



(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)



1-0042550

(51)<sup>2020.01</sup> **B23K 1/00; B23K 35/36; B23K 35/02;** (13) **B**  
**B23K 35/30; B23K 1/20; B23K 103/04**

(21) 1-2021-07512

(22) 08/05/2020

(86) PCT/EP2020/062864 08/05/2020

(87) WO2020/239395 03/12/2020

(30) 1950640-1 29/05/2019 SE

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/03/2022 408

(73) ALFA LAVAL CORPORATE AB (SE)

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

(72) SJODIN, Per (SE); WALTER, Kristian (SE); KNUTSSON, Axel (SE).

(74) Công ty Luật TNHH WINCO (WINCO LAW FIRM)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐỂ LIÊN KẾT BỘ PHẬN KIM LOẠI THỨ NHẤT VỚI BỘ  
PHẬN KIM LOẠI THỨ HAI, SẢN PHẨM THU ĐƯỢC VÀ CHẾ PHẨM HẠN  
CHẾ NÓNG CHẢY

(21) 1-2021-07512

(57) Sáng chế đề cập tới phương pháp để liên kết bộ phận kim loại thứ nhất (11) với bộ phận kim loại thứ hai (12), các bộ phận kim loại (11, 12) này có nhiệt độ tách pha trên 1100°C. Phương pháp này bao gồm các công đoạn: công đoạn phủ chế phẩm hàn chế nóng chảy (14) trên bề mặt (15) của bộ phận kim loại thứ nhất (11), chế phẩm hàn chế nóng chảy (14) này bao gồm thành phần hàn chế nóng chảy bao gồm bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng để làm giảm nhiệt độ nóng chảy của bộ phận kim loại thứ nhất (11); công đoạn (202) để đưa bộ phận kim loại thứ hai (12) vào tiếp xúc với chế phẩm hàn chế nóng chảy (14) ở điểm tiếp xúc (16) trên bề mặt (15); công đoạn để gia nhiệt bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai (11, 12) tới nhiệt độ trên 1100°C; và công đoạn cho phép lớp kim loại nóng chảy (210) của bộ phận kim loại thứ nhất (11) có thể hóa rắn sao cho mối nối (25) được tạo ra ở điểm tiếp xúc (16). Theo sáng chế, bo có nguồn gốc ít nhất một phần từ hợp chất bo được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: axit boric, borax, titan điborua và bo nitrua. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập tới sản phẩm thu được và chế phẩm hàn chế nóng chảy.

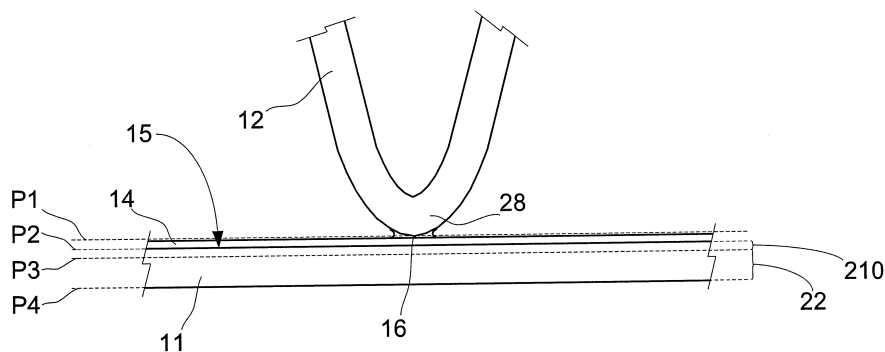


Fig. 2

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập tới phương pháp để liên kết bộ phận kim loại thứ nhất với bộ phận kim loại thứ hai bằng cách sử dụng chế phẩm hạn chế nóng chảy. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập tới sản phẩm thu được và chế phẩm hạn chế nóng chảy.

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

Ngày nay, đã biết các phương pháp liên kết khác nhau để liên kết các bộ phận kim loại (các đối tượng kim loại hoặc các chi tiết phôi kim loại) được làm bằng các nguyên tố kim loại, các nguyên tố kim loại này bao gồm các kim loại dạng nguyên tố khác nhau cũng như các hợp kim kim loại khác nhau. Các bộ phận kim loại liên quan, nhờ các nguyên tố kim loại hoặc các hợp kim tạo thành chúng, có nhiệt độ nóng chảy ít nhất bằng  $1100^{\circ}\text{C}$ , điều này nghĩa là các bộ phận kim loại không thể được làm bằng, ví dụ, đồng nguyên chất, nhôm nguyên chất hoặc các hợp kim dựa trên nhôm khác nhau. Một số ví dụ về kim loại mà các bộ phận kim loại có thể được làm bằng thường là các hợp kim dựa trên sắt, niken và coban.

Một phương pháp phổ biến để liên kết các bộ phận kim loại như vậy là phương pháp hàn, trong đó kim loại của bộ phận kim loại có hoặc không có vật liệu bổ sung được nung chảy, nghĩa là, sản phẩm đúc được tạo ra bằng cách làm nóng chảy và sau đó tái hóa rắn.

Một phương pháp liên kết khác là hàn vảy cứng là quy trình liên kết kim loại trong đó kim loại phụ gia trước hết được cấp lên ít nhất một trong hai bộ phận kim loại cần liên kết và tiếp đó được gia nhiệt cao hơn điểm nóng chảy của nó và được phân bố giữa các bộ phận kim loại nhờ tác động mao dẫn. Kim loại phụ gia được gia nhiệt cao hơn nhiệt độ nóng chảy của nó, thường có sự bảo vệ của môi trường khí

phù hợp. Tiếp đó, kim loại phụ gia chảy trên các bộ phận kim loại về phía các điểm tiếp xúc để tạo ra các mối nối tại đó.

Nói chung, khi hàn vảy cứng, kim loại phụ gia được cấp ở trạng thái tiếp xúc với khe hở hoặc khe giữa các bộ phận kim loại cần liên kết. Trong quy trình gia nhiệt kim loại phụ gia nóng chảy và lấp đầy khe hở cần liên kết. Trong quy 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 bao gồm trạng thái làm ướt và làm chảy của kim loại phụ gia. Giai đoạn thứ hai thường xảy ra ở nhiệt độ liên kết nhất định. Trong giai đoạn này, có tương tác rắn/lỏng, và kèm theo là trạng thái chuyển khối đáng kể. Một thể tích nhỏ của các bộ phận kim loại tiếp giáp với kim loại phụ gia lỏng hoặc hòa tan hoặc được phản ứng với kim loại phụ gia trong giai đoạn này. Đồng thời, một lượng nhỏ của các nguyên tố từ các pha lỏng thâm nhập vào các bộ phận kim loại dạng rắn. Trạng thái phân bố lại này của các thành phần trong vùng liên kết dẫn đến các thay đổi đối với thành phần kim loại phụ gia, và đôi khi, bắt đầu sự hóa rắn của kim loại phụ gia. Giai đoạn cuối cùng, chồng lấn với giai đoạn thứ hai, được đặc trưng bởi sự hình thành của vi cấu trúc liên kết sau cùng và tiến triển trong quá trình hóa rắn và làm nguội của mối nối. Thể tích của các bộ phận kim loại tiếp giáp kim loại phụ gia lỏng là rất nhỏ, nghĩa là, mối nối được tạo ra ở mức độ tối đa bằng kim loại phụ gia. Nói chung, khi hàn vảy cứng, ít nhất 95% kim loại trong mối nối có nguồn gốc từ kim loại phụ gia.

Một phương pháp khác để liên kết hai bộ phận kim loại (các vật liệu gốc) là liên kết khuếch tán pha lỏng nhất thời (liên kết TLP) trong đó khuếch tán xảy ra khi phần tử làm giảm điểm nóng chảy (MPD) từ lớp xen giữa di chuyển vào các ranh giới mạng và tinh thể của các bộ phận kim loại ở nhiệt độ liên kết. Các quá trình khuếch tán trạng thái rắn tiếp đó dẫn đến thay đổi thành phần ở mặt phân cách liên kết và lớp xen giữa khác nóng chảy ở nhiệt độ thấp hơn so với các vật liệu gốc. Như vậy, lớp mỏng của chất lỏng lan ra dọc theo mặt phân cách để tạo ra mối nối ở nhiệt độ thấp hơn so với điểm nóng chảy của một trong hai bộ phận kim loại. Sự giảm của nhiệt độ liên kết dẫn đến sự hóa rắn của phần nóng chảy, và pha này sau đó có thể

được khuếch tán vào các bộ phận kim loại bằng cách duy trì ở nhiệt độ liên kết trong một khoảng thời gian.

Các phương pháp liên kết như hàn, hàn vảy cứng và liên kết TLP liên kết thành công các bộ phận kim loại. Tuy nhiên, kỹ thuật hàn có những hạn chế nhất định vì kỹ thuật này có thể là rất tốn kém hoặc thậm chí không thể tạo ra số lượng lớn của các mối nối khi chúng khó có thể tiếp cận. Ngoài ra, kỹ thuật hàn vảy cứng có những hạn chế của nó, ví dụ, đôi khi khó có thể cấp phù hợp hoặc thậm chí xác định kim loại phụ gia phù hợp nhất. Kỹ thuật liên kết TLP là có lợi khi dùng để liên kết các vật liệu khác nhau nhưng vẫn có những hạn chế của nó. Ví dụ, thường khó có thể tìm ra lớp xen giữa phù hợp và phương pháp này không thực sự phù hợp để tạo ra mối nối trong đó khe hở lớn cần được nạp đầy hoặc khi mối nối tương đối lớn cần được tạo ra.

Như vậy, nhiều yếu tố có liên quan khi chọn một phương pháp liên kết nhất định. Các yếu tố cũng rất quan trọng là chi phí, năng suất, độ an toàn, tốc độ xử lý và các đặc tính của mối nối để liên kết các bộ phận kim loại cũng như các đặc tính của chính các bộ phận kim loại sau khi liên kết. Mặc dù các phương pháp như nêu trên có các ưu điểm của chúng, vẫn có yêu cầu về phương pháp liên kết sẽ được sử dụng bổ sung cho các phương pháp hiện tại, cụ thể là nếu các yếu tố như chi phí, năng suất, độ an toàn và tốc độ xử lý cần được xem xét.

Đặc biệt, cần lưu ý rằng trong hệ chất làm giảm điểm nóng chảy (MPD) được sử dụng phổ biến nhất, ví dụ, trong hệ Si-B như được bộc lộ trong tài liệu WO2013/144211 A1, nguồn bo được sử dụng thường là B nguyên chất. Bo (B) nguyên chất có thể tạo ra các kết quả tốt về mặt kỹ thuật, nhưng không phải là tối ưu theo quan điểm an toàn lao động, tính khả dụng và tính kinh tế. Do đó, bổ sung vào việc cải tiến các kỹ thuật nêu trên và kỹ thuật đã biết, cần phải tìm kiếm các nguồn bo được cải tiến từ quan điểm về độ an toàn làm việc, tìm nguồn cung ứng và tương hợp với thép không gỉ đối với các hệ thống làm giảm điểm nóng chảy (MPD).

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

Như vậy, trên cơ sở kỹ thuật đã biết, vẫn cần phải cải thiện các kỹ thuật nêu trên và kỹ thuật đã biết. Nguồn bo được sử dụng thường là B nguyên chất. Bo (B) nguyên chất có thể tạo ra các kết quả tốt về mặt kỹ thuật, nhưng không phải là tối ưu theo quan điểm an toàn lao động và đắt tiền.

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất hệ chất MPD được cải tiến hoặc chế phẩm hạn chế nóng chảy. Cụ thể là, mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp để liên kết các bộ phận kim loại (các chi tiết phôi kim loại, nghĩa là, các chi tiết phôi hoặc các đối tượng được làm bằng kim loại) theo cách đơn giản và tin cậy trong khi vẫn tạo ra liên kết chắc chắn giữa các bộ phận kim loại.

Hơn nữa, mục đích của sáng chế là đề xuất nguồn bo đối với chế phẩm hạn chế nóng chảy, điều này tạo ra kết quả liên kết tốt, trong khi hợp chất tương ứng ít gây hại theo quan điểm an toàn lao động và kinh tế.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất phương pháp để liên kết bộ phận kim loại thứ nhất với bộ phận kim loại thứ hai. Phương pháp này được sử dụng cho các bộ phận kim loại có nhiệt độ tách pha trên 1100°C. Phương pháp này bao gồm các công đoạn:

phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy ít nhất trên bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất, thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm bo và silic với lượng tổng ít nhất là 25% trọng lượng để làm giảm nhiệt độ nóng chảy của bộ phận kim loại thứ nhất, và theo cách tùy chọn, thành phần kết dính để tạo điều kiện thuận lợi cho công đoạn phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy trên bề mặt;

đưa bộ phận kim loại thứ hai vào tiếp xúc với chế phẩm hạn chế nóng chảy ở điểm tiếp xúc trên bề mặt;

gia nhiệt bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai tới nhiệt độ trên 1100°C, bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất nhờ đó nóng chảy sao cho lớp bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất nóng chảy và, cùng với thành phần hạn chế nóng chảy, tạo ra lớp kim loại nóng chảy ở trạng thái tiếp xúc với bộ phận kim loại thứ hai ở điểm tiếp xúc; và

cho phép lớp kim loại nóng chảy có thể hóa rắn, sao cho mỗi nôi được tạo ra ở điểm tiếp xúc. Theo sáng chế, bo có nguồn gốc ít nhất một phần từ, hoặc nguồn bo là hợp chất bo được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: axit boric ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), titan điborua ( $\text{TiB}_2$ ) và bo nitrua (BN) và/hoặc các kết hợp của chúng. Các hợp chất này theo quan điểm an toàn lao động là an toàn hơn so với, ví dụ, bo nguyên tố trong khi chúng tạo ra các mối nối chắc chắn. Hơn nữa, các hợp chất này hầu như chỉ có ảnh hưởng tiêu cực nhỏ đối với các bộ phận kim loại cần liên kết, chúng có chi phí thấp, ổn định và an toàn khi sử dụng.

Bo có thể có nguồn gốc từ hợp chất bất kỳ trong số axit boric, borax, titan điborua, bo nitrua và/hoặc các kết hợp của chúng với lượng từ 15 tới 100% trọng lượng, hoặc từ 50 tới 100% trọng lượng, dựa trên tổng trọng lượng của bo. Như vậy, bo có thể còn có nguồn gốc từ hoặc bao gồm các nguồn hoặc hợp chất bo khác. Các ví dụ về các nguồn hoặc hợp chất bo khác có thể là bo nguyên tố (B), bo cacbua ( $\text{B}_4\text{C}$ ), silic borua (ví dụ, ở dạng silic hexaborua  $\text{SiB}_6$ ), niken borua ( $\text{Ni}_2\text{B}$ ) và/hoặc sắt borua ( $\text{Fe}_2\text{B}$ ). Tuy nhiên, vì bo nguyên tố không phải là tối ưu theo quan điểm an toàn lao động và đắt tiền, bo có thể còn có nguồn gốc từ hoặc là bo nguyên tố lên tới 10% trọng lượng, dựa trên tổng trọng lượng của bo, điều này nghĩa là bo nguyên tố được loại trừ đến lớn hơn hoặc bằng 90% theo trọng lượng của bo ở dạng nguồn bo. Theo một biến thể, bo không có nguồn gốc từ hoặc là bo nguyên tố, nghĩa là, bo nguyên tố được loại trừ ở dạng nguồn bo. Hơn nữa, để tạo ra liên kết càng chắc chắn càng tốt giữa các bộ phận kim loại, ví dụ, làm bằng thép không gỉ, tốt hơn là làm giảm lượng của cacbon. Sở dĩ như vậy vì cacbon tạo ra crom cacbua với crom trong thép không gỉ, điều này có thể ảnh hưởng đến các đặc tính chống ăn mòn của các bộ phận kim loại. Do đó, lượng của bo cacbua không nên vượt quá 85% trọng lượng, dựa trên tổng trọng lượng của bo, điều này nghĩa là bo cacbua được loại trừ đến lớn hơn hoặc bằng 15% theo trọng lượng của bo ở dạng nguồn bo. Các nguồn bo được chọn từ silic borua (ví dụ, ở dạng silic hexaborua  $\text{SiB}_6$ ), niken borua ( $\text{Ni}_2\text{B}$ ) và/hoặc sắt borua ( $\text{Fe}_2\text{B}$ ) có thể có trong lượng của lên tới 85% theo trọng lượng, dựa trên tổng trọng lượng của bo.

Tuy nhiên, tốt hơn là, lượng của nguồn bo theo sáng chế được chọn từ axit boric ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), titan điborua ( $\text{TiB}_2$ ), bo nitrua (BN) và/hoặc các kết hợp của chúng ít nhất là 15% trọng lượng, tốt hơn là 50% trọng lượng, hoặc 60% trọng lượng, hoặc 70% trọng lượng hoặc 80% trọng lượng hoặc 90% trọng lượng hoặc 100% trọng lượng, nghĩa là, nguồn bo nguồn bất kỳ hoặc các kết hợp của các nguồn bo này, dựa trên tổng trọng lượng của bo. Lượng của các nguồn bo này càng cao thì môi trường làm việc được tạo ra càng an toàn khi so sánh với, ví dụ, khi chỉ sử dụng bo nguyên tố, trong khi các kết quả liên kết tốt được tạo ra. Ví dụ, titan điborua có các đặc tính nhiệt độ cao rất tốt, điều này là có lợi theo các phương pháp để liên kết các bộ phận kim loại. Bo nitrua có thể được tạo ra ở các dạng khác nhau như dạng hình lục giác (h-BN), đây là dạng tinh thể ổn định của bo nitrua. Bo nitrua là ổn định và an toàn từ quan điểm môi trường làm việc. Axit boric và borax cũng an toàn hơn để sử dụng trong các môi trường làm việc và rẻ tiền hơn so với, ví dụ, bo nguyên tố.

Kim loại trong các bộ phận kim loại có thể có dạng, ví dụ, các hợp kim kim loại dựa trên sắt, niken và coban, vì chúng thường có nhiệt độ tách pha trên  $1100^\circ\text{C}$ . Các bộ phận kim loại có thể không phải là đồng nguyên chất, các hợp kim dựa trên đồng, nhôm nguyên chất hoặc các hợp kim dựa trên nhôm không có nhiệt độ tách pha trên  $1100^\circ\text{C}$ . Kim loại của bộ phận kim loại hoặc thậm chí chính bộ phận kim loại có thể được gọi là “kim loại gốc” hoặc “vật liệu gốc”. Trong ngữ cảnh này, hợp kim “dựa trên sắt” là hợp kim trong đó sắt có tỷ lệ phần trăm trọng lượng lớn nhất trong số tất cả các nguyên tố trong hợp kim (% trọng lượng). Tình huống tương ứng cũng áp dụng cho các hợp kim dựa trên niken, coban, crom và nhôm.

Như nêu trên, chế phẩm hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất một thành phần là thành phần hạn chế nóng chảy. Theo cách tùy chọn, chế phẩm hạn chế nóng chảy bao gồm thành phần kết dính. Tất cả các chất hoặc các phần của chế phẩm hạn chế nóng chảy góp phần làm giảm nhiệt độ nóng chảy của ít nhất bộ phận kim loại thứ nhất được xem là phần thuộc thành phần hạn chế nóng chảy. Các phần của chế phẩm hạn chế nóng chảy không liên quan tới làm giảm nhiệt độ nóng chảy của ít nhất bộ

phần kim loại thứ nhất mà thay vào đó “liên kết với” chế phẩm hạn chế nóng chảy, sao cho nó hình thành, ví dụ, dạng keo, sơn hoặc bột nhão, được xem là phần thuộc thành phần kết dính. Hiển nhiên là, thành phần hạn chế nóng chảy có thể có các thành phần khác, chẳng hạn các lượng nhỏ của kim loại phụ gia. Tuy nhiên, kim loại phụ gia như vậy có thể không có mặt nhiều hơn 75% trọng lượng của thành phần hạn chế nóng chảy, vì ít nhất 25% trọng lượng của thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm bo và silic. Nếu kim loại phụ gia có trong chế phẩm hạn chế nóng chảy, nó luôn là một phần của chế phẩm hạn chế nóng chảy.

Trong ngữ cảnh này, thuật ngữ “bo và silic” nghĩa là tổng của bo và silic trong thành phần hạn chế nóng chảy, khi được tính toán theo % trọng lượng, hoặc theo cách khác được biểu diễn là % theo trọng lượng. Ở đây, ký hiệu “% trọng lượng” nghĩa là 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 (mật độ của chất này trong thành phần) so với mật độ của thành phần. Như vậy, ví dụ, bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng nghĩa là tổng trọng lượng của bo và silic ít nhất là 25 g trong mẫu 100 g thành phần hạn chế nóng chảy. Hiển nhiên là, nếu thành phần kết dính có trong chế phẩm hạn chế nóng chảy, thì % trọng lượng của bo và silic trong chế phẩm hạn chế nóng chảy có thể ít hơn 25% trọng lượng. Tuy nhiên, bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng luôn có trong thành phần hạn chế nóng chảy, như nêu trên, còn có kim loại phụ gia bất kỳ có thể có mặt, nghĩa là, kim loại phụ gia luôn được thấy là một phần của chế phẩm hạn chế nóng chảy.

Thuật ngữ “bo” đề cập tới tất cả bo trong thành phần hạn chế nóng chảy, bo này có nguồn gốc ít nhất một phần từ hợp chất bo được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: axit boric ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), titan điborua ( $\text{TiB}_2$ ) và bo nitrua (BN) và/hoặc các kết hợp của chúng và có thể còn bao gồm, bo nguyên tố (B), bo cacbua ( $\text{B}_4\text{C}$ ), silic borua (ví dụ, ở dạng silic hexaborua  $\text{SiB}_6$ ), niken borua ( $\text{Ni}_2\text{B}$ ) và/hoặc sắt borua (ví dụ,  $\text{Fe}_2\text{B}$ ). Lượng của bo thu được từ nguồn được chọn từ axit boric ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), titan điborua ( $\text{TiB}_2$ ), bo nitrua (BN)

và/hoặc các kết hợp của chúng tốt hơn là ít nhất 15% trọng lượng, tốt hơn nữa là ít nhất 50% trọng lượng, hoặc 60% trọng lượng, hoặc 70% trọng lượng, hoặc 80% trọng lượng, hoặc 90% trọng lượng, hoặc 100% trọng lượng, như đã mô tả trên đây, nghĩa là, nguồn bo có thể bao gồm nguồn bất kỳ hoặc các kết hợp của các nguồn bo này, dựa trên tổng trọng lượng của bo. Vì vậy, “silic” có tất cả silic trong thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm cả silic nguyên tố cũng như silic trong hợp chất silic. Như vậy, cả bo và silic có thể, trong thành phần hạn chế nóng chảy, được biểu diễn bằng bo và silic trong các hợp chất bo và silic khác nhau.

Hiển nhiên là, chế phẩm hạn chế nóng chảy là rất khác với các chất hàn vảy cứng thông thường vì chúng có nhiều kim loại phụ gia hơn so với các chất hạn chế nóng chảy như bo và silic. Nói chung, các chất hàn vảy cứng có ít hơn 18% trọng lượng của bo và silic.

Phương pháp này có lợi ở chỗ kim loại phụ gia có thể được giảm bớt hoặc thậm chí được loại trừ và nó có thể được áp dụng cho các bộ phận kim loại được làm bằng các vật liệu khác nhau. Phương pháp này còn có thể được sử dụng trong phạm vi ứng dụng rộng, ví dụ, để liên kết các tấm truyền nhiệt hoặc các đối tượng kim loại phù hợp bất kỳ được liên kết cách khác bằng, ví dụ, hàn hoặc hàn vảy cứng thông thường.

Hiển nhiên là, chế phẩm hạn chế nóng chảy cũng có thể được sử dụng bổ sung trên bộ phận kim loại thứ hai.

Silic có thể có nguồn gốc từ silic nguyên tố và silic của hợp chất silic được chọn từ ít nhất một hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: silic cacbua, silic borua và hợp kim sắt-silic.

Thành phần hạn chế nóng chảy có thể bao gồm ít nhất 40% trọng lượng của bo và silic, hoặc có thể thậm chí bao gồm ít nhất 85% trọng lượng của bo và silic. Điều này nghĩa là nếu kim loại phụ gia bất kỳ có mặt, thì nó có lượng lần lượt tương ứng là ít hơn 60% trọng lượng và ít hơn 15% trọng lượng. Thành phần hạn chế nóng chảy có thể thậm chí bao gồm ít nhất 95% trọng lượng của bo và silic.

Bo có thể cấu thành ít nhất 10% trọng lượng của hàm lượng bo và silic của thành phần hạn chế nóng chảy. Điều này nghĩa là, khi thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất 25% trọng lượng của bo và silic, thì thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất ít nhất 2,5% trọng lượng bo. Silic có thể cấu thành ít nhất 55% trọng lượng của hàm lượng bo và silic của thành phần hạn chế nóng chảy.

Thành phần hạn chế nóng chảy có thể bao gồm ít hơn 50% trọng lượng của các nguyên tố kim loại, hoặc ít hơn 10% trọng lượng của các nguyên tố kim loại. Các nguyên tố kim loại như vậy tương ứng với “kim loại phụ gia” như nêu trên. Các lượng nhỏ như vậy của các nguyên tố kim loại hoặc kim loại phụ gia sẽ phân biệt rõ ràng chế phẩm hạn chế nóng chảy, ví dụ, với các thành phần hàn vảy cứng đã biết vì chúng bao gồm ít nhất 60% trọng lượng của các nguyên tố kim loại. Ở đây, “các nguyên tố kim loại” bao gồm, ví dụ, tất cả các kim loại chuyển tiếp, là các nguyên tố trong khối d của bảng tuần hoàn, khối này có các nhóm từ 3 tới 12 trên bảng tuần hoàn. Điều này nghĩa là, ví dụ, sắt (Fe), niken (Ni), coban (Co), crom (Cr) và molybden (Mo) là “các nguyên tố kim loại”. Các nguyên tố không phải là “các nguyên tố kim loại” là các khí trơ, các nguyên tố halogen và các nguyên tố sau: bo (B), cacbon (C), silic (Si), nitơ (N), phospho (P), asen (As), oxy (O), lưu huỳnh (S), selen (Se) và telur (Te). Cần lưu ý rằng, ví dụ, nếu kim loại có nguồn gốc từ hợp chất niken borua, thì phần niken của hợp chất này là nguyên tố kim loại có trong các nguyên tố kim loại theo một phương án cần phải ít hơn 50% trọng lượng và theo phương án khác, ít hơn 10% trọng lượng.

Bộ phận kim loại thứ nhất có thể có độ dày từ 0,1 tới 1,0 mm, hoặc từ 0,3 tới 0,6 mm và tiếp đó công đoạn phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy có thể thực hiện phủ trung bình từ 0,02 tới 0,12, hoặc từ 0,02 tới 0,08 mg bo và silic cho mỗi mm<sup>2</sup> diện tích bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất. Công đoạn phủ trung bình từ 0,02 tới 0,12 mg bo và silic cho mỗi mm<sup>2</sup> diện tích bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất và theo cách tùy chọn, bộ phận kim loại thứ hai sử dụng phương pháp phủ trực tiếp bất kỳ, ví dụ, bằng cách phủ, phun, sơn hoặc trong trường hợp chế phẩm hạn chế nóng chảy có thành phần kết dính, và bằng kỹ thuật PVD hoặc kỹ thuật CVD trong trường hợp

thành phần kết dính không được sử dụng. Phương pháp in có thể là phương pháp phù hợp bất kỳ, chẳng hạn phương pháp in lưới. Có thể cấp silic trong một lớp và bo trong một lớp, bằng cách sơn hoặc bằng kỹ thuật PVD hoặc kỹ thuật CVD. Hơn nữa, thậm chí nếu được cấp trong các lớp, cả bo và silic được xem là có mặt trong chế phẩm hạn chế nóng chảy vì chúng sẽ tương tác trong quá trình làm nóng, y như thể chúng được trộn trước khi sử dụng. Công đoạn phủ còn có thể được thực hiện bằng phương pháp phủ gián tiếp, ví dụ, bằng cách chuyển từ bộ phận kim loại thứ hai tới bộ phận kim loại thứ nhất hoặc ngược lại. Như vậy, phương pháp phủ gián tiếp có thể được thực hiện, ví dụ, đối với bo và silic bằng cách chuyển từ bộ phận kim loại thứ hai tới bộ phận kim loại thứ nhất. Như vậy, bo và silic được đề cập ở đây không nhất thiết phải được phủ trực tiếp trên bộ phận kim loại thứ nhất, miễn là chúng vẫn góp phần vào trạng thái nóng chảy của lớp bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất.

Bộ phận kim loại thứ nhất có thể có độ dày từ 0,1 tới 1,0, hoặc từ 0,6 tới 1,0, hoặc từ 0,3 tới 0,6 mm và tiếp đó, công đoạn phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy có thể thực hiện phủ trung bình từ 0,02 tới 1,0 mg bo và silic cho mỗi mm<sup>2</sup> diện tích bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất. Như nêu trên, công đoạn phủ cũng sử dụng “kỹ thuật phủ” trực tiếp hoặc gián tiếp bất kỳ đối với bộ phận kim loại thứ hai.

Theo cách khác, bộ phận kim loại thứ nhất có thể có độ dày lớn hơn 1,0 mm và tiếp đó, công đoạn phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy có thể thực hiện phủ trung bình từ 0,02 tới 5,0 mg bo và silic cho mỗi mm<sup>2</sup> diện tích bề mặt của bộ phận kim loại thứ nhất.

Bộ phận kim loại thứ hai có thể có độ dày trong cùng phạm vi với bộ phận kim loại thứ nhất, hoặc có thể dày hơn hoặc mỏng hơn so với bộ phận kim loại thứ nhất.

Bề mặt của bộ phận kim loại có thể có diện tích lớn hơn diện tích được xác định bởi điểm tiếp xúc trên bề mặt, sao cho kim loại trong lớp kim loại nóng chảy di chuyển tới điểm tiếp xúc trong công đoạn cho phép mối nối được tạo ra. Dòng di chuyển như vậy thường được tạo ra nhờ tác động mao dẫn.

Diện tích của bề mặt có thể lớn hơn ít nhất 10 lần so với diện tích được xác định bởi điểm tiếp xúc. Diện tích của bề mặt có thể thậm chí lớn hơn (hoặc điểm tiếp

xúc tương đối nhỏ hơn), chẳng hạn lớn hơn ít nhất 20 hoặc 30 lần so với diện tích được xác định bởi điểm tiếp xúc. Diện tích của bề mặt là diện tích của bề mặt mà từ đó kim loại nóng chảy di chuyển từ đó để tạo ra mối nối.

Diện tích của bề mặt có thể lớn hơn ít nhất ba lần so với tiết diện ngang của mối nối. Diện tích của bề mặt có thể thậm chí lớn hơn nữa (hoặc tiết diện ngang của mối nối tương đối nhỏ hơn), chẳng hạn lớn hơn ít nhất từ 6 tới 10 lần so với diện tích được xác định bởi điểm tiếp xúc. Tiết diện ngang của mối nối có thể được xác định là tiết diện ngang mà mối nối có qua một mặt phẳng song song với bề mặt mà điểm tiếp xúc được định vị trong đó, ở vị trí mà mối nối có mức độ mở rộng nhỏ nhất (tiết diện ngang).

Mối nối có thể bao gồm 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 gia nhiệt, là phần thuộc bộ phận bất kỳ trong số bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai. Điều này được thực hiện bằng cách cho phép kim loại của các bộ phận kim loại có thể di chuyển tới điểm tiếp xúc và tạo ra mối nối. Mối nối được tạo ra theo cách này là rất khác với các mối nối được tạo ra bằng cách hàn vảy cứng, vì các mối nối như vậy nói chung bao gồm ít nhất 90% trọng lượng kim loại mà trước khi hàn vảy cứng, là phần thuộc kim loại phụ gia của chất hàn vảy cứng được sử dụng để tạo ra mối nối.

Bộ phận bất kỳ trong số bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai có thể bao gồm các phần nhô ra nhô về phía bộ phận kim loại còn lại sao cho khi đưa bộ phận kim loại thứ hai vào tiếp xúc với bề mặt tương ứng, các điểm tiếp xúc được tạo ra trên bề mặt này. Đây thường trường hợp khi các bộ phận kim loại có dạng của các tấm uốn sóng được xếp chồng và được liên kết để tạo ra các bộ trao đổi nhiệt.

Bộ phận kim loại thứ nhất có thể bao gồm công thức bất kỳ trong số:

- i) Fe với lượng lớn hơn 50% trọng lượng, Cr với lượng nhỏ hơn 13% trọng lượng, Mo với lượng nhỏ hơn 1% trọng lượng, Ni với lượng nhỏ hơn 1% trọng lượng và Mn với lượng nhỏ hơn 3% trọng lượng;
- ii) Fe với lượng lớn hơn 90% trọng lượng;

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

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

v) Fe với lượng lớn hơn 50% trọng lượng, Cr với lượng lớn hơn 15,5% trọng lượng, Mo với lượng từ 1 tới 10% trọng lượng và Ni với lượng lớn hơn 8% trọng lượng;

vi) Ni với lượng lớn hơn 97% trọng lượng;

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

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

ix) Co với lượng lớn hơn 70% trọng lượng; và

x) Fe với lượng lớn hơn 10% trọng lượng, Mo với lượng từ 0,1 tới 30% trọng lượng, Ni với lượng từ 0,1 tới 30% trọng lượng và Co với lượng lớn hơn 50% trọng lượng.

Mô tả trên đây có nghĩa là bộ phận kim loại thứ nhất, cũng như bộ phận kim loại thứ hai, có thể được làm bằng số lượng lớn của các hợp kim khác nhau. Hiển nhiên là, các ví dụ như nêu trên được cân bằng thành phần với các kim loại hoặc các nguyên tố khác như đã biết rõ trong lĩnh vực liên quan.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất sản phẩm bao gồm bộ phận kim loại thứ nhất được liên kết với bộ phận kim loại thứ hai bằng mối nối. Các bộ phận kim loại có nhiệt độ tách pha trên 1100°C và mối nối bao gồm ít nhất 50% trọng lượng của các nguyên tố kim loại đã được lấy từ vùng bao quanh mối nối và vùng này là phần thuộc bộ phận bất kỳ trong số bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất sản phẩm bao gồm bộ phận kim loại thứ nhất được liên kết với bộ phận kim loại thứ hai nhờ phương pháp như nêu trên hoặc phương án bất kỳ của nó.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất chế phẩm hạn chế nóng chảy được làm thích ứng để, nghĩa là, được phát triển và được làm thích ứng đặc biệt để, liên kết bộ phận kim loại thứ nhất với bộ phận kim loại thứ hai theo phương pháp như nêu trên hoặc phương án bất kỳ của nó, chế phẩm hạn chế nóng chảy bao gồm:

i) thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng để làm giảm nhiệt độ nóng chảy, và

ii), theo cách tùy chọn, thành phần kết dính để tạo điều kiện thuận lợi cho công đoạn phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy trên bộ phận kim loại thứ nhất, trong đó bo có nguồn gốc từ hợp chất bo được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: axit boric, borax, titan điborua và bo nitrua.

Các mục đích, dấu hiệu, khía cạnh và ưu điểm khác nữa của phương pháp, sản phẩm và chế phẩm hạn chế nóng chảy theo sáng chế sẽ trở nên rõ ràng qua phần mô tả chi tiết sau đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

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

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai, trong đó chế phẩm hạn chế nóng chảy được cấp giữa các bộ phận này;

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại theo Fig.1 trong quá trình gia nhiệt;

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại theo Fig.1 khi mối nối được tạo ra;

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai trong đó chế phẩm hạn chế nóng chảy được cấp giữa các bộ phận này và khi bộ phận kim loại thứ hai tỳ lên bộ phận kim loại thứ nhất;

Fig.5 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại theo Fig.4 trong quá trình gia nhiệt;

Fig.6 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại theo Fig.4 khi mỗi nối được tạo ra;

Fig.7 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại khi mỗi nối được tạo ra và trong đó các bộ phận này đã được ép về phía nhau trong quá trình tạo thành của mỗi nối;

Fig.8 là hình vẽ tương ứng với Fig.7, trong đó vật liệu từ cả hai bộ phận kim loại đã nóng chảy và đã tạo ra mỗi nối;

Fig.9 là hình vẽ tương ứng với Fig.1 và thể hiện phân bố của điểm tiếp xúc giữa các bộ phận kim loại;

Fig.10 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện diện tích của điểm tiếp xúc giữa các bộ phận kim loại;

Fig.11 là hình vẽ tương ứng với Fig.3 và thể hiện phân bố của mỗi nối giữa các bộ phận kim loại;

Fig.12 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện tiết diện ngang của mỗi nối;

Fig.13 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại được sử dụng theo các ví dụ; và

Fig.14 là lưu đồ thể hiện phương pháp để liên kết bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 trong đó chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 như đã mô tả trên đây được bố trí trên bề mặt 15 của bộ phận kim loại thứ nhất 11. Bộ phận kim loại thứ hai 12, ở điểm tiếp xúc 16, ở trạng thái tiếp xúc với chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 trên bề mặt 15. Như được thể hiện trên hình vẽ, bộ phận kim loại thứ hai 12, có dạng chữ U, có phần nhô ra 28 ở trạng thái tiếp xúc với chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 ở điểm tiếp xúc 16. Bộ phận kim loại thứ hai 12 có thể bao gồm các phần nhô ra bổ sung và vì thế có thể tương ứng còn có các điểm tiếp xúc. Bộ phận kim loại thứ nhất 11 có thể được làm bằng nguyên tố kim loại hoặc được làm bằng hợp kim bao gồm

các nguyên tố như sắt (Fe), crom (Cr), niken (Ni), molypden (Mo), mangan (Mn), và có thể, ví dụ, là hợp kim dựa trên sắt. Các ví dụ về các nguyên tố kim loại phù hợp để làm bộ phận kim loại thứ nhất 11 có thể là các hợp kim niken 200/201, Nicrofer 5923hMo, hợp kim Hastelloy® C-2000, Hastelloy B3, hợp kim C22, Inconel 625, hợp kim C 276, Nicrofer 3033, Nicrofer 3127HMo, AL6XN, 254SMO, Monel 400, thép cacbon thấp, thép không gỉ 316, thép không gỉ 304, nhưng hợp kim theo sáng chế không bị giới hạn ở các hợp kim này. Bộ phận kim loại thứ hai 12 còn được làm bằng nguyên tố kim loại có thể là nguyên tố kim loại giống như nguyên tố kim loại của bộ phận kim loại thứ nhất 11. Theo Fig.1, bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 chưa được liên kết.

Bốn mặt phẳng P1 tới P4 được sử dụng để mô tả cách thức mà bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 được liên kết. Mặt phẳng thứ nhất P1 xác định bề mặt của chế phẩm hạn chế nóng chảy 14. Mặt phẳng thứ hai P2 xác định bề mặt 15 của bộ phận kim loại thứ nhất 11, là bề mặt “trên” 15 của bộ phận kim loại thứ nhất 11. Điều này nghĩa là chế phẩm hạn chế 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 chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 được phóng to đáng kể trên các hình vẽ. Độ dày thực, nghĩa là, lượng chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 trên bề mặt 15 cũng như thành phần của chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Mặt phẳng thứ ba P3 xác định lớp bề mặt 21 của bộ phận kim loại thứ nhất 11, trong đó lớp bề mặt 21 kéo dài từ bề mặt 15 và tới mặt phẳng thứ ba P3 được định vị ở bộ phận kim loại thứ nhất 11. Như vậy, 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 bộ phận kim loại thứ nhất 11. Độ dày của bộ phận kim loại thứ nhất 11 tương ứng với khoảng cách giữa mặt phẳng thứ hai P2 và mặt phẳng thứ tư P4. Bộ phận kim loại thứ nhất 11 còn có lớp dưới 22, là phần thuộc bộ phận kim loại thứ nhất 11 không có lớp bề mặt 21 và kéo dài từ mặt phẳng thứ ba P3 tới mặt phẳng thứ tư P4. Các hình dạng được thể hiện của bộ phận kim loại thứ

nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 chỉ là các hình dạng để minh họa và các hình dạng khác cũng có thể được dự kiến. Ví dụ, các bộ phận kim loại 11, 12 có thể có các hình dạng cong, sao cho các mặt phẳng P1 tới P4 không còn có dạng phẳng, bề mặt dạng hai chiều, mà thay vào đó là các bề mặt dạng cong.

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại 11, 12 khi các bộ phận này được gia nhiệt tới nhiệt độ mà vượt trên đó, chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 làm cho lớp bề mặt 21 nóng chảy và tạo thành lớp kim loại nóng chảy 210, nhưng ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của vật liệu tạo thành bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12. Tóm lại, khi gia nhiệt các bộ phận kim loại 11, 12, bo và silic trong chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 khuếch tán vào bộ phận kim loại thứ nhất 11 và làm cho nó nóng chảy ở nhiệt độ thấp hơn so với nhiệt độ nóng chảy của vật liệu tạo thành bộ phận kim loại thứ nhất 11 (và vật liệu tạo thành bộ phận kim loại thứ hai 12). Chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 được cấp trên bề mặt 15 với lượng để làm cho lớp bề mặt 21 nóng chảy và tạo thành lớp kim loại nóng chảy 210. Như vậy, lượng của chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 được chọn sao cho bo và silic chỉ khuếch tán vào lớp bề mặt 21 (quá nhiều bo và silic có thể làm nóng chảy toàn bộ bộ phận kim loại thứ nhất 11). Các lượng phù hợp của chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 sẽ được mô tả theo các ví dụ dưới đây. Kim loại trong lớp kim loại nóng chảy 210 tiếp đó di chuyển, thường nhờ tác động mao dẫn, về phía điểm tiếp xúc 16 (và tới các điểm tiếp xúc tương tự khác như điểm tiếp xúc 116).

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại 11, 12 khi tất cả chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 đã khuếch tán vào bộ phận kim loại thứ nhất 11 và khi kim loại trong lớp kim loại nóng chảy 210 đã di chuyển về phía điểm tiếp xúc 16 mà mỗi nối 25 lúc này được tạo ra. Mỗi nối này bao gồm kim loại trước đó là phần thuộc bộ phận kim loại thứ nhất 11. Như có thể thấy, chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 không còn có mặt trên bề mặt 15 của bộ phận kim loại thứ nhất 11 vì nó đã khuếch tán vào bộ phận kim loại thứ nhất 11 và, cụ thể là, trong chừng mực nhất định vào bộ phận kim loại thứ hai 12. Vì mỗi nối 25 được tạo bởi kim loại từ bộ phận kim loại thứ nhất 11, bộ phận kim loại thứ nhất 11 lúc này mỏng hơn so với trước khi gia

nhiệt. Như có thể thấy, bộ phận kim loại thứ nhất 11 lúc này có mặt trên 15' không nằm ở mặt phẳng thứ hai P2. Để thay thế, mặt trên lúc này ở gần với mặt phẳng thứ tư P4. Nói chung, không phải toàn bộ kim loại trong lớp kim loại nóng chảy 210 đề di chuyển về phía điểm tiếp xúc 16 để tạo ra mối nối 25, và một phần vẫn duy trì ở dạng mặt trên của bộ phận kim loại thứ nhất 11 và hóa rắn ở đó đồng thời với sự hóa rắn của mối nối 25. Sự hóa rắn diễn ra khi nhiệt độ giảm nhưng cũng trước trạng thái giảm nhiệt độ,, ví dụ, vì bo và silic trong chế phẩm hạn chế nóng chảy khuếch tán dần vào và trộn với vật liệu của bộ phận kim loại thứ nhất 11. Quá trình vật lý nằm sau trạng thái nóng chảy của kim loại của bộ phận kim loại thứ nhất 11 cũng như sự hóa rắn sau đó là tương tự với quá trình nóng chảy và hóa rắn xảy ra trong quá trình hàn vảy cứng. Tuy nhiên, khi so sánh với kỹ thuật hàn vảy cứng thông thường, có khác biệt lớn là chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 không có hoặc có những lượng rất nhỏ của kim loại phụ gia; thay cho việc sử dụng kim loại phụ gia để tạo ra mối nối 25, kim loại từ bộ phận kim loại thứ nhất 11 và, theo cách tùy chọn, như sẽ được mô tả, từ bộ phận kim loại thứ hai 12, được sử dụng để tạo ra mối nối 25. Ngoài ra, các nguồn bo có thể được chọn từ axit boric, borax, titan điborua và bo nitrua theo quan điểm an toàn lao động là ít có hại hơn so với, ví dụ, bo nguyên tố. Ngoài ra, các nguồn bo theo sáng chế không có ảnh hưởng bất lợi đến các đặc tính chống ăn mòn của các bộ phận kim loại nhiều như các nguồn bo chứa cacbon (C), nhờ đó có thể tạo ra các mối nối chắc chắn với các đặc tính chống ăn mòn tốt.

Fig.4 tới Fig.6 tương ứng với Fig.1 tới Fig.3 với khác biệt là bộ phận kim loại thứ hai 12 được ép vào chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 đến chừng mực sao cho nó cơ bản ở trạng thái tiếp xúc với hoặc tỳ với bộ phận kim loại thứ nhất 11 (các lượng nhỏ của chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 vẫn có mặt giữa các bộ phận kim loại 11, 12).

Fig.7 tương ứng với Fig.3 và Fig.6 với khác biệt là bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 đã được ép về phía nhau trong quá trình tạo thành mối nối 25. Kết quả là, bộ phận kim loại thứ hai 12 có ở vị trí của mối nối 25 “phần lõm” vào lớp kim loại nóng chảy 210 của bộ phận kim loại thứ nhất 11.

Fig.8 tương ứng với Fig.7, trong đó vật liệu từ cả bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 đã nóng chảy và đã tạo ra mối nối 25. Trong thực tế, điều này thường xảy ra trong quá trình tạo thành mối nối 25, đặc biệt nếu bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 được làm bằng cùng vật liệu, vì bộ phận kim loại thứ hai 12 cũng ở trạng thái tiếp xúc với chế phẩm hạn chế nóng chảy.

Trước khi gia nhiệt, bộ phận kim loại thứ hai 12 có đường bao ngoài được xác định bởi đường nét đứt L2. Trong quá trình gia nhiệt, lớp bề mặt của bộ phận kim loại thứ hai 12 tạo ra lớp bề mặt nóng chảy 26, trong đó kim loại của lớp này chảy tới điểm tiếp xúc 16 và tạo ra một phần của mối nối 25 ở đó. Lớp bề mặt nóng chảy của bộ phận kim loại thứ hai 12 được biểu diễn bởi lớp giữa đường L2 và đường L1, trong đó đường L1 xác định ranh giới tại đó kim loại của bộ phận kim loại thứ hai 12 chưa được nung chảy.

Cần lưu ý rằng không có các ranh giới rõ ràng thực sự giữa kim loại của bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 được nung chảy và không được nung chảy. Thay vào đó, có trạng thái chuyển tiếp dần từ “được nung chảy” sang “không được nung chảy”.

Fig.9 tương ứng với trường hợp tạo ra mối nối theo Fig.1 và thể hiện phân bố của điểm tiếp xúc 16 giữa bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12. Fig.10 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại giống nhau 11, 12 nhưng quan sát từ bên trên và theo mặt phẳng thứ nhất P1. Fig.9 là hình vẽ mặt cắt ngang theo đường A-A trên Fig.10.

Như có thể thấy, điểm tiếp xúc 16 có phân bố trên chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 trên bộ phận kim loại thứ nhất 11. Phân bố của điểm tiếp xúc 16 có diện tích A2 nhỏ hơn đáng kể so với diện tích A1 của chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 trên bề mặt 15. Diện tích A1 bao gồm diện tích A2. Diện tích A1 kéo dài giữa hai đường L3, L4 được định vị ở phía bên tương ứng của điểm tiếp xúc 16. Diện tích A1 của bề mặt 15 mà chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 được cấp trên đó có thể lớn hơn ít nhất 10 lần so với diện tích A2 được xác định bởi điểm tiếp xúc 16. Diện tích A1 có thể được

xác định là vùng của bề mặt 15 mà chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 được cấp trên đó và từ diện tích A1 này kim loại được kéo tới mỗi nối tạo thành 25. Diện tích A2 có thể được xác định là diện tích của điểm tiếp xúc 16, nghĩa là, vùng tiếp xúc giữa chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 và bộ phận kim loại thứ hai 12, theo cách tùy chọn có vùng tiếp xúc (nếu có) giữa bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12 ở điểm tiếp xúc 16. Diện tích A1 có thể lớn hơn ít nhất 10 lần so với diện tích A2.

Fig.11 tương ứng với Fig.3 và thể hiện tiết diện ngang A3 của mỗi nối 25. Diện tích A1 của bề mặt 15 mà chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 được cấp trên đó có thể, theo một biến thể khác, lớn hơn ít nhất 3 lần so với tiết diện ngang A3 của mỗi nối 25. Fig.12 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện các bộ phận kim loại giống nhau 11, 12 nhưng quan sát từ bên trên và theo mặt phẳng thứ hai P2. Fig.11 là hình vẽ mặt cắt ngang theo đường A-A trên Fig.12.

Như có thể thấy, mỗi nối 25 có tiết diện ngang A3 nhỏ hơn đáng kể so với diện tích A1 của chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 trên bề mặt 15. Như nêu trên, diện tích A1 có thể được xác định là vùng của bề mặt 15 mà chế phẩm hạn chế nóng chảy 14 được cấp trên đó và từ diện tích A1 này kim loại được kéo để tạo ra mỗi nối 25. Tiết diện ngang A3 của mỗi nối 25 có thể được xác định là mỗi nối diện tích nhỏ nhất 25 có giữa bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12. Tiết diện ngang A3 có thể có hình dạng của mặt dạng cong. Hiển nhiên là, các diện tích A1 và A2 có thể có hình dạng của các bề mặt dạng cong, phụ thuộc vào hình dạng tương ứng của bộ phận kim loại thứ nhất 11 và bộ phận kim loại thứ hai 12.

Fig.13 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện bộ phận kim loại thứ nhất có dạng tấm 110 và bộ phận kim loại thứ hai 120 là tấm có cùng các kích thước ngoài, 20\*40 mm, nhưng được dập thành dạng chữ U. Các bộ phận kim loại được sử dụng để minh họa cách thức mà hai bộ phận kim loại có thể được liên kết. Tấm 110 là tấm hình chữ nhật, với độ dày là 0,4 mm và các kích thước là 20\*40 mm và được làm bằng thép không gỉ 316L (cấp thép SAE).

Fig.14 là lưu đồ thể hiện phương pháp để liên kết bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai. Các bộ phận kim loại này có thể được làm bằng vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu như đã mô tả trên đây.

Ở công đoạn thứ nhất 201, cấp chế phẩm hạn chế nóng chảy trên bề mặt của ít nhất một của các bộ phận kim loại (ở đây là bộ phận kim loại thứ nhất). Công đoạn cấp này có thể được thực hiện nhờ các kỹ thuật thông thường, ví dụ, bằng cách phun hoặc sơn trong trường hợp chế phẩm hạn chế nóng chảy có thành phần kết dính, và bằng kỹ thuật PVD hoặc kỹ thuật CVD trong trường hợp thành phần kết dính không được sử dụng.

Ở công đoạn tiếp theo 202, bộ phận kim loại thứ hai được đưa vào tiếp xúc với chế phẩm hạn chế nóng chảy ở điểm tiếp xúc trên bề mặt. Công đoạn này có thể được thực hiện theo cách thủ công hoặc tự động bằng cách sử dụng các hệ thống sản xuất tự động hóa thông thường.

Ở công đoạn tiếp theo 203, các bộ phận kim loại được gia nhiệt tới nhiệt độ trên  $1100^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ chính xác có thể được tham khảo ở các ví dụ nêu trên. Trong quá trình gia nhiệt bề mặt của ít nhất bộ phận kim loại thứ nhất nóng chảy và, cùng với thành phần hạn chế nóng chảy, tạo ra lớp kim loại nóng chảy ở trạng thái tiếp xúc với bộ phận kim loại thứ hai ở điểm tiếp xúc giữa bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai. Khi điều này xảy ra, kim loại của lớp kim loại nóng chảy di chuyển về phía điểm tiếp xúc.

Ở công đoạn cuối cùng 204, lớp kim loại nóng chảy được cho phép hóa rắn sao cho mối nối được tạo ra ở điểm tiếp xúc, nghĩa là, kim loại đã di chuyển tới điểm tiếp xúc hóa rắn. Sự hóa rắn thường có nhiệt độ giảm tới nhiệt độ trong phòng tiêu chuẩn. Tuy nhiên, sự hóa rắn cũng xảy ra trong quá trình vật lý để phân bố lại các thành phần (bo và silic) trong vùng liên kết, trước khi nhiệt độ được giảm.

Nhiều thử nghiệm và ví dụ khác nhau sẽ được thể hiện để mô tả các vật liệu phù hợp đối với nguồn bo của chế phẩm hạn chế nóng chảy.

### *Các ví dụ*

Theo các ví dụ sau đây, các chi tiết cụ thể hơn được thể hiện để minh họa sáng chế.

Các thử nghiệm theo các ví dụ này được thực hiện để đánh giá xem silic (Si) có thể tạo ra “hợp kim hàn vảy cứng” hay không khi silic được phủ trên bề mặt của mẫu thử nghiệm của kim loại gốc (nghĩa là, trên bộ phận kim loại). Ngoài ra, các lượng khác nhau của bo (B) được bổ sung để làm giảm điểm nóng chảy đối với hợp kim hàn vảy cứng. Bo còn được sử dụng để thay đổi đặc tính làm ướt của hợp kim hàn vảy cứng. Các đặc tính của các hỗn hợp kiểm tra cũng được đánh giá. Theo các ví dụ, ký hiệu “% trọng lượng” nghĩa là tỷ lệ phần trăm theo trọng lượng. Ở đây, “hợp kim hàn vảy cứng” được gọi là hợp kim được tạo ra khi silic và bo làm nóng chảy một phần hoặc một lớp của kim loại gốc (bộ phận kim loại). Như vậy, “hợp kim hàn vảy cứng” bao gồm hỗn hợp và các nguyên tố kim loại từ kim loại gốc.

Nếu không có gì khác được nêu, các mẫu thử nghiệm của kim loại gốc đối với tất cả các thử nghiệm được làm sạch bằng cách rửa bát đĩa và với axeton trước khi các mẫu của các hỗn hợp của silic và bo được bổ sung vào các mẫu thử nghiệm.

### *Thử nghiệm của các nguồn bo*

Bốn nguồn bo mới có trên thị trường được kiểm tra bao gồm  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  và BN (dạng hình lục giác (h-BN)).  $\text{SiB}_6$  được sử dụng làm mẫu tham chiếu.

Các nguồn bo được trộn với Si theo tỷ lệ sử dụng B: Si là 2:10.

Bằng cách sử dụng phân tử lượng của tất cả các thành phần trong từng nguồn bo, lượng nguồn được tính toán sao cho thu được tỷ lệ. Hệ số được thể hiện trên bảng là hạn ngạch giữa phân tử lượng của nguồn bo và trọng lượng của bo trong nguồn và nó được sử dụng khi tính toán lượng cần thiết của nguồn bo đối với các hỗn hợp. Các tính toán được thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1: các tính toán

|                                               | Phân tử lượng của<br>nguồn bo | Trọng lượng của B<br>trong nguồn | % B trong<br>nguồn bo | Hệ số |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------|
|                                               | g/mol                         | B                                | % B                   |       |
| NA <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> | 201,22                        | 43,24                            | 21,5                  | 4,653 |
| TiB <sub>2</sub>                              | 69,49                         | 21,62                            | 31,1                  | 3,214 |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                | 61,83                         | 10,81                            | 17,5                  | 5,719 |
| BN                                            | 24,82                         | 10,81                            | 43,6                  | 2,296 |
| SiB <sub>6</sub>                              | 92,95                         | 64,87                            | 69,8                  | 1,433 |

*Trộn các bột*

Tất cả các nguồn bo được sử dụng đều là bột. Nguồn Si được sử dụng cũng là bột. Sau khi cân các bột đối với từng hỗn hợp, các bột được trộn kỹ. Tiếp đó, chất liên kết được bổ sung với trọng lượng và hỗn hợp được trộn kỹ một lần nữa. Các trọng lượng đối với các thành phần được thể hiện trên bảng 2.

Bảng 2: các trọng lượng đo được của thành phần đầu vào

|                                               | Nguồn B (g) | Lượng Si (g) | Tổng trọng<br>lượng (g) | Chất liên kết được<br>bổ sung (g) |
|-----------------------------------------------|-------------|--------------|-------------------------|-----------------------------------|
| NA <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> | 9,3         | 10           | 19,3                    | 15,14                             |
| TiB <sub>2</sub>                              | 2,64        | 4,11         | 6,75                    | 5,3                               |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                | 11,4        | 10,02        | 21,42                   | 16,96                             |
| BN                                            | 4,60        | 10,01        | 14,61                   | 12,92                             |
| SiB <sub>6</sub>                              | 2,82        | 9,99         | 12,81                   | 13,01                             |

*Phương pháp phủ và chuẩn bị mẫu*

Để thu được trạng thái phủ đồng đều, một thiết bị in lưới cầm tay cỡ nhỏ được sử dụng. Các hỗn hợp được in lưới trên tấm mẫu làm bằng vật liệu kiểu 316L, với độ dày là 0,4 và các kích thước là 20\*40 mm. Diện tích in lưới là 19\*10 mm. Trọng lượng của tất cả các mẫu được cân trước khi và sau khi in lưới. Trọng lượng đã phủ đối với chu kỳ hàn vảy cứng 1 (A) được thể hiện trên bảng 3 và đối với chu kỳ hàn vảy cứng 2 (B) được thể hiện trên bảng 4. Đối với mỗi nối, bộ phận thứ hai được sử dụng. Bộ phận thứ hai này là một tấm có cùng các kích thước ngoài, 20\*40 mm, nhưng được dập thành dạng chữ U. Các mẫu được định vị với diện tích in lưới đối diện với tấm thép không gỉ đã dập, vì thế mỗi nối dạng hai chiều được tạo ra giữa

diện tích in lưới và tấm đã dập. Các mẫu được định vị trong một bộ gá để đảm bảo tiếp xúc giữa các bộ phận khi được hàn vảy cứng.

Bảng 3: Các mẫu đối với hàn vảy cứng thứ nhất, chu kỳ hàn vảy cứng (A)

| Mẫu # | Nguồn B                                       | Tấm (g) | Tấm đã phủ, (g) | Lượng đã phủ (g) | W (mg) / diện tích (10*19 mm <sup>2</sup> ) |
|-------|-----------------------------------------------|---------|-----------------|------------------|---------------------------------------------|
| 1A    | BN                                            | 2,4953  | 2,5036          | 0,0083           | 0,044                                       |
| 2A    | BN                                            | 2,4941  | 2,5051          | 0,011            | 0,058                                       |
| 3A    | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                | 2,4918  | 2,4961          | 0,0043           | 0,023                                       |
| 4A    | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                | 2,4886  | 2,4928          | 0,0042           | 0,022                                       |
| 5A    | NA <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> | 2,4883  | 2,4962          | 0,0079           | 0,042                                       |
| 6A    | NA <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> | 2,4875  | 2,4977          | 0,0102           | 0,054                                       |
| 7A    | TiB <sub>2</sub>                              | 2,4895  | 2,498           | 0,0085           | 0,045                                       |
| zz8A  | TiB <sub>2</sub>                              | 2,4884  | 2,5026          | 0,0142           | 0,075                                       |
| 9A    | SiB <sub>6</sub>                              | 2,4897  | 2,501           | 0,0113           | 0,059                                       |
| 10A   | SiB <sub>6</sub>                              | 2,4872  | 2,4993          | 0,0121           | 0,064                                       |

Bảng 4: Các mẫu đối với hàn vảy cứng thứ hai, chu kỳ hàn vảy cứng (B)

| Mẫu # | Nguồn B                        | Tầm (g) | Tầm đã phủ, (g) | Lượng đã phủ (g) | W (mg) / diện tích (10*19 mm <sup>2</sup> ) |
|-------|--------------------------------|---------|-----------------|------------------|---------------------------------------------|
| 1B    | SiB <sub>6</sub>               | 2,4822  | 2,4899          | 0,0077           | 0,041                                       |
| 2B    | SiB <sub>6</sub>               | 2,4848  | 2,4927          | 0,0079           | 0,042                                       |
| 3B    | SiB <sub>6</sub>               | 2,4817  | 2,4902          | 0,0085           | 0,045                                       |
| 4B    | SiB <sub>6</sub>               | 2,4856  | 2,4957          | 0,0101           | 0,053                                       |
| 5B    | SiB <sub>6</sub>               | 2,4959  | 2,5068          | 0,0109           | 0,057                                       |
| 6B    | TiB <sub>2</sub>               | 2,4962  | 2,5113          | 0,0151           | 0,079                                       |
| 7B    | TiB <sub>2</sub>               | 2,4937  | 2,504           | 0,0103           | 0,054                                       |
| 8B    | TiB <sub>2</sub>               | 2,4926  | 2,5048          | 0,0122           | 0,064                                       |
| 9B    | TiB <sub>2</sub>               | 2,4927  | 2,5042          | 0,0115           | 0,061                                       |
| 10B   | TiB <sub>2</sub>               | 2,4887  | 2,4998          | 0,0111           | 0,058                                       |
| 11B   | TiB <sub>2</sub>               | 2,4854  | 2,4973          | 0,0119           | 0,063                                       |
| 12B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | 2,4913  | 2,4957          | 0,0044           | 0,023                                       |
| 13B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | 2,494   | 2,499           | 0,005            | 0,026                                       |
| 14B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | 2,4974  | 2,5018          | 0,0044           | 0,023                                       |
| 15B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | 2,5004  | 2,5053          | 0,0049           | 0,026                                       |
| 16B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | 2,5002  | 2,5041          | 0,0039           | 0,021                                       |

*Hàn vảy cứng*

Hàn vảy cứng được thực hiện trong lò chân không. Nhiệt độ hàn vảy cứng là  $1225 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , trong xấp xỉ 1 giờ ở nhiệt độ hàn vảy cứng. Hai chu kỳ hàn vảy cứng được thực hiện là chu kỳ 1 (A) và chu kỳ 2 (B).

*Các kết quả*

Các mẫu được phân tích bằng kiểm tra trực quan và các kết quả được thể hiện trên bảng 5 và 6.

Bảng 5: các kết quả từ chu kỳ hàn vảy cứng 1 (A).

| Mẫu # | Nguồn B                                       | Các kết quả                                                  |
|-------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1A    | BN                                            | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                            |
| 2A    | BN                                            | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                            |
| 3A    | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, không có hoặc có mỗi nối nhỏ |
| 4A    | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, không có hoặc có mỗi nối nhỏ |
| 5A    | NA <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, không có hoặc có mỗi nối nhỏ |
| 6A    | NA <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, không có hoặc có mỗi nối nhỏ |
| 7A    | TiB <sub>2</sub>                              | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                             |
| 8A    | TiB <sub>2</sub>                              | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                             |
| 9A    | SiB <sub>6</sub>                              | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                            |
| 10A   | SiB <sub>6</sub>                              | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                            |

Bảng 6: các kết quả từ chu kỳ hàn vảy cứng 2 (B).

| Mẫu # | Nguồn B                        | Các kết quả                                              |
|-------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1B    | SiB <sub>6</sub>               | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                        |
| 2B    | SiB <sub>6</sub>               | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                        |
| 3B    | SiB <sub>6</sub>               | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                        |
| 4B    | SiB <sub>6</sub>               | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                        |
| 5B    | SiB <sub>6</sub>               | Bề mặt sáng, mỗi nối hàn vảy cứng                        |
| 6B    | TiB <sub>2</sub>               | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                         |
| 7B    | TiB <sub>2</sub>               | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                         |
| 8B    | TiB <sub>2</sub>               | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                         |
| 9B    | TiB <sub>2</sub>               | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                         |
| 10B   | TiB <sub>2</sub>               | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                         |
| 11B   | TiB <sub>2</sub>               | Bề mặt tối, mỗi nối hàn vảy cứng                         |
| 12B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, không có mỗi nối         |
| 13B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, không có mỗi nối         |
| 14B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, mỗi nối hàn vảy cứng nhỏ |
| 15B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, mỗi nối hàn vảy cứng nhỏ |
| 16B   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | Bề mặt sáng, bắt đầu nóng chảy, mỗi nối hàn vảy cứng nhỏ |

### Kết luận

Các thử nghiệm cho thấy các mỗi nối hàn vảy cứng được tạo ra khi sử dụng BN, TiB<sub>2</sub> và SiB<sub>6</sub> làm các nguồn bo và vì thế có thể được sử dụng làm các nguồn B. Thử nghiệm còn cho thấy H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> và NA<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> có tiềm năng được sử dụng làm các nguồn bo thay thế, nhưng hiệu quả không cao như những nguồn B khác đã được thử nghiệm. Điều này có thể được giải quyết bằng cách đảo ngược lượng của hỗn hợp đã sử dụng.

Như nêu trên, mặc dù các phương án khác nhau của sáng chế đã được mô tả và thể hiện, sáng chế không bị giới hạn như vậy, và còn có thể được cải biến theo các cách khác trong phạm vi của sáng chế như được xác định bằng các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Các chế phẩm hạn chế nóng chảy khác nhau còn có thể được kết hợp với các kim loại khác nhau đối với các bộ phận kim loại.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp để liên kết bộ phận kim loại thứ nhất (11) với bộ phận kim loại thứ hai (12), các bộ phận kim loại (11, 12) này có nhiệt độ tách pha trên  $1100^{\circ}\text{C}$ , phương pháp này bao gồm các công đoạn:

công đoạn (201) để phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy (14) ít nhất trên bề mặt (15) của bộ phận kim loại thứ nhất (11), chế phẩm hạn chế nóng chảy (14) này bao gồm:

thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm bo và silic với lượng tổng ít nhất là 25% trọng lượng để làm giảm nhiệt độ nóng chảy của bộ phận kim loại thứ nhất (11), và

theo cách tùy chọn, thành phần kết dính để tạo điều kiện thuận lợi cho công đoạn (201) để phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy (14) trên bề mặt (15), công đoạn (202) để đưa bộ phận kim loại thứ hai (12) vào tiếp xúc với chế phẩm hạn chế nóng chảy (14) ở điểm tiếp xúc (16) trên bề mặt (15),

công đoạn (203) để gia nhiệt bộ phận kim loại thứ nhất và bộ phận kim loại thứ hai (11, 12) tới nhiệt độ trên  $1100^{\circ}\text{C}$ , bề mặt (15) của bộ phận kim loại thứ nhất (11) nhờ đó nóng chảy sao cho lớp bề mặt (21) của bộ phận kim loại thứ nhất (11) nóng chảy và, cùng với thành phần hạn chế nóng chảy, tạo ra lớp kim loại nóng chảy (210) ở trạng thái tiếp xúc với bộ phận kim loại thứ hai (12) ở điểm tiếp xúc (16), và

công đoạn (204) để cho phép lớp kim loại nóng chảy (210) có thể hóa rắn sao cho mối nối (25) được tạo ra ở điểm tiếp xúc (16), khác biệt ở chỗ,

nguồn của bo bao gồm hợp chất bo được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: titan điborua, bo nitrua và/hoặc các kết hợp của chúng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hợp chất bo tạo ra từ 15 tới 100% trọng lượng, hoặc từ 50 tới 100% trọng lượng, dựa trên tổng trọng lượng của bo.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó nguồn của silic bao gồm chất bất kỳ giữa silic nguyên tố và silic của hợp chất silic được chọn từ ít nhất một hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: silic cacbua, silic borua và hợp kim sắt-silic.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất 40% trọng lượng của bo và silic.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất 85% trọng lượng của bo và silic.
6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bo tạo thành ít nhất 10% trọng lượng của hàm lượng bo và silic của thành phần hạn chế nóng chảy.
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó silic tạo thành ít nhất 55% trọng lượng của hàm lượng bo và silic của thành phần hạn chế nóng chảy.
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít hơn 50% trọng lượng của các nguyên tố kim loại.
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít hơn 10% trọng lượng của các nguyên tố kim loại.
10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bộ phận kim loại thứ nhất có độ dày từ 0,1 tới 1,0, hoặc từ 0,6 tới 1,0, hoặc từ 0,3 tới 0,6 mm và công đoạn (201) để phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy (14) thực hiện phủ trung bình từ 0,02 tới 0,12 mg bo và silic cho mỗi mm<sup>2</sup> diện tích bề mặt (15) của bộ phận kim loại thứ nhất (11).
11. Phương pháp theo điểm 1, 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) sao cho kim loại trong lớp kim loại nóng chảy (21') chảy tới điểm tiếp xúc (16) trong công đoạn (204) để cho phép mối nối (25) được tạo ra.
12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bộ phận kim loại thứ nhất bao gồm Fe với lượng lớn hơn 50% trọng lượng, Cr với lượng nhỏ hơn 13% trọng lượng, Mo với lượng nhỏ hơn 1% trọng lượng, Ni với lượng nhỏ hơn 1% trọng lượng và Mn với lượng nhỏ hơn 3% trọng lượng.
13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 11, trong đó bộ phận kim loại thứ nhất bao gồm Cr với lượng lớn hơn 10% trọng lượng và Ni với lượng lớn hơn 60% trọng lượng.
14. Sản phẩm bao gồm bộ phận kim loại thứ nhất (11) được liên kết với bộ phận kim loại thứ hai (12) nhờ phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 13.

15. Chế phẩm hạn chế nóng chảy để liên kết bộ phận kim loại thứ nhất (11) với bộ phận kim loại thứ hai (12) nhờ phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 13, chế phẩm hạn chế nóng chảy này bao gồm: i) thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm bo và silic với lượng ít nhất 25% trọng lượng để làm giảm nhiệt độ nóng chảy, và ii), theo cách tùy chọn, thành phần kết dính để tạo điều kiện thuận lợi cho công đoạn (201) để phủ chế phẩm hạn chế nóng chảy (14) trên bộ phận kim loại thứ nhất (11), trong đó nguồn của bo bao gồm hợp chất bo được chọn từ hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: titan điborua và bo nitrua.

16. Phương pháp theo điểm 2, trong đó nguồn của silic bao gồm chất bất kỳ giữa silic nguyên tố và silic của hợp chất silic được chọn từ ít nhất một hợp chất bất kỳ trong số các hợp chất sau đây: silic cacbua, silic borua và hợp kim sắt-silic.

17. Phương pháp theo điểm 2, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất 40% trọng lượng của bo và silic.

18. Phương pháp theo điểm 3, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất 40% trọng lượng của bo và silic.

19. Phương pháp theo điểm 2, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất 85% trọng lượng của bo và silic.

20. Phương pháp theo điểm 3, trong đó thành phần hạn chế nóng chảy bao gồm ít nhất 85% trọng lượng của bo và silic.

1/6

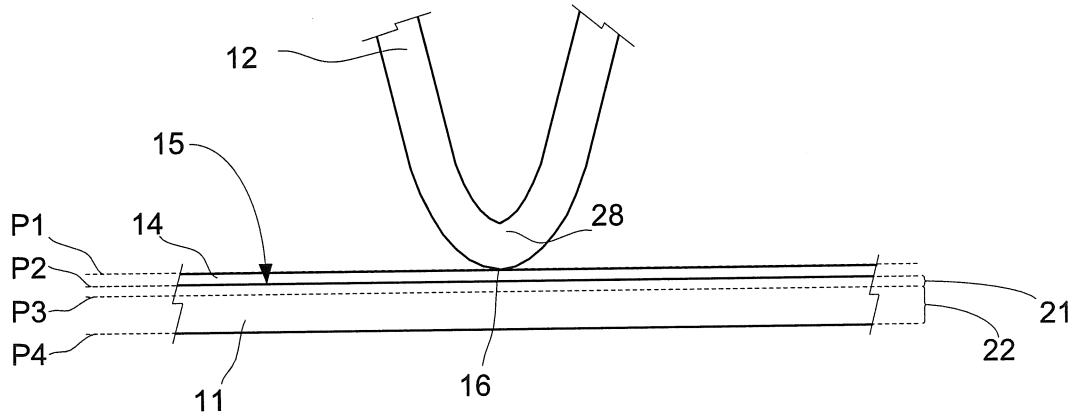


Fig. 1

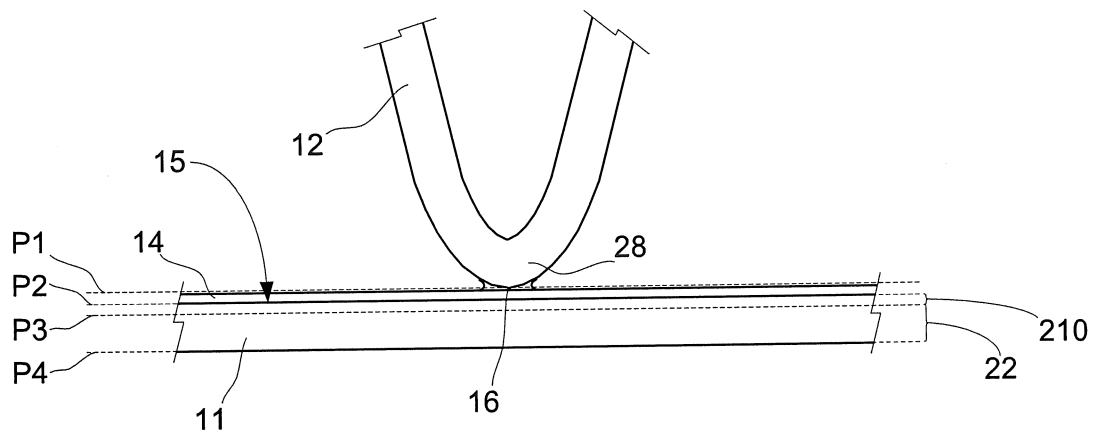


Fig. 2

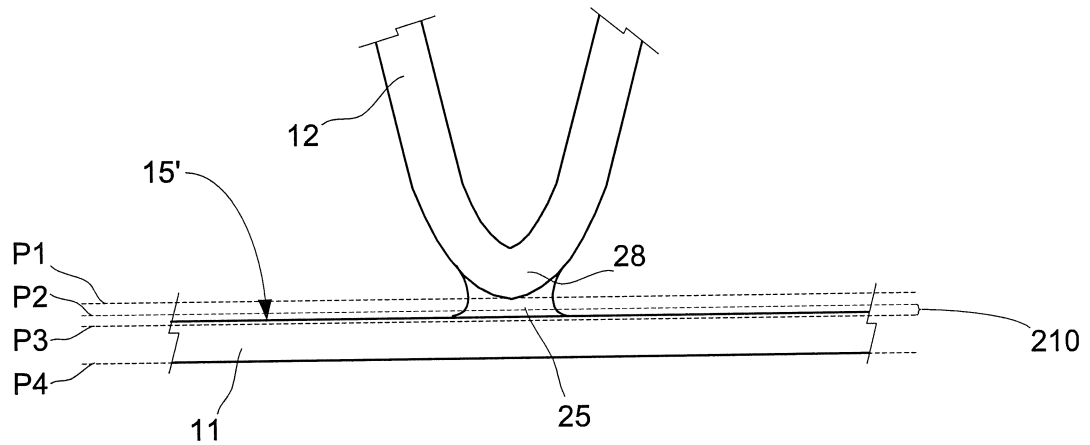


Fig. 3

2/6

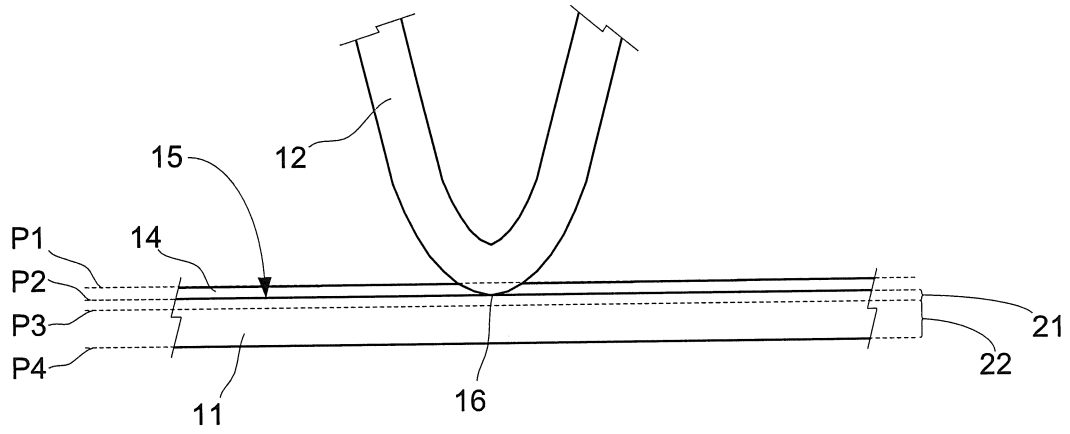


Fig. 4

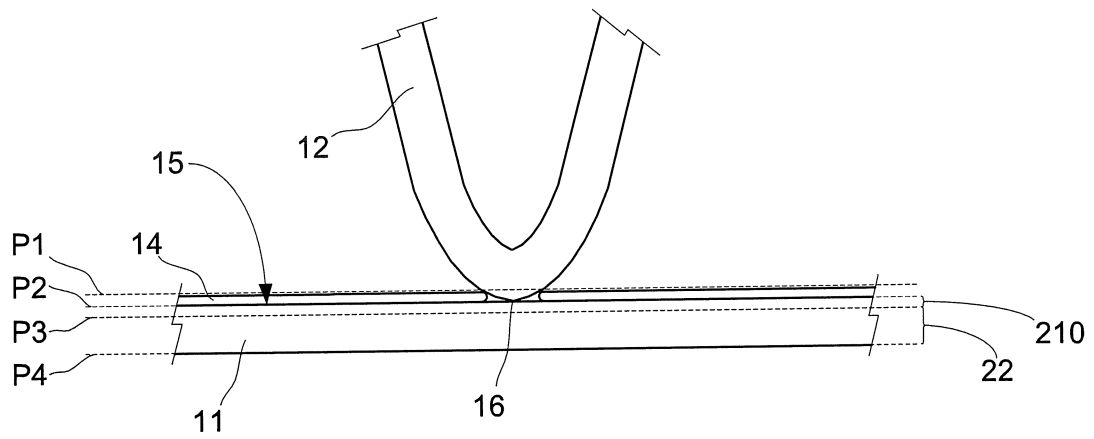


Fig. 5

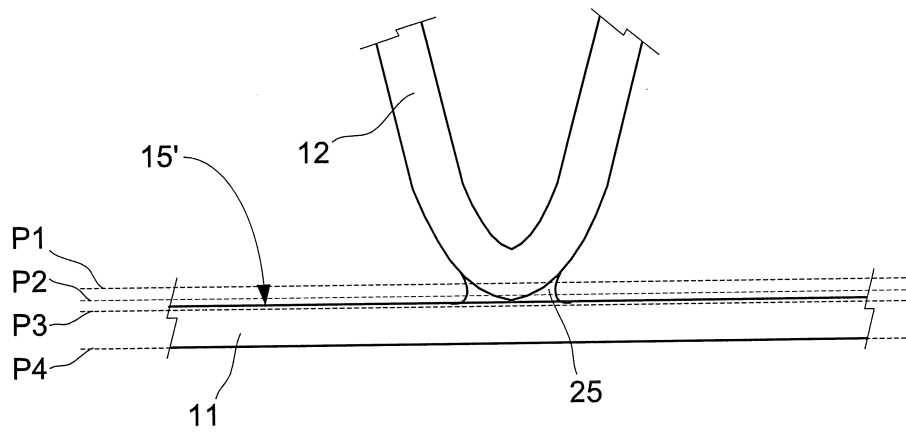


Fig. 6

3/6

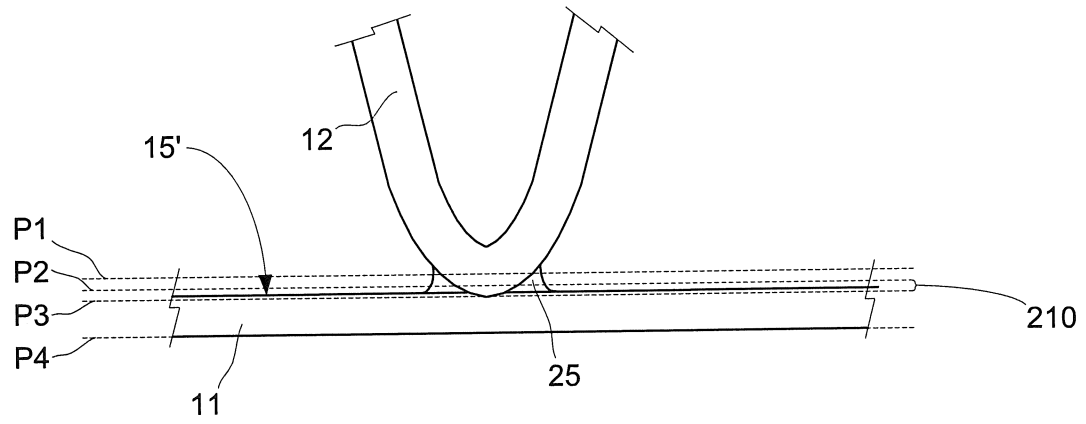


Fig. 7

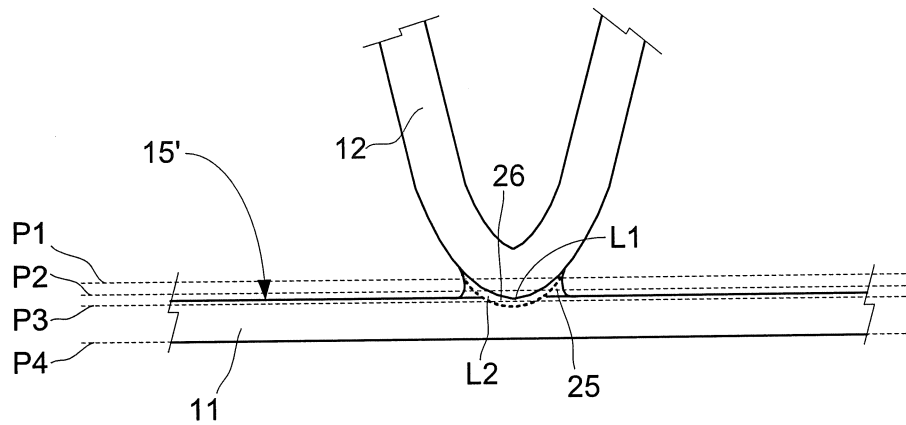


Fig. 8

4/6

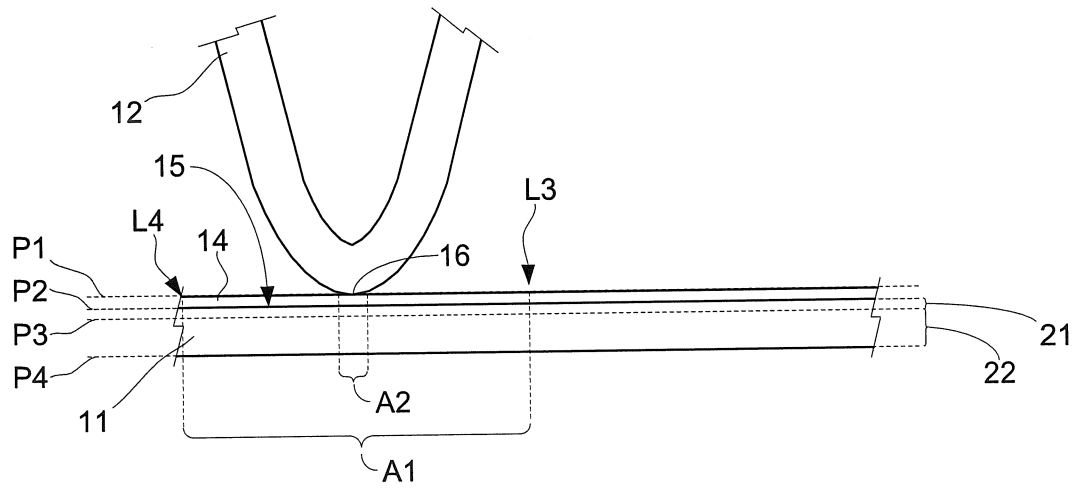


Fig. 9

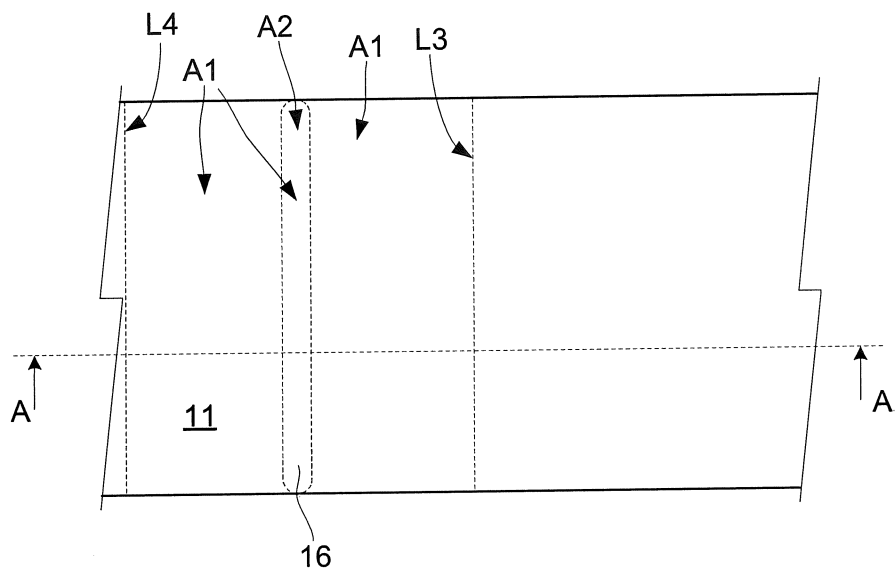
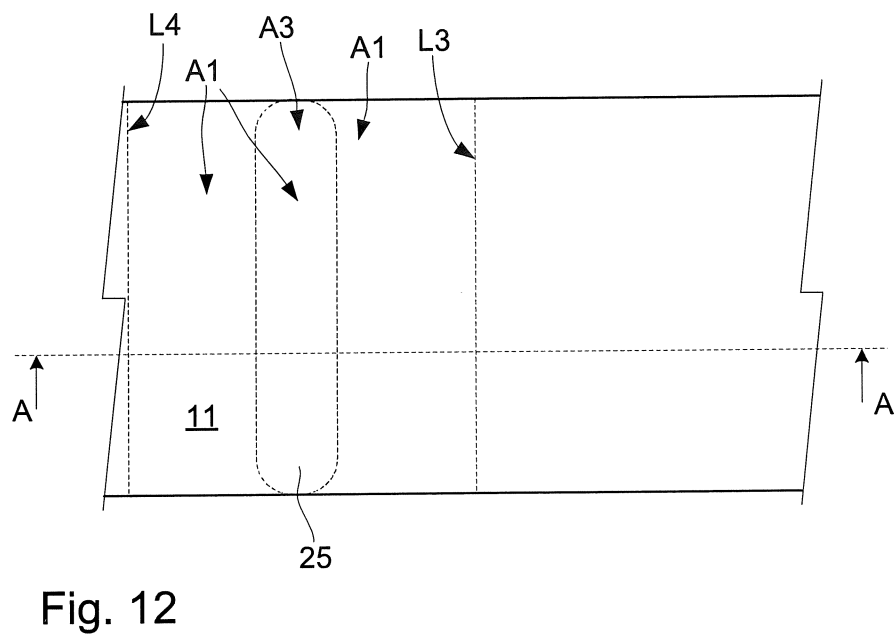
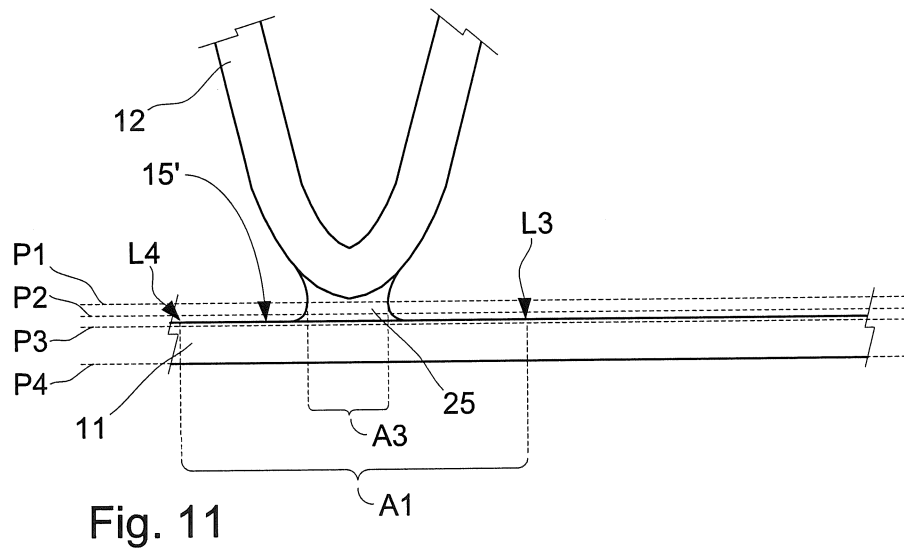


Fig. 10

5/6



6/6

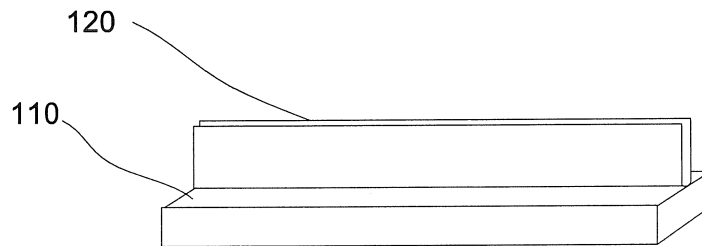


Fig. 13

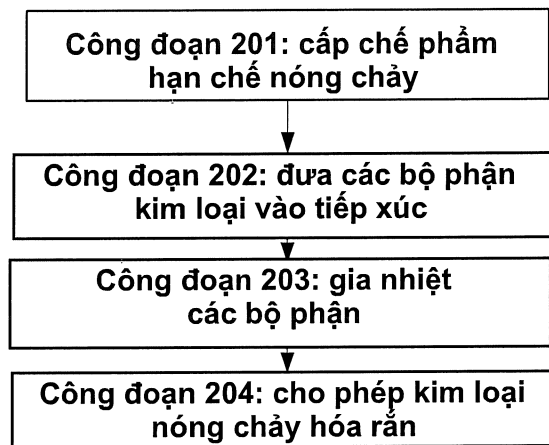


Fig. 14