



(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)



1-0023377

(51)⁷ B23K 15/00; B23K 26/20; C22C 38/58; (13) B
B23K 35/30; C22C 38/00; C22C 38/06;
B23K 15/06; B23K 31/00

(21) 1-2012-01503

(22) 03/12/2010

(86) PCT/JP2010/071721 03/12/2010

(87) WO2011/068216A1 09/06/2011

(30) 2009-277035 04/12/2009 JP

(45) 27/04/2020 385

(43) 25/09/2012 294A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

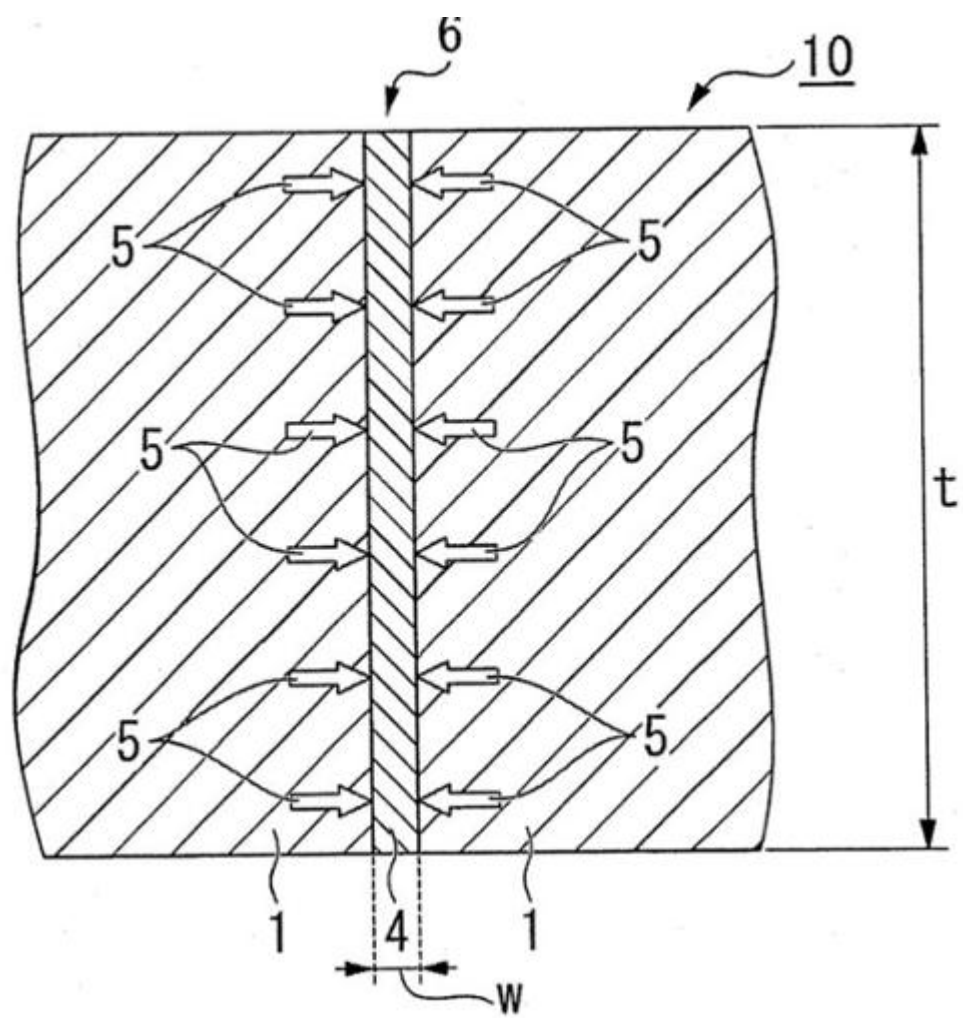
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

(72) ISHIKAWA Tadashi (JP); HONMA Ryuichi (JP); ICHIKAWA Kazutoshi (JP)

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) MÔI HÀN ĐỐI ĐẦU SỬ DỤNG CHÙM TIA MẬT ĐỘ NĂNG LƯỢNG CAO

(57) Sáng chế đề cập đến môi hàn bao gồm một cặp vật liệu thép, và kim loại hàn mà được tạo ra bằng chùm tia mật độ năng lượng cao tại phần hàn đối đầu giữa cặp vật liệu thép, trong đó nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms được tính bằng công thức sau: $Ms(^{\circ}C) = 371 - 353C - 22Si - 24,3Mn - 7,7Cu - 17,3Ni - 17,7Cr - 25,8Mo$, bằng cách sử dụng hợp phần tính theo % khối lượng của kim loại hàn là 250 $^{\circ}C$ hoặc thấp hơn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến mối hàn mà có thể thực hiện việc hàn đối đầu bằng cách chiếu chùm tia mật độ năng lượng cao vào một cặp vật liệu thép, và cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến mối hàn mà có thể có tính chất mối tuyệt vời ở môi trường rung lắc trong phạm vi chu kỳ giga.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, để giảm khí CO₂, khí này là nguyên nhân làm nóng toàn cầu, hoặc để đối phó với sự cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch trong tương lai như dầu mỏ, các phương pháp sử dụng năng lượng tự nhiên tái tạo được đã được theo đuổi một cách tích cực. Năng lượng gió là một trong số đó, và năng lượng gió có quy mô lớn đã được lan ra toàn cầu. Các vùng thích hợp nhất cho năng lượng gió là các vùng mà ở đó gió mạnh có thể được thổi liên tục, do đó việc sử dụng năng lượng gió ngoài khơi đã được lập kế hoạch và thực hiện trên quy mô toàn cầu (xem các tài liệu sáng chế từ 1 đến 4).

Để xây dựng tháp tạo năng lượng dùng sức gió ngoài khơi, điều quan trọng là phần nền móng của tháp phải được ăn vào đáy biển, và phần nền móng cũng có đủ chiều dài ít nhất là bằng độ sâu của nước mà trong đó phần nền móng được đặt. Ngoài ra, vì điều cần thiết là chu kỳ dao động riêng của toàn bộ tháp tạo năng lượng dùng sức gió được tối ưu hóa trong phạm vi hẹp, cấu trúc dạng ống có độ dày tấm 50mm hoặc lớn hơn, ví dụ, khoảng 100mm, và phần lớn trong số đó có đường kính khoảng 4 m được chấp nhận trong phần nền móng của tháp tạo năng lượng dùng sức gió, do đó toàn bộ chiều dài của tháp là bằng hoặc lớn hơn 80 m. Vì vậy, có nhu cầu là hàn và lắp ráp cấu trúc lớn này ở bờ biển gần công trường xây dựng theo cách đơn giản và hiệu quả cao.

Do đó, như được mô tả ở trên, có nhu cầu đối với việc hàn tấm thép cực dày có độ dày tấm đạt tới 100mm theo cách hiệu quả cao và tại nơi xây dựng, mà không có trong giải pháp kỹ thuật đã biết.

Nói chung, phương pháp hàn bằng chùm tia mật độ năng lượng cao như phương pháp hàn bằng chùm tia điện tử, phương pháp hàn bằng chùm tia laze, và các phương pháp hàn tương tự chẳng hạn là phương pháp hàn thực hiện việc hàn một cách hiệu quả. Tuy nhiên, cụ thể là phương pháp hàn bằng chùm tia điện tử, điều cần thiết là việc hàn được thực hiện trong khi vẫn duy trì trạng thái chân không cao trong buồng chân không, do đó kích thước của tấm thép mà có thể được hàn bị giới hạn trong giải pháp kỹ thuật đã biết. Trái lại, trong những năm gần đây, đối với phương pháp hàn trong đó tấm thép cực dày có độ dày tấm khoảng 100mm có thể được hàn một cách hiệu quả tại công trường, phương pháp hàn (RPEBW: Reduced Pressure Electron Beam Welding-Hàn bằng chùm tia điện tử áp suất giảm) trong đó việc xây dựng là có thể ở chân không thấp đã được phát triển ở Viện Nghiên cứu Hàn Vương quốc Anh (British Welding Research Institute) được đề xuất (xem tài liệu sáng chế 5).

Bằng cách áp dụng phương pháp hàn RPEBW, mong muốn là việc hàn có thể được thực hiện một cách hiệu quả theo cách sao cho chỉ một phần được hàn là ở trạng thái chân không cục bộ ngay cả khi hàn kết cấu lớn như tháp tạo năng lượng dùng sức gió chẳng hạn.

Tuy nhiên, mặt khác, trong phương pháp hàn RPEBW, có vấn đề mới nảy sinh như khó đảm bảo độ bền của phần kim loại nóng chảy (sau đây được gọi là “phần kim loại hàn”) mà được hàn bằng chùm tia điện tử, và sau đó được hóa rắn để thực hiện việc hàn ở trạng thái trong đó mức độ chân không được giảm, so với phương pháp thực hiện việc hàn trong buồng chân không.

Để khắc phục các vấn đề nêu trên, trong giải pháp kỹ thuật đã biết, phương pháp trong đó sự hàn bằng chùm tia điện tử được thực hiện bằng cách gắn vật liệu lỏng như Ni có dạng tấm và vật liệu tương tự với bề mặt hàn, sao cho lượng Ni của kim loại hàn được tạo ra từ 0,1 đến 4,5% khối lượng để nhờ đó cải thiện độ bền như chỉ số va đập Charpy của kim loại hàn và dạng tương tự đã được đề xuất trong các tài liệu sáng chế 6 và 7.

Tháp tạo năng lượng dùng sức gió trên biển bộc lộ sự rung lắc gây ra bởi sự thổi gió mạnh liên tục như được mô tả ở trên, vì vậy cấu trúc của phần nền móng

nhận tải trọng liên tục và lặp lại nhiều lần, và ứng suất đặt liên tục và lặp lại nhiều lần vào phần hàn của cấu trúc. Vì lý do này, phần hàn của cấu trúc đòi hỏi các đặc tính độ bền mỏi chống rung trong phạm vi chu kỳ giga (10^9 - 10^{10}) có cấp bậc khác với chu kỳ mỏi điển hình (10^6 - 7).

Các tài liệu trích dẫn

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp Patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm, công bố lần đầu số 2008-111406

Tài liệu sáng chế 2: Đơn yêu cầu cấp Patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm, công bố lần đầu số 2007-092406

Tài liệu sáng chế 3: Đơn yêu cầu cấp Patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm, công bố lần đầu số 2007-322400

Tài liệu sáng chế 4: Đơn yêu cầu cấp Patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm, công bố lần đầu số 2006-037397

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn quốc tế số WO 99/16101

Tài liệu sáng chế 6: Đơn yêu cầu cấp Patent Nhật Bản chưa qua xét nghiệm, công bố lần đầu số H3-248783

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn quốc tế số WO 08/041372.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Trong phương pháp hàn mật độ năng lượng cao trong giải pháp kỹ thuật đã biết, kim loại nóng chảy của phần hàn bị co ngót ở lân cận nhiệt độ phòng trong giai đoạn hàn cuối cùng, vì vậy gây ra ứng suất dư kéo. Có trường hợp trong đó độ bền mỏi được giảm đáng kể bởi hiệu quả tỷ lệ ứng suất. Vì lý do này, đối với sự rung trong phạm vi chu kỳ giga, có vấn đề ở chỗ vết gãy do mỏi được gây ra là bởi ứng suất dư kéo.

Mục đích của sáng chế là đề xuất mối hàn có tính chất mỏi mà có thể chống

lại sự rung trong phạm vi chu kỳ giga, và có đủ độ bền chống gãy.

Cách thức để giải quyết vấn đề

Sáng chế đã đề xuất các cách thức sau nhằm giải quyết các vấn đề nêu trên.

Cụ thể là, (1) mỗi hàn theo khía cạnh của sáng chế bao gồm: một cặp vật liệu thép; và kim loại hàn mà được tạo ra bởi chùm tia mật độ năng lượng cao tại phần hàn đối đầu giữa cặp vật liệu thép, trong đó nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms mà được tính bởi công thức (a) sau đây bằng cách sử dụng hợp phần tính theo % khối lượng của kim loại hàn là 250°C hoặc thấp hơn.

$$Ms (^{\circ}C) = 371 - 353C - 22Si - 24,3Mn - 7,7Cu - 17,3Ni - 17,7Cr - 25,8Mo \cdots (a)$$

(2) Trong mỗi hàn được mô tả trong mục (1), tốt hơn là, hợp phần của kim loại hàn chứa 0,5 đến 4,0% khối lượng Ni và từ 0,5 đến 6,0% khối lượng Cr.

(3) Trong mỗi hàn được mô tả trong mục (2), tốt hơn là, hợp phần của kim loại hàn chứa một hoặc hai trong số từ 0,1 đến 2,0% khối lượng Mo và từ 0,1 đến 5,0% khối lượng Cu, và chứa Ni, Cr, Mo, và Cu với lượng tổng cộng từ 1,1 đến 10,0% khối lượng.

(4) Trong mỗi hàn được mô tả trong mục (1), tốt hơn là, hợp phần của kim loại hàn chứa từ 4,0 đến 6,0% khối lượng Ni.

(5) Trong mỗi hàn được mô tả trong mục (4), tốt hơn là, hợp phần của kim loại hàn chứa một hoặc hai hoặc nhiều trong số từ 0,1 đến 6,0% khối lượng Cr, từ 0,1 đến 2,0% khối lượng Mo, và từ 0,1 đến 5,0% khối lượng Cu, và chứa Ni, Cr, Mo, và Cu với lượng tổng cộng từ 4,1 đến 10,0% khối lượng.

(6) Trong mỗi hàn được mô tả trong mục (5), tốt hơn là, chỉ số độ thấm tôi D_I của kim loại hàn mà được tính bởi công thức (b) sau đây bằng cách sử dụng hợp phần tính theo % khối lượng của kim loại hàn là từ 0,1 đến 3,0.

$$D_I = 0,36C^{1/2}(1 + 0,7Si)(1 + 3,33Mn)(1 + 0,35Cu)(1 + 0,36Ni)(1 + 2,16Cr)(1 + 3Mo) \cdots (b)$$

(7) Trong mỗi hàn được mô tả trong các mục từ (1) đến (5), tốt hơn là, hợp

phần của vật liệu thép chứa từ 0,01 đến 0,08% khối lượng C, từ 0,05 đến 0,80% khối lượng Si, từ 0,8 đến 2,5% khối lượng Mn, $\leq 0,03\%$ khối lượng P, $\leq 0,02\%$ khối lượng S, $\leq 0,008\%$ khối lượng Al, từ 0,005 đến 0,030% khối lượng Ti, và phần còn lại gồm sắt và các tạp chất không thể tránh được.

(8) Trong mỗi hàn được mô tả trong mục (7), tốt hơn là, hợp phần của vật liệu thép chứa một hoặc hai hoặc nhiều trong số từ 0,1 đến 1,0% khối lượng Cu, từ 0,1 đến 6,0% khối lượng Ni, từ 0,1 đến 1,0% khối lượng Cr, từ 0,1 đến 0,5% khối lượng Mo, từ 0,01 đến 0,08% khối lượng Nb, từ 0,01 đến 0,10% khối lượng V, và từ 0,0005 đến 0,0050% khối lượng B.

(9) Trong mỗi hàn được mô tả trong các mục từ (1) đến (5), tốt hơn là, độ dày của vật liệu thép là từ 30mm đến 200mm.

(10) Trong mỗi hàn được mô tả trong các mục từ (1) đến (5), tốt hơn là, chùm tia mật độ năng lượng cao là chùm tia điện tử.

Hiệu quả của sáng chế

Theo mỗi hàn được mô tả ở trên, đối với các điều kiện hàn tạo ra ứng suất dư nén chứ không phải là ứng suất dư kéo ở phần hàn tại thời điểm hàn bằng cách sử dụng chùm tia mật độ năng lượng cao như chùm tia điện tử và chùm tia tương tự chẳng hạn, điều kiện có thể làm giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi của kim loại hàn được chọn. Vì lý do này, vì ứng suất dư nén được tác dụng vào phần hàn sau khi hàn bằng cách làm giãn nở kim loại hàn ở nhiệt độ thấp, nên tính chất mỗi được cải thiện.

Ngoài ra, khi thu được mỗi hàn đối đầu theo cách sao cho việc hàn được thực hiện bằng cách chiếu xạ thép có độ bền cao, cụ thể, tấm thép có độ dày tấm là 30mm hoặc lớn hơn bằng chùm tia mật độ năng lượng cao, mỗi hàn có các đặc tính chống mỏi ở môi trường rung lắc trong phạm vi chu kỳ giga, và chỉ số độ bền mỏi đủ cao có thể được tạo ra.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1A là hình vẽ mặt cắt thể hiện, theo chiều dày, trạng thái của mỗi hàn đối đầu trước khi hàn theo phương án của sáng chế.

Fig.1B là hình vẽ mặt cắt thể hiện, theo chiều dày, trạng thái của mỗi hàn đối đầu sau khi hàn.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện vị trí mẫu của mẫu thử độ bền mỏi của mỗi hàn đối đầu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mỗi hàn sử dụng chùm tia mật độ năng lượng cao 10 (sau đây được gọi là mỗi hàn) theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả dựa vào Fig.1B. Mỗi hàn 10 là mỗi hàn sử dụng chùm tia mật độ năng lượng cao, và để làm chùm tia mật độ năng lượng cao, chùm tia điện tử được sử dụng trong phương án hiện tại. Ngoài chùm tia điện tử, phương pháp hàn (RPEBW: Hàn bằng chùm tia điện tử áp suất giảm) trong đó cấu trúc này có thể ở độ chân không thấp, hoặc phương pháp hàn bằng chùm tia laze có thể được sử dụng.

Mỗi hàn 10 bao gồm một cặp vật liệu thép (kim loại nền hàn) 1, và kim loại hàn 4 mà được hàn bởi chùm tia điện tử được tạo ra tại phần hàn đối đầu 6 giữa cặp vật liệu thép 1. Ở đây, nhiệt độ bắt đầu biến đổi mactensit M_s (°C) mà được tính bởi công thức (a) sau đây bằng cách sử dụng hợp phần (% khối lượng) của kim loại hàn 4 là 250°C hoặc thấp hơn.

$$M_s = 371 - 353C - 22Si - 24,3Mn - 7,7Cu - 17,3Ni - 17,7Cr - 25,8Mo \cdots (a)$$

Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, nhiệt độ bắt đầu biến đổi được ước tính quá cao trong công thức ước tính nhiệt độ bắt đầu biến đổi mactensit mà đã được biết đến bởi vì vận tốc làm nguội của phần hàn 6 trong mỗi hàn 10 là lớn. Do đó, công thức (a) thu được bằng cách hiệu chỉnh công thức ước tính nhiệt độ bắt đầu biến đổi thông thường.

Ngoài ra, mong muốn là nhiệt độ kết thúc biến đổi mactensit (M_f (°C)) là nhiệt độ phòng.

Hơn nữa, nói chung, sự biến đổi bắt đầu ở 250°C hoặc thấp hơn là sự biến đổi mactensit. Tuy nhiên, trong sáng chế, không cần đảm bảo rằng sự biến đổi mactensit bắt đầu chính xác là ở 250°C hoặc thấp hơn, và sự biến đổi bắt đầu mở rộng về khối lượng ở 250°C hoặc thấp hơn có thể được sử dụng. Do đó, trong sáng

chế, nhiệt độ được tính bởi công thức (a) có thể là đơn giản ở 250°C hoặc thấp hơn. Ngoài ra, sau đây, Ms được gọi đơn giản là nhiệt độ bắt đầu biến đổi.

Tiếp theo, phương pháp hàn bằng chùm tia mật độ năng lượng cao được sử dụng ở mỗi hàn 10 sẽ được mô tả dựa vào Fig.1A.

Fig.1A thể hiện hình vẽ dạng sơ đồ về phương pháp hàn bằng chùm tia mật độ năng lượng cao. Như được thể hiện trên Fig.1A, vật liệu lồng 3 được lồng vào rãnh 2 giữa cặp vật liệu thép 1, và vật liệu lồng 3 và bề mặt của rãnh 2 của cặp vật liệu thép 1 được hàn bằng cách sử dụng chùm tia mật độ năng lượng cao.

Như được thể hiện trên Fig.1B, trong một quy trình trong đó kim loại hàn 4 được tạo ra ở phần hàn 6 được hóa rắn, và sau đó kim loại hàn 4 được làm nguội tới nhiệt độ phòng, sự biến đổi của kim loại hàn 4 bắt đầu ở nhiệt độ tương đối thấp, nghĩa là, ở 250°C hoặc thấp hơn. Ở trạng thái giữ ứng suất nén 5 được sinh ra trong phần hàn 6, ứng suất nén 5 được duy trì tới nhiệt độ phòng bởi sự mở rộng biến đổi của kim loại hàn 4. Do đó, độ bền mỏi của mỗi hàn 10 có thể được cải thiện.

Ở đây, khi nhiệt độ bắt đầu biến đổi là cao, sự mở rộng khối lượng của kim loại hàn không được hạn chế đủ từ tấm thép xung quanh phần hàn ở thời điểm mở rộng sự biến đổi của kim loại hàn, vì vậy ứng suất nén được sinh ra ở phần hàn có thể được giảm. Trong trường hợp này, trong một quy trình trong đó kim loại hàn được biến đổi và được mở rộng, và sau đó kim loại hàn được làm nguội tới nhiệt độ phòng, ứng suất kéo được sinh ra do sự co nhiệt. Sự mở rộng biến đổi được cân đối bởi sự co nhiệt, và nhờ đó kim loại hàn được tạo ra trong phần hàn là ở trạng thái ứng suất dư kéo, và độ bền mỏi bị giảm.

Từ các lý do này, trong phương án hiện tại, vật liệu lồng 3 được bố trí trong rãnh 2 mà là phần nổi đầu của cặp vật liệu thép 1 khi hàn cặp vật liệu thép 1, sao cho vật liệu lồng 3 và cặp vật liệu thép 1 là các kim loại nên được làm nóng chảy để tạo ra mỗi hàn 10 bằng cách hàn sử dụng chùm tia điện tử (chùm tia mật độ năng lượng cao). Để cải thiện hiệu độ bền mỏi của mỗi hàn 10, cần đảm bảo đủ lực kiểm chế từ vật liệu thép 1 quanh kim loại hàn 4. Do đó, trong phương án hiện tại,

sao cho nhiệt độ bắt đầu biến đổi M_s của kim loại hàn 4 được tạo ra ở phần hàn 6 của mỗi hàn 10 trở thành 250°C hoặc thấp hơn, các thành phần của vật liệu lồng 3 và vật liệu thép được điều chỉnh. Nói chung, chiều rộng của kim loại hàn được dự đoán trước từ các điều kiện hàn, và các điều kiện tương tự. Do đó, dễ dàng thực hiện điều chỉnh các hợp phần của kim loại hàn thành các hợp phần đích, nghĩa là, điều chỉnh nhiệt độ bắt đầu biến đổi M_s của kim loại hàn 4, dựa vào các hợp phần và các kích thước của vật liệu lồng 3, và các hợp phần và các kích thước của vật liệu thép 1.

Như được mô tả ở trên, trong mỗi hàn 10 theo phương án hiện tại, nhiệt độ bắt đầu biến đổi là 250°C hoặc thấp hơn, vì vậy kim loại hàn 4 được biến đổi thành mactensit ở trạng thái được kiểm chế từ vật liệu thép 1. Trong trường hợp này, kim loại hàn 4 có xu hướng mở rộng, vì vậy kim loại hàn 4 là ở trạng thái trong đó ứng suất dư nén được truyền từ vật liệu thép 1. Do đó, tính chất mỏi của mỗi hàn 10 được cải thiện tới độ bền chống mỏi mà có thể chống lại được ngay cả ở môi trường rung lắc trong phạm vi chu kỳ giga. Ngoài ra, để cải thiện độ cứng của kim loại hàn, thì có thể bố trí mỗi hàn 10 mà trở thành kết cấu tốt để có đủ độ bền chống gãy.

Vật liệu thép 1 được sử dụng trong mỗi hàn 10 theo phương án hiện tại không bị giới hạn một cách cụ thể; tuy nhiên, tốt hơn là, vật liệu thép có độ dày tấm là 30mm hoặc lớn hơn hoặc 50mm hoặc lớn hơn, trong đó vấn đề nêu trên trở nên đáng chú ý, được sử dụng. Ngoài ra, tốt hơn là, chỉ số giới hạn trên của độ dày tấm là 120mm hoặc 200mm. Một cặp vật liệu thép được sử dụng; tuy nhiên, cặp vật liệu thép không cần phải có cùng độ dày tấm, các thành phần, và các dạng tương tự.

Ngoài ra, hợp phần của tấm thép 1 được sử dụng trong mỗi hàn 10 theo phương án hiện tại có thể được điều chỉnh bởi hợp phần và sự kết hợp của vật liệu lồng 3 được sử dụng, vì vậy nhiệt độ bắt đầu biến đổi của kim loại hàn 4 được tạo ra trở thành 250°C hoặc thấp hơn. Vật liệu thép 1 được sử dụng không bị giới hạn một cách cụ thể; tuy nhiên, tốt hơn là, vật liệu thép 1 be vật liệu thép trong đó C được hạn chế tới 0,2% khối lượng hoặc ít hơn, và trong đó điểm tới hạn là 355

MPa hoặc lớn hơn. Độ bền kéo đứt có thể được giới hạn là 690 MPa hoặc thấp hơn, hoặc 780 MPa hoặc thấp hơn. Đối với tấm thép độ bền cao, tấm thép được sản xuất từ thép kết cấu để hàn có hợp phần thành phần đã biết có thể được sử dụng.

Ngoài ra, hợp phần của vật liệu thép 1 không bị giới hạn một cách cụ thể; tuy nhiên, tốt hơn là, hợp phần của vật liệu thép 1 có chứa, theo % khối lượng, từ 0,01 đến 0,08% C, từ 0,05 đến 0,80% Si, từ 0,8 đến 2,5% Mn, $\leq 0,03$ % P, $\leq 0,02$ % S, $\leq 0,008$ % Al, từ 0,005 đến 0,030% Ti, và phần còn lại gồm sắt và các tạp chất không thể tránh được. Hợp phần được sử dụng là thành phần cơ bản, và thép chứa một hoặc hai loại trong số Cr, Mo, Ni, Cu, W, Co, V, Nb, Ti, Zr, Ta, Hf, REM, Y, Ca, Mg, Te, Se, và B theo các đặc tính cần thiết như cải thiện về độ bền hoặc độ cứng mỗi hàn của kim loại nền (vật liệu thép 1) chẳng hạn, và các hợp phần tương tự với lượng tổng cộng là 8% hoặc ít hơn có thể được sử dụng. Đối với ví dụ cụ thể, tốt hơn là, hợp phần của thép chứa, theo khối lượng, một hoặc hai loại từ 0,1 đến 1,0% Cu, từ 0,1 đến 6,0% Ni, từ 0,1 đến 1,0% Cr, 0,1 đến 0,6% Mo, từ 0,01 đến 0,08% Nb, từ 0,01 đến 0,10% V, và từ 0,0005 đến 0,0050% B. Trong khi đó, khi vật liệu thép 1 chứa các hợp phần hợp kim này, thì giá vật liệu thép trở nên rất đắt. Thực tế là, khi thực hiện việc hàn bằng cách sử dụng vật liệu lỏng chứa các hợp phần hợp kim đắt tiền, thì có thể đạt được mối hàn rẻ hơn nhiều. Đối với lý do này, các hợp phần hợp kim được mô tả trên đây có thể được giới hạn. Ví dụ, thép chứa một hoặc hai loại trong số Ni, Cr, Mo, và Cu với lượng tổng cộng là 4% hoặc ít hơn, với lượng tổng cộng là 2% hoặc ít hơn, hoặc với lượng tổng cộng là 1% hoặc ít hơn có thể được sử dụng. Ngoài ra, thép chứa một hoặc hai loại trong số Cr, Mo, Ni, Cu, W, Co, V, Nb, Ti, Zr, Ta, Hf, REM, Y, Ca, Mg, Te, Se, và B với lượng tổng cộng là 4% hoặc ít hơn, hoặc với lượng tổng cộng là 2% có thể được sử dụng.

Sau đây, sự cần thiết để giới hạn hợp phần ở vật liệu thép 1 sẽ được mô tả. Ngoài ra, trong phần mô tả sau, % thể hiện % khối lượng.

Để đạt được đủ độ bền như là thép kết cấu, tốt hơn là, lượng C có trong vật liệu thép 1 là 0,01% hoặc lớn hơn. Lượng C có trong vật liệu thép 1 có thể được giới hạn là 0,02% hoặc lớn hơn hoặc 0,03% hoặc lớn hơn, nếu cần. Để ngăn chặn sự giảm độ bền do sự làm cứng bất thường của kim loại hàn 4, lượng C có thể

được giới hạn là 0,12% hoặc ít hơn. Lượng C có trong vật liệu thép 1 có thể được giới hạn là 0,08% hoặc ít hơn, hoặc 0,06% hoặc ít hơn, nếu cần.

Để đạt được độ bền tuyệt vời trong kim loại hàn 4, tốt hơn là, lượng Si có trong vật liệu thép 1 là 0,80% hoặc ít hơn. Lượng Si có trong vật liệu thép 1 có thể được giới hạn là 0,50% hoặc ít hơn, 0,30% hoặc ít hơn, hoặc 0,15% hoặc ít hơn, nếu cần. Giới hạn dưới của hàm lượng Si không cần phải được xác định cụ thể; tuy nhiên, tốt hơn là, hàm lượng Si là 0,05% hoặc lớn hơn để thực hiện việc xử lý khử oxy thích hợp. Hàm lượng Si có thể được giới hạn là 0,08% hoặc lớn hơn, nếu cần.

Mn là nguyên tố không đắt có hiệu quả lớn trong việc tối ưu hóa vi kết cấu. để đảm bảo độ bền và độ cứng cần thiết như thép kết cấu, tốt hơn là, lượng Mn là từ 0,8 đến 2,5% được bổ sung vào vật liệu thép 1. Để ngăn ngừa sự làm cứng bất thường của kim loại hàn 4, giới hạn trên của lượng Mn có trong vật liệu thép 1 có thể được giới hạn là 2,3%, 2,0%, hoặc 1,9%.

P và S là các tạp chất không thể tránh được. Tuy nhiên, vì chúng làm giảm độ cứng, và dạng tương tự, tốt hơn là, P và S được giới hạn một cách tương ứng tới 0,03% hoặc ít hơn, và 0,02% hoặc ít hơn. Để cải thiện độ cứng, tốt hơn là giới hạn dưới và trên của lượng P có trong vật liệu thép 1 có thể được giới hạn là 0,02%, 0,015%, hoặc 0,010%, và giới hạn trên của lượng S có thể được giới hạn là 0,015%, 0,010%, hoặc 0,006%.

Để tăng cường độ cứng của kim loại hàn 4, tốt hơn là, lượng Al của vật liệu thép 1 là 0,008% hoặc ít hơn. Để cải thiện độ cứng, giới hạn trên của lượng Al có thể được giới hạn là 0,006%, 0,005%, hoặc 0,003%.

Để tăng cường độ cứng của kim loại hàn 4, tốt hơn là, oxit Ti có lượng thích hợp được tạo ra. Vì lý do này, tốt hơn là, lượng Ti có trong vật liệu thép 1 là từ 0,005 đến 0,030%. Giới hạn trên của lượng Ti có thể được giới hạn là 0,025%, 0,020%, hoặc 0,015%, nếu cần. Ngoài ra, giới hạn dưới của lượng Ti có thể được giới hạn là 0,007%, hoặc 0,009%.

Cu là nguyên tố cải thiện độ bền hoặc độ cứng của vật liệu thép 1, và có thể được bổ sung, nếu cần. Để cải thiện độ bền hoặc độ cứng, thì có thể bổ sung thêm

Cu khoảng 0,1% hoặc lớn hơn hoặc 0,3% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, để ngăn ngừa các khuyết tật hoặc dạng tương tự trong vật liệu thép 1 do bổ sung thêm lượng lớn Cu, tốt hơn là, giới hạn trên của hàm lượng cu là 1,0%. Giới hạn trên của hàm lượng cu có thể được giới hạn là 0,7% hoặc 0,5%, nếu cần.

Ni là nguyên tố mà có hiệu quả cải thiện độ cứng của vật liệu thép 1 và kim loại hàn 4, và lượng Ni là 0,1% hoặc lớn hơn có thể được bổ sung vào vật liệu thép 1. Trong khi đó, Ni mà đắt, và do đó tốt hơn là, lượng Ni là 6,0% hoặc ít hơn. Để làm giảm chi phí của vật liệu thép 1, giới hạn trên của hàm lượng Ni có thể được giới hạn là 2,0%, 1,0%, hoặc 0,5%.

Mo là nguyên tố có hiệu quả cải thiện độ bền, và lượng Mo là 0,1% hoặc lớn hơn có thể bổ sung vào vật liệu thép 1, nếu cần. Kim loại hàn 4 được làm cứng bất thường khi một lượng lớn Mo được bổ sung dẫn đến làm giảm độ cứng. Do đó, tốt hơn là, lượng Mo là 0,6% hoặc ít hơn. Lượng Mo có trong vật liệu thép 1 có thể được giới hạn là 0,2% hoặc ít hơn, hoặc 0,15% hoặc ít hơn, nếu cần.

Nb là nguyên tố có hiệu quả cải thiện độ bền hoặc độ cứng của vật liệu thép 1, và lượng Nb là 0,01% hoặc lớn hơn có thể bổ sung vào vật liệu thép 1, nếu cần. Độ cứng của kim loại hàn 4 được giảm khi lượng lớn Nb được bổ sung, do đó tốt hơn là, hàm lượng Nb là 0,08 % hoặc ít hơn. Hàm lượng Nb có thể được giới hạn là 0,05% hoặc ít hơn hoặc 0,03% hoặc ít hơn, nếu cần.

V là nguyên tố có hiệu quả cải thiện độ bền của vật liệu thép 1, và lượng V là 0,01% hoặc lớn hơn có thể được bổ sung, nếu cần. Độ cứng của kim loại hàn 4 được giảm khi lượng lớn V được bổ sung, do đó tốt hơn là, hàm lượng V là 0,10 % hoặc ít hơn. Hàm lượng V có thể được giới hạn là 0,07% hoặc ít hơn, hoặc 0,04% hoặc ít hơn, nếu cần.

B là nguyên tố có hiệu quả cải thiện độ bền của vật liệu thép 1, và lượng B là 0,0005% hoặc lớn hơn có thể bổ sung vào vật liệu thép 1, nếu cần. Độ cứng của kim loại hàn 4 được giảm khi lượng lớn B được bổ sung, do đó tốt hơn là, hàm lượng B là 0,0050% hoặc ít hơn. Hàm lượng B có thể được giới hạn là 0,0020% hoặc ít hơn, hoặc 0,0015% hoặc ít hơn, nếu cần.

Ca và REM là các nguyên tố có hiệu quả nâng cao các đặc tính kéo lớp, và lượng Ca và REM là 0,0005% hoặc lớn hơn có thể bổ sung vào vật liệu thép 1, nếu cần. Độ cứng của vật liệu thép 1 được giảm khi lượng lớn Ca và REM được bổ sung, do đó tốt hơn là, hàm lượng Ca và REM có thể là 0,0050% hoặc ít hơn.

Mg là nguyên tố có hiệu quả cải thiện độ cứng của vùng chịu ảnh hưởng nhiệt của vật liệu thép 1, và lượng Mg là 0,0003% hoặc lớn hơn có thể được bổ sung. Độ cứng của vật liệu thép được giảm khi lượng lớn Mg được bổ sung, do đó tốt hơn là, hàm lượng Mg là 0,0050% hoặc ít hơn.

Tốt hơn là, hợp phần của kim loại hàn 4 chứa từ 0,5 đến 4,0% Ni và từ 0,5 đến 6,0% Cr. Vì lý do này, nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms dễ trở thành 250°C hoặc thấp hơn. Ngoài ra, bằng cách khử hàm lượng Ni mà đắt, có thể đạt được mỗi hàn 10 có độ bền mỏi của nó được cải thiện nhờ các chi phí thấp. Trong trường hợp này, tốt hơn là, hợp phần của thép chứa, theo khối lượng, một hoặc hai loại trong số từ 0,1 đến 2,0% Mo, và từ 0,1 đến 5,0% Cu, và chứa Ni, Cr, Mo, và Cu với lượng tổng cộng từ 1,1 đến 10,0%. Theo cách này, bằng cách cho phép thép chứa một hoặc hai loại Mo và Cu, nên độ bền mỏi được cải thiện, nhờ đó đạt được đủ độ bền chống gãy.

Ngoài ra, hợp phần của kim loại hàn 4 có thể chứa, ví dụ, từ 4,0 đến 6,0% Ni, khác với thành phần được mô tả ở trên. Trong trường hợp này, hàm lượng Ni được nâng cao, nhờ đó làm tăng độ cứng. Trong trường hợp này, tốt hơn là, hợp phần của thép chứa, theo khối lượng, một hoặc hai loại từ 0,1 đến 6,0% Cr, từ 0,1 đến 2,0% Mo, và từ 0,1 đến 5,0% Cu, và chứa Ni, Cr, Mo, và Cu với lượng tổng cộng từ 4,1 đến 10,0%. Theo cách này, bằng cách cho phép hợp phần của thép chứa một hoặc hai loại Mo và Cu, độ bền mỏi được nâng cao, nhờ đó đạt được đủ độ bền chống gãy.

Ni là nguyên tố có hiệu quả cải thiện độ bền mỏi của mỗi hàn 10 bằng cách làm giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms của kim loại hàn 4. Ngoài ra, Ni là nguyên tố cải thiện các đặc tính mỗi hàn như độ bền, độ cứng, và dạng tương tự chẳng hạn. Tốt hơn là, giới hạn dưới của hàm lượng Ni trong trường hợp trong đó kim loại hàn có chứa Ni là 0,5% là giá trị tối thiểu mà tại đó hiệu quả nâng cao đủ về độ bền

mỗi có thể được mong đợi. Để nâng cao độ bền mỗi một cách đáng tin cậy, tốt hơn là giới hạn dưới của hàm lượng Ni là 1,0% hoặc 2,0%. Ngoài ra, khi lượng Ni của kim loại hàn vượt quá 6,0%, thì việc làm lạnh có thể được kết thúc trong khi auxtenit còn lại mà không biến đổi thành bainit hoặc mactensit trong đó vật liệu hàn 4 được biến đổi ở nhiệt độ thấp, vì vậy không thể cải thiện độ bền mỗi. Do đó, tốt hơn là, giới hạn trên của hàm lượng Ni là 6,0%.

Cr và Mo là các nguyên tố đảm bảo độ thấm tôi bằng cách giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms của kim loại hàn 4 để cải thiện độ bền. Cụ thể, Cr và Mo có các hiệu quả cao hơn trong việc nâng cao độ bền của kim loại hàn 4 và đảm bảo độ thấm tôi của nó so với Ni. Vì vậy, độ bền mỗi của mỗi hàn 10 được nâng cao thêm bằng cách biến đổi, sử dụng các hiệu quả này, kim loại hàn 4 thành kết cấu trong đó nhiệt độ biến đổi như mactensit hoặc dạng tương tự chẳng hạn là thấp, tốt hơn là, hàm lượng Cr và Mo là 0,1% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, Cr và Mo có các hiệu quả kém trong việc nâng cao độ cứng của kim loại hàn 4 so với Ni, vì vậy độ cứng của kim loại hàn 4 có thể bị giảm khi lượng lớn Cr và Mo được bổ sung. Do vậy, tốt hơn là, giới hạn trên của hàm lượng Cr là 6,0%, và giới hạn trên của hàm lượng Mo là 2,0%.

Ngoài ra, nếu hàm lượng Ni là 4,0% hoặc ít hơn, hàm lượng Cr là 0,5% hoặc lớn hơn là cần thiết để cho phép nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms của kim loại hàn 4 trở thành 250°C hoặc thấp hơn một cách đáng tin cậy. Nếu hàm lượng Ni là 2,0% hoặc ít hơn, thì giới hạn dưới của hàm lượng Cr có thể được giới hạn là 1,5% hoặc 2%, và nếu hàm lượng Ni là 1,0% hoặc ít hơn, thì giới hạn dưới của hàm lượng Cr có thể được giới hạn là 2,0% hoặc 2,5%. Để tránh sự giảm về độ cứng của kim loại hàn 4, thì giới hạn dưới của hàm lượng Cr có thể được giới hạn là 4,0% hoặc 3,0%. Đối với cùng lý do, giới hạn dưới của hàm lượng Mo có thể được giới hạn là 1%, 0,5%, hoặc 0,2%. Thậm chí nếu hàm lượng Ni vượt quá 4,0%, thì giới hạn dưới của hàm lượng Cr có thể được giới hạn là 0,5%, nếu cần.

Cu cũng là nguyên tố có hiệu quả làm giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms của kim loại hàn 4, nâng cao độ bền, và đảm bảo độ thấm tôi, tương tự với Cr và Mo. Để đạt được các hiệu quả như giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms, nâng cao độ

bền, và đảm bảo độ thấm tôi chẳng hạn, tốt hơn là, giới hạn dưới của hàm lượng cu là 0,1%. Tuy nhiên, khi Cu được bổ sung quá mức vào kim loại hàn, vết nứt Cu có thể được sinh ra trong kim loại hàn, vì vậy tốt hơn là, giới hạn trên của hàm lượng cu be 5.0%. Tốt hơn nữa là, giới hạn trên của hàm lượng cu là 0,3%.

Kim loại hàn 4 của sáng chế có thể chứa các nguyên tố thành phần trong phạm vi chứa sau đối với các mục đích sau.

B là nguyên tố cải thiện đáng kể độ thấm tôi, và cho phép vi kết cấu của kim loại hàn 4 có độ bền cao hơn bằng cách đảm bảo độ thấm tôi của kim loại hàn 4. Ngoài ra, B ngăn chặn sự tạo ra kết cấu trong đó sự biến đổi bắt đầu ở nhiệt độ cao, vì vậy kết cấu trở thành vi kết cấu trong đó sự biến đổi được thực hiện ở nhiệt độ thấp hơn. Nói chung, vì kim loại hàn 4 có hàm lượng oxy lớn so với vật liệu thép 1, B được liên kết với oxy, nên các hiệu quả được mô tả ở trên có thể bị giảm. Tuy nhiên, trong phương pháp hàn RPEB mà là đích của phương án hiện tại, lượng oxy hoặc nitơ là rất thấp, do đó giới hạn dưới của hàm lượng B là 0,0003% là đủ để cải thiện độ thấm tôi do B trong số các kim loại hàn, và cải thiện độ bền kéo và độ bền mỏi do kiểm soát vi kết cấu. Trong khi đó, các hiệu quả nhờ việc bổ sung B không được tăng lên đáng kể ngay cả khi lượng B vượt quá 0,0003% được bổ sung, vì vậy tốt hơn là, giới hạn trên của lượng B được bổ sung là 0,005%.

Tất cả Nb, V, và Ti là các nguyên tố tạo ra cacbit trong kim loại hàn 4 để tăng độ bền, và kim loại hàn 4 chứa một hoặc hai loại của Nb, V, và Ti bằng một lượng nhỏ, nhờ đó nâng cao độ bền mỏi hàn. Khi giới hạn dưới của tổng hàm lượng Nb, V, và Ti của một hoặc hai loại là ít hơn 0,005%, sự cải thiện về độ bền mỏi hàn không thể đạt được, vì vậy tốt hơn là, giới hạn dưới của tổng hàm lượng là 0,005%. Trong khi đó, khi tổng hàm lượng vượt quá 0,3%, độ bền của kim loại hàn 4 được tăng quá mức dẫn đến gây ra các vấn đề do các tính chất của mỗi hàn, do đó tốt hơn là, giới hạn trên của tổng hàm lượng là 0,3%. Ngoài ra, Ti có thể làm ổn định hồ quang hàn ngoài hiệu quả cải thiện độ bền của kim loại hàn 4, do đó tốt hơn là, giới hạn dưới của lượng Ti là 0,003% khi Ti được chứa. Ngoài ra, để cải thiện độ cứng của kim loại hàn 4, giới hạn dưới của lượng Al có thể được giới hạn là 0,003%, 0,005%, hoặc 0,008%.

Phương pháp hàn bằng chùm tia điện tử, và phương án tương tự, có thể được thực hiện bằng cách sử dụng vật liệu lồng 3 để cho phép hợp phần của kim loại hàn 4 giống với hợp phần được nêu trên. Vì chiều rộng mỗi hàn, nghĩa là, chiều rộng của kim loại hàn 4 có thể được ước tính chính xác cao từ các điều kiện hàn, các hợp phần và độ dày của vật liệu lồng 3 có thể được chọn là các hợp phần của kim loại hàn 4 mà là đích. Ví dụ, để làm vật liệu lồng 3, lá kim loại có chứa một hoặc hai loại trong số Ni sạch hoặc từ 1 đến 10% Ni, từ 0,1 đến 2,0% Cr, từ 0,1 đến 2,0% Mo, và từ 0,1 đến 5,0% Cu với lượng tổng cộng từ 0,5 đến 10,0% có thể được sử dụng.

Trong phương án hiện tại, tốt hơn là, độ cứng của kim loại hàn 4 là trong vòng 140% của độ cứng của vật liệu thép 1 mà là kim loại nền. Tốt hơn là, kim loại hàn 4 được tiến hành tạo kết cấu mactensit sao cho sự mở rộng lượng ở thời điểm biến đổi của kim loại hàn 4 có thể được sử dụng ở nhiệt độ phòng bằng cách giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms. Tuy nhiên, khi kết cấu của kim loại hàn 4 là quá cứng, thì sự giảm về chỉ số độ bền phân đoạn σ_c do sự gia tăng về ứng suất cục bộ có thể bị gây ra, vì vậy tốt hơn là, độ cứng của kim loại hàn 4 có thể bị ngăn chặn đến 140% hoặc ít hơn.

Bằng cách thỏa mãn các điều kiện trong đó hợp phần của kim loại hàn 4 chứa một hoặc hai loại trong số từ 0,5 đến 6,0% Ni, từ 0,1 đến 6,0% Cr, từ 0,1 đến 2,0% Mo, và từ 0,1 đến 5,0% Cu với lượng tổng cộng từ 0,5 đến 10,0%, và tốt hơn là, có chứa từ 1,1 đến 10,0%, tốt hơn là, sự cân bằng giữa các hợp phần với kim loại hàn 4 được tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu thép 1 là vật liệu nền và vật liệu lồng 3 được điều chỉnh thích hợp, hoặc tốc độ làm nguội sau khi hàn được điều chỉnh. Do vậy, độ cứng của kim loại hàn 4 có thể được ngăn chặn không quá cao, vì vậy sự khác nhau về độ cứng giữa kim loại hàn 4 và vật liệu thép 1 (độ cứng của kim loại hàn 4 là trong vòng 140% của độ cứng của vật liệu thép 1) có thể được điều chỉnh.

Ngoài ra, để giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi Ms của kim loại hàn 4 một cách đáng tin cậy, tổng hàm lượng Ni, Cr, Mo, và Cu trong kim loại hàn 4 có thể được giới hạn là 0,5% hoặc lớn hơn, 1,0%, 2,0%, hoặc 3,0% hoặc lớn hơn.

Ngoài ra, để cải thiện độ cứng của kim loại hàn 4 bằng cách ngăn ngừa sự làm cứng bất thường của kim loại hàn 4, tốt hơn là, chỉ số độ thấm tôi D_I của kim loại hàn 4 được tính toán bằng công thức (b) sau bằng cách sử dụng hợp phần của kim loại hàn 4 là từ 0,1 đến 3,0.

$$DI = 0,36C^{1/2}(1 + 0,7 Si)(1 + 3,33Mn)(1 + 0,35Cu)(1 + 0,36Ni)(1 + 2,16Cr)(1 + 3Mo) \cdots (b)$$

Nếu chỉ số độ thấm tôi D_I của kim loại hàn 4 vượt quá 3,0, thì độ cứng của kim loại hàn được tăng lên và dẫn đến làm giảm độ bền, do đó tốt hơn là, chỉ số độ thấm tôi D_I là 3,0 hoặc ít hơn. Giới hạn trên của chỉ số độ thấm tôi D_I có thể được giới hạn là 1,2, 0,9, hoặc 0,7, nếu cần. Trong khi đó, khi chỉ số độ thấm tôi D_I là quá thấp, kim loại hàn 4 không được tiến hành tạo kết cấu mactensit, do đó tốt hơn là, chỉ số độ thấm tôi D_I là 0,1 hoặc lớn hơn. Do đó kim loại hàn 4 được tiến hành tạo kết cấu mactensit một cách đáng tin cậy, giới hạn dưới của chỉ số độ thấm tôi D_I có thể được giới hạn là 0,2 hoặc lớn hơn, 0,25 hoặc lớn hơn, hoặc 0,3 hoặc lớn hơn.

Trong phương án hiện tại, điều kiện hàn sử dụng chùm tia mật độ năng lượng cao không bị giới hạn một cách cụ thể; tuy nhiên, ví dụ, trong trường hợp của phương pháp hàn bằng chùm tia điện tử, việc hàn được thực hiện ở các điều kiện như điện áp 175V, dòng điện 120 mA, tốc độ hàn 125mm/phút, và dạng tương tự khi độ dày tấm là 80mm được sử dụng. Ngoài ra, phương pháp hàn bằng chùm tia điện tử được thực hiện ở chân không cao, cụ thể, ít hơn hoặc bằng từ 10 đến 3 mbar; tuy nhiên, phương án hiện tại có thể được áp dụng thậm chí đối với mối hàn mà được thực hiện ở mức độ chân không thấp như trong phương pháp hàn RPEBW được mô tả ở trên chẳng hạn, ví dụ, ở chân không khoảng 1 mbar.

Ngoài ra, đối với vùng chiếu xạ của chùm tia điện tử được gia tăng ở thời điểm hàn bằng chùm tia điện tử, lượng nhiệt vào được áp dụng với vật liệu thép 1 là quá lớn, và kết cấu của bộ phận FL (đường nóng chảy, bộ phận đường biên giữa vật liệu thép 1 và kim loại hàn 4) được làm thành hạt khô, do đó không thích hợp khi làm ổn định và đảm bảo chỉ số độ bền chống gãy dọc của bộ phận FL.

Ngoài ra, khi mỗi hàn 10 được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp hàn RPEBW, chiều rộng của kim loại hàn có xu hướng được gia tăng so với mỗi hàn được tạo ra bằng phương pháp hàn bằng chùm tia điện tử (phương pháp hàn EBW) ở trạng thái chân không cao trong buồng chân không.

Vì lý do này, trong phương án hiện tại, ngay cả trong trường hợp sử dụng phương pháp hàn RPEBW, tốt hơn là, chiều rộng W của kim loại hàn 4 được thể hiện trên Fig.1B là 20% hoặc ít hơn hoặc 10% hoặc ít hơn của độ dày tấm t của vật liệu thép 1, mà là vật liệu nền, để làm ổn định và đảm bảo chỉ số độ bền chống gãy dọc của mỗi hàn 10.

Trong phương án hiện tại, chùm tia điện tử như chùm tia mật độ năng lượng cao được sử dụng để thích hợp cho việc gia nhiệt nhanh và làm nguội nhanh cục bộ của phần hàn 6; tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn bởi phương án này.

Tiếp theo, sáng chế sẽ được mô tả dựa vào ví dụ; tuy nhiên, các điều kiện trong ví dụ là ví dụ điều kiện thứ nhất được thừa nhận để kiểm tra tính khả thi và hiệu quả của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn bởi ví dụ điều kiện thứ nhất. Nghĩa là, sáng chế có thể chấp nhận các điều kiện hoặc sự kết hợp của các điều kiện miễn là các điều kiện hoặc sự kết hợp có thể đạt được mục đích của sáng chế mà không trệch khỏi phạm vi của sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Kim loại lỏng có các hợp phần được thể hiện trong Bảng 2 được lỏng bằng cách sử dụng các vật liệu thép từ 1 đến 20 có thành phần hóa học được thể hiện trong Bảng 1, và được tiến hành hàn đối đầu sử dụng phương pháp hàn bằng chùm tia điện tử và phương pháp hàn bằng chùm tia laze ở các điều kiện hàn được thể hiện trong Bảng 3 để nhờ đó tạo ra mỗi hàn.

Như được mô tả ở trên, nhiệt độ bắt đầu biến đổi M_s ($^{\circ}\text{C}$) được thể hiện trong Bảng thu được bằng cách sử dụng công thức $M_s = 371 - 353C - 22Si - 24,3Mn - 7,7Cu - 17,3Ni - 17,7Cr - 25,8Mo$.

Trong mỗi hàn được thể hiện trên Fig.2, mong muốn là mẫu thí nghiệm độ mỗi mỗi hàn 23 được lấy mẫu, và bề mặt sau 23a của mẫu thí nghiệm độ mỗi mỗi

hàn 23 được tiến hành mài cơ học, vì vậy vết nứt do mỏi được sinh ra từ phía bề mặt của mẫu thử nghiệm. Thử nghiệm độ bền mỏi được thực hiện ở lực hướng trục, ứng suất tỷ lệ là 0,1, và tốc độ lặp lại là 5Hz, nhờ đó tính toán độ bền mỏi ở chu kỳ 2×10^6 . Ngoài ra, trong mỗi hàn được thể hiện trên Fig.2, mẫu thử siêu âm 24 được lấy mẫu, độ bền mỏi ở chu kỳ 2×10^6 và độ bền mỏi ở chu kỳ giga lên tới 2×10^9 lần được tính toán để tính toán tỷ lệ giảm, độ bền mỏi ở chu kỳ 2×10^6 được tính toán qua thử nghiệm độ bền mỏi mỗi hàn được tăng lên nhiều lần bởi tỷ lệ giảm, và độ bền mỏi mỗi hàn (chỉ số ước tính) ở chu kỳ giga được tính toán. Các kết quả cùng với điều kiện hàn được thể hiện trong các Bảng 4 và 5.

[Bảng 1]

(% khối lượng)

Loại thép	C	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	Ti	Al	Nb	V	Mo	P	B	S
Thép 1	0,04	0,12	1,8	0,3	0,3		0,01	0,003				0,005		0,002
Thép 2	0,02	0,11	2,2	0,5	0,5	0,2	0,01	0,002			0,1	0,004		0,002
Thép 3	0,08	0,22	1,5			0,5	0,01	0,003				0,007		0,002
Thép 4	0,05	0,05	2,5				0,03	0,002				0,005		0,002
Thép 5	0,05	0,06	1,8	0,1	0,1		0,02	0,004	0,01			0,005	0,0005	0,003
Thép 6	0,05	0,08	1,6	0,5	0,4		0,03	0,006		0,02	0,1	0,004	0,001	0,002
Thép 7	0,012	0,76	1,2	5,8	0,9		0,005	0,002				0,002		0,001
Thép 8	0,01	0,3	0,8		0,01	0,9	0,02	0,06	0,08	0,1		0,002	0,005	0,003
Thép 9	0,05	0,06	1,8	0,1	0,1		0,02	0,004	0,01	0,01	0,5	0,005	0,0005	0,003

[Bảng 2]

(% khối lượng)

	Ni	Cr	Mo	Fe
Lá 1	100			-
Lá 2	50	50		-
Lá 3	20	30	1	49

[Bảng 3]

Phương pháp	Điều kiện số	Điện áp gia tốc	Dòng điện chùm	Tốc độ hàn	Mức độ chân không
Chùm tia điện tử	W1	150kV	180mA	25cm/phút	7Pa
	W2	150kV	180mA	21cm/phút	0,07Pa
	W3	150kV	170mA	15cm/phút	0,07Pa
	W4	150kV	150mA	10cm/phút	7Pa
	W5	150kV	180mA	10cm/phút	0,07Pa
	W6	150kV	155mA	10cm/phút	0,07Pa
	W7	150kV	180mA	30cm/phút	7Pa

Phương pháp	Điều kiện số	Công suất	Phương pháp	Tốc độ hàn	Môi trường
Hàn bằng laze	W8	15kV	YAG	90cm/phút	Argon

[Bảng 4]

Mỗi hàn số	Vật liệu hàn		Các điều kiện hàn					Hợp phần hóa học của kim loại hàn (% khối lượng)							
	Loại thép	Độ dày tấm	Điều kiện hàn	Lồng lá	Kiểu lồng lá	Độ dày của lá (mm)	Chiều rộng của phần hàn (mm)	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Tổng lượng Ni, Cr, Mo và Cu
Mỗi hàn 1	Thép 1	50	W1	Có	Lá 1	0,2	4,5	0,04	0,12	1,8	4,7	0,0	0,0	0,3	5,0
Mỗi hàn 2	Thép 1	50	W1	Không	-	0	3,6	0,04	0,12	1,8	0,3	0,0	0,0	0,3	0,6
Mỗi hàn 3	Thép 1	50	W2	Có	Lá 1	0,2	4,1	0,04	0,12	1,8	5,2	0,0	0,0	0,3	5,5
Mỗi hàn 4	Thép 1	50	W2	Có	Lá 2	0,3	4,3	0,04	0,12	1,8	3,8	3,5	0,0	0,3	7,6
Mỗi hàn 5	Thép 1	80	W3	Có	Lá 2	0,2	3,8	0,04	0,12	1,8	2,9	2,6	0,0	0,3	5,9
Mỗi hàn 6	Thép 1	80	W3	Không	-	0	4,8	0,04	0,12	1,8	0,3	0,0	0,0	0,3	0,6
Mỗi hàn 7	Thép 1	120	W4	Có	Lá 2	0,3	5,5	0,04	0,12	1,8	3,0	2,7	0,0	0,3	6,1
Mỗi hàn 8	Thép 1	120	W4	Không	-	0	6,2	0,04	0,12	1,8	0,3	0,0	0,0	0,3	0,6
Mỗi hàn 9	Thép 2	80	W5	Có	Lá 2	0,2	5,4	0,02	0,11	2,2	2,4	2,1	0,1	0,5	5,0
Mỗi hàn 10	Thép 2	80	W5	Không	-	0	5,4	0,02	0,11	2,2	0,5	0,2	0,1	0,5	1,3
Mỗi hàn 11	Thép 3	100	W6	Có	Lá 3	0,4	7,2	0,08	0,22	1,5	2,8	3,3	0,0	0,0	6,1
Mỗi hàn 12	Thép 3	100	W6	Không	-	0	7,2	0,08	0,22	1,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
Mỗi hàn 13	Thép 4	60	W2	Có	Lá 1	0,25	3,8	0,05	0,05	2,5	6,6	0,0	0,0	0,0	6,6
Mỗi hàn 14	Thép 5	60	W2	Có	Lá 1	0,3	3,9	0,05	0,06	1,8	7,8	0,0	0,0	0,1	7,9

Mối hàn 15	Thép 6	60	W2	Có	Lá 1	0,2	3,8	0,05	0,08	1,6	5,8	0,0	0,1	0,1	6,3
Mối hàn 16	Thép 7	60	W2	Không	-	0	3,6	0,01	0,76	1,2	5,8	0,0	0,0	0,9	6,7
Mối hàn 17	Thép 8	60	W2	Có	Lá 1	0,2	3,8	0,01	0,30	0,8	5,3	0,9	0,0	0,0	6,2
Mối hàn 18	Thép 9	60	W2	Có	Lá 1	0,2	3,9	0,05	0,06	1,8	5,2	0,0	0,5	0,1	5,8
Mối hàn 19	Thép 1	30	W7	Có	Lá 1	0,2	3,1	0,04	0,12	1,8	6,8	0,0	0,0	0,3	7,1
Mối hàn 20	Thép 1	15	W8	Có	Lá 1	0,2	3,1	0,04	0,12	1,8	6,8	0,0	0,0	0,3	7,1

[Bảng 5]

Mối hàn số	Nhiệt độ bắt đầu biến đổi	Chỉ số DI	Chỉ số đo ứng suất thừa của phần đầu hàn (Mpa)	Giới hạn chảy của kim loại nền (Mpa)	Độ bền chịu mỏi của mối hàn ở 2×10^6 chu kỳ (Mpa) (*2)	Tốc độ giảm trong thử nghiệm mỏi siêu âm (*3)	Độ bền chịu mỏi của mối hàn ở chu kỳ giga (Mpa) (*4)	Độ bền kéo của mối hàn (Mpa)	Chỉ số CTOD ở -10°C (mm)
Mối hàn 1	226	0,34	-120	415	330	0,95	314	427	0,45
Mối hàn 2	303	0,22	120	415	210	0,91	191	427	0,55
Mối hàn 3	219	0,35	-230	415	320	0,93	298	427	0,38
Mối hàn 4	181	0,94	-220	415	330	0,91	300	427	0,39
Mối hàn 5	211	0,77	-220	383	325	0,87	283	394	0,37
Mối hàn 6	303	0,22	180	383	190	0,87	165	394	0,44
Mối hàn 7	208	0,79	-310	364	310	0,89	276	375	0,24
Mối hàn 8	303	0,22	215	364	180	0,89	160	375	0,72
Mối hàn 9	225	0,60	-230	390	310	0,83	257	402	0,45
Mối hàn 10	289	0,24	280	390	185	0,83	154	402	0,77
Mối hàn 11	195	1,08	-170	425	300	0,88	264	438	0,42
Mối hàn 12	293	0,39	280	425	165	0,88	145	438	0,56
Mối hàn 13	178	0,46	-120	355	290	0,91	264	366	0,35
Mối hàn 14	173	0,43	-180	360	260	0,83	216	371	0,42
Mối hàn 15	207	0,44	-185	355	270	0,79	213	366	0,32
Mối hàn 16	214	0,22	-180	550	320	0,82	262	567	1,21
Mối hàn 17	234	0,22	-200	320	250	0,81	203	330	0,5
Mối hàn 18	204	0,59	-170	440	310	0,83	257	453	0,35
Mối hàn 19	191	0,39	-145	415	345	0,91	314	427	0,67
Mối hàn 20	191	0,39	-160	415	355	0,89	316	427	0,82

*1: Đo bằng phương pháp cắt bằng dụng cụ đo biến dạng được lắp vào bề mặt của kim loại nền ở vị trí tách ra khỏi kim loại hàn khoảng 1mm (- : ứng suất kéo, + : ứng suất nén)

*2: Độ bền mỏi ở 10^6 chu kỳ của mẫu thử nghiệm ứng suất mỏi hàn được thực hiện bằng phương pháp được thể hiện trên Fig.3

*3: Tỷ lệ giữa độ bền mỏi ở 2×10^6 chu kỳ và ở 2×10^9 chu kỳ trong mẫu thí nghiệm mỏi siêu âm lấy từ vị trí được thể hiện trên Fig.3

*4: Giá trị được ước tính bởi: (Độ bền mỏi mối hàn ở 2×10^6 chu kỳ thu được với

mẫu thí nghiệm độ mỗi mỗi hàn) $\times$ (Tốc độ giảm trong thí nghiệm mỗi siêu âm)

*5: Giá trị được tính bằng cách sử dụng công thức (a)

*6: Giá trị được tính bằng cách sử dụng công thức (b)

Đối với tính năng của mỗi hàn, chỉ số độ bền chống gãy $\delta c(mm)$ là chỉ số được tính ở nhiệt độ thí nghiệm là $-10^{\circ}C$ trong thử nghiệm CTOD (Crack Tip Opening Displacement). Thử nghiệm CTOD là một trong các thử nghiệm mà đánh giá độ bền chống gãy của kết cấu mà ở đó có khuyết tật, và trong ví dụ hiện tại, giá trị trung bình của ba mỗi hàn được tính.

Độ bền kéo của mỗi hàn (MPa) là kết quả thu được theo cách sao cho mẫu thử nghiệm số U1 theo quy định về tàu thép/thủ tục kiểm tra tương tự (vật liệu của mẫu K) của (hàng hóa) NK (Nippon Kaiji kyokai) được sản xuất, và sau đó được tiến hành thử nghiệm độ bền kéo mỗi hàn, và thể hiện độ bền chống gãy.

Dựa vào các Bảng 4 và 5, đã phát hiện thấy rằng nhiệt độ bắt đầu biến đổi vượt quá $250^{\circ}C$ trong mỗi hàn số 2, 6, 8, 10, và 12, do đó ứng suất dư kéo có trong phần hàn của kim loại hàn 4, và độ bền mỗi ở 2×10^6 chu kỳ và độ bền mỗi của mỗi hàn ở chu kỳ giga được giảm đáng kể. Trái lại, trong mỗi hàn số 1, 3, 4, 5, 7, 9, 11, và từ 13 đến 20, sự biến đổi của phần hàn được tạo ra ở nhiệt độ $250^{\circ}C$ hoặc thấp hơn, và ứng suất dư nén được sử dụng, vì vậy tất cả độ bền mỗi ở 2×10^6 chu kỳ vượt quá 260 MPa, và tất cả độ bền mỗi mỗi hàn ở chu kỳ giga vượt quá 200 MPa. Do đó, phát hiện ra rằng độ bền mỗi mỗi hàn trong chu kỳ giga không được giảm đáng kể trong mỗi hàn số 1, 3, 4, 5, 7, 9, 11, và từ 13 đến 20.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, khi tấm thép độ bền cao được hàn bằng cách sử dụng chùm tia mật độ năng lượng cao được sử dụng làm kết cấu hàn, kết cấu hàn có thể có các đặc tính chống mỗi trong môi trường rung lắc trong phạm vi chu kỳ giga, và mỗi hàn có chỉ số độ bền chống gãy đủ cao δc có thể được tạo ra, vì vậy mỗi hàn có khả năng áp dụng công nghiệp cao như bộ phận móng của tháp tạo năng lượng dùng sức gió ở ngoài khơi.

Danh sách các số chỉ dẫn

- 1 vật liệu thép
- 2 rãnh
- 3 vật liệu lỏng
- 4 kim loại hàn
- 5 ứng suất nén
- 6 phần hàn
- 21 tấm thép
- 22 đường hàn
- 23 mẫu thí nghiệm độ mỏi mối hàn
- 24 mẫu thí nghiệm mỏi siêu âm

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Mỗi hàn (10) được tạo ra bởi chùm tia mật độ năng lượng cao, mỗi hàn (10) bao gồm:

một cặp vật liệu thép (1); và

kim loại hàn (4) mà được đặt ở phần hàn đối đầu (6) giữa một cặp vật liệu thép (1),

trong đó cặp vật liệu thép (1) có hàm lượng C nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,08 % khối lượng,

trong đó kim loại hàn (4) có hàm lượng C nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,08 % khối lượng, hàm lượng Si nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,76 % khối lượng, hàm lượng Mn nằm trong khoảng từ 0,8 đến 2,5 % khối lượng, hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ 0,0 đến 5,0 % khối lượng, hàm lượng Ni nằm trong khoảng từ 0,5 đến 7,8 % khối lượng, hàm lượng Cr nằm trong khoảng từ 0,0 đến 6,0 % khối lượng, và hàm lượng Mo nằm trong khoảng từ 0,0 đến 2,0 % khối lượng,

trong đó các lượng C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr và Mo trong kim loại hàn (4) còn thỏa mãn công thức (a) sau đây,

$$M_s(^{\circ}C) = 371 - 353C - 22Si - 24,3Mn - 7,7Cu - 17,3Ni - 17,7Cr - 25,8Mo, \text{ (a)}$$

trong đó M_s là nhiệt độ bắt đầu biến đổi mà là $250^{\circ}C$ hoặc thấp hơn, và

trong đó mỗi trong số C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr và Mo trong công thức (a) thể hiện hợp phần theo % khối lượng trong kim loại hàn (4), và trong đó kim loại hàn (4) có vi cấu trúc mà gồm mactensit và kim loại hàn (4) trong trạng thái trong đó ứng suất nén dư (5) được truyền thông qua sự biến đổi của kim loại hàn (4) trong quá trình hàn vào trong mactensit.

2. Mỗi hàn (10) theo điểm 1, trong đó kim loại hàn (4) chứa 0,5 đến 4,0 % khối lượng Ni và 0,5 đến 6,0 % khối lượng Cr.

3. Mỗi hàn (10) theo điểm 2, trong đó kim loại hàn (4) chứa một hoặc hai trong số 0,1 đến 2,0 % khối lượng Mo và 0,1 đến 5,0 % khối lượng Cu, và chứa Ni, Cr, Mo, và Cu với lượng tổng cộng từ 1,1 đến 10,0 % khối lượng.

4. Mỗi hàn (10) theo điểm 1, trong đó kim loại hàn (4) chứa 4,0 đến 6,0 % khối lượng Ni.
5. Mỗi hàn (10) theo điểm 4, trong đó kim loại hàn (4) chứa một hoặc hai hay nhiều trong số 0,1 đến 6,0 % khối lượng Cr, 0,1 đến 2,0 % khối lượng Mo, và 0,1 đến 5,0 % khối lượng Cu, và chứa Ni, Cr, Mo, và Cu với lượng tổng cộng từ 4,1 đến 10,0 % khối lượng.
6. Mỗi hàn (10) theo điểm 1, trong đó vật liệu thép (1) chứa 0,05 đến 0,80 % khối lượng Si, 0,8 đến 2,5 % khối lượng Mn, $\leq 0,03$ % khối lượng P, $\leq 0,02$ % khối lượng S, $\leq 0,008$ % khối lượng Al, 0,005 đến 0,030 % khối lượng Ti, và phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi.
7. Mỗi hàn (10) theo điểm 6, trong đó vật liệu thép (1) chứa một hoặc hai hay nhiều trong số 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cu, 0,1 đến 6,0 % khối lượng Ni, 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cr, 0,1 đến 0,5 % khối lượng Mo, 0,01 đến 0,08 % khối lượng Nb, 0,01 đến 0,10 % khối lượng V, và 0,0005 đến 0,0050 % khối lượng B.
8. Mỗi hàn (10) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, 6 và 7, trong đó độ dày của vật liệu thép (1) là từ 30 mm đến 200 mm.
9. Mỗi hàn (10) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, 6 và 7, trong đó chùm tia mật độ năng lượng cao là chùm tia electron.
10. Mỗi hàn (10) theo điểm 2, trong đó vật liệu thép (1) chứa 0,05 đến 0,80 % khối lượng Si, 0,8 đến 2,5 % khối lượng Mn, $\leq 0,03$ % khối lượng P, $\leq 0,02$ % khối lượng S, $\leq 0,008$ % khối lượng Al, 0,005 đến 0,030 % khối lượng Ti, và phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi.
11. Mỗi hàn (10) theo điểm 3, trong đó vật liệu thép (1) chứa 0,05 đến 0,80 % khối lượng Si, 0,8 đến 2,5 % khối lượng Mn, $\leq 0,03$ % khối lượng P, $\leq 0,02$ % khối lượng S, $\leq 0,008$ % khối lượng Al, 0,005 đến 0,030 % khối lượng Ti, và phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi.
12. Mỗi hàn (10) theo điểm 4, trong đó vật liệu thép (1) chứa 0,05 đến 0,80 % khối lượng Si, 0,8 đến 2,5 % khối lượng Mn, $\leq 0,03$ % khối lượng P, $\leq 0,02$ % khối lượng S, $\leq 0,008$ % khối lượng Al, 0,005 đến 0,030 % khối lượng Ti, và phần còn

lại bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi.

13. Mỗi hàn (10) theo điểm 5, trong đó vật liệu thép (1) chứa 0,05 đến 0,80 % khối lượng Si, 0,8 đến 2,5 % khối lượng Mn, $\leq 0,03$ % khối lượng P, $\leq 0,02$ % khối lượng S, $\leq 0,008$ % khối lượng Al, 0,005 đến 0,030 % khối lượng Ti, và phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất không tránh khỏi.

14. Mỗi hàn (10) theo điểm 10, trong đó vật liệu thép (1) chứa một hoặc hai hay nhiều trong số 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cu, 0,1 đến 6,0 % khối lượng Ni, 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cr, 0,1 đến 0,5 % khối lượng Mo, 0,01 đến 0,08 % khối lượng Nb, 0,01 đến 0,10 % khối lượng V, và 0,0005 đến 0,0050 % khối lượng B.

15. Mỗi hàn (10) theo điểm 11, trong đó vật liệu thép (1) chứa một hoặc hai hay nhiều trong số 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cu, 0,1 đến 6,0 % khối lượng Ni, 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cr, 0,1 đến 0,5 % khối lượng Mo, 0,01 đến 0,08 % khối lượng Nb, 0,01 đến 0,10 % khối lượng V, và 0,0005 đến 0,0050 % khối lượng B.

16. Mỗi hàn (10) theo điểm 12, trong đó vật liệu thép (1) chứa một hoặc hai hay nhiều trong số 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cu, 0,1 đến 6,0 % khối lượng Ni, 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cr, 0,1 đến 0,5 % khối lượng Mo, 0,01 đến 0,08 % khối lượng Nb, 0,01 đến 0,10 % khối lượng V, và 0,0005 đến 0,0050 % khối lượng B.

17. Mỗi hàn (10) theo điểm 13, trong đó vật liệu thép (1) chứa một hoặc hai hay nhiều trong số 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cu, 0,1 đến 6,0 % khối lượng Ni, 0,1 đến 1,0 % khối lượng Cr, 0,1 đến 0,5 % khối lượng Mo, 0,01 đến 0,08 % khối lượng Nb, 0,01 đến 0,10 % khối lượng V, và 0,0005 đến 0,0050 % khối lượng B.

18. Mỗi hàn (10) theo điểm 8, trong đó chùm tia mật độ năng lượng cao là chùm electron.

19. Mỗi hàn (10) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 17, trong đó độ dày của vật liệu thép (1) là từ 30 mm đến 200 mm.

20. Mỗi hàn (10) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 17, trong đó chùm tia mật độ năng lượng cao là chùm tia electron.

21. Mỗi hàn (10) theo điểm 19, trong đó chùm tia mật độ năng lượng cao là chùm tia electron.

1/2

FIG. 1A

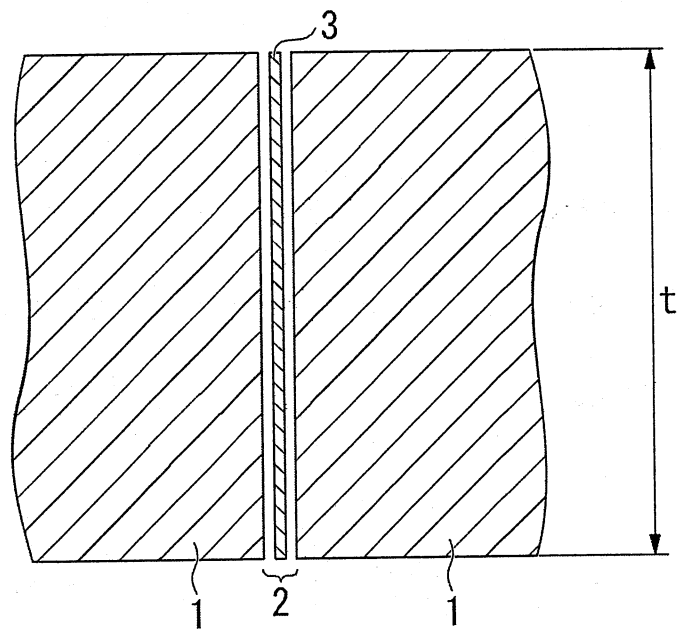
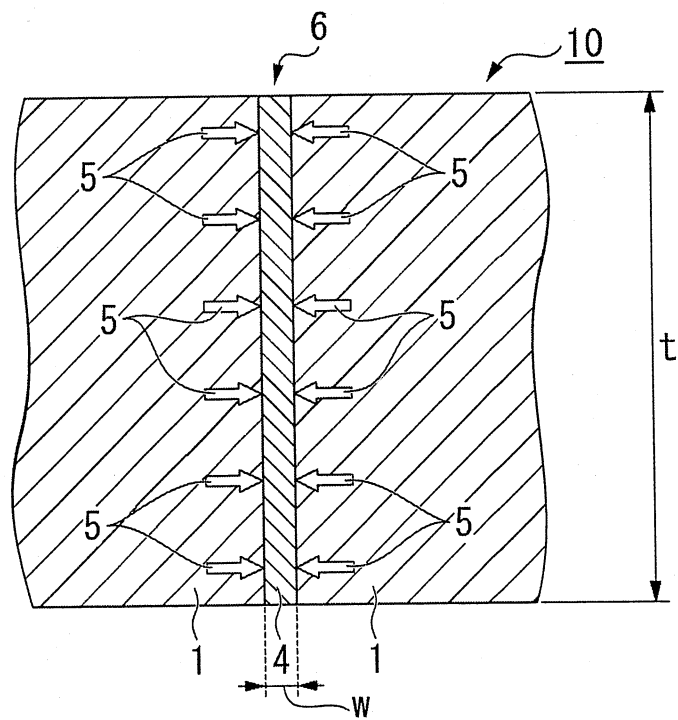


FIG. 1B



2/2

FIG. 2

