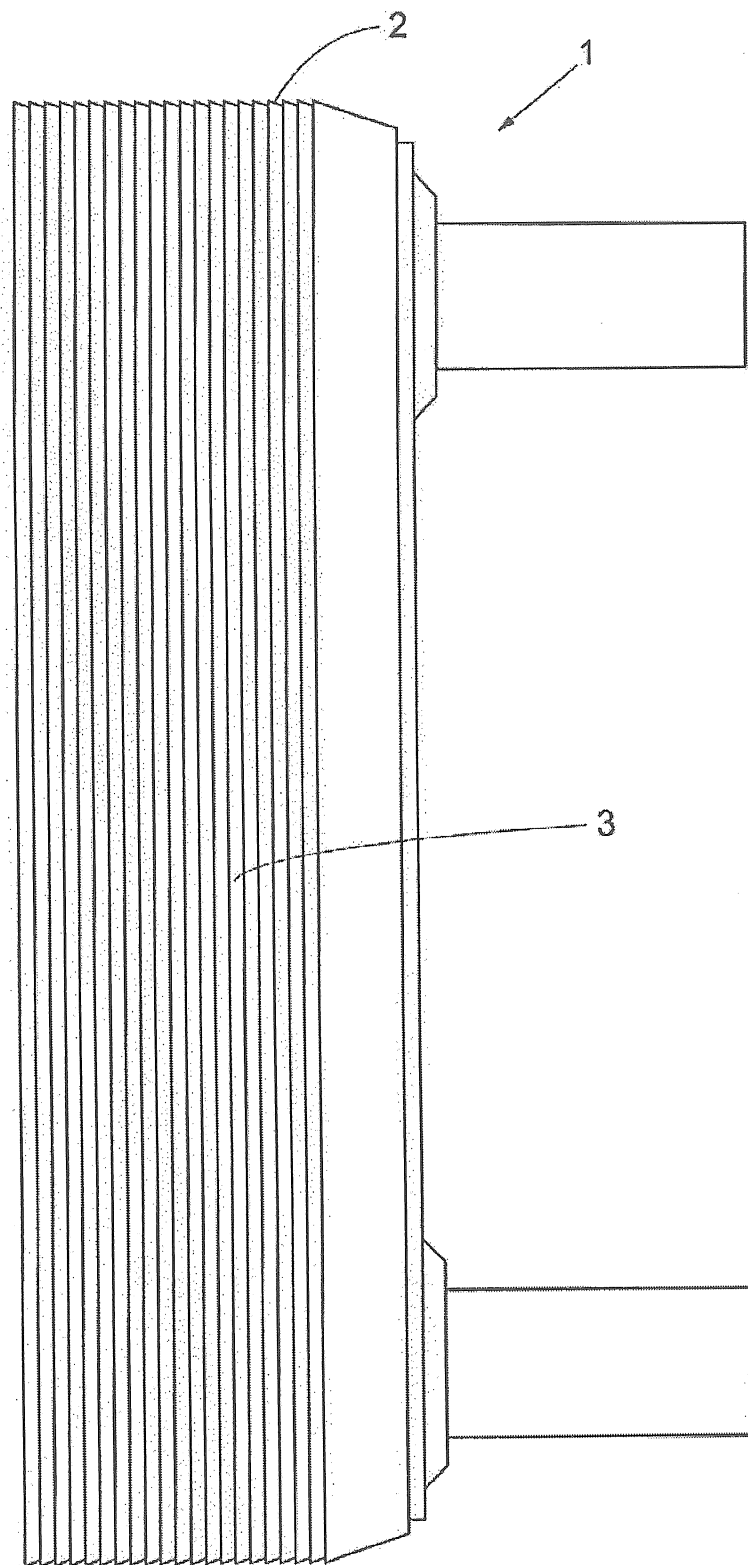
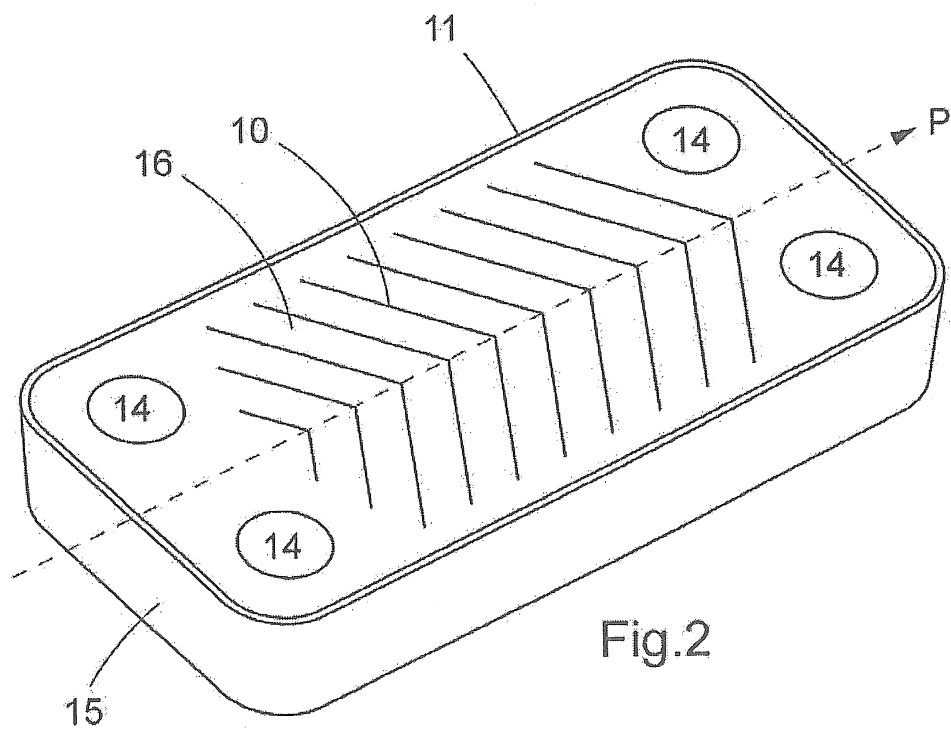
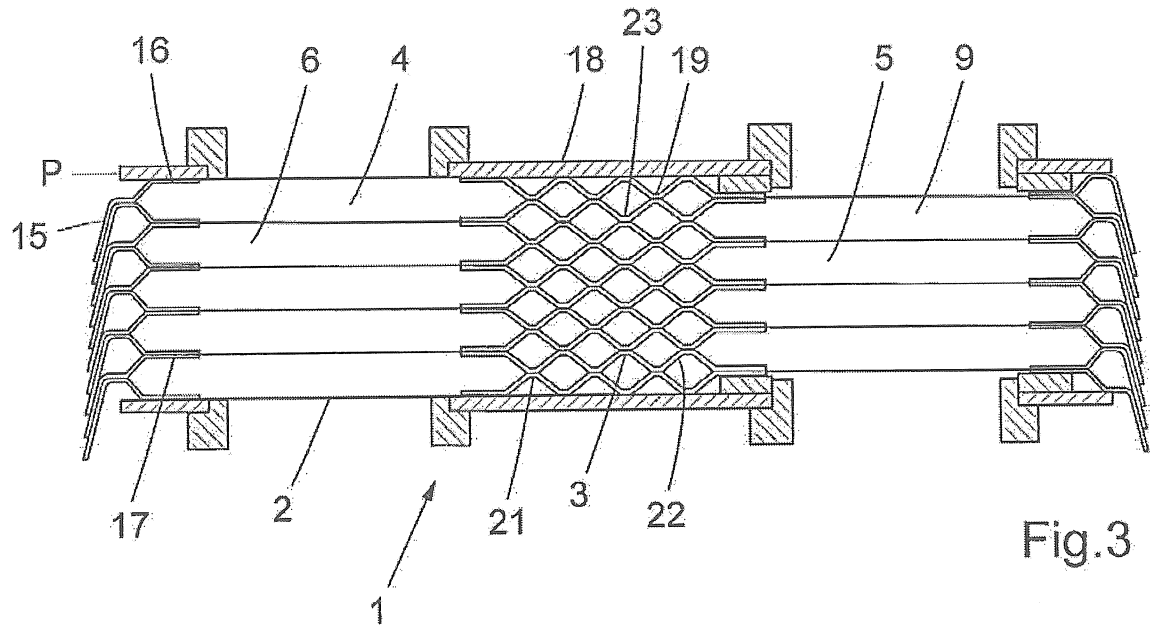


Fig.1



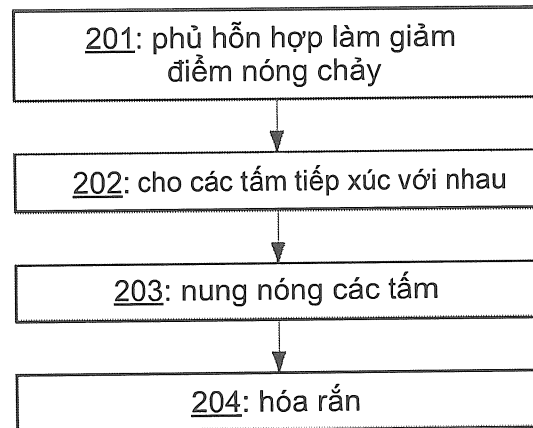


Fig. 4

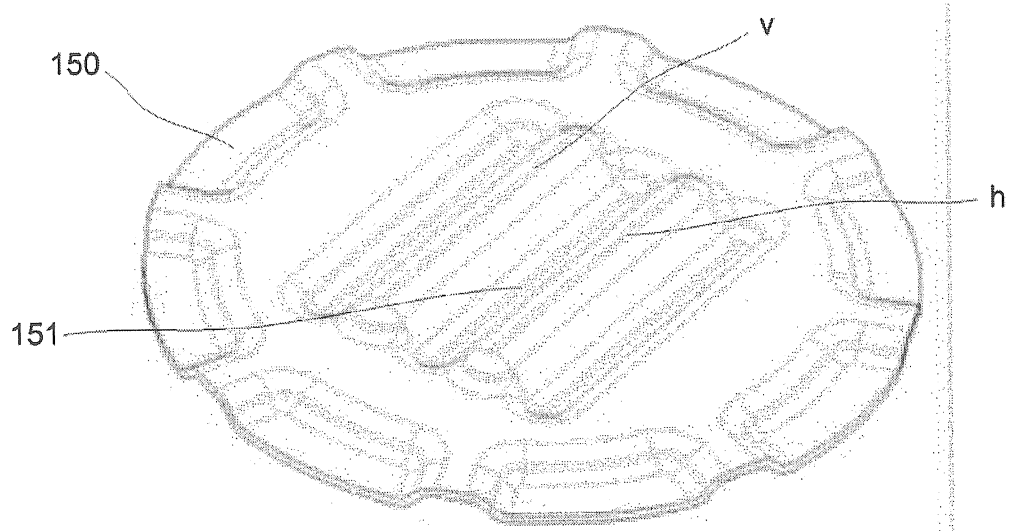


Fig. 5

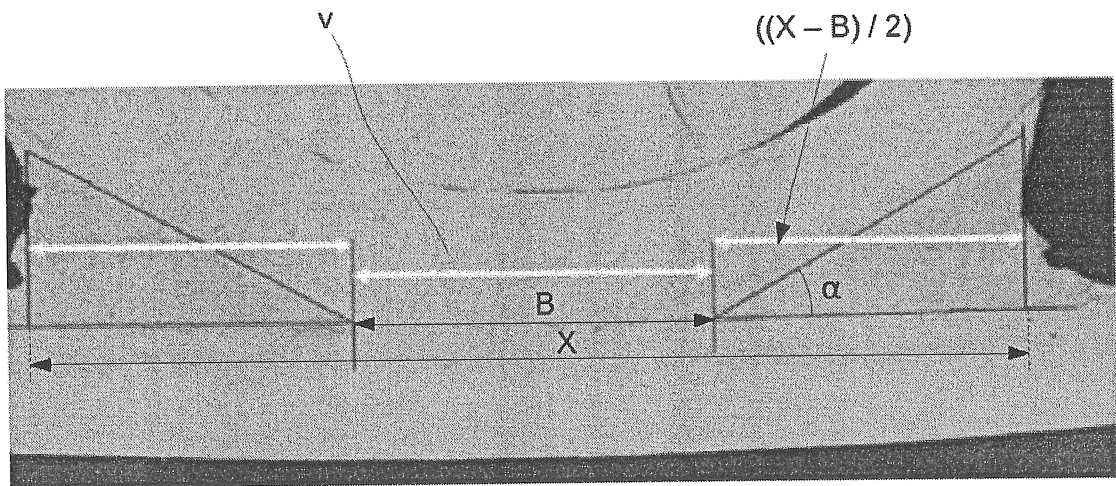


Fig. 6

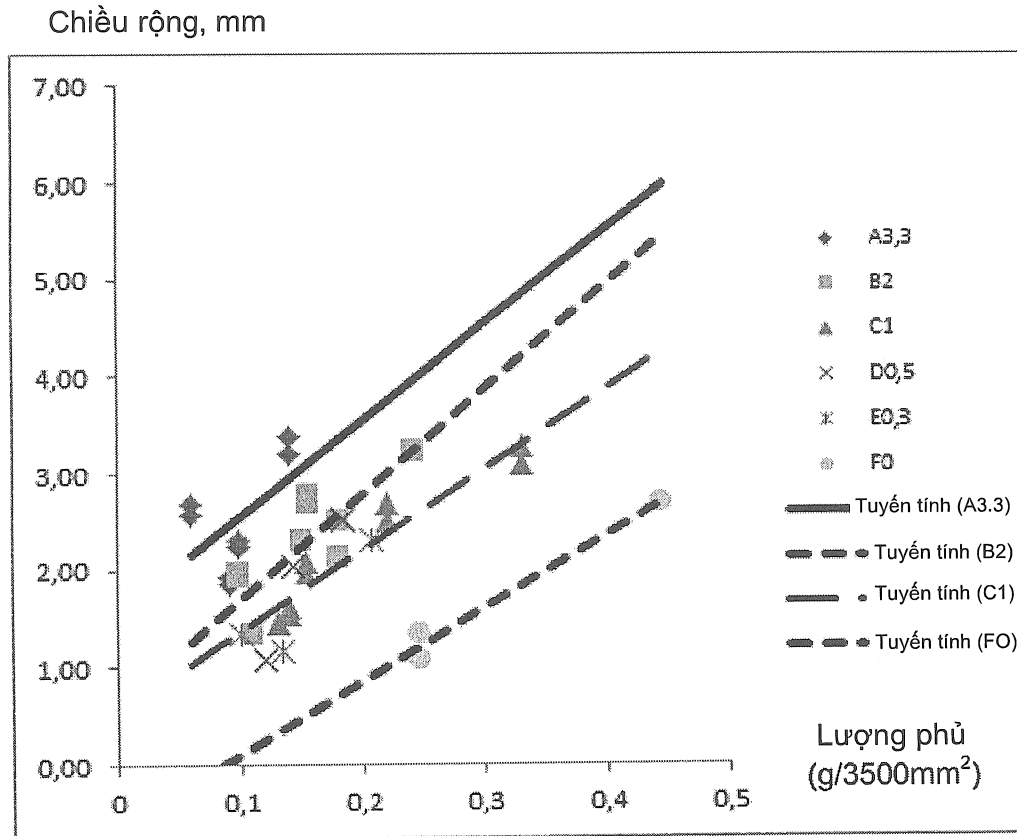


Fig. 7

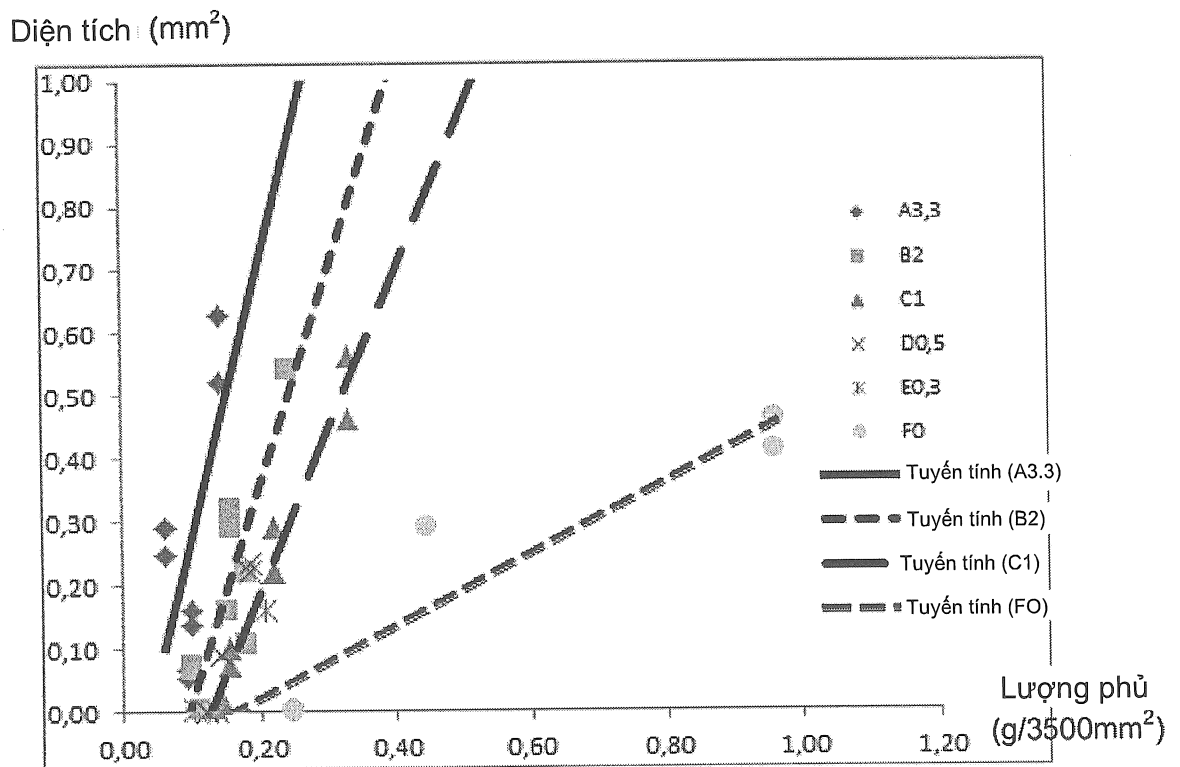


Fig. 8

Tỷ lệ thành công (%)

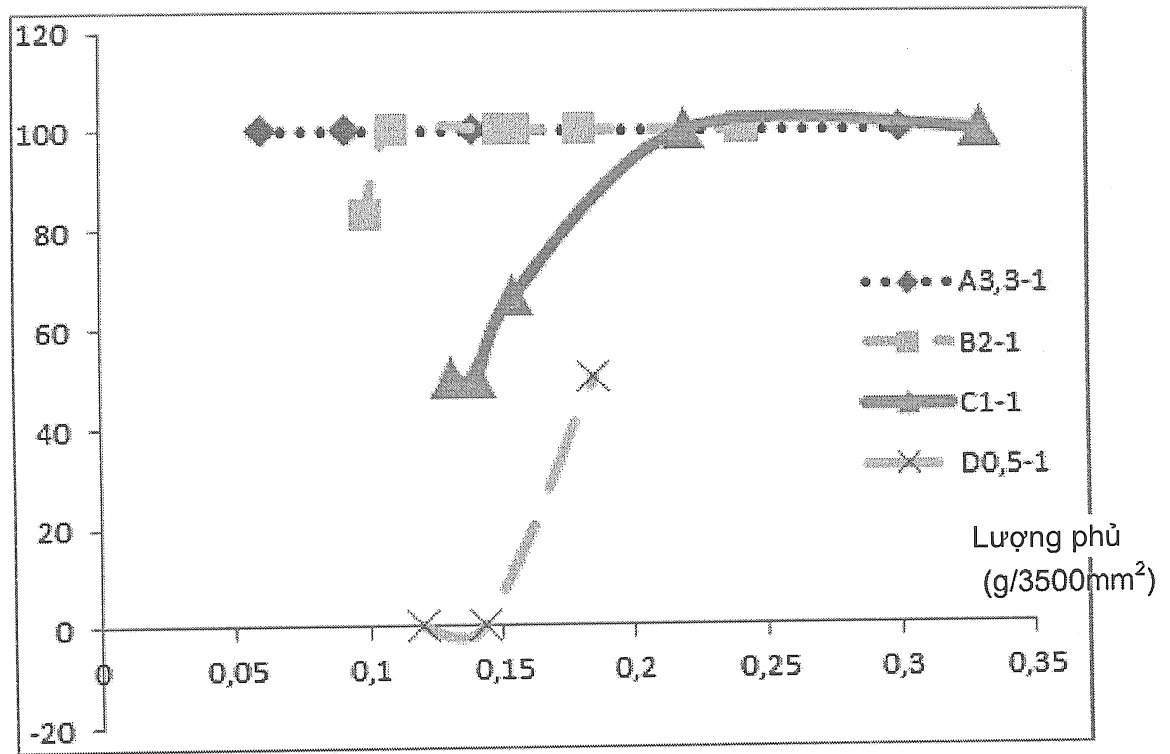


Fig. 9



Fig. 10