



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

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

(11)



1-0035374

(51)^{2006.01} B22D 11/04; B22D 11/22; B22D 11/059 (13) B

(21) 1-2019-01929

(22) 16/10/2017

(86) PCT/JP2017/037331 16/10/2017

(87) WO 2018/074406 26/04/2018

(30) 2016-204987 19/10/2016 JP

(45) 25/04/2023 421

(43) 26/08/2019 377A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

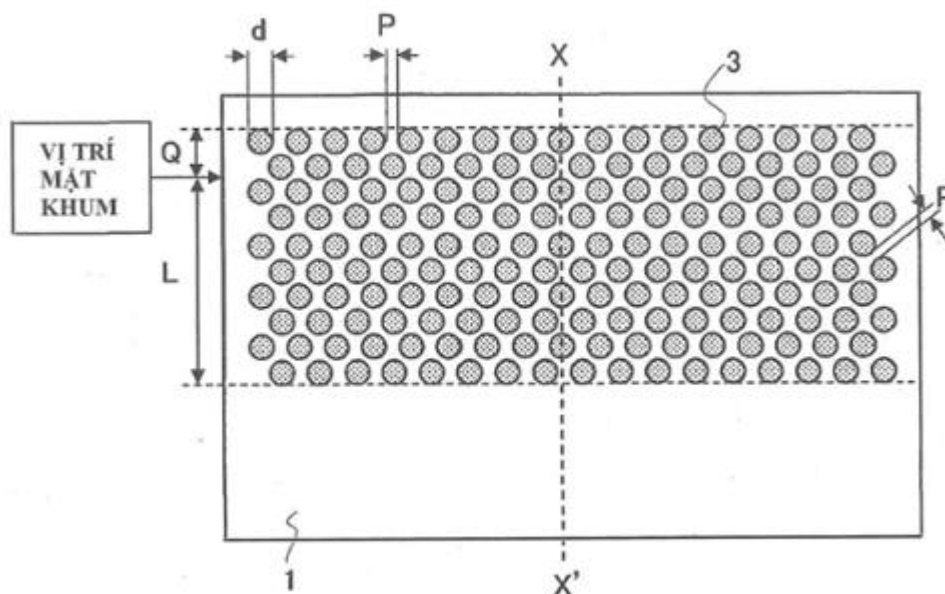
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011 (JP)

(72) FURUMAI Kohei (JP); ARAMAKI Norichika (JP); MIKI Yuji (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) KHUÔN ĐÚC LIÊN TỤC VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÚC THÉP LIÊN TỤC

(57) Sáng chế đề cập đến khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng được bố trí ở trên bề mặt thành trong của khuôn, trong đó số lần sử dụng khuôn đúc này được kéo dài. Khuôn đúc liên tục theo sáng chế bao gồm các phần lõm được bố trí một phần hoặc toàn bộ trong vùng bề mặt thành trong của khuôn đồng được làm mát bằng nước từ ít nhất là vị trí nằm ở mặt khum đến vị trí nằm thấp hơn mặt khum 20 mm, và các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra bằng cách nhồi đầy các phần lõm tương ứng bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng cấu thành nên khuôn đồng được làm mát bằng nước, trong đó hình dạng của mỗi phần lõm ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng, ở vị trí tùy ý của phần lõm, là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được nhồi đầy bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng, được bố trí trong vùng bề mặt thành trong của khuôn nơi có mặt khum, khuôn đúc liên tục có khả năng đúc liên tục thép nóng chảy trong khi hạn chế các vết nứt bề mặt ở vật đúc do sự làm mát không đều của vỏ được hóa rắn trong khuôn, và đề cập đến phương pháp đúc thép liên tục sử dụng khuôn đúc liên tục này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong đúc thép liên tục, các vật đúc với độ dài định trước được sản xuất như được mô tả dưới đây. Thép nóng chảy đã rót vào trong khuôn được làm mát bởi khuôn được làm mát bằng nước, và thép nóng chảy hóa rắn ở bề mặt tiếp xúc với khuôn để tạo ra lớp được hóa rắn (sau đây, được gọi là "vỏ được hóa rắn"). Vỏ được hóa rắn, cùng với lớp không được hóa rắn bên trong, được rút liên tục xuống dưới qua khuôn trong khi được làm mát với vòi phun nước hoặc vòi phun không khí-nước được lắp đặt ở trên phía đầu ra của khuôn. Trong quá trình rút, phần trung tâm cũng được hóa rắn bằng cách làm mát với vòi phun nước hoặc vòi phun không khí-nước, và sau đó, thực hiện việc cắt bằng cách sử dụng máy cắt bằng khí hoặc thiết bị tương tự để thu được các vật đúc với độ dài được xác định trước.

Khi xảy ra hiện tượng làm mát không đều trong khuôn, độ dày của vỏ được hóa rắn trở nên không đều theo hướng đúc và theo hướng chiều rộng của vật đúc. Vỏ được hóa rắn chịu ứng suất do sự co ngót và sự biến dạng của vỏ được hóa rắn. Ở giai đoạn ban đầu của quá trình hóa rắn, ứng suất tập trung ở phần mỏng của vỏ được hóa rắn, và vết nứt được tạo ra bởi ứng suất ở trên bề mặt của vỏ được hóa rắn. Vết nứt được tạo ra phát triển thành vết nứt bề mặt lớn bởi ứng suất nhiệt và ngoại lực sau đó, như là ứng suất uốn và ứng suất hiệu chỉnh, do được các con lăn của máy đúc liên tục tác dụng liên tục lên vật đúc. Trong trường hợp mà mức độ không đồng đều về độ dày của vỏ được

hóa rắn là lớn, vết nứt dọc xuất hiện ở trong khuôn, và trong một số trường hợp, việc phá vỡ có thể xuất hiện mà trong đó thép nóng chảy chảy ra ngoài từ vết nứt dọc. Vết nứt có ở trên bề mặt của vật đúc trở thành khuyết tật bề mặt của sản phẩm thép trong quá trình cán sau đó. Do đó, ở giai đoạn vật đúc, cần phải loại bỏ vết nứt bề mặt bằng cách mài bề mặt của vật đúc.

Ngay cả khi sự hóa rắn trong khuôn có xu hướng xuất hiện, cụ thể, trong trường hợp thép (được dùng để chỉ "thép cacbon trung bình") có hàm lượng cacbon ở trong phạm vi từ 0,08 đến 0,17% theo khối lượng, mà trong đó phản ứng bao tinh diễn ra. Nguyên nhân cho điều này được xem là do vỏ được hóa rắn bị biến dạng bởi sức căng bị gây ra bởi ứng suất chuyển đổi do sự co ngót thể tích trong quá trình chuyển hóa từ sắt δ (ferit) thành sắt γ (austenit) trong phản ứng bao tinh; do sự biến dạng, vỏ được hóa rắn được tách rời khỏi bề mặt thành trong của khuôn; độ dày của vỏ được hóa rắn được giảm xuống ở phần được tách rời khỏi bề mặt thành trong của khuôn (sau đây, phần được tách rời khỏi bề mặt thành trong của khuôn được dùng để chỉ "phần nén"); và vì ứng suất tập trung ở phần này, vết nứt bề mặt xuất hiện.

Cụ thể, trong trường hợp tốc độ rút vật đúc được tăng lên, nhiệt thông trung bình từ vỏ được hóa rắn đến nước làm mát của khuôn tăng lên, nghĩa là, vỏ được hóa rắn được làm mát nhanh, và sự phân bố của nhiệt thông trở nên bất thường và không đều. Do đó, việc xuất hiện các vết nứt bề mặt ở vật đúc có xu hướng tăng lên. Cụ thể, trong máy đúc liên tục thổi đúc dạng tấm có độ dày là 200 mm hoặc lớn hơn, khi tốc độ rút vật đúc là 1,5 m/phút hoặc lớn hơn, các vết nứt bề mặt có xu hướng được sinh ra.

Cho đến nay, đã có những nỗ lực mà trong đó, để hạn chế sự xuất hiện của các vết nứt bề mặt ở thép cacbon trung bình mà trong đó phản ứng bao tinh diễn ra, như được đề xuất trong tài liệu sáng chế 1, bột khuôn có thành phần mà được kết tinh dễ dàng được sử dụng, và bằng cách tăng nhiệt trở của lớp bột khuôn, vỏ được hóa rắn được làm mát chậm. Kỹ thuật này nhằm mục đích hạn chế sự xuất hiện của các vết nứt bề mặt bằng cách làm giảm ứng suất ở trên vỏ được hóa rắn bằng phương pháp làm mát chậm. Tuy nhiên, sự hóa rắn không đều không thể được cải thiện đủ chỉ bằng tác dụng làm mát chậm với việc sử dụng bột khuôn, và không thể ngăn không để các vết nứt bề

mặt xuất hiện trong trường hợp loại thép có lượng chuyển hóa lớn.

Theo đó, đã có nhiều đề xuất cho các phương pháp tự làm mát chậm khuôn đúc liên tục.

Tài liệu sáng chế 2 đề xuất kỹ thuật trong đó các rãnh hình lưới với chiều sâu từ 0,5 đến 1,0 mm và chiều rộng từ 0,5 đến 1,0 mm được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn ở gần mặt khum, các khoảng trống không khí được tạo ra một cách cưỡng bức bởi các rãnh ở giữa vỏ được hóa rắn và khuôn, nhờ đó làm mát chậm vỏ được hóa rắn và phân tán sức căng bề mặt sao cho các vết nứt dọc trong vật đúc có thể được ngăn chặn. Tuy nhiên, trong kỹ thuật này, để ngăn bột khuôn không bị lẫn vào các rãnh, cần phải giảm chiều rộng và chiều sâu của các rãnh. Hơn nữa, vì bề mặt thành trong của khuôn bị mòn đi bởi sự tiếp xúc với vật đúc, các rãnh được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn trở nên nông, làm nảy sinh vấn đề là tác dụng làm mát chậm bị giảm xuống, nghĩa là, vấn đề hiệu quả làm mát chậm không kéo dài.

Tài liệu sáng chế 3 đề xuất kỹ thuật trong đó các rãnh dọc và rãnh ngang được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn, và bột khuôn được làm để chảy vào trong các rãnh dọc và rãnh ngang sao cho khuôn có thể được làm mát chậm. Tuy nhiên, kỹ thuật này có vấn đề ở chỗ, trong trường hợp thép nóng chảy đi vào các rãnh vì bột khuôn chảy không đủ vào trong các rãnh và trong trường hợp bột khuôn được chứa đầy trong các rãnh bị bong ra trong quá trình đúc, và thép nóng chảy đi vào các phần này, có thể xuất hiện hiện tượng gãy vỡ do dính khuôn.

Như được mô tả ở trên, theo kỹ thuật trong đó các rãnh được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn, và các khe hở không khí được tạo ra bởi các rãnh hoặc theo kỹ thuật trong đó bột khuôn bị để chảy vào trong các rãnh, không thể thu được hiệu quả làm mát chậm ổn định. Mặt khác, ở đây đã đề xuất các phương pháp tạo ra sự phân bố đều nhiệt truyền ở trên vỏ được hóa rắn bằng cách nhồi đầy các phần lõm được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng. Bằng cách nhồi đầy các phần lõm bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại, việc gãy vỡ do dính khuôn gây ra bởi việc chảy thép nóng chảy vào trong các rãnh có thể được ngăn chặn.

Tài liệu sáng chế 4 và Tài liệu sáng chế 5 đề xuất kỹ thuật trong đó, để giảm lượng hóa rắn không đều bằng cách tạo ra sự phân bố nhiệt truyền đều, các rãnh (các rãnh dọc hoặc các rãnh dạng lưới) được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn, và các rãnh được nhồi đầy bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu gốm có độ dẫn nhiệt kim loại thấp. Tuy nhiên, kỹ thuật này vẫn tồn tại vấn đề về ứng suất, gây ra bởi sự khác nhau về độ biến dạng nhiệt giữa đồng và vật liệu nhồi đầy trong các phần lõm, tác dụng lên các mặt phân giới giữa các rãnh dọc hoặc các rãnh dạng lưới và (khuôn) đồng và các giao cắt vuông góc trong các rãnh dạng lưới, dẫn đến sự xuất hiện của các vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng.

Tài liệu sáng chế 6 và Tài liệu sáng chế 7 đề xuất kỹ thuật trong đó, để giải quyết vấn đề trong Tài liệu sáng chế 4 và Tài liệu sáng chế 5, các phần lõm hình tròn hoặc hình giả tròn được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn, và các phần lõm được nhồi đầy bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu gốm có độ dẫn nhiệt thấp. Trong Tài liệu sáng chế 6 và Tài liệu sáng chế 7, vì hình dạng mặt phẳng của các phần lõm là hình tròn hoặc hình giả tròn, mặt phân giới giữa vật liệu nhồi đầy các phần lõm và tấm khuôn bằng đồng là bề mặt cong, ứng suất không có khả năng tập trung tại mặt phân giới, và có ưu điểm là các vết nứt không có khả năng xuất hiện ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng.

Hơn nữa, Tài liệu sáng chế 8 đề xuất các kỹ thuật trong đó, trong khuôn đúc liên tục có các phần lõm, là các rãnh dọc hình tròn hoặc hình giả tròn, các rãnh ngang, hoặc các rãnh dạng lưới, như được bộc lộ ở trong tài liệu sáng chế 4, 5, 6, hoặc 7, được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của khuôn, các phần lõm có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được nhồi đầy bằng vật liệu có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng, để ngăn không xuất hiện các khe hở (các không gian trống) ở giữa vật liệu cấu thành nên các lớp chứa đầy vật liệu khác loại và tấm khuôn bằng đồng, phần được bo tròn ở dạng cung tròn được tạo ra ở vị trí mà tại đó thành đáy của phần lõm và thành bên của phần lõm giao nhau, hoặc thành bên của phần lõm được làm vát sao cho hình dạng mặt cắt ngang thu nhỏ lại theo độ dày hướng về thành đáy. Theo Tài liệu sáng chế 8, ngay cả trong trường hợp các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra bằng quy

trình mạ và trong trường hợp các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra bằng quy trình phun nhiệt, vật liệu nhồi có thể được bám vào và được lắng đọng đều ở trên các phần lõm, và ngoài ra, không chỉ có thể ngăn chặn việc bong các lớp chứa đầy vật liệu khác loại, mà còn có thể kiểm soát được việc thoát nhiệt trong khuôn ở trong phạm vi mong muốn.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2005-297001

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 1-289542

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 9-276994

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2-6037

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 7-284896

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2015-6695

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2015-51442

Tài liệu sáng chế 8: Công bố đơn sáng chế chưa được xét nghiệm Nhật Bản số 2014-188521.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Như được mô tả ở trên, theo tài liệu sáng chế 6, 7, 8, và các tài liệu khác, kỹ thuật

làm mát chậm khuôn đúc liên tục đã được nâng cao, và các vết nứt bề mặt trong các vật đúc thép cacbon trung bình đã được giảm xuống.

Tuy nhiên, ngay cả khi áp dụng kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 8, tuổi thọ của khuôn đúc liên tục có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được nhồi đầy bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng ở trên bề mặt thành trong của khuôn vẫn được xác định là ngắn so với khuôn đúc liên tục không có lớp được chứa đầy vật liệu khác loại. Khuôn đúc liên tục có chi phí đắt đỏ, trong khi số lần sử dụng nhỏ dẫn đến việc tăng chi phí sản xuất. Phải mất đến hàng giờ để tiến hành thay thế khuôn đúc liên tục, và số lần sử dụng nhỏ cũng là yếu tố làm giảm tốc độ vận hành đúc liên tục.

Sáng chế đã được hoàn thành dưới các tình huống này, và mục tiêu của sáng chế là đề xuất khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được nhồi đầy bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng ở trên bề mặt thành trong của khuôn, mà số lần sử dụng có thể được kéo dài so với số lần sử dụng thông thường, và đề xuất phương pháp đúc thép liên tục sử dụng khuôn đúc liên tục.

Giải quyết vấn đề

Bản chất của sáng chế trong việc giải quyết các vấn đề được mô tả ở trên là như sau:

[1] Khuôn đúc liên tục được cấu thành bởi khuôn đồng được làm mát bằng nước, bao gồm các phần lõm được bố trí một phần hoặc toàn bộ ở trong vùng bề mặt thành trong của khuôn đồng làm mát bằng nước từ ít nhất vị trí nằm ở mặt khum đến vị trí nằm thấp hơn mặt khum là 20 mm, và các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra bằng cách nhồi đầy các phần lõm tương ứng bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng cấu thành nên khuôn đồng được làm mát bằng nước, trong đó hình dạng của mỗi phần lõm ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng bao gồm bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng và bề mặt phẳng.

[2] Khuôn đúc liên tục được cấu thành bởi khuôn đồng được làm mát bằng nước, bao gồm các phần lõm được bố trí một phần hoặc toàn bộ ở trong vùng bề mặt thành trong của khuôn đồng được làm mát bằng nước từ ít nhất là vị trí nằm ở mặt khum đến vị trí nằm thấp hơn mặt khum là 20 mm, và các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra bằng cách làm đầy các phần lõm tương ứng với kim loại hoặc phi kim có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng cấu thành nên khuôn đồng được làm mát bằng nước, mà trong đó hình dạng của mỗi phần lõm tại bề mặt của tấm khuôn bằng đồng, ở vị trí tùy ý của phần lõm, là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng.

[3] Khuôn đúc liên tục theo mục [1] hoặc [2], mà trong đó phần lõm được tạo ra có bề mặt cong với bán kính cong thỏa mãn công thức (1) dưới đây:

$$d/2 < R \leq d \cdots (1)$$

trong đó d là chiều rộng mở tối thiểu (mm) của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng, và R là bán kính cong trung bình (mm) của phần lõm.

[4] Khuôn đúc liên tục theo mục [3], mà trong đó bán kính cong có trị số không đổi.

[5] Khuôn đúc liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4], trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng có dạng elip, và tất cả các phần lõm kề nhau không tiếp xúc với nhau hoặc không được nối với nhau.

[6] Khuôn đúc liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4], trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng có dạng elip, và tất cả hoặc một số các phần lõm kề nhau tiếp xúc với nhau hoặc được nối với nhau.

[7] Khuôn đúc liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4], trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng là hình tròn, và tất cả các phần lõm kề nhau không tiếp xúc với nhau hoặc không được nối với nhau.

[8] Khuôn đúc liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4], trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng là hình tròn,

và tất cả hoặc một số phần lõm kề nhau tiếp xúc với nhau hoặc được nối với nhau.

[9] Phương pháp đúc thép liên tục, phương pháp bao gồm đổ thép nóng chảy ở trong gàu chuyên vào trong khuôn đúc liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [8], và đúc liên tục thép nóng chảy.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, trong khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại ở trên bề mặt thành trong của khuôn đồng được làm mát bằng nước, vì hình dạng của phần lõm tạo ra mỗi lớp chứa đầy vật liệu khác loại ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng bao gồm bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng và bề mặt phẳng, hoặc, bề mặt cong, ở vị trí tùy ý của phần lõm, có độ cong theo mọi hướng, có thể hạn chế sự tập trung ứng suất ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng tiếp xúc với các lớp chứa đầy vật liệu khác loại. Do đó, sự xuất hiện của vết nứt trong tấm khuôn bằng đồng có thể được hạn chế, và số lần sử dụng của khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại có thể được kéo dài.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình chiếu cạnh dạng giản đồ của tấm khuôn dài bằng đồng cấu thành nên một phần của khuôn đúc liên tục theo phương án của sáng chế, được nhìn từ phía bề mặt thành trong, tấm khuôn dài bằng đồng có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được bố trí trên bề mặt thành trong.

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt ngang của tấm khuôn dài bằng đồng được thể hiện trên Fig.1, được lấy dọc theo đường cắt X-X'.

Fig.3 là sơ đồ khái quát thể hiện các trở kháng truyền nhiệt (nhiệt trở) tại ba vị trí trên tấm khuôn dài bằng đồng chứa các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được nhồi đầy bằng vật liệu có độ dẫn nhiệt thấp hơn độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng, tương ứng với các vị trí của các lớp chứa đầy vật liệu khác loại.

Fig.4 là sơ đồ dạng giản đồ thể hiện ví dụ trong đó lớp mạ bảo vệ bề mặt khuôn được tạo ra ở trên bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng.

Fig.5 bao gồm các sơ đồ dạng giản đồ thể hiện tấm khuôn dài bằng đồng được tạo ra có phần lõm, trong đó hình dạng ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng là bề mặt cong được uốn cong theo mọi hướng.

Fig.6 bao gồm các sơ đồ dạng giản đồ thể hiện tấm khuôn dài bằng đồng được tạo ra có phần lõm, trong đó một số phần hình dạng ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng không có độ cong.

Fig.7 là đồ thị thể hiện các kết quả của thử nghiệm độ mỏi nhiệt.

Fig.8 là đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của bán kính cong trung bình của phần lõm lên số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện vết nứt trong mẫu tấm đồng thử nghiệm.

Fig.9 là đồ thị thể hiện các kết quả nghiên cứu về mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm.

Fig.10 là đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của bán kính cong trung bình của phần lõm lên mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm.

Fig.11 bao gồm các sơ đồ dạng giản đồ thể hiện các ví dụ về sự sắp xếp các lớp chứa đầy vật liệu khác loại.

Fig.12 là đồ thị thể hiện mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm trong các ví dụ từ 1 đến 20, các ví dụ so sánh từ 1 đến 5, và ví dụ về giải pháp kỹ thuật đã thông thường.

Fig.13 là đồ thị thể hiện chỉ số số lượng vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng trong các ví dụ từ 1 đến 20, các ví dụ so sánh từ 1 đến 5, và ví dụ về giải pháp kỹ thuật đã có thông thường.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây với sự tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Fig.1 là hình chiếu cạnh dạng giản đồ của tấm khuôn dài bằng đồng cấu thành nên một phần của khuôn đúc liên tục theo phương án của sáng chế, được nhìn từ phía bề mặt thành trong, tấm khuôn dài bằng đồng có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được bố trí

ở trên phía bề mặt thành trong. Fig.2 là hình vẽ mặt cắt ngang của tấm khuôn dài bằng đồng được thể hiện trên Fig.1, được lấy dọc theo đường cắt X-X'.

Khuôn đúc liên tục được thể hiện trên Fig.1 là ví dụ về khuôn đúc liên tục để đúc phôi đúc dạng tấm. Khuôn đúc liên tục dùng cho phôi đúc dạng tấm được cấu thành bằng cách ghép cặp các tấm khuôn dài bằng đồng (được làm bằng đồng nguyên chất hoặc hợp kim đồng) và cặp tấm khuôn ngắn bằng đồng (được làm bằng đồng nguyên chất hoặc hợp kim đồng) với nhau. Fig.1 thể hiện tấm khuôn dài bằng đồng trong số chúng. Mặc dù các lớp chứa đầy vật liệu khác loại có thể được bố trí ở phía bề mặt thành trong của tấm khuôn ngắn bằng đồng tương tự như trong tấm khuôn dài bằng đồng, phần mô tả liên quan đến tấm khuôn ngắn bằng đồng như vậy sẽ được lược bỏ. Trong một số trường hợp, tấm khuôn ngắn bằng đồng và tấm khuôn dài bằng đồng có thể đơn giản được gọi chung là "các tấm khuôn bằng đồng". Trong phôi đúc dạng tấm, vì hình dạng của phôi dạng tấm có chiều rộng là vô cùng lớn so với độ dày phôi, sự tập trung ứng suất có khả năng xuất hiện trong vỏ được hóa rắn ở phía bề mặt cạnh dài của vật đúc, và các vết nứt bề mặt có khả năng xuất hiện ở phía bề mặt cạnh dài của vật đúc. Do đó, các lớp chứa đầy vật liệu khác loại có thể không được bố trí trên tấm khuôn ngắn bằng đồng của khuôn đúc liên tục dùng cho phôi đúc dạng tấm.

Như được thể hiện trên Fig.1, các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được tạo ra ở trong vùng bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1 từ vị trí nằm cao hơn vị trí của mặt khum trong quá trình đúc ổn định, có độ dài Q từ vị trí mặt khum (độ dài Q là trị số tùy ý lớn hơn hoặc bằng không) đến vị trí nằm thấp hơn mặt khum, có độ dài L từ mặt khum (độ dài L là trị số tùy ý lớn hơn hoặc bằng 20 mm). "Đúc ổn định" là trạng thái mà, sau khi bắt đầu rót thép nóng chảy vào trong khuôn đúc liên tục có thể đạt được hoạt động ổn định trong khi duy trì tốc độ đúc không đổi. Trong quá trình đúc ổn định, tốc độ rót thép nóng chảy từ gàu chuyên vào trong khuôn được điều khiển tự động bằng cách sử dụng vòi phun trượt sao cho vị trí của mặt khum có thể được giữ không đổi. Trên Fig.1, d biểu diễn chiều rộng mở tối thiểu (đường kính) của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 mà hình dạng mở của nó ở bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1 là hình tròn, và P biểu diễn khoảng cách giữa các lớp chứa đầy vật liệu khác loại liên

kề.

Như được thể hiện trên Fig.2, các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được tạo ra bằng cách nhồi đầy các phần lõm 2, đã được tạo ra ở trên phía bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1, bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn dài bằng đồng 1 nhờ quy trình mạ, quy trình phun nhiệt, quy trình kẹp nhiệt, hoặc quy trình tương tự. Trên Fig.2, số chỉ dẫn 4 biểu thị khe hở cấu thành nên đường dẫn nước làm mát khuôn và được bố trí ở phía sau của tấm khuôn dài bằng đồng 1. Số chỉ dẫn 5 biểu thị tấm phía sau dính sát vào bề mặt sau của tấm khuôn dài bằng đồng 1, và tấm khuôn dài bằng đồng 1 được làm mát bằng nước làm mát khuôn chảy qua khe hở 4 mà phía mở của nó được đóng kín bởi tấm phía sau 5.

Thuật ngữ "mặt khum" là "bề mặt trên của thép nóng chảy ở trong khuôn". Mặc dù vị trí của nó không được xác định khi không thực hiện đúc, vị trí mặt khum được kiểm soát để thấp hơn khoảng từ 50 mm đến 200 mm so với đầu trên của của tấm khuôn bằng đồng trong hoạt động đúc thép liên tục ban đầu. Do đó, ngay cả trong trường hợp mà vị trí mặt khum thấp hơn 50 mm hoặc 200 mm so với đầu trên của tấm khuôn dài bằng đồng 1, các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được bố trí sao cho độ dài Q và độ dài L thỏa mãn các điều kiện theo phương án được mô tả dưới đây.

Khi xem xét đến sự ảnh hưởng lên giai đoạn hóa rắn ban đầu của vỏ được hóa rắn, điều cần thiết là các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được bố trí ít nhất là ở trong phạm vi từ mặt khum đến vị trí nằm thấp hơn mặt khum là 20 mm. Do đó, độ dài L cần phải là 20 mm hoặc lớn hơn.

Ở phạm vi lân cận vị trí mặt khum, lượng nhiệt được thoát ra qua khuôn đúc liên tục là lớn hơn mặt khum so với ở các vị trí khác. Nghĩa là, nhiệt thông ở khu vực lân cận của vị trí mặt khum cao hơn nhiệt thông ở các vị trí khác. Các kết quả của các thử nghiệm được thực hiện bởi các tác giả sáng chế cho thấy, mặc dù phụ thuộc vào lượng nước làm mát được cấp vào khuôn và tốc độ rút vật đúc, trong khi nhiệt thông ở vị trí thấp hơn mặt khum 30 mm là thấp hơn $1,5 \text{ MW/m}^2$, nhưng nhiệt thông ở vị trí thấp hơn mặt khum 20 mm thường là $1,5 \text{ MW/m}^2$ hoặc lớn hơn.

Theo phương án này, để ngăn sự xuất hiện của các vết nứt bề mặt ở vật đúc khi thực hiện việc đúc tốc độ cao hoặc khi đúc thép cacbon trung bình trong đó các vết nứt bề mặt có khả năng xuất hiện ở vật đúc, bằng cách tạo ra các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3, nhiệt trở được thay đổi ở bề mặt thành trong của khuôn ở vùng lân cận vị trí mặt khum. Bằng cách tạo ra các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3, sự thay đổi nhiệt thông theo định kỳ được đảm bảo một cách đầy đủ, từ đó ngăn được sự xuất hiện của các vết nứt bề mặt trong vật đúc. Khi xem xét đến sự ảnh hưởng lên sự hóa rắn ở giai đoạn ban đầu, cần phải bố trí các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 ở trong vùng có nhiệt thông lớn từ mặt khum đến vị trí thấp hơn mặt khum 20 mm. Trong trường hợp độ dài L nhỏ hơn 20 mm, hiệu quả ngăn ngừa các vết nứt bề mặt trong vật đúc là không đủ. Giới hạn trên của độ dài L không bị hạn chế, và các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 có thể được bố trí để trải rộng đến đầu dưới của khuôn.

Mặt khác, đầu trên của các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 có thể được đặt ở vị trí bất kỳ miễn là vị trí đó ngang bằng với mặt khum hoặc ở vị trí cao hơn mặt khum. Độ dài Q được thể hiện trên Fig.1 có thể là trị số bất kỳ lớn hơn hoặc bằng không. Tuy nhiên, mặt khum cần phải nằm trong vùng được bố trí các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 trong quá trình đúc, và mặt khum dịch chuyển lên và xuống trong quá trình đúc. Do đó, để đảm bảo rằng đầu trên của các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 luôn được định vị cao hơn mặt khum, tốt hơn là các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được trải rộng và được bố trí cao hơn khoảng 10 mm, tốt hơn nữa là cao hơn khoảng từ 20 mm đến 50 mm, so với vị trí được thiết đặt của mặt khum.

Độ dẫn nhiệt của vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại được nhồi đầy trong các phần lõi 2 thường thấp hơn độ dẫn nhiệt của đồng nguyên chất hoặc hợp kim đồng cấu thành nên tấm khuôn dài bằng đồng 1. Tuy nhiên, trong trường hợp tấm khuôn dài bằng đồng 1 được làm bằng hợp kim đồng có độ dẫn nhiệt thấp, độ dẫn nhiệt của vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại được sử dụng để nhồi đầy ở đây có thể cao hơn. Trong trường hợp vật liệu nhồi đầy là kim loại, việc nhồi đầy đạt được bằng quy trình mạ hoặc quy trình phun nhiệt. Trong trường hợp vật liệu làm đầy là vật liệu phi kim loại, việc nhồi đầy đạt được bằng quy trình phun nhiệt hoặc bằng cách kẹp vật liệu phi kim

loại đã được gia công theo hình dạng của phần lõm 2 vào trong phần lõm 2 (kẹp nhiệt).

Fig.3 là sơ đồ khái quát thể hiện các trở kháng truyền nhiệt (nhiệt trở) ở ba vị trí trên tấm khuôn dài bằng đồng 1 bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được nhồi đầy vật liệu có độ dẫn nhiệt thấp hơn độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng, tương ứng với các vị trí của các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3. Như được thể hiện trên Fig.3, nhiệt trở là tương đối cao ở các vị trí có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được bố trí.

Bằng cách bố trí các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 theo hướng chiều rộng của khuôn đúc liên tục và theo hướng đúc ở vùng lân cận của mặt khum bao gồm vị trí mặt khum, như được thể hiện trên Fig.3, nhiệt trở của khuôn đúc liên tục tăng và giảm đều đặn và định kỳ theo hướng chiều rộng của khuôn và theo hướng đúc trong vùng lân cận mặt khum. Nhờ vậy, ở vùng lân cận mặt khum, tức là, ở giai đoạn hóa rắn ban đầu, nhiệt thông từ vỏ được hóa rắn đến khuôn đúc liên tục tăng và giảm một cách đều đặn và định kỳ. Trong trường hợp các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được tạo ra bằng cách được nhồi đầy vật liệu có độ dẫn nhiệt cao hơn độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng, không giống như Fig.3, nhiệt trở là tương đối thấp tại các vị trí có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được bố trí. Trong trường hợp này, theo cách tương tự, nhiệt trở của khuôn đúc liên tục tăng và giảm một cách đều đặn và định kỳ theo hướng chiều rộng của khuôn và theo hướng đúc ở vùng lân cận của mặt khum.

Do việc tăng và giảm nhiệt thông đều đặn và định kỳ, ứng suất gây ra bởi sự chuyển hóa từ sắt δ sang sắt γ và ứng suất nhiệt được giảm xuống, và sự biến dạng của vỏ được hóa rắn gây ra bởi những ứng suất này được giảm xuống. Nhờ việc giảm sự biến dạng của vỏ được hóa rắn, sự xuất hiện của phần nén được hạn chế, và sự phân bố không đều của nhiệt thông do sự biến dạng của vỏ được hóa rắn được đồng nhất hóa, và các ứng suất sinh ra được phân tán để làm giảm các sức căng đơn lẻ. Kết quả là, sự xuất hiện các vết nứt bề mặt ở trên bề mặt của vỏ được hóa rắn được ngăn chặn.

Theo sáng chế, đồng nguyên chất hoặc hợp kim đồng được sử dụng để chế tạo tấm khuôn bằng đồng. Khi sử dụng hợp kim đồng để chế tạo tấm khuôn bằng đồng, hợp kim đồng có bổ sung các lượng nhỏ crom (Cr), zircon (Zr), và các chất khác thông

thường được sử dụng để chế tạo tấm khuôn bằng đồng để đúc liên tục, được sử dụng. Độ dẫn nhiệt của đồng nguyên chất là $398 \text{ W/(m}\times\text{K)}$, trong khi đó độ dẫn nhiệt của hợp kim đồng thường thấp hơn độ dẫn nhiệt của đồng nguyên chất, và thậm chí hợp kim đồng có độ dẫn nhiệt chỉ bằng khoảng $1/2$ độ dẫn nhiệt của đồng nguyên chất cũng được sử dụng cho khuôn đúc liên tục.

Đối với vật liệu được sử dụng để nhồi đầy các phần lõm 2, tốt hơn là, vật liệu có độ dẫn nhiệt bằng 80% hoặc nhỏ hơn, hoặc bằng 125% hoặc lớn hơn so với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng được sử dụng. Trong trường hợp độ dẫn nhiệt của vật liệu nhồi lớn hơn 80%, hoặc nhỏ hơn 125% so với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng, hiệu quả đạt được từ sự thay đổi nhiệt thông định kỳ nhờ sự có mặt của các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 trở nên không đủ, và hiệu quả hạn chế các vết nứt bề mặt ở vật đúc trở nên không đủ khi thực hiện việc đúc tốc độ cao hoặc khi đúc thép cacbon trung bình trong đó các vết nứt bề mặt có khả năng xuất hiện ở vật đúc.

Theo phương án này, vật liệu dùng để nhồi đầy các phần lõm 2 không bị giới hạn cụ thể về chủng loại. Để tham khảo, các ví dụ về vật liệu kim loại có thể được sử dụng phù hợp làm vật liệu nhồi bao gồm niken (Ni, độ dẫn nhiệt: $90 \text{ W/(m}\times\text{K)}$), crom (Cr, độ dẫn nhiệt: $67 \text{ W/(m}\times\text{K)}$), coban (Co, độ dẫn nhiệt: $70 \text{ W/(m}\times\text{K)}$), và các hợp kim chứa các kim loại này. Các kim loại và hợp kim này có độ dẫn nhiệt thấp hơn đồng nguyên chất và các hợp kim đồng, và có thể được sử dụng một cách dễ dàng để nhồi đầy các phần lõm 2 bằng quy trình mạ hoặc quy trình phun nhiệt. Các ví dụ về vật liệu phi kim loại có thể được sử dụng phù hợp làm vật liệu nhồi bao gồm các vật liệu gốm, như là BN, AlN, và ZrO_2 . Các vật liệu này có độ dẫn nhiệt thấp và do đó thích hợp làm vật liệu nhồi.

Fig.4 là sơ đồ dạng giản đồ thể hiện ví dụ trong đó lớp mạ bảo vệ bề mặt khuôn được tạo ra trên bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng. Theo phương án này, như được thể hiện trên Fig.4, tốt hơn là tạo ra lớp mạ 6 trên bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 trên đó nhằm mục đích ngăn chặn sự mài mòn do vỏ được hóa rắn và các vết nứt ở bề mặt khuôn do hiện tượng trễ nhiệt. Lớp mạ 6 có thể được tạo ra bằng cách mạ niken hoặc hợp kim chứa niken thường

được sử dụng, ví dụ, hợp kim niken-coban (hợp kim Ni-Co), hợp kim niken-crom (hợp kim Ni-Cr), hoặc hợp kim tương tự.

Đối với khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy các vật liệu khác loại 3 trong khu vực có mặt khum, mà được tạo kết cấu như được mô tả ở trên, các nghiên cứu đã được thực hiện đối với sự kéo dài tuổi thọ khuôn. Việc nứt chủ yếu xảy ra trên phía tấm khuôn bằng đồng của mặt phân giới mà ở đó tấm khuôn bằng đồng và lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 tiếp xúc với nhau, và tuổi thọ khuôn bị ảnh hưởng bởi tốc độ phát triển vết nứt. Theo đó, các nghiên cứu được thực hiện về việc ngăn chặn sự xuất hiện của vết nứt ở trên phía tấm khuôn bằng đồng của mặt phân giới.

Từ các nghiên cứu khác nhau, khi xét đến vấn đề khi có góc ở phần lõm 2, thì ứng suất sẽ tập trung ở góc, và có thể xuất hiện vết nứt ở trên phía tấm khuôn bằng đồng, việc tạo hình bề mặt trong của phần lõm 2 thành hình dạng nhẵn đã được nghiên cứu.

Cụ thể, như được thể hiện trên Fig.5, việc tạo hình dạng của phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng thành bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, ở vị trí tùy ý của phần lõm, đã được nghiên cứu. Ngược lại với hình dạng này, hình dạng, trong đó, như được thể hiện trên Fig.6, mặt bên 2a của phần lõm 2 là một phần của hình nón tròn có bên phải được tạo vát, và mặt đáy 2b là mặt phẳng (tham chiếu đến tài liệu sáng chế 8) được tạo ra để so sánh. Nghĩa là, ở hình dạng dùng để so sánh, hình dạng của phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng một phần không có độ cong. Ở phần lõm 2 được thể hiện trên các hình vẽ Fig.5 và Fig.6, hình dạng mở của phần lõm 2 ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng là hình tròn.

Mẫu tấm đồng thử nghiệm được tạo ra với phần lõm 2 có hình dạng được thể hiện trên Fig.5 (độ dẫn nhiệt: $360 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$) và mẫu tấm đồng thử nghiệm được tạo ra với phần lõm 2 có hình dạng được thể hiện trên Fig.6 (độ dẫn nhiệt: $360 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$) được chuẩn bị. Bằng cách thực hiện thử nghiệm độ mỏi nhiệt (JIS (Japanese Industrial Standards - Tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản) 2278, mức nhiệt độ cao: 700°C , mức nhiệt độ thấp: 25°C), tuổi thọ khuôn được đánh giá trên cơ sở số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện vết nứt ở trên bề mặt của mẫu tấm đồng thử nghiệm. Trong thử nghiệm độ mỏi nhiệt, khi số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện của vết nứt ở

trên bề mặt của mẫu tấm đồng thử nghiệm càng lớn, tuổi thọ khuôn được đánh giá là càng dài. Trong thử nghiệm này, các mẫu tấm đồng thử nghiệm được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được tạo ra bằng cách nhồi đầy phần lõm 2 với niken nguyên chất (độ dẫn nhiệt: $90 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$) và mẫu tấm đồng thử nghiệm không được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được sử dụng.

Fig.5 bao gồm các sơ đồ dạng giản đồ thể hiện tấm khuôn dài bằng đồng 1 được tạo ra với phần lõm 2 trong đó hình dạng ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng. Fig.5(A) là hình vẽ phối cảnh, và Fig.5(B) là hình vẽ mặt cắt ngang của tấm khuôn dài bằng đồng được thể hiện trên Fig.5(A), được lấy dọc theo đường cắt Z-Z'. Fig.6 bao gồm các sơ đồ dạng giản đồ thể hiện tấm khuôn dài bằng đồng 1 được tạo ra với phần lõm 2 trong đó một số phần hình dạng ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng không có độ cong. Fig.6(A) là hình vẽ phối cảnh, và Fig.6(B) là hình vẽ mặt cắt ngang của tấm khuôn dài bằng đồng được thể hiện trên Fig.6(A), được lấy dọc theo đường cắt Z-Z'. Ở phần lõm 2 được thể hiện trên Fig.6, không chỉ có mặt đáy 2b là mặt phẳng, mà mặt bên 2a cũng không có độ cong theo hướng chiều sâu của phần lõm 2.

Fig.7 là đồ thị thể hiện các kết quả của thử nghiệm độ mỏi nhiệt. Như được thể hiện trên Fig.7, có thể xác nhận là, trong trường hợp hình dạng của phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện vết nứt là bằng với số lượng chu trình nhiệt của mẫu tấm đồng thử nghiệm không được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3, và tuổi thọ khuôn là bằng với tuổi thọ của mẫu tấm đồng thử nghiệm không được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3. Ngược lại, rõ ràng là, trong trường hợp một số phần hình dạng của phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng không có độ cong, tuổi thọ khuôn chỉ bằng khoảng $1/2$ tuổi thọ của mẫu tấm đồng thử nghiệm không được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3. Trong trường hợp mà phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng có hình dạng chỉ có phần giao cắt của mặt đáy với mặt bên được bo tròn, bởi vì không có sự thay đổi về hình dạng của phần thẳng đứng, nên tuổi thọ được cải thiện chỉ khoảng $5/8$. Từ các kết quả này, rõ ràng là bằng cách tạo ra mặt phân giới giữa lớp chứa đầy vật

liệu khác loại 3 và tấm khuôn bằng đồng là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, có thể đạt được khả năng chống xuất hiện vết nứt ưu việt, và tuổi thọ khuôn được cải thiện.

Hơn nữa, đường kính của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 ở bề mặt thành tấm đồng, nghĩa là, chiều rộng mở tối thiểu của phần lõm 2 được tạo ra của bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, được thiết đặt đến hai mức: 5 mm và 6 mm, và các mẫu tấm đồng thử nghiệm (độ dẫn nhiệt: $360 \text{ W/(m}\times\text{K)}$) có phần lõm 2, mà khác nhau về bán kính cong trung bình cấu thành nên phần lõm 2, được chuẩn bị. Bằng cách thực hiện thử nghiệm độ mỏi nhiệt (JIS 2278, mức nhiệt độ cao: 700°C , mức nhiệt độ thấp: 25°C), sự ảnh hưởng của bán kính cong trung bình của phần lõm 2 lên số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện vết nứt ở trên các bề mặt của các mẫu tấm đồng thử nghiệm được nghiên cứu. Hình dạng mở của phần lõm 2 ở bề mặt thành tấm đồng là hình tròn trong tất cả các mẫu thử nghiệm. Trong thử nghiệm, lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được tạo ra bằng cách nhồi đầy phần lõm 2 bằng niken nguyên chất (độ dẫn nhiệt: $90 \text{ W/(m}\times\text{K)}$). Các độ cong của bề mặt cong của phần lõm 2 được đo bằng dụng cụ đo 3D CNC và được lưu trữ dưới dạng dữ liệu số, và trên cơ sở đó, thu được các bán kính cong theo hướng ngang và theo hướng thẳng đứng ở mỗi điểm đo. Bán kính cong trung bình được tính bằng cách chia tổng của các bán kính cong được đo cho số lượng bán kính cong được đo. Bán kính cong trung bình được tính bằng cách loại trừ dữ liệu với bán kính cong vô hạn.

Fig.8 là đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của bán kính cong trung bình của phần lõm lên số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện của vết nứt ở mẫu tấm đồng thử nghiệm. Như được thể hiện trên Fig.8, có thể xác nhận là, trong trường hợp bán kính cong trung bình cấu thành nên phần lõm 2 là lớn hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm 2, số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện vết nứt ở trên bề mặt của mẫu thử nghiệm tấm đồng là lớn, và tuổi thọ khuôn được kéo dài hơn nữa. Cần xem xét là, trong trường hợp bán kính cong trung bình cấu thành nên phần lõm 2 bằng hoặc nhỏ hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm 2, ứng suất tại mặt phân giới ở giữa lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 và tấm khuôn bằng đồng tăng lên, và có khả năng xuất hiện vết nứt.

Trên cơ sở các kết quả đã được mô tả ở trên, thử nghiệm còn được thực hiện bằng cách sử dụng máy đúc liên tục thực cho phôi. Trong thử nghiệm với máy thực, chủ yếu là kiểm tra trạng thái xuất hiện của các khuyết tật bề mặt ở phôi đúc dạng tấm. Trong thử nghiệm máy thực tế, ba mức độ được thử nghiệm bao gồm: khuôn đúc liên tục có tấm khuôn dài bằng đồng 1 được tạo ra với phần lõm 2 được thể hiện trên Fig.5, khuôn đúc liên tục có tấm khuôn dài bằng đồng 1 được tạo ra với phần lõm 2 được thể hiện trên Fig.6, và khuôn đúc liên tục có tấm khuôn dài bằng đồng không được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3. Trong thử nghiệm, hợp kim đồng có độ dẫn nhiệt $360 \text{ W/(m} \times \text{K)}$ được sử dụng làm tấm khuôn dài bằng đồng 1, và niken nguyên chất có độ dẫn nhiệt $90 \text{ W/(m} \times \text{K)}$ được sử dụng làm vật liệu nhồi đầy phần lõm 2. Độ dài Q được thiết đặt là 50 mm, và độ dài L được thiết đặt là 200 mm.

Fig.9 là đồ thị thể hiện các kết quả nghiên cứu về mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm. Như được thể hiện trên Fig.9, có thể xác nhận là, ngay cả khi hình dạng của phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng như được thể hiện trên Fig.5 hay là hình dạng trong đó phần lõm 2 có phần không có độ cong như được thể hiện trên Fig.6, miễn là khuôn đồng được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3, thì mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm được giảm đáng kể so với trường hợp sử dụng khuôn đồng không được tạo lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3. Từ các kết quả này, rõ ràng là bằng cách tạo ra lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3, các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm có thể được giảm xuống một cách hiệu quả.

Hơn nữa, đối với tấm khuôn dài bằng đồng 1 có phần lõm 2 trong đó hình dạng mở của phần lõm 2 ở bề mặt thành trong của tấm khuôn là hình tròn và hình dạng của phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, đường kính của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 ở bề mặt thành trong tấm khuôn, nghĩa là, chiều rộng mở tối thiểu của phần lõm 2, được thiết đặt đến hai mức độ: 5 mm và 6 mm, và bán kính cong trung bình cấu thành nên phần lõm 2 được thay đổi. Sự ảnh hưởng của bán kính cong trung bình của phần lõm 2 lên mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm được nghiên cứu. Trong thử nghiệm này, hợp kim đồng có độ

dẫn nhiệt $360 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$ được sử dụng làm tấm khuôn dài bằng đồng 1, và niken nguyên chất có độ dẫn nhiệt $90 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$ được sử dụng làm vật liệu với phần lõm 2 được làm đầy. Độ dài Q được thiết đặt là 50 mm, và độ dài L được thiết đặt là 200 mm.

Fig.10 là đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của bán kính cong trung bình của phần lõm lên mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm. Như được thể hiện trên Fig.10, có thể xác nhận là, trong trường hợp mà bán kính cong trung bình cầu thành nên phần lõm 2 nhỏ hơn hoặc bằng chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm 2, mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm được giảm hơn nữa. Cần xem xét là, trong trường hợp bán kính cong trung bình cầu thành nên phần lõm 2 là lớn hơn chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm 2, thì thể tích của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được bố trí ở phần lõm 2 bị giảm xuống, và hiệu quả hạn chế các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm bị giảm xuống.

Trên cơ sở các kết quả thử nghiệm được mô tả ở trên, theo phương án này, hình dạng của phần lõm 2 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng, ở vị trí tùy ý của phần lõm 2, cần phải là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng. Ở đây, thuật ngữ "bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng" là bề mặt cong, như là bề mặt chòm cầu là một phần của bề mặt cầu, hoặc một phần của elip tròn xoay. Trong trường hợp này, tốt hơn là, bán kính cong trung bình cầu thành nên phần lõm 2 thỏa mãn công thức (1) dưới đây.

$$d/2 < R \leq d \cdots (1)$$

Trong công thức (1), d là chiều rộng mở tối thiểu (mm) của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng, và R là bán kính cong trung bình (mm) của phần lõm.

Nguyên nhân khi xét đến điều này là, như được mô tả ở trên, trong trường hợp bán kính cong trung bình cầu thành nên phần lõm 2 bằng hoặc nhỏ hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm 2, ứng suất tại mặt phân giới giữa lớp chứa vật liệu khác loại 3 và tấm khuôn bằng đồng tăng lên, và có khả năng xuất hiện vết nứt. Mặt khác, cần xem xét trong trường hợp bán kính cong trung bình cầu thành nên phần lõm 2 là lớn hơn chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm 2, thì thể tích của lớp chứa vật liệu khác

loại 3 được giảm xuống, và hiệu quả hạn chế các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm được giảm xuống.

Theo phương án này, tốt nhất là các bán kính cong cấu thành nên phần lõm 2 là giá trị không đổi, để tạo điều kiện thuận lợi cho việc thiết kế và xử lý phần lõm 2, tuy nhiên, miễn là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, các bán kính cong có thể không phải là giá trị không đổi.

Mặc dù các hình vẽ Fig.1 và Fig.2 thể hiện ví dụ trong đó hình dạng của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 ở bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1 là hình tròn, hình dạng của lớp này không nhất thiết phải là hình tròn. Bất kỳ hình dạng nào cũng có thể được sử dụng miễn là hình dạng gần giống như hình tròn, như là hình elip mà không có phần được gọi là "góc". Sau đây, hình dạng gần giống như hình tròn sẽ được nhắc đến là "hình giả tròn". Các ví dụ về hình giả tròn bao gồm các hình dạng không có các góc, như là hình elip và hình chữ nhật có các góc tròn hoặc các góc elip.

Độ rộng mở tối thiểu d trong công thức (1) được xác định theo độ dài của đường thẳng ngắn nhất trong số các đường thẳng đi qua tâm của hình dạng mở của phần lõm 2 ở bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1, nghĩa là, được xác định theo độ dài của đường thẳng ngắn nhất trong số các đường thẳng đi qua tâm của hình dạng của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 ở bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1. Theo đó, chiều rộng mở tối thiểu d tương ứng với đường kính của hình tròn khi hình dạng mở của phần lõm 2 ở bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1 là hình tròn, và tương ứng với trục nhỏ của hình elip khi hình dạng mở có dạng elip. Trong trường hợp hình dạng mở của phần lõm 2 ở bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng 1 là hình tròn và bán kính cong trung bình R cấu thành nên phần lõm 2 thỏa mãn công thức (1), phần lõm 2 có thể được tạo ra với bán kính cong không đổi.

Đường kính (đường kính hình tròn tương đương trong trường hợp hình giả tròn) của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 tốt hơn là từ 2 đến 20 mm. Bằng cách thiết đặt đường kính của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 là 2 mm hoặc lớn hơn, việc tăng nhiệt thông ở lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 trở nên đủ để có thể đạt được hiệu quả hạn chế các vết nứt bề mặt. Bằng cách thiết đặt đường kính của lớp chứa đầy vật liệu khác loại

3 là 2 mm hoặc lớn hơn, phần lõm 2 có thể dễ dàng được nhồi đầy bằng kim loại nhờ quy trình mạ hoặc quy trình phun nhiệt. Mặt khác, bằng cách thiết đặt đường kính (đường kính hình tròn tương đương trong trường hợp hình giả tròn) của lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 là 20 mm hoặc nhỏ hơn, việc trì hoãn sự hóa rắn ở lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được hạn chế, sự tập trung ứng suất cục bộ ở trên vỏ được hóa rắn được ngăn ngừa, và có thể hạn chế sự xuất hiện của các vết nứt bề mặt ở vỏ được hóa rắn. Giả sử hình giả tròn là hình tròn, đường kính hình tròn tương đương được tính từ diện tích của lớp giả tròn chứa đầy vật liệu khác loại 3.

Các Fig.1 và Fig.2 thể hiện ví dụ mà trong đó các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 được bố trí để được tách rời nhau bởi khoảng cách P. Tuy nhiên, các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 không nhất thiết phải tách rời nhau. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.11, các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 có thể tiếp xúc với nhau hoặc được nối với nhau. Fig.11 bao gồm các sơ đồ dạng giản đồ thể hiện các ví dụ sắp xếp về các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3, (A) thể hiện ví dụ trong đó các lớp chứa đầy vật liệu khác loại tiếp xúc với nhau, (B) thể hiện ví dụ trong đó các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được nối với nhau.

Bằng cách tạo kết cấu các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 thành hình dạng như được thể hiện trên Fig.11(A) hoặc Fig.11(B), các lớp chứa đầy vật liệu khác loại có vùng xếp chồng lẫn nhau và có thể duy trì, trạng thái trong đó nhiệt thông thay đổi theo hướng chiều rộng của khuôn hoặc theo hướng rút vật đúc trong thời gian dài. Do đó, chu kỳ thay đổi nhiệt thông có thể được thiết đặt sao cho chu kỳ dài và chu kỳ ngắn trùng với nhau. Nghĩa là, có thể kiểm soát sự phân bố nhiệt thông (trị số lớn nhất và trị số nhỏ nhất của nhiệt thông) theo hướng chiều rộng của khuôn hoặc theo hướng rút vật đúc, và hiệu quả phân tán ứng suất trong quá trình chuyển hóa vật liệu đúc từ trạng thái $\delta \rightarrow \gamma$ hoặc quá trình tương tự có thể được tăng cường. Ngoài ra, vì mặt phân giới giữa lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 và tấm khuôn bằng đồng được giảm xuống, ứng suất ở trên lớp chứa đầy vật liệu khác loại được giảm xuống trong quá trình sử dụng, và tuổi thọ khuôn được cải thiện.

Tốt hơn là, tỷ lệ diện tích ε ($\varepsilon = (B/A) \times 100$), là tỷ lệ giữa tổng diện tích B (mm²)

của tất cả các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 trên diện tích A (mm²) của bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng ở trong vùng có bố trí các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3, là 10% hoặc cao hơn. Bằng cách đảm bảo tỷ lệ diện tích ε là 10% hoặc cao hơn, diện tích bị chiếm bởi các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 với nhiệt thông thấp được đảm bảo, và sự khác nhau về nhiệt thông giữa lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 và phần đồng nguyên chất hoặc phần hợp kim đồng có thể thu được. Do đó, hiệu quả hạn chế các vết nứt bề mặt ở vật đúc có thể thu được một cách ổn định. Mặc dù giới hạn trên của tỷ lệ diện tích ε có thể không nhất thiết phải được xác định, khi tỷ lệ diện tích ε là 50% hoặc cao hơn, hiệu quả hạn chế các vết nứt bề mặt ở vật đúc do sự khác nhau về chu kỳ ở nhiệt thông bị bão hòa. Do đó, giới hạn trên là 50% là đủ.

Fig.5 thể hiện phần lõm 2 được tạo ra là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, ở vị trí tùy ý. Tuy nhiên, hình dạng của phần lõm 2 có thể bao gồm bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng và bề mặt phẳng.

Đối với việc đúc liên tục vật đúc bằng cách sử dụng khuôn đúc liên tục được tạo kết cấu như được mô tả ở trên, khuôn được sử dụng thích hợp cho, cụ thể, việc đúc liên tục phôi đúc dạng tấm (độ dày: 200 mm hoặc lớn hơn) bằng thép cacbon trung bình có hàm lượng cacbon là từ 0,08 đến 0,17% theo khối lượng, mà nhạy cảm cao với các vết nứt bề mặt. Cho đến nay, trong trường hợp phôi đúc dạng tấm của thép cacbon trung bình được đúc liên tục, để ngăn ngừa các vết nứt bề mặt ở vật đúc, tốc độ rút vật đúc thường được tăng lên. Bằng cách sử dụng khuôn đúc liên tục theo phương án này, các vết nứt bề mặt ở vật đúc có thể được hạn chế. Do đó, ngay cả ở tốc độ rút vật đúc là 1,5 m/phút hoặc cao hơn, vật đúc không có vết nứt bề mặt hoặc với lượng rất nhỏ các vết nứt bề mặt có thể được đúc liên tục.

Như được mô tả ở trên, ở khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 ở trên bề mặt thành trong của khuôn đồng được làm mát bằng nước, vì hình dạng của phần lõm 2 tạo ra mỗi lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng, ở vị trí tùy ý của phần lõm, là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, sự tập trung ứng suất không xuất hiện ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng tiếp xúc với lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3. Do đó, sự xuất hiện của vết nứt trong tấm khuôn bằng

đồng có thể được hạn chế, và số lần sử dụng của khuôn đúc liên tục bao gồm các lớp chứa đầy vật liệu khác loại 3 có thể được kéo dài đáng kể.

Phần mô tả trên được nêu ra dựa trên việc đúc liên tục phôi đúc dạng tấm. Tuy nhiên, phương án này không bị giới hạn ở việc đúc liên tục phôi đúc dạng tấm, mà cũng có thể được áp dụng cho việc đúc liên tục phôi đúc dạng thỏi hoặc phôi đúc dạng thanh.

Ví dụ thực hiện sáng chế

300 tấn thép cacbon trung bình (hợp phần hóa học, C: từ 0,08 đến 0,17% theo khối lượng, Si: từ 0,10 đến 0,30% theo khối lượng, Mn: từ 0,50 đến 1,20% theo khối lượng, P: từ 0,010 đến 0,030% theo khối lượng, S: từ 0,005 đến 0,015% theo khối lượng, và Al: từ 0,020 đến 0,040% theo khối lượng) được đúc liên tục bằng cách sử dụng các khuôn được làm mát bằng nước làm bằng hợp kim đồng trong đó các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra ở trên các bề mặt thành trong của nó dưới các điều kiện khác nhau. Các thử nghiệm được thực hiện để kiểm tra số lượng các vết nứt bề mặt ở các phôi đúc dạng tấm sau khi đúc và số lượng lần xuất hiện vết nứt trên các bề mặt của các tấm khuôn bằng đồng (Các ví dụ và các ví dụ so sánh). Các khuôn được làm mát bằng nước làm bằng hợp kim đồng được sử dụng có khoảng trống ở bên trong trong đó độ dài của cạnh dài là 1,8 m và độ dài của cạnh ngắn là 0,22 m. Để so sánh, các thử nghiệm cũng được thực hiện trên khuôn được làm mát bằng nước làm bằng hợp kim đồng không có các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra (Ví dụ thông thường).

Ở mỗi khuôn được làm mát bằng nước làm bằng hợp kim đồng, độ dài từ đầu trên đến đầu dưới của khuôn là 950 mm, vị trí của mặt khum (bề mặt trên của thép nóng chảy trong khuôn) trong quá trình đúc ổn định được thiết đặt là thấp hơn 100 mm so với đầu trên của khuôn, và các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được bố trí ở trong vùng từ vị trí thấp hơn 60 mm so với đầu trên của khuôn đến vị trí thấp hơn 400 mm so với đầu trên của khuôn.

Hợp kim đồng có độ dẫn nhiệt là $360 \text{ W/(m}\times\text{K)}$ được sử dụng các tấm khuôn bằng đồng, và niken nguyên chất (độ dẫn nhiệt: $90 \text{ W/(m}\times\text{K)}$) được sử dụng làm vật liệu nhồi dùng cho các lớp chứa đầy vật liệu khác loại. Hình dạng mở của mỗi phần lõm

ở bề mặt thành trong của tấm khuôn dài bằng đồng được thiết đặt là hình tròn hoặc hình elip. Các phần lõm được tạo ra với các bán kính cong trung bình khác nhau được nhồi đầy bằng niken nguyên chất bằng quy trình mạ để tạo ra các lớp chứa đầy vật liệu khác loại. Bảng 1 thể hiện chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, bán kính cong trung bình R , và hình dạng của phần được nhồi đầy. Trong các ví dụ 19 và 20, hình dạng mở của mỗi phần lõm là hình tròn, và hình dạng của phần được làm đầy là hình đối cầu với đáy phẳng.

Bảng 1

	Chiều rộng mở tối thiểu d (mm)	$1/2 \times$ Chiều rộng mở tối thiểu d/2 (mm)	Bán kính cong trung bình R (mm)	Hình dạng của phần được nhồi đầy vật liệu khác loại	Mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở vật đúc (số lượng/m ²)	Chỉ số số lượng vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng (-)
Ví dụ thông thường	-	-	-	-	1,23	1,00
Ví dụ 1	5,0	2,5	3,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,21	0,90
Ví dụ 2	6,0	3,0	3,1	Được tạo hình chỏm cầu	0,19	1,10
Ví dụ 3	6,0	3,0	4,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,18	1,20
Ví dụ 4	7,0	3,5	5,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,22	0,80
Ví dụ 5	8,0	4,0	6,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,23	0,90
Ví dụ 6	10,0	5,0	5,5	Được tạo hình chỏm cầu	0,20	1,00
Ví dụ 7	6,0	3,0	3,2	Được tạo hình chỏm cầu	0,21	1,00
Ví dụ 8	12,0	6,0	6,2	Được tạo hình chỏm cầu	0,18	1,10
Ví dụ 9	4,0	2,0	2,5	Được tạo hình chỏm cầu	0,22	1,20
Ví dụ 10	6,0	3,0	3,5	Được tạo hình chỏm cầu	0,21	1,00
Ví dụ 11	3,0	1,5	2,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,23	0,90
Ví dụ 12	6,0	3,0	2,5	Được tạo hình chỏm cầu	0,23	1,00
Ví dụ 13	6,0	3,0	6,5	Được tạo hình chỏm cầu	0,65	0,95
Ví dụ 14	5,0	2,5	2,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,23	0,91
Ví dụ 15	10,0	5,0	3,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,24	1,02
Ví dụ 16	7,0	3,5	8,1	Được tạo hình chỏm cầu	0,45	0,93
Ví dụ 17	8,0	4,0	9,0	Được tạo hình chỏm cầu	0,46	0,99
Ví dụ 18	4,0	2,0	1,9	Được tạo hình chỏm cầu	0,20	1,02
Ví dụ 19	12,0	6,0	6,2	Được tạo hình đối cầu với đáy phẳng có đường kính là 6 mm	0,19	1,12
Ví dụ 20	5,0	2,5	2,0	Được tạo hình đối cầu với đáy phẳng có đường kính là 2 mm	0,24	0,94
Ví dụ so sánh 1	5,0	2,5	-	Hình trụ	0,78	1,23
Ví dụ so sánh 2	6,0	3,0	-	Hình lăng trụ tứ giác	0,82	1,32
Ví dụ so sánh 3	8,0	4,0	-	Hình lăng trụ tam giác	0,79	1,35
Ví dụ so sánh 4	4,0	2,0	-	Hình trụ	0,76	1,42
Ví dụ so sánh 5	7,6	3,8	-	Hình trụ	0,83	1,32

Sau khi hoàn thành việc đúc liên tục, vùng diện tích 21 m^2 hoặc lớn hơn ở trên bề mặt của phôi đúc dạng tấm sau khi đúc được kiểm tra bằng thử nghiệm thấm thuốc nhuộm, số lượng các vết nứt bề mặt có độ dài là $1,0 \text{ mm}$ hoặc lớn hơn được xác định, và bằng cách chia tổng số vết nứt bề mặt xác định được cho vùng diện tích được khảo sát của vật đúc sẽ thu được mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở vật đúc. Bằng cách sử dụng mật độ số lượng, sẽ đánh giá được trạng thái xuất hiện của các vết nứt bề mặt ở vật đúc. Sau khi hoàn tất việc đúc liên tục, số lượng các vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng được đo để đánh giá tuổi thọ khuôn. Bảng 1 cũng thể hiện các kết quả nghiên cứu về mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm và chỉ số số lượng vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng. Chỉ số số lượng vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng được tính bằng cách chia số lượng các vết nứt đo được cho số lượng các vết nứt được đo trong ví dụ thông thường.

Fig.12 là đồ thị thể hiện mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm trong các ví dụ từ 1 đến 20, các ví dụ so sánh từ 1 đến 5, và ví dụ thông thường. Như được thể hiện trên Fig.12, rõ ràng là ở các ví dụ thực hiện sáng chế, mật độ số lượng các vết nứt bề mặt ở vật đúc có thể được giảm xuống so với các ví dụ so sánh và ví dụ thông thường. Rõ ràng là trong trường hợp mà bán kính cong trung bình R của phần lõm là bằng hoặc nhỏ hơn chiều rộng mở tối thiểu d , số lượng các vết nứt bề mặt ở vật đúc được giảm xuống một cách ổn định. Từ các kết quả của các ví dụ 19 và 20, rõ ràng là ngay cả khi hình dạng của phần được nhồi đầy vật liệu khác loại được tạo hình dạng đối cầu với đáy phẳng, số lượng các vết nứt bề mặt ở vật đúc cũng có thể được giảm xuống so với các ví dụ so sánh và ví dụ thông thường.

Fig.13 là đồ thị thể hiện chỉ số số lượng vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng trong các ví dụ từ 1 đến 20, các ví dụ so sánh từ 1 đến 5, và ví dụ thông thường. Như được thể hiện trên Fig.13, rõ ràng là trong các ví dụ thực hiện sáng chế, chỉ số số lượng vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng là nhỏ so với các ví dụ so sánh, và sự xuất hiện của vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng có thể được giảm xuống. Từ các kết quả của các ví dụ 19 và 20, rõ ràng là ngay cả khi hình dạng của phần được làm đầy được tạo hình đối cầu với đáy phẳng, chỉ số số lượng vết nứt là nhỏ so với

các ví dụ so sánh và ví dụ thông thường, và sự xuất hiện của vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng có thể được giảm xuống.

Mặt khác, trong số các ví dụ thực hiện sáng chế, trong trường hợp bán kính cong trung bình R của phần lõm lớn hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm và trong trường hợp bán kính cong trung bình R của phần lõm bằng hoặc nhỏ hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, như được thể hiện trên Fig.8, trong trường hợp bán kính cong trung bình R của phần lõm lớn hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, số lượng chu trình nhiệt tại thời điểm xuất hiện của vết nứt được tăng lên đáng kể so với trường hợp bán kính cong trung bình R của phần lõm bằng hoặc nhỏ hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, và bằng cách thiết đặt bán kính cong trung bình R của phần lõm lớn hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, có thể hạn chế sự xuất hiện của vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng.

Trong bảng 1, mặc dù có sự thay đổi nhẹ, chỉ số số lượng vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng khác nhau phụ thuộc vào mối quan hệ độ lớn giữa bán kính cong trung bình R của phần lõm và $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm. Trong bảng 1, trong trường hợp bán kính cong trung bình R của phần lõm bằng hoặc nhỏ hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, 3 trong số 4 ví dụ, chỉ số số lượng vết nứt bằng hoặc lớn hơn so với chỉ số số lượng vết nứt của ví dụ thông thường, trong khi trong trường hợp bán kính cong trung bình R của phần lõm lớn hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, 7 trong số 14 ví dụ, chỉ số số lượng vết nứt bằng hoặc lớn hơn so với chỉ số số lượng vết nứt của ví dụ thông thường. Do đó, rõ ràng là, bằng cách thiết đặt bán kính cong trung bình R của phần lõm lớn hơn $1/2$ chiều rộng mở tối thiểu d của phần lõm, có thể làm giảm hơn nữa sự xuất hiện của vết nứt ở trên bề mặt của tấm khuôn bằng đồng. Như thấy rõ từ các kết quả này và các kết quả trên Fig.12, để hạn chế các vết nứt bề mặt ở phôi đúc dạng tấm và kéo dài tuổi thọ khuôn, có hiệu quả khi thiết đặt bán kính cong trung bình R cấu thành nên phần lõm ở trong phạm vi của công thức (1).

Danh sách số chỉ dẫn

1 tấm khuôn dài bằng đồng

2 phần lõm

3 lớp chứa đầy vật liệu khác loại

4 khe hở

5 tấm phía sau

6 lớp mạ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Khuôn đúc liên tục được cấu thành bởi khuôn đồng được làm mát bằng nước, khuôn đúc liên tục này bao gồm:

các phần lõm được bố trí một phần hoặc toàn bộ ở trong vùng bề mặt thành trong của khuôn đồng được làm mát bằng nước từ ít nhất là vị trí nằm ở mặt khum đến vị trí nằm thấp hơn mặt khum 20 mm; và

các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra bằng cách nhồi đầy các phần lõm tương ứng bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng cấu thành nên khuôn đồng được làm mát bằng nước,

trong đó hình dạng của mỗi phần lõm ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng bao gồm bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng và bề mặt phẳng; được đặc trưng ở chỗ

bán kính cong của bề mặt cong thỏa mãn công thức (1) dưới đây:

$$d/2 < R \leq d \cdots (1)$$

trong đó d là chiều rộng mở tối thiểu (mm) của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng, và R là bán kính cong trung bình (mm) của phần lõm.

2. Khuôn đúc liên tục được cấu thành bởi khuôn đồng được làm mát bằng nước, khuôn đúc liên tục này bao gồm:

các phần lõm được bố trí một phần hoặc toàn bộ ở trong vùng bề mặt thành trong của khuôn đồng được làm mát bằng nước từ ít nhất là vị trí nằm ở mặt khum đến vị trí nằm thấp hơn mặt khum 20 mm; và

các lớp chứa đầy vật liệu khác loại được tạo ra bằng cách nhồi đầy các phần lõm tương ứng bằng vật liệu kim loại hoặc vật liệu phi kim loại có độ dẫn nhiệt khác với độ dẫn nhiệt của tấm khuôn bằng đồng cấu thành nên khuôn đồng được làm mát bằng nước,

trong đó hình dạng của mỗi phần lõm ở bề mặt của tấm khuôn bằng đồng, ở vị trí tùy ý của phần lõm, là bề mặt cong có độ cong theo mọi hướng, được đặc trưng ở chỗ

phần lõm được tạo ra có bề mặt cong với bán kính cong thỏa mãn công thức (1) dưới đây:

$$d/2 < R \leq d \cdots (1)$$

trong đó d là chiều rộng mở tối thiểu (mm) của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng, và R là bán kính cong trung bình (mm) của phần lõm.

3. Khuôn đúc liên tục theo điểm 1 hoặc 2, trong đó bán kính cong có trị số không đổi.
4. Khuôn đúc liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng có dạng elip, và tất cả các phần lõm kề nhau không tiếp xúc với nhau hoặc không được nối với nhau.
5. Khuôn đúc liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng có dạng elip, và tất cả hoặc một số các phần lõm kề nhau tiếp xúc với nhau hoặc được nối với nhau.
6. Khuôn đúc liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng là hình tròn, và tất cả các phần lõm kề nhau không tiếp xúc với nhau hoặc không được nối với nhau.
7. Khuôn đúc liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hình dạng mở của phần lõm ở bề mặt thành trong của tấm khuôn bằng đồng là hình tròn, và tất cả hoặc một số các phần lõm kề nhau tiếp xúc với nhau hoặc được nối với nhau.
8. Phương pháp đúc thép liên tục, phương pháp bao gồm: rót thép nóng chảy trong gàu chuyên vào trong khuôn đúc liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, và đúc liên tục thép nóng chảy.

Fig. 1

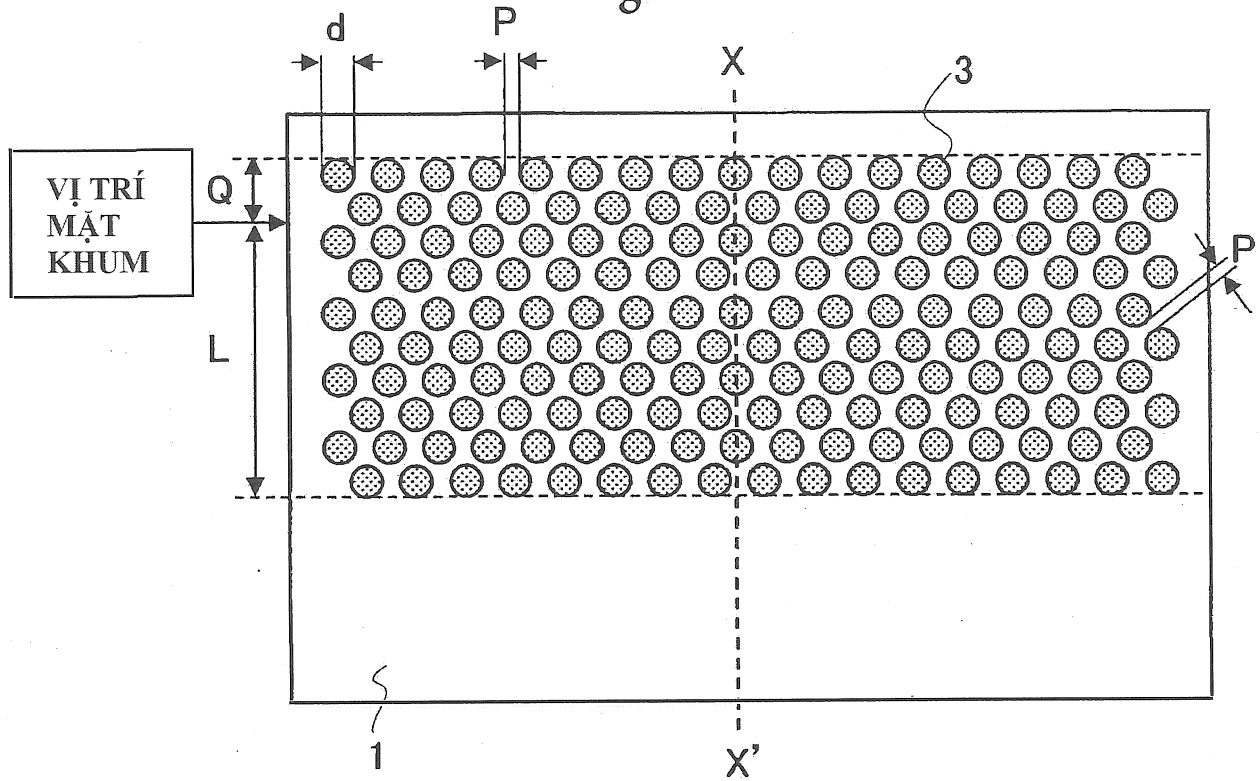


Fig. 2

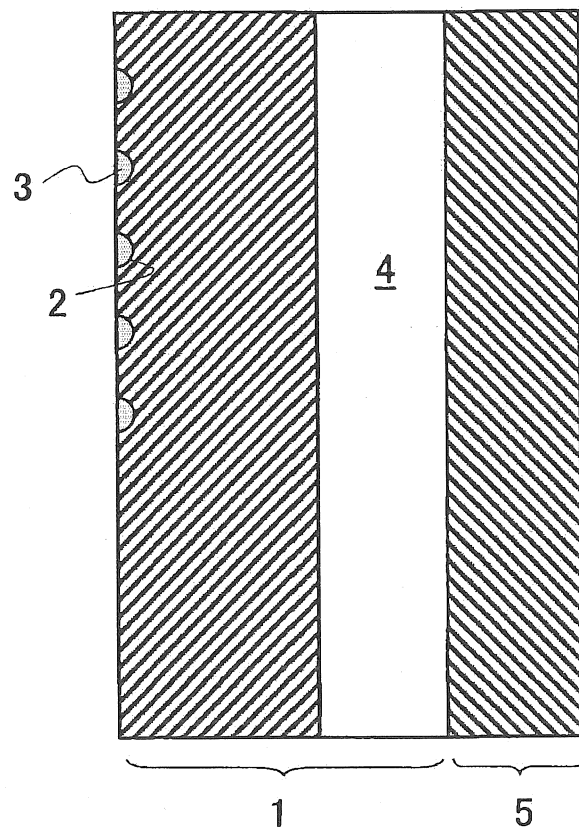


Fig. 3

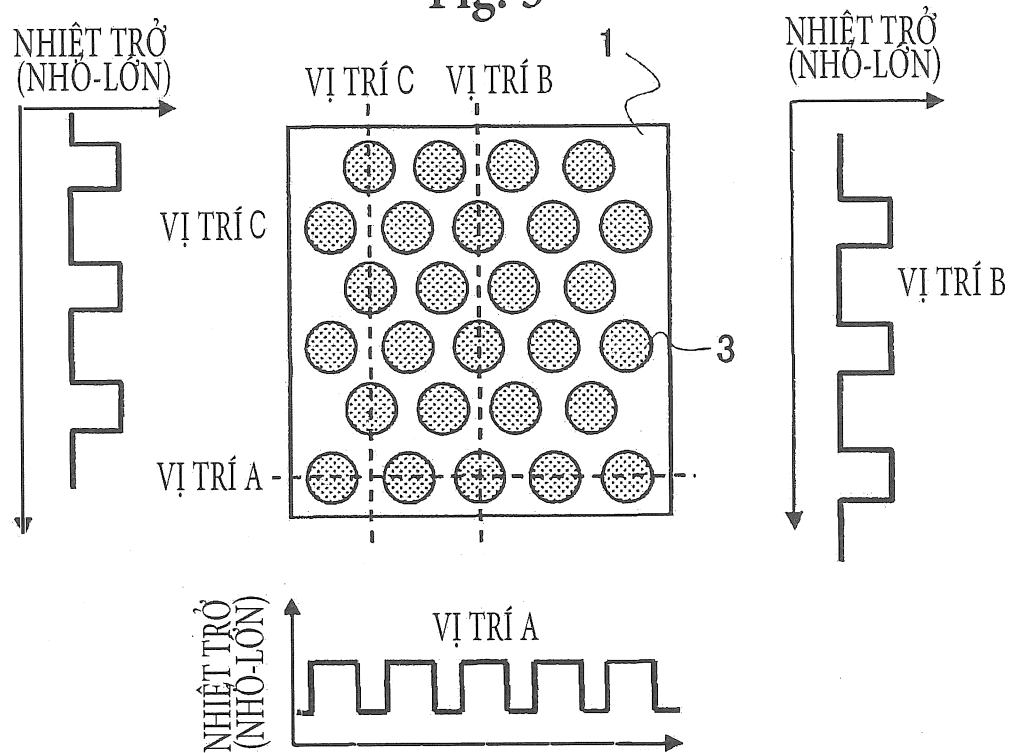


Fig. 4

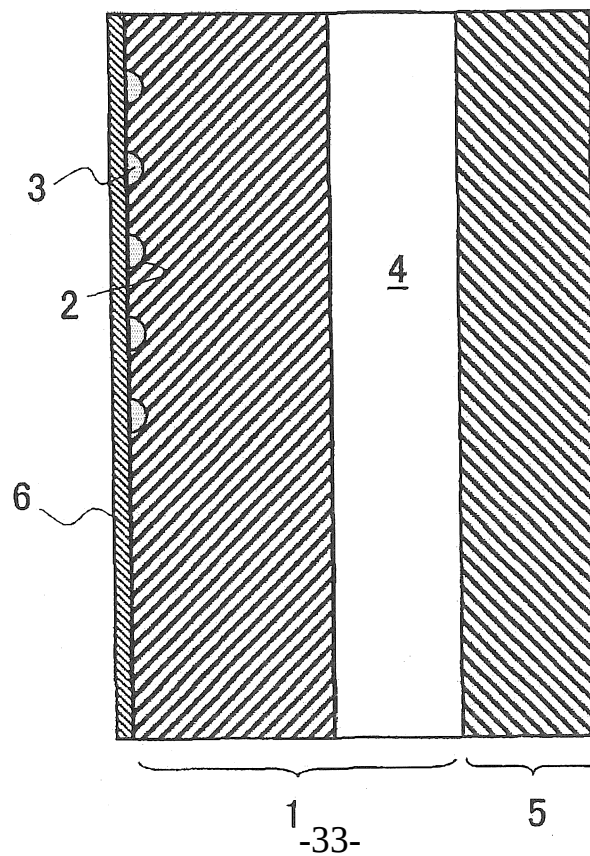


Fig. 5

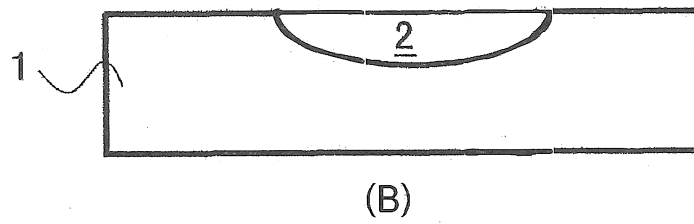
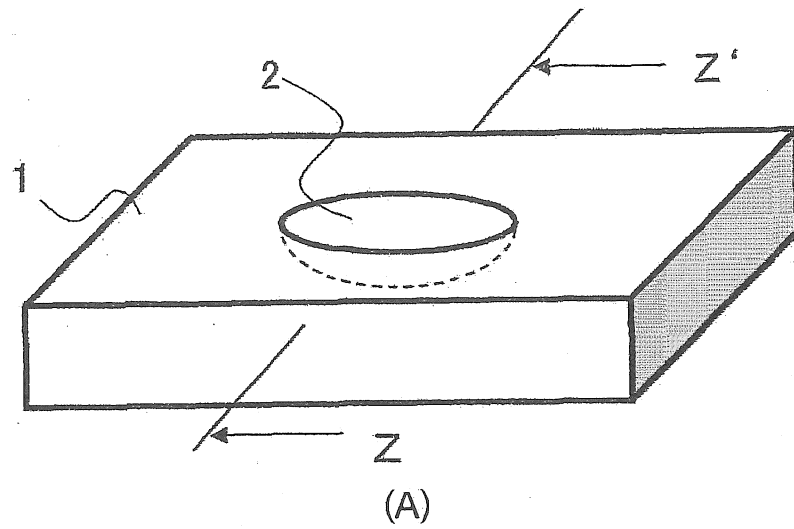


Fig. 6

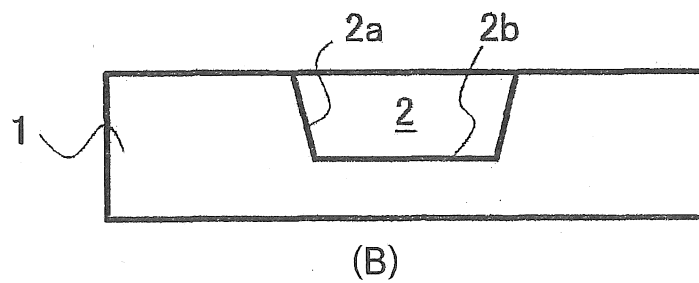
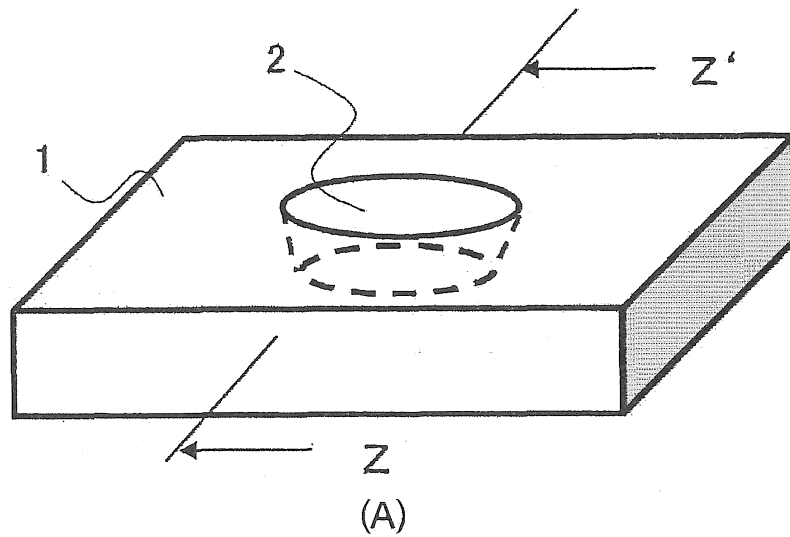


Fig. 7

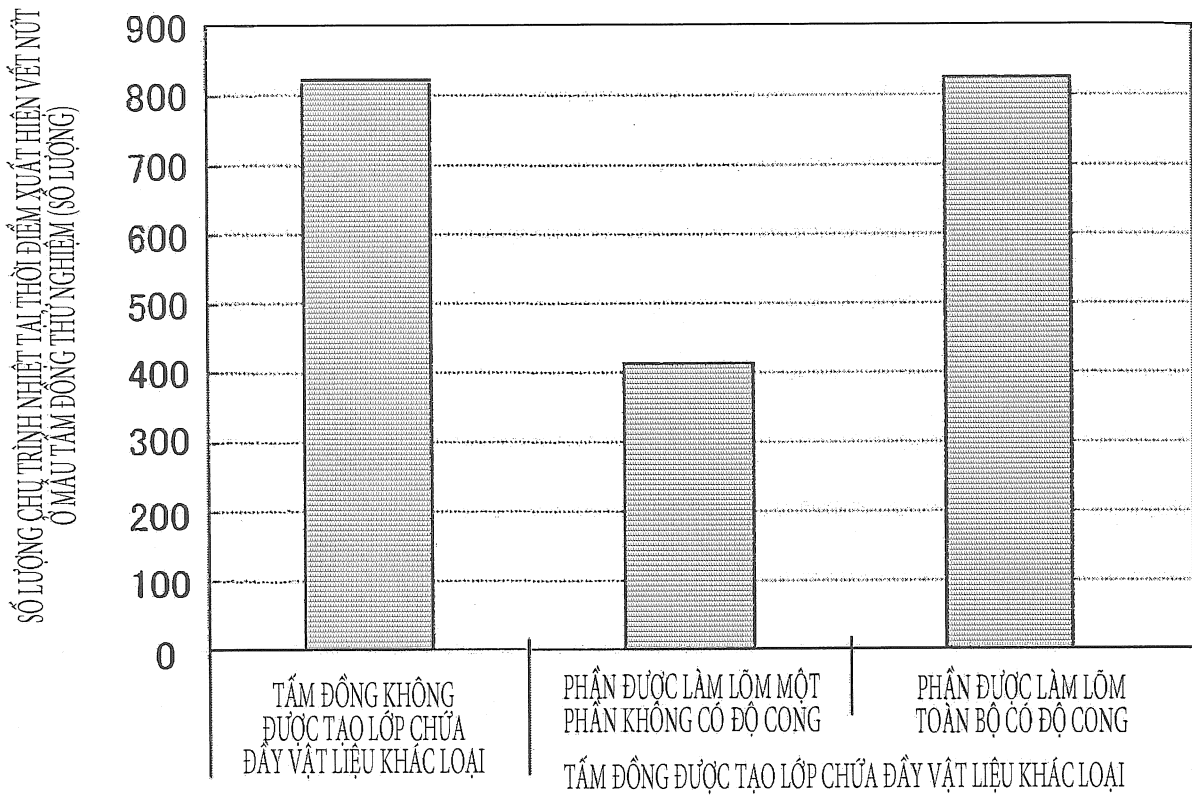


Fig. 8

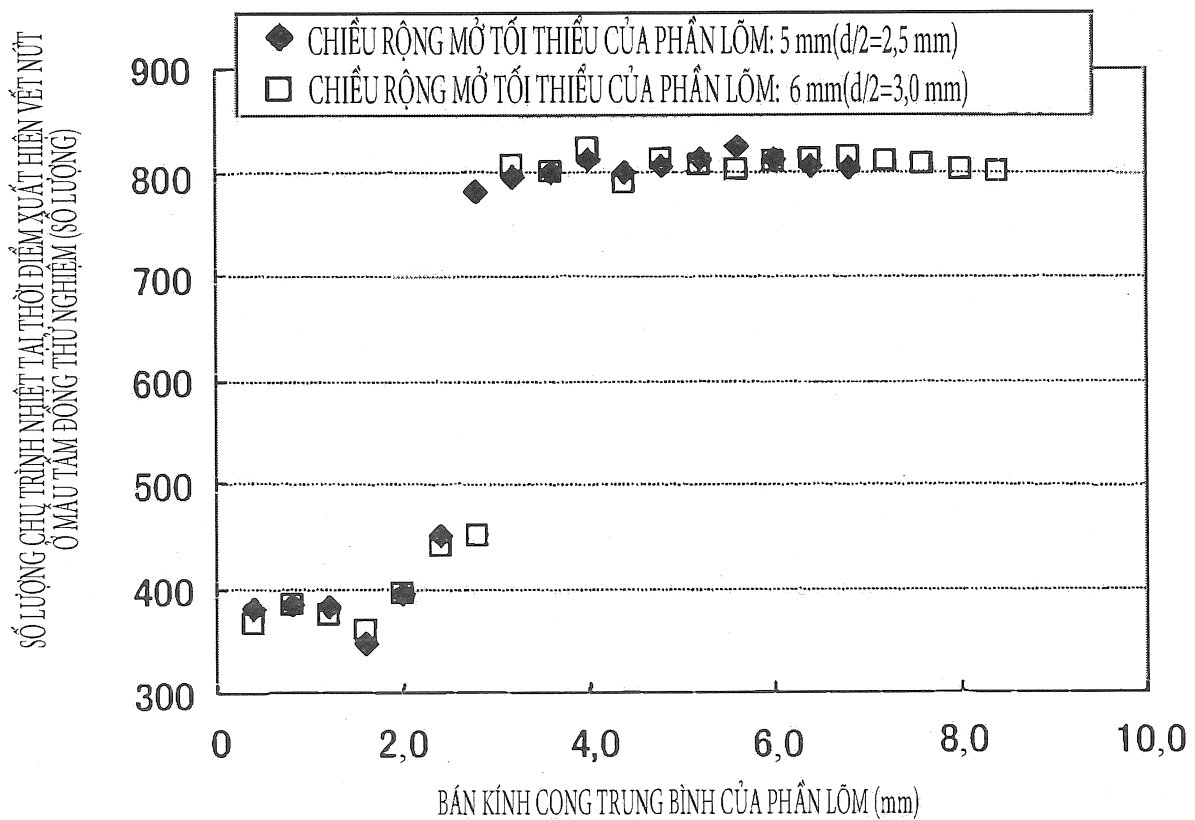


Fig. 9

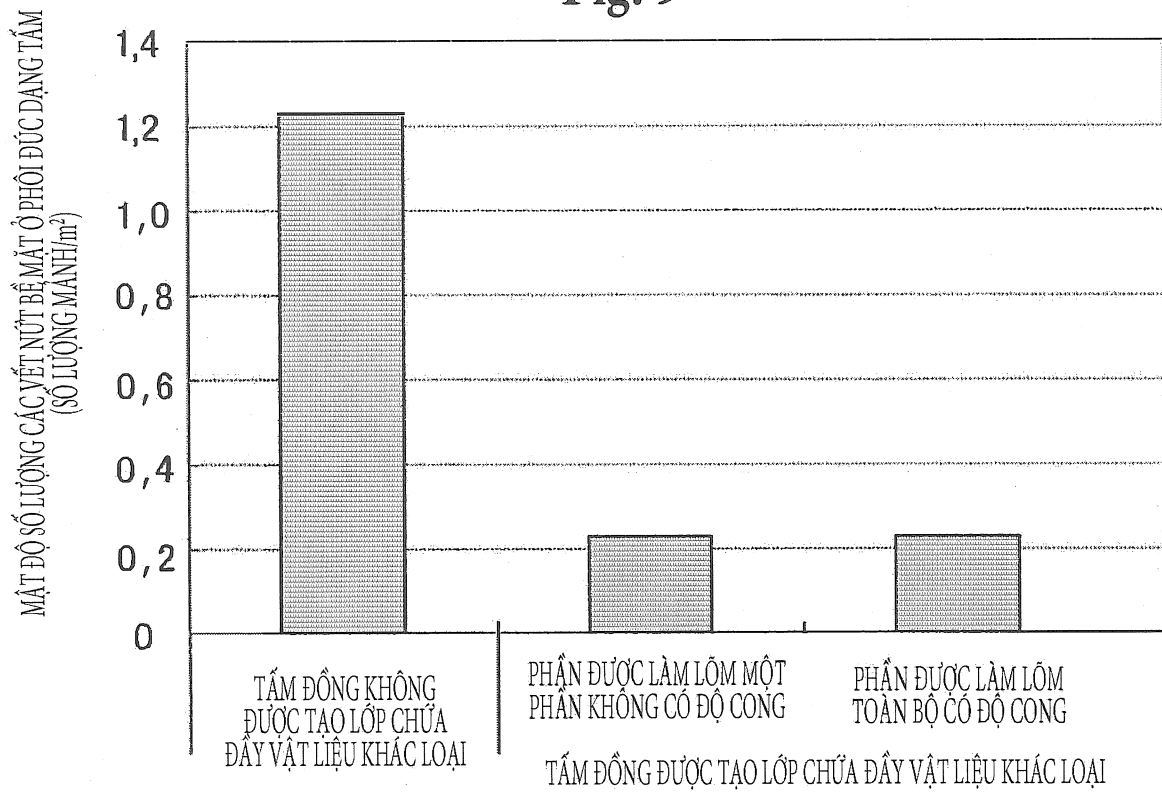


Fig. 10

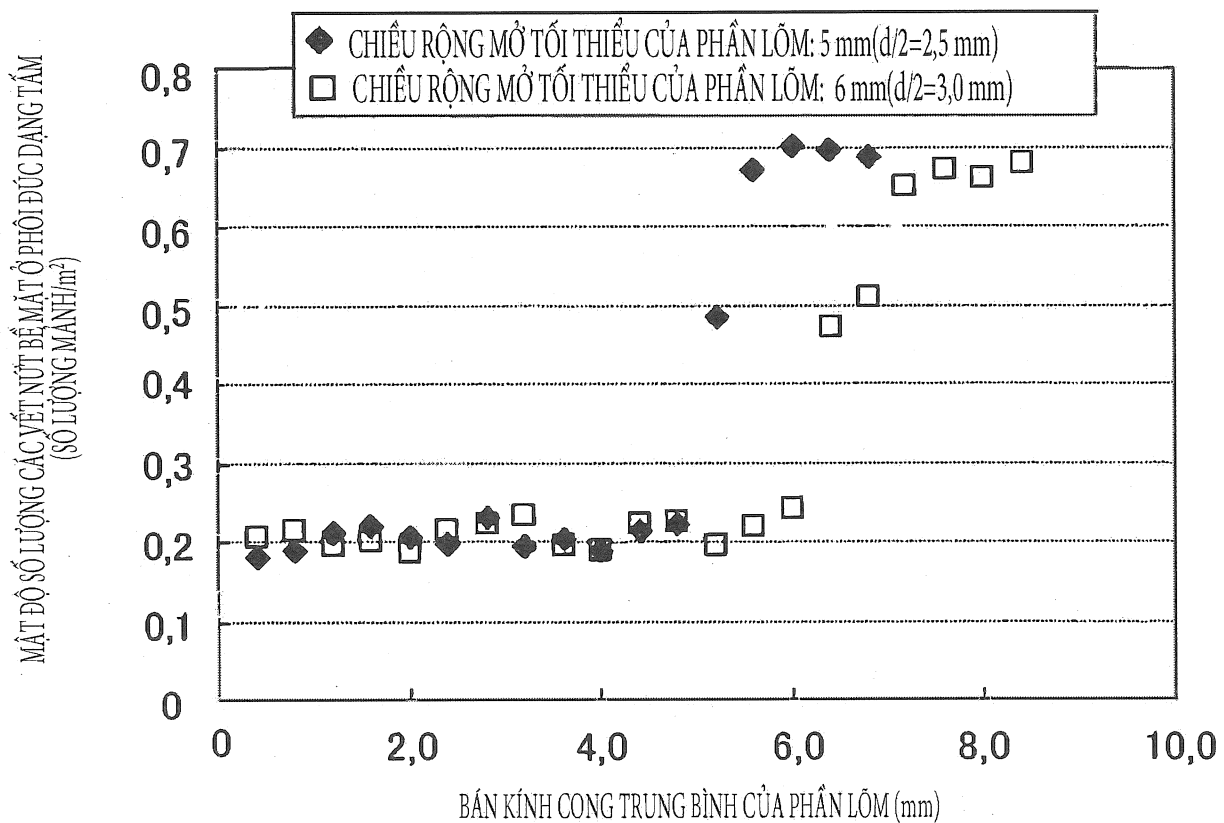
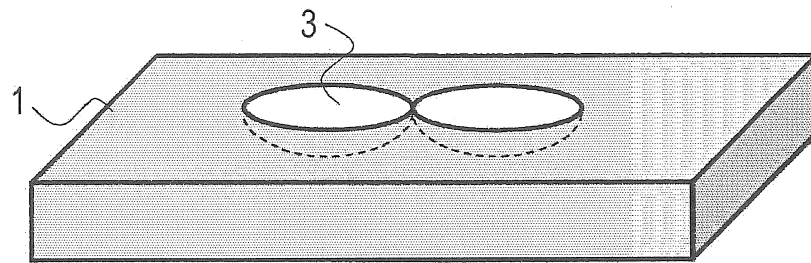
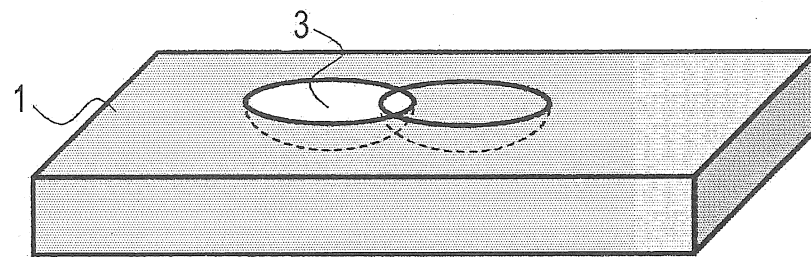


Fig. 11



(A)



(B)

Fig. 12

MẬT ĐỘ SỐ LƯỢNG CÁC VẾT NỨT BỀ MẶT Ở PHỐI ĐỨC DẠNG TÂM
(SỐ LƯỢNG MẠNH/m²)

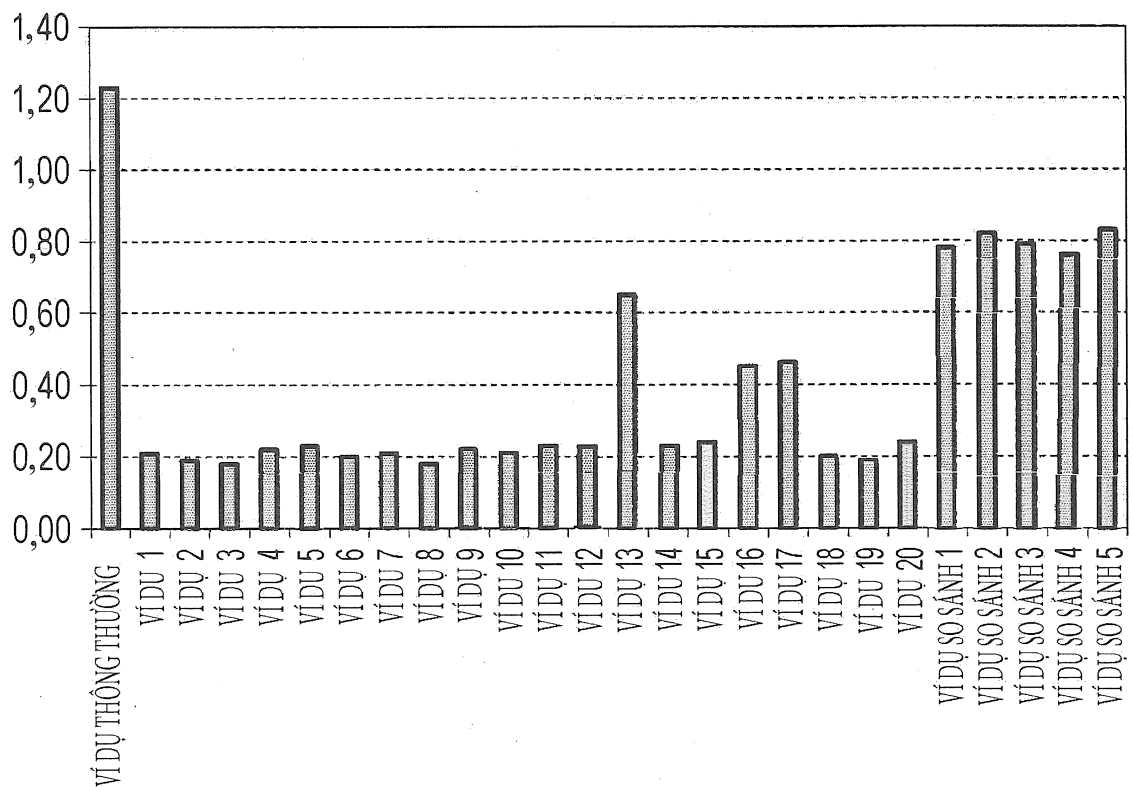


Fig. 13

