



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0024550

(13) B
B23K 35/365; F28F 3/04; B23K 1/20;
B23K 20/00; B23K 20/24; B23K 35/00;
B23K 35/02; B23K 35/24; B23K 35/36;
(51)^{2006.01} B23K 35/362; B32B 15/01; C22C 1/02;
C22C 19/00; C23C 24/10; C23C 30/00;
F28D 9/00; F28F 21/08; B21D 53/04;
B23K 1/00

(21) 1-2014-03611

(22) 27/03/2013

(86) PCT/EP2013/056530 27/03/2013

(87) WO2013/144211A1 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)

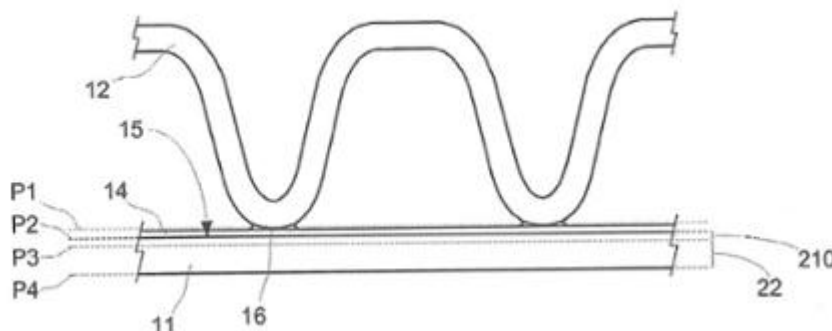
P.O. Box 73, SE-221 00 Lund, Sweden

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

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

(54) PHƯƠNG PHÁP GHÉP NỐI CÁC CHI TIẾT KIM LOẠI, SẢN PHẨM CÓ CÁC CHI TIẾT KIM LOẠI ĐƯỢC GHÉP NỐI NÀY VÀ HỖN HỢP LÀM GIẢM ĐIỂM NÓNG CHẢY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất (11) với chi tiết kim loại thứ hai (12), các chi tiết kim loại (11, 12) có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C. Phương pháp này bao gồm: bước phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) lên trên bề mặt (15) của chi tiết kim loại thứ nhất (11), hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) 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 chi tiết kim loại thứ nhất (11); bước tiếp xúc để cho chi tiết kim loại thứ hai (12) tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) ở điểm tiếp xúc (16) trên bề mặt (15); bước nung nóng các chi tiết kim loại thứ nhất và thứ hai (11, 12) đến nhiệt độ lớn hơn 1100°C; và bước hoá rắn lớp kim loại đã nóng chảy (210) của chi tiết kim loại thứ nhất (11) để thu được mối nối (25) ở điểm tiếp xúc (16). Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy và sản phẩm có các chi tiết kim loại được ghép nối này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất với chi tiết kim loại thứ hai bằng cách sử dụng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy. Sáng chế còn đề cập đến hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy và sản phẩm có các chi tiết kim loại được ghép nối này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ngày nay có nhiều phương pháp khác nhau để ghép nối các chi tiết kim loại (vật kim loại hoặc chi tiết gia công bằng kim loại) được làm bằng nguyên tố kim loại, trong đó các nguyên tố kim loại này bao gồm nhiều kim loại nguyên tố khác nhau cũng như các hợp kim kim loại khác nhau. Các chi tiết kim loại đã nêu có nhiệt độ nóng chảy ít nhất là 1100°C do chúng được làm từ các nguyên tố kim loại hoặc hợp kim kim loại có tính chất này. Điều này có nghĩa là các chi tiết kim loại không thể được làm bằng, ví dụ, đồng nguyên chất, nhôm nguyên chất hoặc các hợp kim trên cơ sở nhôm khác nhau. Một số ví dụ về kim loại điển hình có thể được dùng làm chi tiết kim loại bao gồm các hợp kim trên cơ sở sắt, niken và coban.

Một phương pháp phổ biến để ghép nối các chi tiết kim loại nêu trên là hàn, trong đó kim loại trong chi tiết kim loại được làm nóng chảy khi có hoặc không có chất hàn bổ sung, nghĩa là sản phẩm đúc được tạo ra bằng cách làm nóng chảy và hóa rắn lại.

Phương pháp ghép nối khác là hàn vảy cứng, trong đó quá trình ghép nối kim loại diễn ra khi kim loại hàn thứ nhất được phủ lên ít nhất một trong hai chi tiết kim loại cần được ghép nối và sau đó được nung nóng đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ nóng chảy của nó và được phân bố giữa các chi tiết kim loại nhờ tác dụng mao dẫn. Kim loại hàn được nung nóng đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ nóng chảy của nó và thường được bảo vệ bởi môi trường thích hợp. Sau đó, kim loại hàn này chảy trên các chi tiết kim loại về phía các điểm tiếp xúc, nơi mà nó sẽ tạo ra mối nối.

Nói chung, khi hàn vảy cứng, kim loại hàn được cho tiếp xúc với khoảng trống hoặc khe hở giữa các chi tiết kim loại cần được ghép nối. Trong quá trình nung nóng,

kim loại hàn này 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 kim loại hàn. 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. Thể tích nhỏ của chi tiết kim loại nằm sát ngay kim loại hàn dạng lỏng sẽ hòa tan hoặc được cho phản ứng với kim loại hàn trong giai đoạn này. Đồng thời, một lượng nhỏ các nguyên tố của pha lỏng xâm nhập vào chi tiết kim loại dạng rắn. Sự phân bố lại này của các thành phần trong vùng mối nối dẫn đến sự thay đổi thành phần của kim loại hàn, và đôi khi, thay đổi sự bắt đầu hóa rắn của kim loại 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. Thể tích của các chi tiết kim loại nằm sát kim loại hàn dạng lỏng là rất nhỏ, nghĩa là mối nối được tạo ra bởi kim loại hàn ở mức lớn nhất. Thông thường, khi hàn vảy cứng, ít nhất 95% kim loại trong mối nối có nguồn gốc từ kim loại hàn.

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, hàn vảy cứng và tạo liên kết TLP đã ghép nối thành công các chi tiết kim loại. Tuy nhiên, phương pháp hàn 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 kim loại hàn thích hợp nhất. Phương pháp tạo liên kết TLP 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 điền đầy hoặc khi cần tạo ra mối nối tương đối lớn.

Do đó, có nhiều yếu tố liên quan khi chọn phương pháp ghép nối nhất định. Các yếu tố cũng mang tính quyết định là chi phí, năng suất, độ an toàn, tốc độ hàn và đặc tính của mối 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 ghép nối các chi tiết kim loại (các chi tiết gia công bằng kim loại, nghĩa là các chi tiết gia công hoặc vật được làm bằng kim loại) theo cách đơn giản và đáng tin cậy trong khi vẫn tạo ra mối nối chắc giữa các chi tiết kim loại này.

Để đạt được các mục đích này, sáng chế đề xuất phương pháp ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất với chi tiết kim loại thứ hai. Phương pháp này được sử dụng cho các chi tiết kim loại có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C . Phương pháp theo sáng chế bao gồm các bước:

phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy trên bề mặt của chi tiết kim loại 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 chi tiết kim loại 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 bề mặt;

cho chi tiết kim loại thứ hai tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy ở điểm tiếp xúc trên bề mặt nêu trên;

nung nóng các chi tiết kim loại thứ nhất và thứ hai đến nhiệt độ lớn hơn 1100°C , nhờ đó bề mặt của chi tiết kim loại thứ nhất nóng chảy sao cho lớp bề mặt của chi tiết kim loại 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 chi tiết kim loại thứ hai ở điểm

tiếp xúc; và

hóa rắn lớp kim loại nóng chảy này để thu được mối nối ở điểm tiếp xúc.

Kim loại trong các chi tiết kim loại 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 chi tiết kim loại không thể là đồng nguyên chất, hợp kim trên cơ sở đồng, nhôm nguyên chất hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm do chúng không có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C. Kim loại trong chi tiết kim loại hoặc thậm chí chính chi tiết kim loại này 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 có trong hợp kim này. Trường hợp tương tự cũng áp dụng đối với hợp kim trên cơ sở niken, coban, crom và nhôm.

Như đã nêu, 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 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 nhưng có tác dụng “gắn dính” hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy để hỗn hợp này tạo thành 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 kim loại hàn với lượng nhỏ. Tuy nhiên, kim loại 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 kim loại 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 này 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 kim loại hàn bất kỳ có thể được đưa vào hỗn hợp, tức là kim loại 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 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, 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 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 kim loại 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 kim loại hàn có thể giảm đi hoặc thậm chí không cần sử dụng kim loại hàn và có thể áp dụng được cho các chi tiết kim loại được làm bằng các vật liệu khác nhau. Phương pháp này cũng có thể được sử dụng ở phạm vi rộng, ví dụ để ghép nối các tấm truyền nhiệt hoặc vật kim loại thích hợp bất kỳ được ghép nối theo cách khác, ví dụ, bằng cách hàn hoặc hàn vảy cứng thông thường.

Chắc chắn là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy cũng có thể được phủ trên chi tiết 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 kim loại 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 thậm chí 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 của 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 của 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 “kim loại hàn” được bàn luận trên đây. Lượng nhỏ của các nguyên tố kim loại hoặc kim loại hàn này 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.

Chi tiết kim loại thứ nhất có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 0,3 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 đến 0,12mg/mm² trên bề mặt của chi tiết kim loại thứ nhất. Bước phủ bo và silic với lượng trung bình nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,12mg/mm² trên bề mặt của chi tiết kim loại thứ nhất bao gồm cả bước phủ gián tiếp bất kỳ, ví dụ, qua chi tiết kim loại thứ hai, chẳng hạn, bo và silic được chuyển từ chi tiết kim loại thứ hai đến chi tiết kim loại 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 chi tiết kim loại thứ nhất.

Chi tiết kim loại thứ nhất có thể có độ dày nằm trong khoảng từ 0,6 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 đến 1,0mg/mm² trên bề mặt của chi tiết kim loại thứ nhất. Như đã nêu trên đây, bước phủ này cũng bao gồm "bước phủ" gián tiếp qua chi tiết kim loại thứ hai.

Chi tiết kim loại 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 đến 5,0mg/mm² trên bề mặt của chi tiết kim loại thứ nhất.

Bề mặt có thể có diện tích lớn hơn diện tích được xác định bằng điểm tiếp xúc trên phần bề mặt này, sao cho kim loại trong lớp kim loại đã nóng chảy 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 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 đã nóng chảy chảy từ đó để tạo ra mỗi nối.

Diện tích bề mặt có thể lớn hơn ít nhất 3 lần so với diện tích mặt cắt ngang của mỗi nối. Diện tích bề mặt có thể thậm chí còn 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 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 mỗi nối được tạo ra bằng cách hàn vảy cứng, do các mỗi nối này thường chứa ít nhất 90% trọng lượng kim loại mà trước khi hàn vảy cứng, là một phần kim loại hàn của chất hàn vảy cứng được sử dụng để tạo ra mỗi nối.

Chi tiết bất kỳ trong số chi tiết kim loại thứ nhất và chi tiết kim loại thứ hai có

thể có nhiều phần nhô lên kéo dài về phía chi tiết kim loại còn lại sao cho khi chi tiết kim loại thứ hai tiếp xúc với bề mặt sẽ có nhiều điểm tiếp xúc được tạo ra trên bề mặt đó. Trường hợp này thường gặp khi các chi tiết kim loại có dạng tấm lượn sóng được xếp chồng và ghép nối để tạo ra thiết bị trao đổi nhiệt.

Chi tiết kim loại thứ nhất 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 chi tiết kim loại thứ nhất cũng như chi tiết kim loại 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 khía cạnh khác, sáng chế đề xuất sản phẩm có chi tiết kim loại thứ nhất được ghép nối với chi tiết kim loại thứ hai bằng mối nối. Các chi tiết kim loại này có nhiệt độ pha rắn cao hơn 1100°C và mối nối chứa ít nhất 50% trọng lượng các nguyên tố kim loại được lấy từ vùng bao quanh mối nối và là một phần của chi tiết bất kỳ trong số chi tiết kim loại thứ nhất và chi tiết kim loại thứ hai.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất sản phẩm có chi tiết kim loại thứ nhất được ghép nối với chi tiết kim loại thứ hai theo phương pháp nêu trên hoặc theo phương án bất kỳ trong số các phương án của nó.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy, nghĩa là hỗn hợp này được phát triển và có thành phần đặc biệt để ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất với chi tiết kim loại thứ hai theo phương pháp nêu trên hoặc theo phương án bất kỳ trong số các phương án của nó. Hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy này bao gồm i) 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, và ii), tùy ý, thành phần gắn kết để tạo điều kiện thuận lợi cho việc phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy trên chi tiết kim loại thứ nhất.

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 sau đây cũng như từ các hình vẽ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt ngang của các chi tiết kim loại thứ nhất và thứ hai, trong đó hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy được phủ ở giữa các chi tiết này.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện các chi tiết kim loại theo Fig.1 trong khi nung nóng.

Fig.3 là hình vẽ thể hiện các chi tiết kim loại theo Fig.1 khi mối nối được tạo ra.

Fig.4 là hình vẽ mặt cắt ngang của chi tiết kim loại thứ nhất và thứ hai khi hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy được phủ ở giữa các chi tiết này và khi chi tiết kim loại thứ hai tiếp giáp với chi tiết kim loại thứ nhất.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện các chi tiết kim loại theo Fig.4 trong quá trình nung nóng.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện các chi tiết kim loại theo Fig.4 khi mối nối được tạo ra.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện các chi tiết kim loại khi mối nối được tạo ra và khi các chi tiết này được đập với nhau trong quá trình tạo ra mối nối.

Fig.8 là hình vẽ tương ứng với Fig.7, trong đó vật liệu từ cả hai chi tiết kim loại được làm nóng chảy và tạo ra mối nối.

Fig.9 là hình vẽ tương ứng với Fig.1 và thể hiện sự phân bố điểm tiếp xúc giữa các chi tiết kim loại.

Fig.10 là hình vẽ thể hiện diện tích của điểm tiếp xúc giữa các chi tiết kim loại.

Fig.11 là hình vẽ tương ứng với Fig.3 và thể hiện sự phân bố mối nối giữa các chi tiết kim loại.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện diện tích mặt cắt ngang của mối nối.

Fig.13 thể hiện tấm dập được sử dụng trong các ví dụ để mô tả cách có thể ghép nối hai chi tiết kim loại.

Fig.14 là ảnh chụp mặt cắt ngang của mối nối giữa tấm được thể hiện trên Fig.13 và tấm phẳng.

Fig.15 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 phủ ($\text{g}/3500\text{mm}^2$), bao gồm các đường xu hướng.

Fig.16 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 phủ ($\text{g}/3500\text{mm}^2$), bao gồm các đường xu hướng.

Fig.17 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 phủ ($\text{g}/3500\text{mm}^2$), bao gồm các đường xu hướng.

Fig. 18 thể hiện ảnh chụp các mẫu thử nghiệm khác được ghép nối, và

Fig. 19 sơ đồ công nghệ của phương pháp ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất và chi tiết kim loại thứ hai.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 thể hiện chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 trong đó hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được bố trí trên bề mặt 15 của chi tiết kim loại thứ nhất 11. Chi tiết kim loại thứ hai 12 tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 ở điểm tiếp xúc 16 trên bề mặt 15. Đối với chi tiết kim loại thứ hai được minh họa 12, phần nhô lên thứ nhất 28 tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 ở điểm tiếp xúc 16 trong khi phần nhô lên thứ hai 29 tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 ở điểm tiếp xúc khác 116. Chi tiết kim loại thứ nhất 11 được làm

bằng nguyên tố kim loại, như hợp kim trên cơ sở sắt. Các ví dụ khác về nguyên tố kim loại thích hợp có thể được dùng làm chi tiết kim loại thứ nhất 11 được đưa ra dưới đây. Chi tiết kim loại thứ hai 12 cũng được làm bằng nguyên tố kim loại, nguyên tố kim loại này có thể giống với nguyên tố kim loại được dùng làm chi tiết kim loại thứ nhất 11. Trên Fig.1, chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 vẫn chưa được ghép nối.

Năm mặt phẳng P1-P5 được sử dụng để mô tả cách mà chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 được ghép nối. Mặt phẳng thứ nhất P1 xác định bề mặt của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14. Mặt phẳng thứ hai P2 xác định bề mặt 15 của chi tiết kim loại thứ nhất 11, bề mặt này là mặt "trên" 15 của chi tiết kim loại thứ nhất 11. Điều này có nghĩa là hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 có độ dày tương ứng với khoảng cách giữa mặt phẳng thứ nhất P1 và mặt phẳng thứ hai P2 (bề mặt 15). Cần lưu ý rằng độ dày của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được phóng đại với tỷ lệ rất lớn trên các hình vẽ minh họa. Độ dày thực tế, nghĩa là lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 trên bề mặt 15 cũng như thành phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14, được bàn luận chi tiết dưới đây.

Mặt phẳng thứ ba P3 xác định lớp bề mặt 21 của chi tiết kim loại thứ nhất 11, trong đó lớp bề mặt 21 này kéo dài từ bề mặt 15 đến mặt phẳng thứ ba P3 nằm trong chi tiết kim loại thứ nhất 11. Do đó, độ dày của lớp bề mặt 21 tương ứng với khoảng cách giữa mặt phẳng thứ hai P2 (bề mặt 15) và mặt phẳng thứ ba P3. Mặt phẳng thứ tư P4 xác định mặt dưới của chi tiết kim loại thứ nhất 11. Độ dày của chi tiết kim loại thứ nhất 11 tương ứng với khoảng cách giữa mặt phẳng thứ hai P2 và mặt phẳng thứ tư P4. Chi tiết kim loại thứ nhất 11 còn có lớp dưới 22 là một phần của chi tiết kim loại thứ nhất 11 nhưng không bao gồm lớp bề mặt 21 và chi tiết này kéo dài từ mặt phẳng thứ ba P3 đến mặt phẳng thứ tư P4. Mặt phẳng thứ năm P5 xác định đường cơ sở của chi tiết kim loại thứ hai 12, trong đó phần nhô lên thứ nhất 28 và phần nhô lên thứ hai 29 nhô lên từ đường cơ sở này theo hướng về phía chi tiết kim loại thứ nhất 11.

Các hình dạng minh họa của chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 chỉ là hình dạng làm ví dụ và các hình dạng khác cũng có thể được sử dụng. Ví dụ, các chi tiết kim loại 11, 12 có thể có dạng cong, sao cho các mặt phẳng P1-P5 không có dạng mặt phẳng hai chiều mà có dạng mặt cong.

Fig.2 thể hiện các chi tiết kim loại 11, 12 khi chúng được nung nóng đến nhiệt

độ cao hơn nhiệt độ mà hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 làm cho lớp bề mặt 21 nóng chảy và tạo ra lớp kim loại đã nóng chảy 210, nhưng ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của vật liệu trong chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12. Tóm lại, khi nung nóng các chi tiết kim loại 11, 12, bo và silic trong hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 khuếch tán vào chi tiết kim loại thứ nhất 11 và làm cho chi tiết này nóng chảy ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của vật liệu trong chi tiết kim loại thứ nhất 11 (và của chi tiết kim loại thứ hai 12). Hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được phủ trên bề mặt 15 với lượng để làm cho lớp bề mặt 21 nóng chảy và tạo ra lớp kim loại đã nóng chảy 210. Do đó, lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được chọn sao cho bo và silic chỉ khuếch tán vào lớp bề mặt 21 (nếu có quá nhiều bo và silic, chúng có thể làm nóng chảy toàn bộ chi tiết kim loại thứ nhất 11). Lượng thích hợp của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được mô tả trong các ví dụ dưới đây. Sau đó, kim loại trong lớp kim loại nóng chảy 210 sẽ chảy tới điểm tiếp xúc 16, thường là nhờ tác dụng mao dẫn (và đến các điểm tiếp xúc tương tự khác như điểm tiếp xúc 116).

Fig.3 thể hiện các chi tiết kim loại 11, 12 khi toàn bộ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 đã khuếch tán vào chi tiết kim loại thứ nhất 11 và khi kim loại trong lớp kim loại nóng chảy 210 chảy về phía điểm tiếp xúc 16 nơi mỗi nối 25 được tạo ra. Khi đó, mỗi nối chứa kim loại mà trước đó là một phần của chi tiết kim loại thứ nhất 11. Như có thể quan sát trên hình vẽ, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 không còn có mặt trên bề mặt 15 của chi tiết kim loại thứ nhất 11 do nó đã khuếch tán vào chi tiết kim loại thứ nhất 11 này và thường là cũng khuếch tán ở mức độ nhất định vào chi tiết kim loại thứ hai 12. Do mỗi nối 25 được tạo ra từ kim loại có trong chi tiết kim loại thứ nhất 11, chi tiết kim loại thứ nhất 11 này trở nên mỏng hơn so với trước khi nung nóng. Như có thể thấy trên hình vẽ, chi tiết kim loại thứ nhất 11 hiện tại có mặt trên 15' không nằm ở mặt phẳng thứ hai P2. Thay vào đó, mặt trên này nằm sát với mặt phẳng thứ tư P4. Nói chung, không phải toàn bộ kim loại trong lớp kim loại đã nóng chảy 210 chảy về phía điểm tiếp xúc 16 để tạo ra mỗi nối 25 mà một lượng nhất định vẫn nằm ở mặt trên của chi tiết kim loại thứ nhất 11 và hóa rắn ở đó đồng với quá trình hóa rắn mỗi nối 25. Quá trình hóa rắn diễn ra khi nhiệt độ giảm đi nhưng cũng có thể diễn ra trước khi giảm nhiệt độ, do bo và silic trong hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy khuếch tán từ từ vào vật liệu của chi tiết kim loại thứ nhất 11 và trộn lẫn với vật liệu

này. Quá trình vật lý diễn ra phía sau sự nóng chảy của kim loại trong chi tiết kim loại thứ nhất 11 cũng như quá trình hóa rắn sau đó là tương tự với quá trình nóng chảy và hóa rắn diễn ra trong khi hàn vảy cứng. Tuy nhiên, so với quá trình hàn vảy cứng thông thường, có sự khác biệt đáng kể ở chỗ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 không chứa hoặc chứa lượng kim loại hàn rất nhỏ; thay vì sử dụng kim loại hàn để tạo ra mỗi nối 25, kim loại từ chi tiết kim loại thứ nhất 11 và, tùy ý như sẽ được mô tả dưới đây, từ chi tiết kim loại thứ hai 12, được sử dụng để tạo ra mỗi nối 25.

Các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6 tương ứng với các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.3, chỉ khác là chi tiết kim loại thứ hai 12 được ép vào hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 ở mức sao cho chi tiết này về cơ bản là tiếp xúc hoặc tiếp giáp với chi tiết kim loại thứ nhất 11 (một lượng nhỏ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 vẫn thường có mặt giữa các chi tiết kim loại 11, 12).

Fig.7 tương ứng với Fig.3 và Fig.6, chỉ khác là chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 được ép với nhau trong quá trình tạo ra mỗi nối 25. Do đó, chi tiết kim loại thứ hai 12 nằm ở mỗi nối 25 “chìm” vào lớp kim loại nóng chảy 210 của chi tiết kim loại thứ nhất 11.

Fig.8 tương ứng với Fig.7, trong đó vật liệu từ cả chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 đã nóng chảy và tạo ra mỗi nối 25. Trên thực tế, quá trình này thường xảy ra trong khi tạo mỗi nối 25, đặc biệt là khi chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 được làm từ cùng loại vật liệu, do chi tiết kim loại thứ hai 12 cũng tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy.

Trước khi nung nóng, chi tiết kim loại thứ hai 12 có đường bao ngoài được xác định bởi đường L2. Trong quá trình gia nhiệt, lớp bề mặt của chi tiết kim loại thứ hai 12 sẽ tạo ra lớp bề mặt nóng chảy, trong đó kim loại của lớp này chảy đến điểm tiếp xúc 16 và tạo ra một phần mỗi nối 25 ở đó. Lớp bề mặt đã nóng chảy của chi tiết kim loại thứ hai 12 được thể hiện bằng lớp ở giữa đường L2 và đường L1, trong đó đường L1 xác định đường ranh giới trong đó kim loại của chi tiết kim loại thứ hai 12 vẫn chưa nóng chảy.

Cần lưu ý rằng không có ranh giới thực sự rõ giữa kim loại của chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 đã nóng chảy với chưa nóng chảy. Thay vào đó, có sự chuyển tiếp dần dần từ “đã nóng chảy” thành “không nóng chảy”.

Fig.9 tương ứng với Fig.1 và thể hiện sự phân bố điểm tiếp xúc 16 giữa chi tiết

kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12. Fig.10 cũng thể hiện các chi tiết kim loại 11, 12 nhưng từ phía trên và trong mặt phẳng thứ nhất P1. Fig.9 là hình vẽ mặt cắt ngang khi nhìn dọc theo đường cắt A-A trên Fig.10.

Như có thể thấy trên hình vẽ, điểm tiếp xúc 16 có sự phân bố trên hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 trên chi tiết kim loại thứ nhất 11 là lớn hơn đáng kể so với sự phân bố hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 trên bề mặt 15. Sự phân bố điểm tiếp xúc 16 có diện tích A2 nhỏ hơn đáng kể so với diện tích A1 của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 trên bề mặt 15. Diện tích A1 chứa diện tích A2. Diện tích A1 kéo dài giữa hai đường L3, L4 được bố trí ở phía tương ứng của điểm tiếp xúc 16. Đường L3 nằm giữa điểm tiếp xúc 16 và điểm tiếp xúc khác 116, do kim loại nóng chảy của chi tiết kim loại thứ nhất 11 thường chảy về phía điểm tiếp xúc gần nhất. Diện tích A1 của bề mặt 15 mà trên đó hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được phủ là lớn hơn ít nhất 10 lần diện tích A2 được xác định bằng điểm tiếp xúc 16. Diện tích A1 có thể được xác định là diện tích của bề mặt 15 mà trên đó hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được phủ và kim loại được kéo từ diện tích A1 để tạo ra mối nối 25. Diện tích A2 có thể được xác định là diện tích của điểm tiếp xúc 16, nghĩa là diện tích tiếp xúc giữa hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 và chi tiết kim loại thứ hai 12, tùy ý bao gồm cả diện tích tiếp xúc (nếu có) giữa chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12 ở điểm tiếp xúc 16. Diện tích A1 thường lớn hơn ít nhất 10 lần so với diện tích A2.

Fig.11 tương ứng với Fig.3 và thể hiện diện tích mặt cắt ngang A3 của mối nối 25. Diện tích A1 của bề mặt 15 mà hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được phủ trên đó là lớn hơn ít nhất 3 lần so với diện tích mặt cắt ngang A3 của mối nối 25. Fig.12 cũng thể hiện các chi tiết kim loại 11, 12 nhưng từ phía trên và trong mặt phẳng thứ hai P2. Fig.11 là hình vẽ mặt cắt ngang khi nhìn dọc theo đường cắt A-A trên Fig.12.

Như có thể thấy trên hình vẽ, mối nối 25 có diện tích mặt cắt ngang A3 nhỏ hơn đáng kể so với diện tích A1 của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 trên bề mặt 15. Như đã nêu trên đây, diện tích A1 có thể được xác định là diện tích của bề mặt 15 mà trên đó hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 được phủ và kim loại được kéo từ diện tích A1 để tạo ra mối nối 25. Diện tích mặt cắt ngang A3 của mối nối 25 có thể được xác định là diện tích nhỏ nhất của mối nối 25 ở giữa chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi

tiết kim loại thứ hai 12. Diện tích mặt cắt ngang A3 có thể có dạng mặt cong. Rõ ràng là các diện tích A1 và A2 có thể có dạng mặt cong, tùy thuộc vào hình dạng tương ứng của chi tiết kim loại thứ nhất 11 và chi tiết kim loại thứ hai 12.

Nhiều thử nghiệm và ví dụ được thể hiện dưới đây để mô tả các vật liệu thích hợp dùng làm chi tiết kim loại thứ nhất 11, chi tiết kim loại thứ hai 12, thành phần của hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14, lượng hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14 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 chi tiết kim loại thứ nhất 11, chi tiết kim loại thứ hai 12, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy 14, điểm tiếp xúc 16, mối nối 25, 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”. Chi tiết kim loại có thể được gọi là “kim loại nền”.

Fig.13 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 này 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.14 thể hiện mặt cắt ngang của mối nối giữa tấm 150 thuộc loại được thể hiện trên Fig.13 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 tới vùng mối nối từ các vùng lân cận nhờ tác dụng mao dẫn, 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 mỗi 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 mỗi 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.15 là đồ thị thể hiện chiều rộng đo được theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ theo các phương án khác nhau ($\text{g}/3500\text{mm}^2$) 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.15. Đường xu hướng thể hiện trên Fig.15 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.15. Lượng hỗn hợp được phủ, xem các Bảng 8 và 9, nằm trong khoảng từ $0,06\text{g}/3500\text{mm}^2$ đến $0,96\text{g}/3500\text{mm}^2$, tương ứng với $0,017 \text{ mg}/\text{mm}^2$ đến $0,274 \text{ mg}/\text{mm}^2$.

Đường xu hướng $Y = K \cdot X + L$ của 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 15. 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) = $0,537 + 8,342 \cdot (\text{lượng hỗn hợp C1 được phủ})$

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

Như đã thấy từ Fig.15, 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 mỗi nối theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ. Mẫu F0 không tạo ra mỗi nối đáng kể bất kỳ khi lượng phủ thấp hơn $0,20\text{g}/3500\text{mm}^2$.

Fig.16 thể hiện đồ thị khác trong đó diện tích điền đầy của mỗi hàn vảy cứng

được tính dựa vào chiều rộng đo được theo hàm số của lượng hỗn hợp được phủ ($\text{g}/3500\text{mm}^2$) 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.16. Đối với Fig.16, diện tích của mỗi hàn vảy cứng là:

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

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

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

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

Ước tính thể tích tạo ra dựa trên đồ thị được thể hiện trên Fig.16, ví dụ, đối với lượng phủ $0,18\text{g}/3500\text{mm}^2$, trừ mẫu F0 do “không tạo ra” mỗi 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 nồi 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.17 thể hiện đồ thị khác trong đó tỷ lệ phần trăm (%) là tỷ lệ thành công của thử nghiệm kéo trong đó mỗi nồi 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 nồi dẫn đến mỗi nồi bị bong thì kết quả được đặt bằng 0. Đối với các mẫu mà mỗi nồi chắc hơn tấm vật liệu, sự khác nhau về kết quả sẽ không có ý nghĩa thống kê.

Fig.18 thể hiện mẫu ghép nối khác bằng cách tạo mỗi nồi nhờ sử dụng hỗn hợp. Ảnh chụp thể hiện mỗi nồi được tạo ra giữa hai tấm. Mẫu này được lấy từ Ví dụ 10.

Ví dụ thực hiện sáng chế

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 là 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 mỗi 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 mỗi 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 ngắn 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 100mm x 35mm = 3500mm² = 35cm². 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. Tấm dập hình tròn được đặt trên vùng bề mặt này (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.13. 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.13. Lượng hợp kim hàn vảy cứng được tính bằng phép tính gần đúng, xem Fig.14, 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 mỗi hàn được thể hiện trong Bảng 8 và 9, và trên Fig.15. 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.15. 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.15. Do đó, chiều rộng của mỗi 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 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 mỗi nối đáng kể bất kỳ ở lượng phủ thấp hơn 0,20g/ 3500mm².

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.16.

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.16 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.

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

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

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

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

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 mối 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 mỗi 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 mỗi nối chắc hơn tấm. Tấm dày hơn cũng rộng hơn các mẫu có chiều dài 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 nối bị bong.

Nếu tấm vật liệu chắc hơn mỗi nối thì mỗi nối này bị bong, kết quả được đặt bằng 0. Đối với các mẫu mà mỗi nối chắc hơn tấm 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 nối chắc hơn hoặc chắc bằng tấm vật liệu theo hàm số của lượng hỗn hợp phủ, nghĩa là mỗi nối không bị bong khi thử nghiệm. Kết quả được nêu tóm tắt trong Bảng 10 và thể hiện bằng đồ thị trên Fig.17.

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 mối 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 thùng [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, mối hàn vảy cứng giữa hai tấm của thiết bị trao đổi nhiệt được dập 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

thể được thử nghiệm về khả năng tạo môi nổi 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 môi nổi, 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.15. 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 môi nổi theo tính toán, Y [mm ²]	Chiều rộng môi nổi 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 ghép nối được thể hiện trên Fig.18.

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”, mỗi 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 mỗi 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.

Phương pháp

Fig.19 thể hiện sơ đồ công nghệ của phương pháp ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất và chi tiết kim loại thứ hai. Các chi tiết kim loại này có thể được làm bằng vật liệu khác nhau như đã mô tả trên đây.

Trong bước thứ nhất 201, hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy được phủ trên bề mặt của một trong số các chi tiết kim loại (ở đây là chi tiết kim loại thứ nhất). Chính việc phủ này có thể được thực hiện bằng các kỹ thuật thông thường, ví dụ, bằng cách phun hoặc sơn trong trường hợp hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy chứa thành phần gắn kết, và bằng phương pháp PVD hoặc CVD trong trường hợp không sử dụng thành phần gắn kết.

Trong bước tiếp theo 202, chi tiết kim loại thứ hai được cho tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy ở điểm tiếp xúc trên bề mặt. Quá trình 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.

Trong bước tiếp theo 203, các chi tiết kim loại 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, bề mặt của ít nhất là chi tiết kim loại thứ nhất nóng chảy và cùng với thành phần làm giảm điểm nóng chảy sẽ tạo ra lớp kim loại nóng chảy, lớp này tiếp xúc với chi tiết kim loại thứ hai ở điểm tiếp xúc giữa chi tiết kim loại thứ nhất và chi tiết kim loại thứ hai. Khi điều này xảy ra, kim loại của lớp kim loại đã nóng chảy sẽ chảy về phía điểm tiếp xúc.

Trong bước cuối 204, lớp kim loại đã nóng chảy được để hóa rắn để thu được mối nối ở điểm tiếp xúc, nghĩa là kim loại đã chảy tới các điểm tiếp xúc sẽ hoá rắn. Quá trình hoá rắn này thường bao gồm việc làm giảm nhiệt độ đến nhiệt độ trong phòng bình thường. Tuy nhiên, quá trình hoá rắn cũng diễn ra trong quy trình vật lý tái phân bố các thành phần (bo và silic) trong vùng mối nối, trước khi nhiệt độ được giảm xuống.

Từ phần mô tả trên đây, cần hiểu 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 của đối tượng được xác định trong phần 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 dùng làm 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 316.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất (11) với chi tiết kim loại thứ hai (12), các chi tiết kim loại (11, 12) có nhiệt độ pha rắn lớn hơn 1100°C, phương pháp này bao gồm:

- bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) trên bề mặt (15) của chi tiết kim loại thứ nhất (11), hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) 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 chi tiết kim loại thứ nhất (11), và
- tùy ý, thành phần kết dính để tạo điều kiện thuận lợi cho bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) trên bề mặt (15),

- bước tiếp xúc (202) để cho chi tiết kim loại thứ hai (12) tiếp xúc với hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) ở điểm tiếp xúc (16) trên bề mặt (15) nêu trên,

- bước nung nóng (203) để nung nóng các chi tiết kim loại thứ nhất và thứ hai (11, 12) đến nhiệt độ lớn hơn 1100°C, nhờ đó bề mặt (15) của chi tiết kim loại thứ nhất (11) nóng chảy sao cho lớp bề mặt (21) của chi tiết kim loại thứ nhất (11) nóng chảy và cùng với thành phần làm giảm điểm nóng chảy, tạo ra lớp kim loại nóng chảy (210), lớp này tiếp xúc với chi tiết kim loại thứ hai (12) ở điểm tiếp xúc (16), và

- bước hóa rắn (204) lớp kim loại nóng chảy (210) để thu được mối nối (25) ở điểm tiếp xúc (16).

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 ferrosilic.

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 silic 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 ít 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 ít hơn 10% trọng lượng.

10. 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 0,3mm đến 0,6mm, và bước phủ (201) để phủ hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy (14) 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 (15) của chi tiết kim loại thứ nhất (11).

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 (14) 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 (15) của chi tiết kim loại thứ nhất (11).

12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó bề mặt (15) có diện tích (A1) lớn hơn diện tích (A2) được xác định bởi điểm tiếp xúc (16) trên bề mặt (15) nêu trên để kim loại trong lớp kim loại đã nóng chảy (21') chảy tới điểm tiếp xúc (16) khi tạo ra mỗi nổi (25) trong bước (204).

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó diện tích (A1) của bề mặt (15) lớn hơn ít nhất 10 lần so với diện tích (A2) được xác định bởi điểm tiếp xúc (16).

14. Phương pháp theo điểm 12 hoặc 13, trong đó diện tích (A1) của bề mặt (15) lớn hơn ít nhất 3 lần so với diện tích mặt cắt ngang (A3) của mỗi nổi (25).

15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 14, trong đó mỗi nổi (25) chứa kim loại với lượng ít nhất 50% trọng lượng mà trước bước nung nóng (203) là một phần của chi tiết bất kỳ trong số chi tiết kim loại thứ nhất (11) và chi tiết kim loại thứ hai (12).

16. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 15, trong đó chi tiết bất kỳ trong số chi tiết kim loại thứ nhất (11) và chi tiết kim loại thứ hai (12) có nhiều phần nhô lên (28, 29) kéo dài về phía chi tiết kim loại còn lại sao cho khi chi tiết kim loại thứ hai (12) tiếp xúc với bề mặt (15) trong bước (202), có nhiều điểm tiếp xúc (16, 116) được tạo ra trên bề mặt (15) này.

17. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chi tiết kim loại thứ nhất 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.

18. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chi tiết kim loại thứ nhất chứa Fe với lượng >90% trọng lượng.

19. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chi tiết kim

loại thứ nhất chứa Fe với lượng >65% trọng lượng và Cr với lượng >13% trọng lượng.

20. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chỉ tiết kim loại thứ nhất chứa Fe với lượng >50% trọng lượng, Cr với lượng >15,5% trọng lượng và Ni với lượng >6% trọng lượng.

21. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chỉ tiết kim loại thứ nhất 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.

22. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chỉ tiết kim loại thứ nhất chứa Ni với lượng >97% trọng lượng.

23. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chỉ tiết kim loại thứ nhất chứa Cr với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >60% trọng lượng.

24. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chỉ tiết kim loại thứ nhất chứa Cr với lượng >15% trọng lượng, Mo với lượng >10% trọng lượng và Ni với lượng >50% trọng lượng.

25. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chỉ tiết kim loại thứ nhất chứa Co với lượng >70% trọng lượng.

26. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó chỉ tiết kim loại 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.

27. Sản phẩm có chỉ tiết kim loại thứ nhất (11) được ghép nối với chỉ tiết kim loại thứ hai (12) bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 26.

28. Hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy để ghép nối chi tiết kim loại thứ nhất (11) với chi tiết kim loại thứ hai (12) bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 26, trong đó hỗn hợp làm giảm điểm nóng chảy này bao gồm i) 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, và ii) 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 (14) lên trên chi tiết kim loại thứ nhất (11).

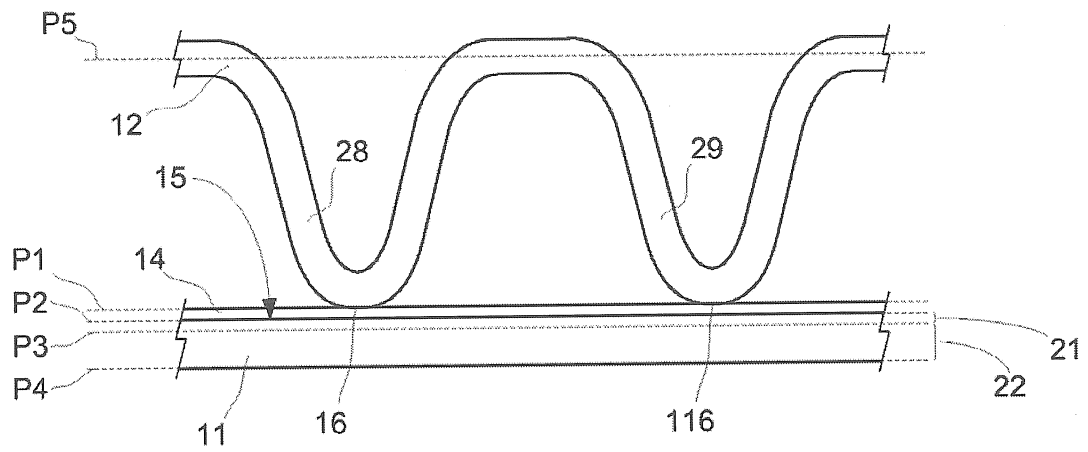


Fig. 1

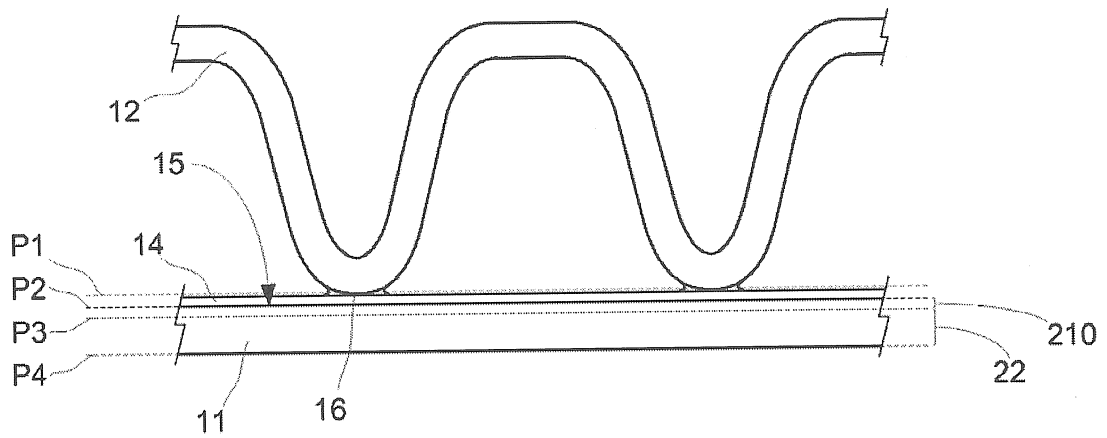


Fig. 2

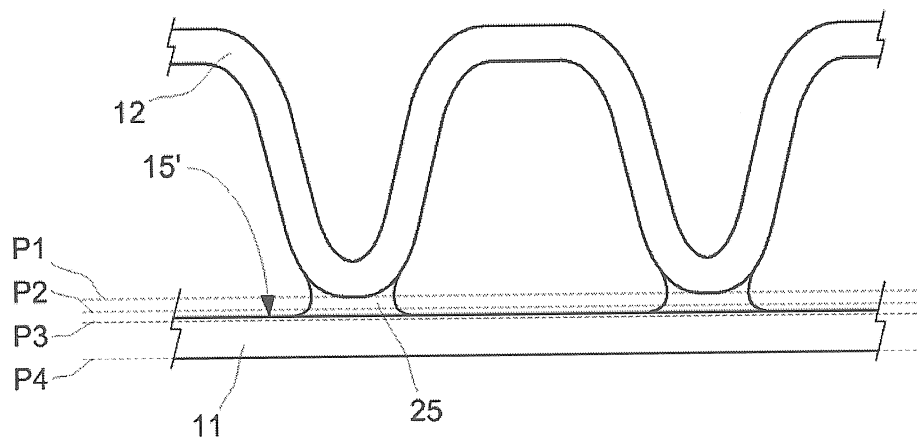


Fig. 3

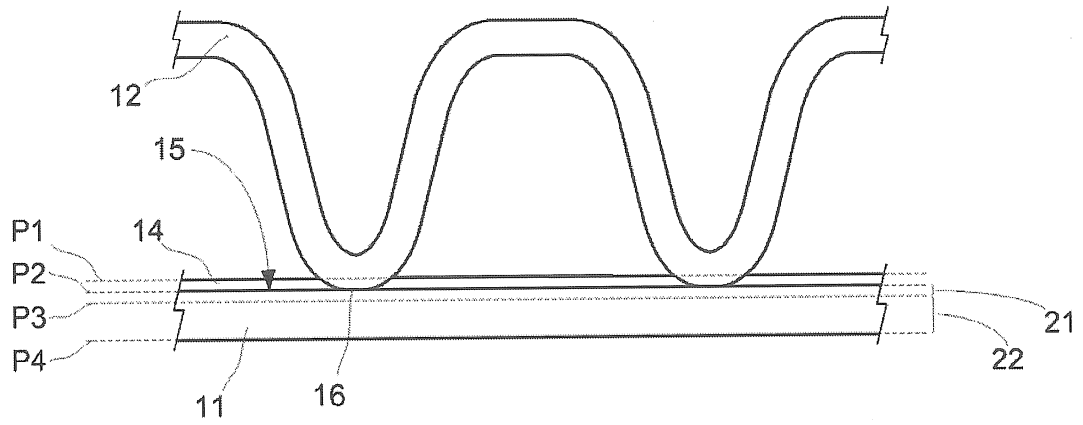


Fig. 4

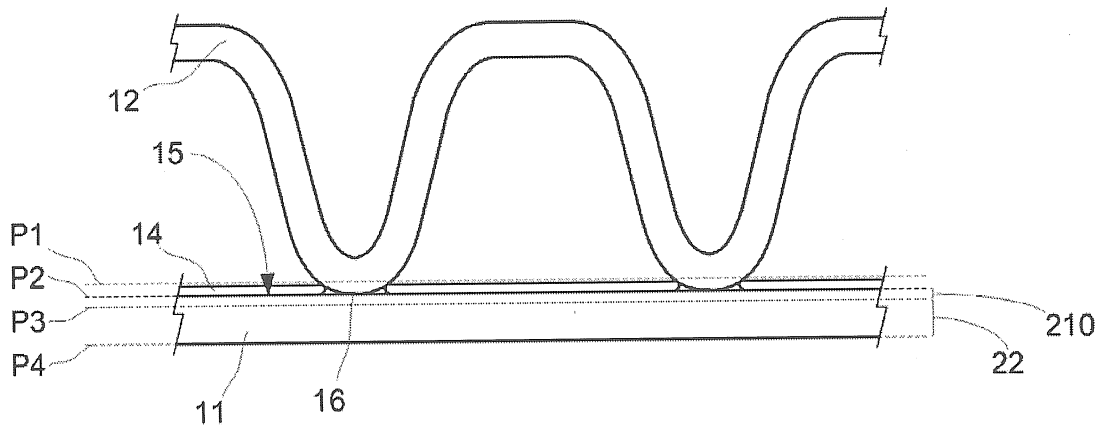


Fig. 5

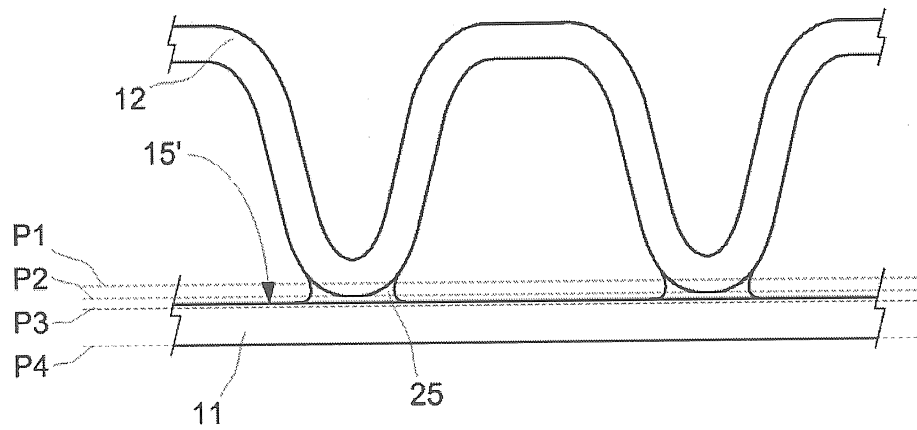


Fig. 6

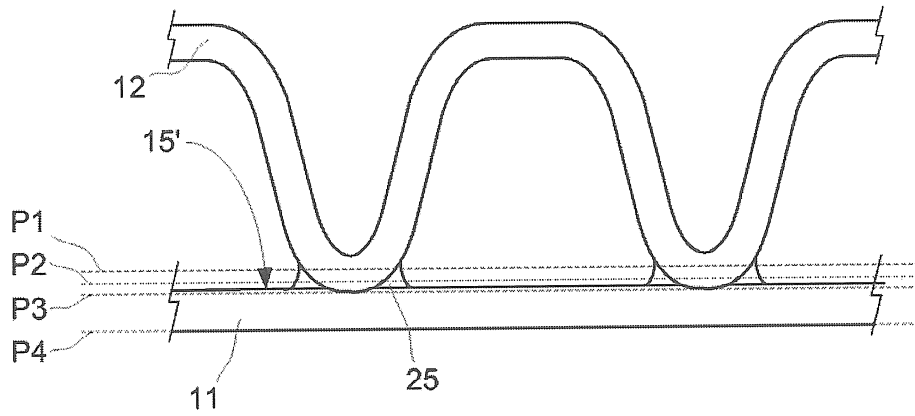


Fig. 7

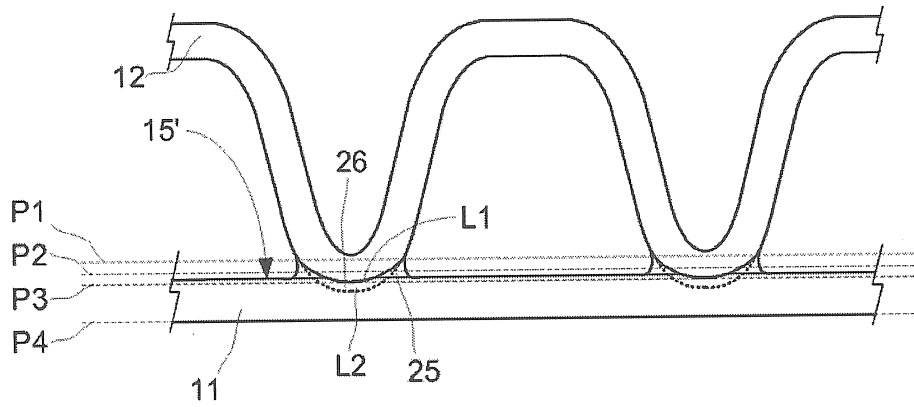


Fig. 8

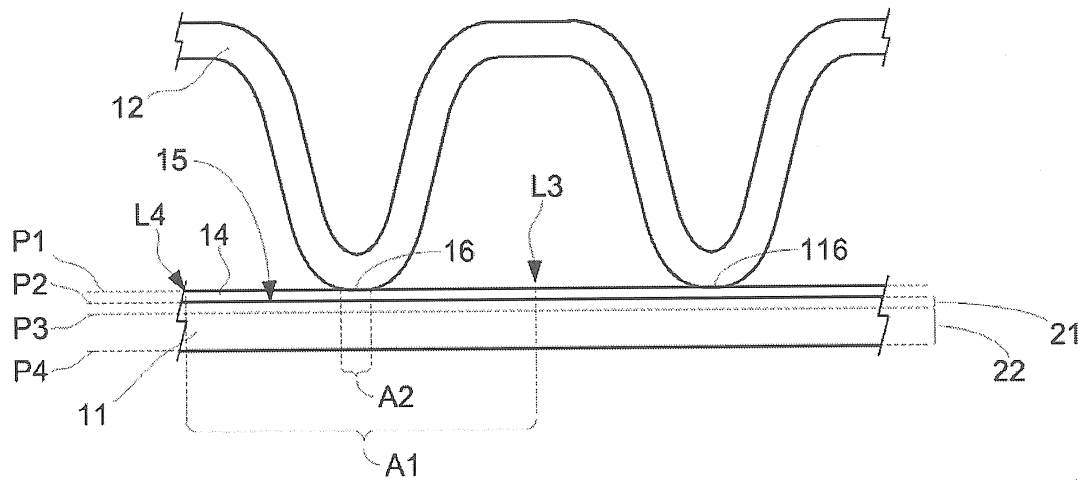


Fig. 9

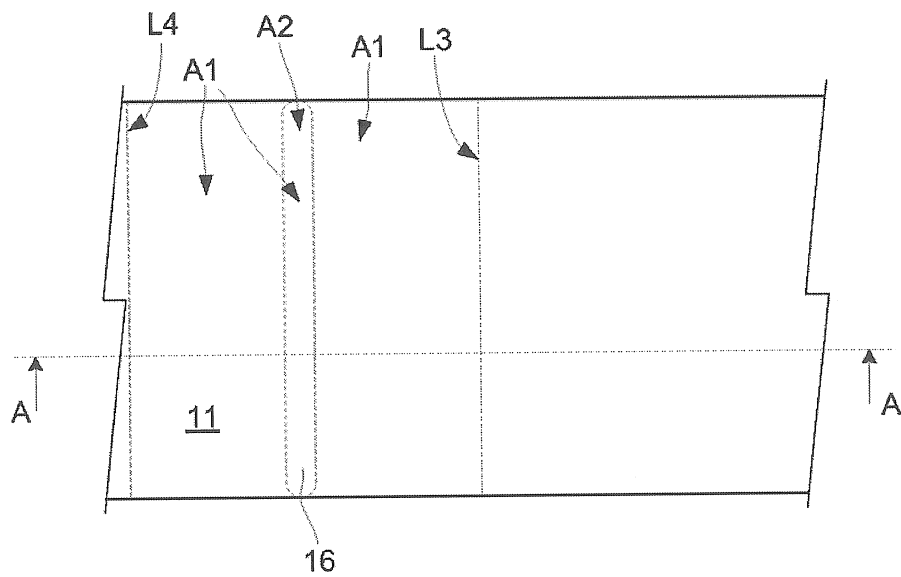
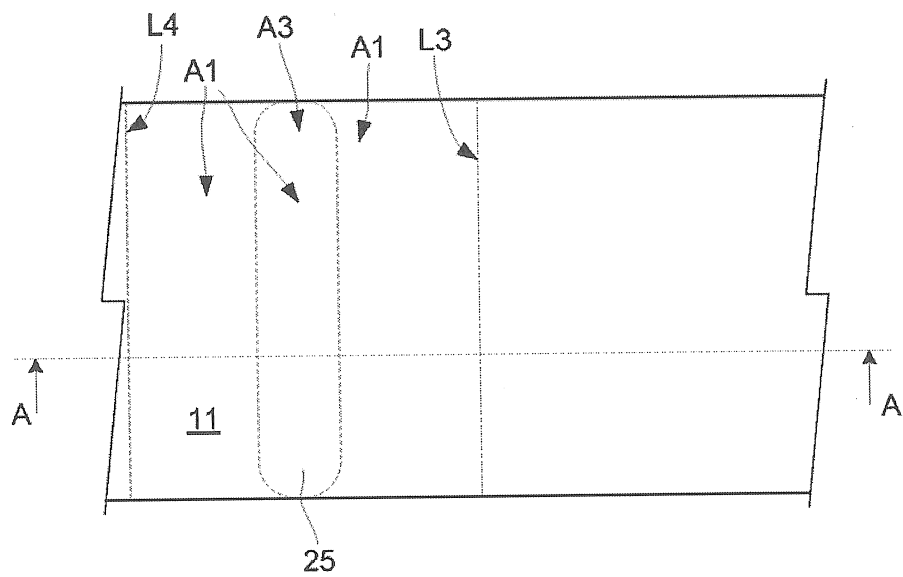
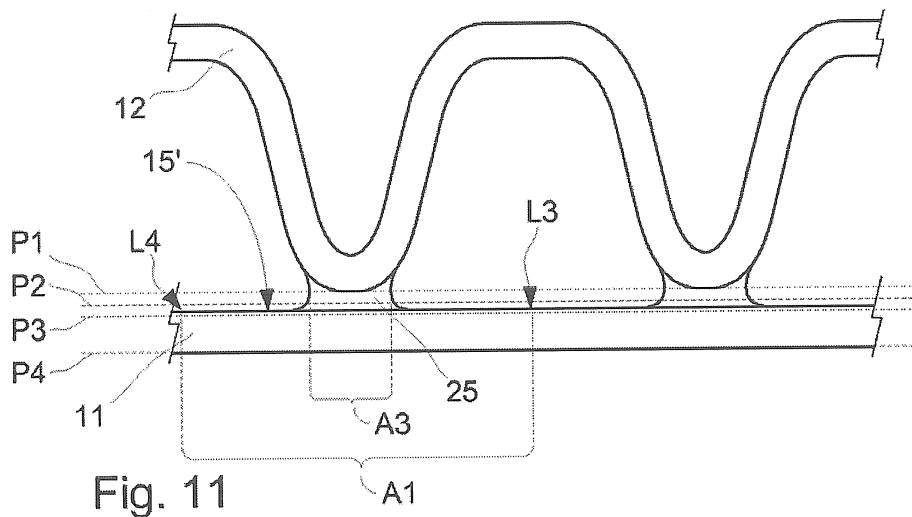


Fig. 10



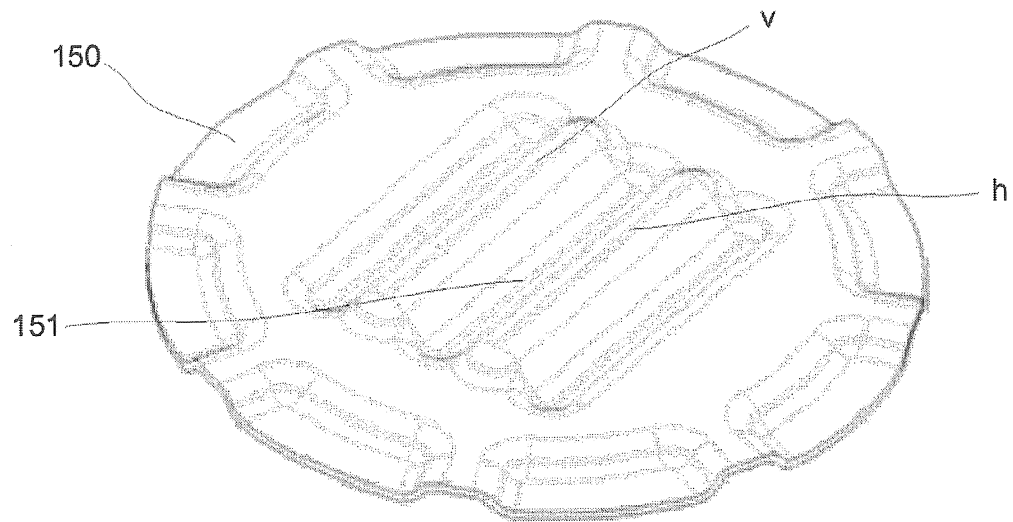


Fig. 13

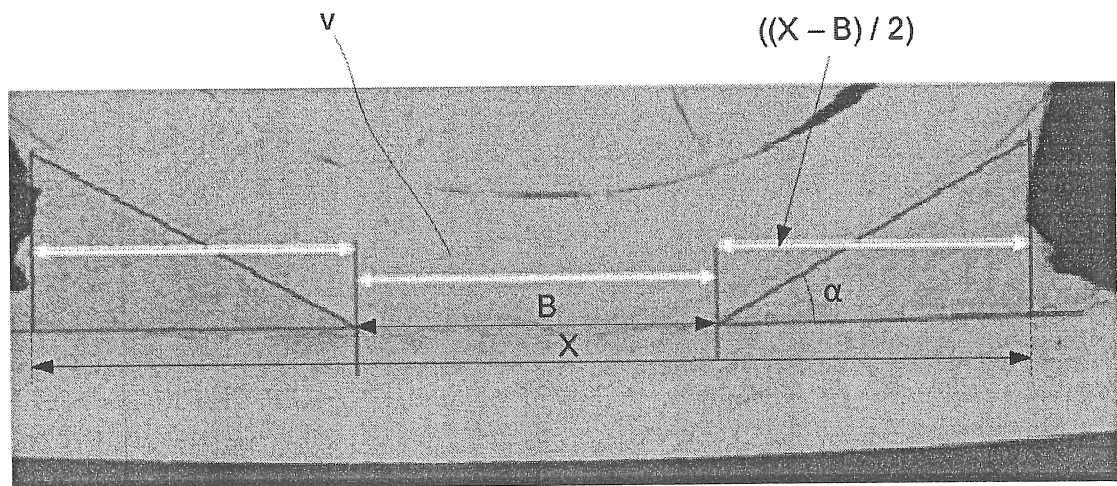


Fig. 14

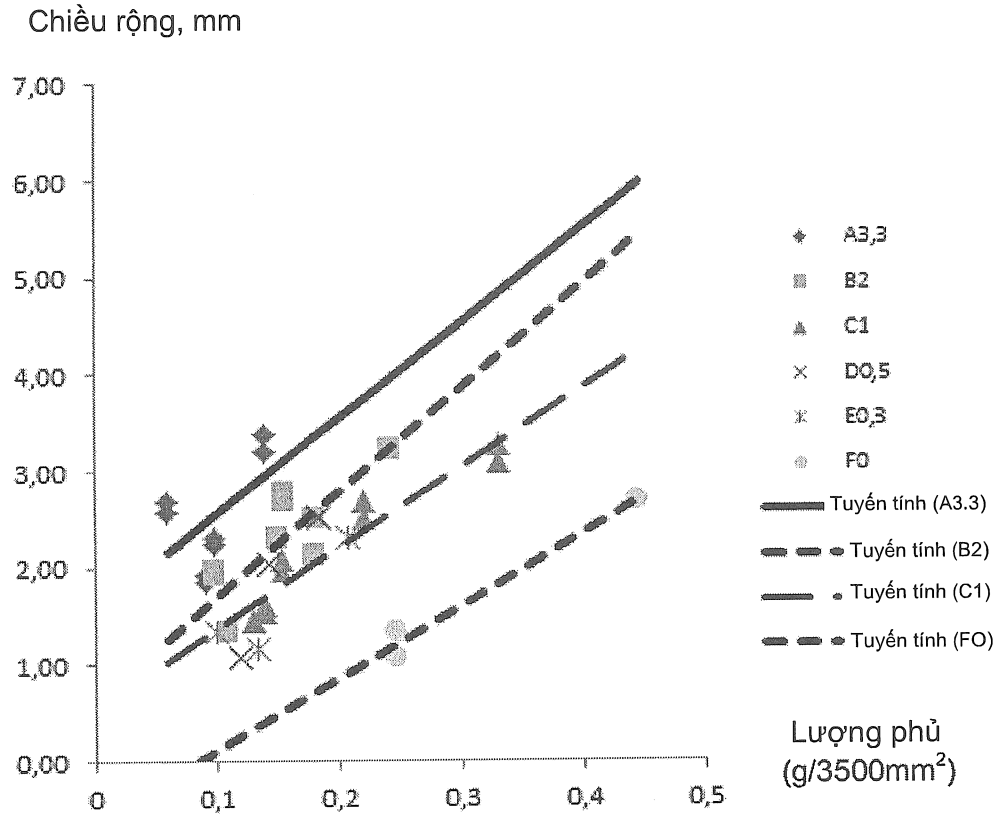


Fig.15

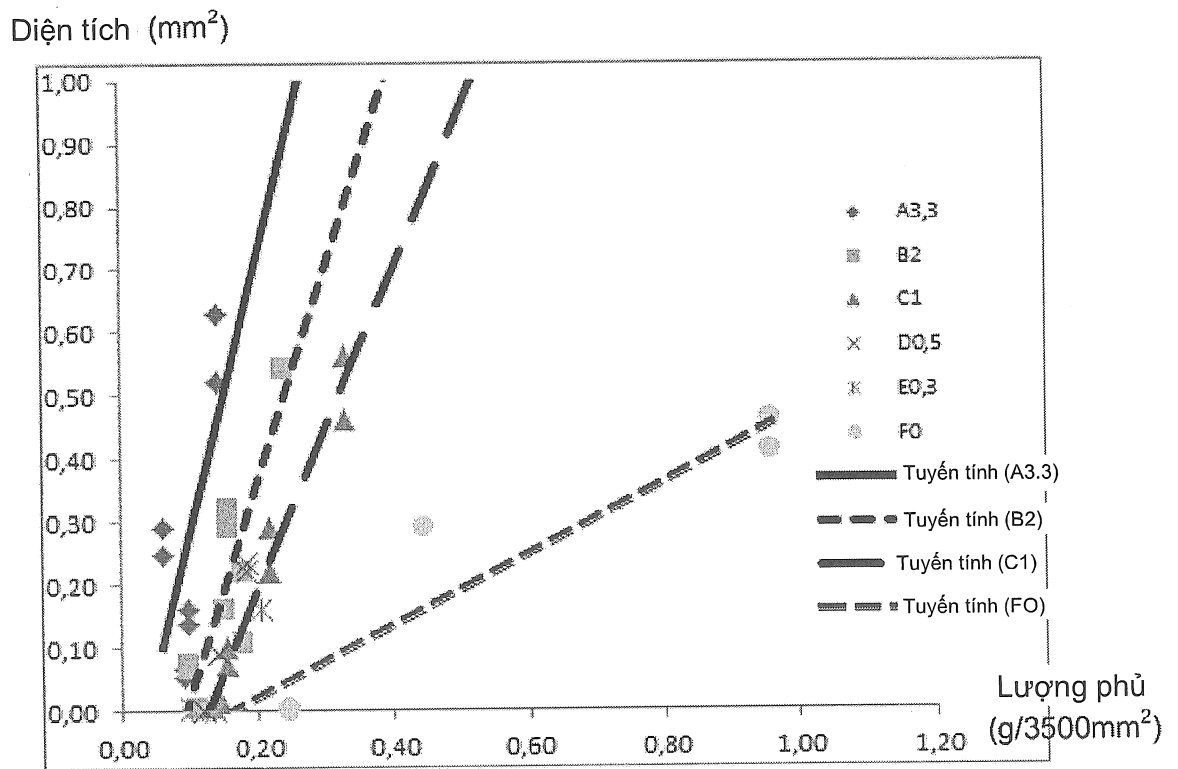


Fig.16

Tỷ lệ thành công (%)

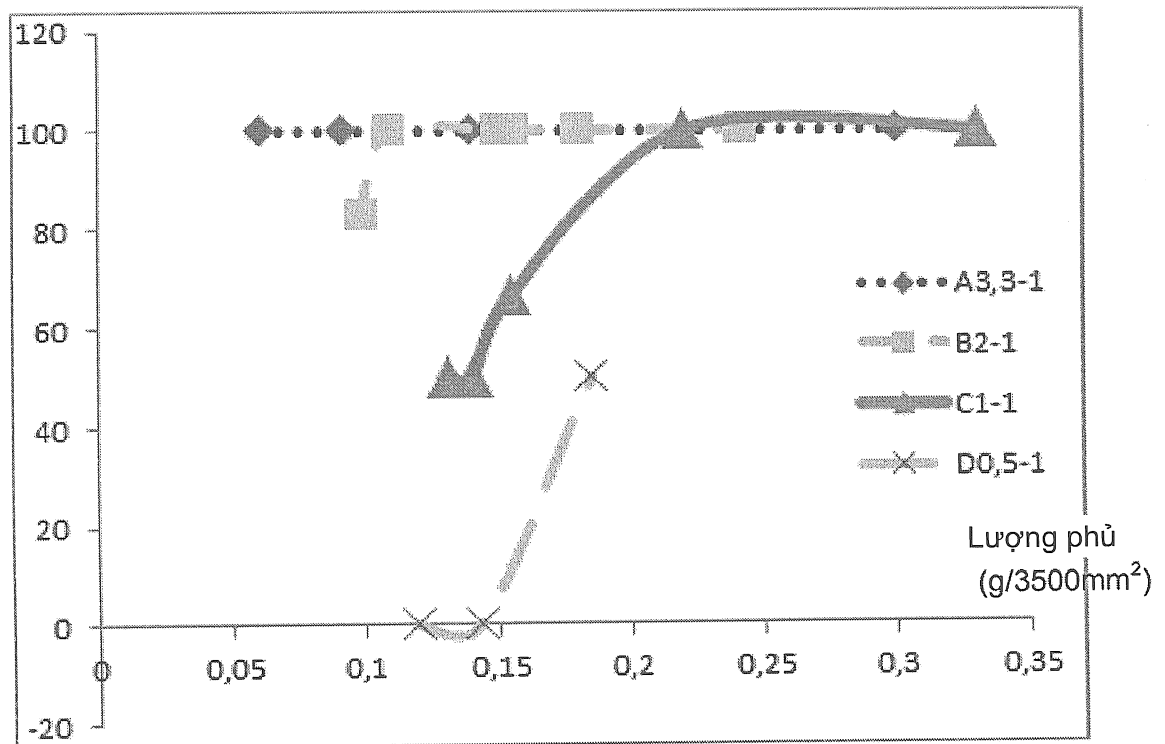


Fig.17



Fig.18

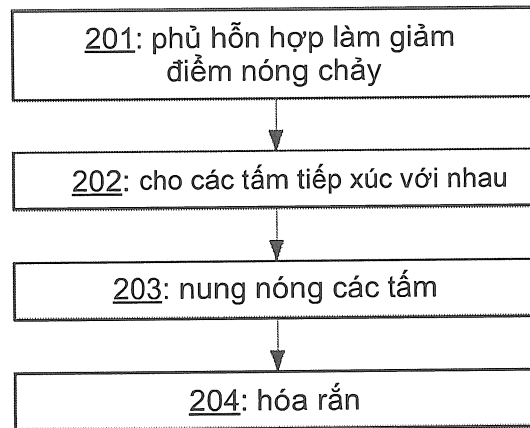


Fig.19