



(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)



1-0024986

(51)^{2019.01} B22D 11/00

(13) B

(21) 1-2012-03578

(22) 29/11/2012

(45) 25/08/2020 389

(43) 25/06/2014 315A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

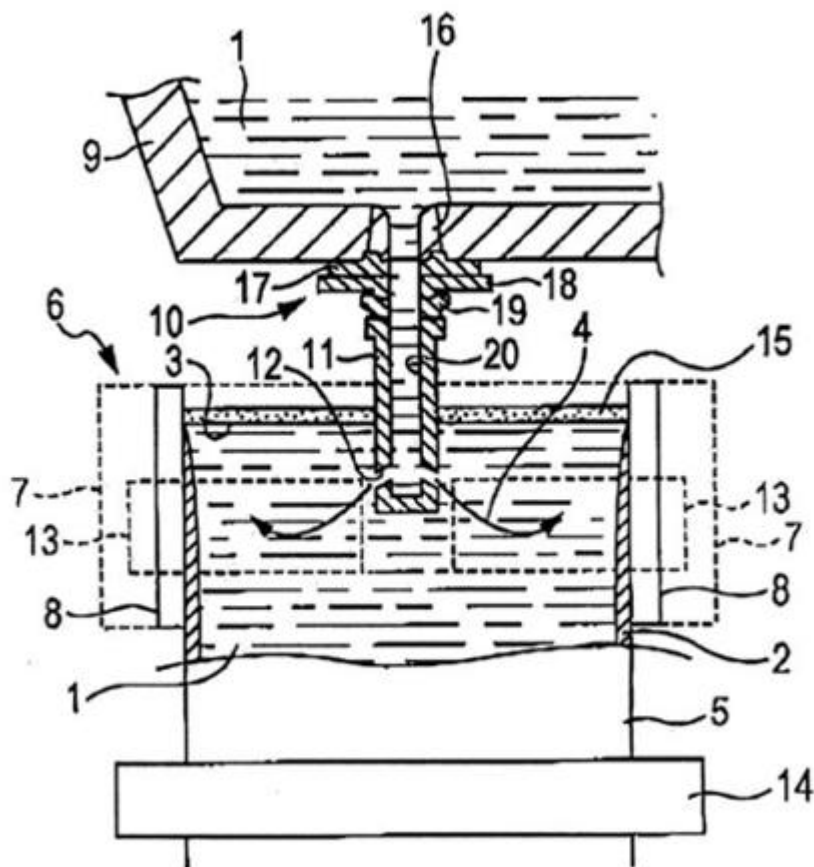
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) MURAI, Takeshi (JP); MIKI, Yuji (JP); KUBOTA, Jun (JP); KONDO, Tsuneo (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ ĐIỀU CHỈNH DÒNG THÉP NÓNG CHẢY TRONG KHUÔN CỦA THIẾT BỊ ĐÚC VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO RA TẤM PHÔI ĐÚC

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn đúc của thiết bị đúc liên tục tấm phôi bằng cách áp dụng từ trường dịch chuyển cho thép nóng chảy trong khuôn đúc. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp tạo ra tấm phôi đúc một cách liên tục, tấm phôi đúc này chỉ bao gồm một lượng nhỏ tạp chất trong lớp bề mặt của nó và tấm phôi này có chất lượng tốt bằng cách điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn đúc.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi và phương pháp tạo ra tấm phôi đúc bằng cách sử dụng phương pháp này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Một trong số các chất lượng cần có đối với tấm phôi thép đúc (sau đây, có thể gọi một cách đơn giản là "tấm phôi") được đúc bằng thiết bị đúc liên tục tấm phôi là lớp bề mặt của tấm phôi chỉ chứa một lượng nhỏ các tạp chất. Các ví dụ về các tạp chất bị kẹt lại trên lớp bề mặt của tấm phôi bao gồm: (1) các sản phẩm khử oxy hóa, phát sinh trong quá trình khử oxy hóa thép nóng chảy, có sử dụng Al hoặc chất tương tự và lơ lửng trong thép nóng chảy; (2) các bọt khí argon được thổi vào thép nóng chảy trong gàu chuyên hoặc trong vòi phun nhúng chìm; và (3) bột đúc được phun lên trên bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn và bị cuốn theo và lơ lửng trong thép nóng chảy. Vấn đề quan trọng là làm giảm số lượng các tạp chất này vì tạp chất bất kỳ trong số các tạp chất này sẽ gây ra khuyết tật bề mặt trong sản phẩm thép.

Phương pháp được sử dụng một cách rộng rãi để làm giảm lượng sản phẩm khử oxy hóa và các bọt khí argon trong số các tạp chất này, là ngăn chặn sự mắc kẹt của các tạp chất theo cách sau: dịch chuyển từ trường tác dụng lên thép nóng chảy trong khuôn sao cho để làm quay thép nóng chảy theo hướng song song với bề mặt bề thép, và nhờ đó tốc độ dòng thép nóng chảy được áp lên mặt phân cách hóa rắn để làm sạch mặt phân cách hóa rắn. Cụ thể là, từ trường để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép được áp lên thép nóng chảy bằng cách sử dụng phương pháp ứng dụng sau đây. Tức là, từ trường chuyển động theo phương ngang theo hướng chiều dọc khuôn và song song với bề mặt bề thép được di chuyển theo các hướng đối nhau theo cạnh dài của khuôn, hướng vào nhau và nhờ đó, dòng thép nóng chảy quay theo hướng song song với bề mặt bề thép theo mặt phân cách

hóa rắn được cảm ứng. Trong bản mô tả này, phương pháp ứng dụng này sẽ được gọi là "EMRS", "chế độ EMRS" hoặc "ứng dụng từ trường theo chế độ EMRS" (EMRS là viết tắt của cụm từ "khuấy quay điện từ"). Các ví dụ về công nghệ này được mô tả, ví dụ, trong tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2.

Tuy nhiên, khi từ trường được áp dụng theo chế độ EMRS, thì dòng xoáy cũng được tạo ra ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn. Khi tốc độ đúc tăng lên, thì tốc độ dòng của thép nóng chảy được xả ra từ vòi phun nhúng chìm được tăng lên, và tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn tăng lên. Do đó, nếu từ trường theo chế độ EMRS được áp dụng trong trạng thái này, thì tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn có thể được tiếp tục tăng và nhờ đó việc cuốn theo bột đúc có thể xảy ra.

Việc cuốn theo bột đúc xảy ra khi tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn là cao. Do đó, nhằm làm giảm việc cuốn theo bột đúc, phương pháp được sử dụng bao gồm bước áp dụng từ trường dịch chuyển để áp dụng lực hãm đối với dòng xả từ vòi phun nhúng chìm và nhờ đó làm giảm tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn. Cụ thể là, từ trường ứng dụng lực hãm đối với dòng xả từ vòi phun nhúng chìm được ứng dụng đối với thép nóng chảy trong khuôn bằng cách sử dụng phương pháp ứng dụng sau đây. Tức là, từ trường chuyển động theo phương nằm ngang theo hướng chiều dọc của khuôn và song song với bề mặt bề thép được di chuyển theo hướng từ cạnh gần của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm, tức là, theo hướng ngược với hướng xả của vòi phun nhúng chìm và nhờ đó, dòng thép nóng chảy áp dụng lực hãm với dòng thép nóng chảy xả ra được cảm ứng. Trong bản mô tả này, phương pháp ứng dụng này sẽ được gọi là "EMLS", "chế độ EMLS" hoặc "ứng dụng từ trường theo chế độ EMLS". (EMLS là viết tắt của cụm từ "làm ổn định mức điện từ/giảm tốc mức điện từ"). Khi từ trường được ứng dụng theo chế độ EMLS, thì ngay cả khi tốc độ đúc là cao, tức là, lượng thép nóng chảy được phun vào trong một đơn vị thời gian là lớn, thì tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn có thể được giảm xuống và nhờ đó, việc cuốn theo bột đúc được ngăn chặn không để xảy ra. Các ví dụ của công nghệ này được mô tả, ví dụ, trong tài liệu sáng chế 3 và tài liệu sáng chế 4.

Tuy nhiên, trong các điều kiện đúc, trong đó tốc độ đúc không cao và việc cuốn theo bột đúc do dòng thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn không xảy ra, thì tốc độ dòng của thép nóng chảy ở mặt phân cách hóa rắn cũng là nhỏ. Do đó, nếu từ trường theo chế độ EMLS được ứng dụng trong trạng thái này, thì dòng thép nóng chảy theo mặt phân cách hóa rắn bị giảm tiếp và do đó các sản phẩm khử oxy hóa và các bọt khí agon có thể bám dính một cách dễ dàng vào mặt phân cách hóa rắn.

Vấn đề kỹ thuật

Như được nêu trên, các phương pháp hiện có để điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn, có sử dụng chế độ EMLS hoặc chế độ EMRS, vấp phải vấn đề là khó để luôn luôn thu được tấm phôi có được chất lượng bề mặt tốt với một khoảng rộng của tốc độ đúc.

Danh sách tài liệu trích dẫn:

Tài liệu sáng chế:

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 5-329594

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 5-329596

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 63-16840

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 63-16841

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế giải quyết được các vấn đề của các giải pháp kỹ thuật đã biết nêu trên, cụ thể là đề xuất phương pháp và thiết bị để điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong quá trình đúc thép liên tục mà với tấm phôi chỉ bao gồm một lượng nhỏ các tạp chất trên lớp bề mặt của nó và có thể đạt được chất lượng tốt ở tốc độ đúc bất kỳ và phương pháp tạo tấm phôi đúc liên tục bằng cách sử dụng phương pháp đã nêu.

Giải pháp cho vấn đề

Các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu một cách kỹ lưỡng nhằm giải quyết các vấn đề nêu trên. Các kết quả nghiên cứu sẽ được nêu dưới đây.

Trước hết, các vấn đề hiện hữu phải được thử nghiệm. Kết quả là, nhận thấy rằng, hiệu quả áp dụng từ trường theo chế độ EMRS giảm xuống khi tốc độ đúc là cao và trong khi đó, hiệu quả áp dụng từ trường theo chế độ EMLS giảm xuống khi tốc độ đúc là thấp.

Ở đây, kiểm tra ở vị trí mà tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép (còn được gọi là "mặt khum") của thép nóng chảy trong khuôn sẽ phải được đo để xác định xem là cần thiết hay không việc ứng dụng từ trường dịch chuyển để ngăn chặn hiện tượng như là việc cuốn theo bột đúc trong khuôn. Với mục đích này, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn được đo. Các kết quả được thể hiện trên Fig.1, Fig.1 là đồ thị thể hiện các kết quả sự mô phỏng động học chất lỏng bằng số, được thể hiện như là biên dạng tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng chiều rộng của khuôn ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày trong khuôn, tức là ở phần giữa theo hướng chiều dày của tấm phôi. Trong quá trình mô phỏng, tấm phôi có chiều dày là 220mm và chiều rộng là 1000mm được đúc trong ba nhóm điều kiện đúc tương ứng với các trường hợp từ 1 đến 3 được thể hiện trong Bảng 1. Trong quá trình mô phỏng, từ trường không được áp dụng cho bất kỳ trường hợp nào trong số các trường hợp từ 1 đến 3. Fig.1 còn thể hiện các kết quả của các phép đo thực tế tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy ở ba điểm khác nhau được bố trí theo hướng chiều rộng của khuôn trong các điều kiện đúc đối với các trường hợp 2 và 3, được tiến hành bằng cách sử dụng máy móc thực tế. Trên hình vẽ này, các hình tròn đặc thể hiện các trị số được đo thực tế đối với trường hợp 2 và các vòng tròn rỗng thể hiện được trị số được đo thực tế đối với trường hợp 3. Việc đo tốc độ dòng của thép nóng chảy trong thiết bị thực tế được tiến hành bằng cách sử dụng phương pháp, mà trong đó một thanh được làm từ xi măng Mo-ZrO₂ được đỡ quay được ở đầu phía trên của nó, được nhúng vào bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn và sự tính toán cân bằng lực của tốc độ dòng thép nóng chảy được tiến hành bằng cách sử dụng góc mà ở đó thanh này bị nghiêng do tiếp nhận lực cản từ dòng thép nóng chảy (xem Tetsu-to-Hagane (Iron and Steel), 86 (2000), trang 271). Bảng 1 còn thể hiện trị số F, sẽ được mô tả dưới đây.

Bảng 1

	Tốc độ đúc (m/phút)	Trị số F	Lượng khí agon được thổi vào vòi phun nhúng chìm	Hình dạng vòi phun nhúng chìm	Khoảng cách từ bề mặt bề thép đến đầu phía trên của miệng vòi phun
Trường hợp 1	1,8	4,9	10NL/phút	Miệng vòi phun: 25° về phía dưới, lỗ hình vuông 88mm Đáy bể	260mm
Trường hợp 2	1,4	3,0			
Trường hợp 3	0,95	1,4			

Như được thể hiện trên Fig.1, các kết quả của quá trình mô phỏng động học chất lỏng bằng số là khá thống nhất với các kết quả đo tốc độ dòng có sử dụng thiết bị đo thực tế. Theo các kết quả của quá trình mô phỏng bằng số, tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy theo hướng chiều rộng của khuôn là cao nhất ở vị trí được cách cạnh gần của khuôn một khoảng cách nằm trong khoảng từ khoảng 50 đến 100mm (sau đây được gọi là "phần lân cận cạnh gần của khuôn"). Hơn nữa, khi tốc độ đúc, tức là, tốc độ dòng đúc của thép nóng chảy trên một đơn vị thời gian tăng lên/giảm xuống, thì tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép ở lân cận cạnh gần của khuôn tăng lên/giảm xuống tỷ lệ thuận với tốc độ đúc, và các tốc độ dòng của thép nóng chảy ở các vị trí khác được bố trí theo hướng chiều rộng của khuôn tăng lên/giảm xuống theo cùng một phương thức. Như vậy, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần lân cận cạnh gần của khuôn có thể được sử dụng như là chỉ số cường độ của dòng thép nóng chảy trong khuôn. Do đó, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng, khi từ trường không được ứng dụng, có thể chỉ cần xác định xem cần thiết hay không việc ứng dụng từ trường dịch chuyển bằng cách sử dụng tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh gần của khuôn dưới dạng chỉ số.

Biết rằng, khi từ trường được áp dụng theo chế độ EMRS, thông thường, tốc độ dòng cao hơn của thép nóng chảy ở mặt phân cách hóa rắn, hiệu quả ngăn chặn sự bám dính lớn hơn của các tạp chất do hiệu quả làm sạch của EMRS. Tức là, biết rằng, tốc độ dòng cao hơn ở mặt phân cách hóa rắn được tăng lên nhờ sử dụng EMRS, các kích cỡ nhỏ hơn và số các tạp chất bị kẹt lại trên vỏ hóa rắn sẽ nhỏ hơn.

Do đó, các tác giả sáng chế đã tiến hành các thử nghiệm trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn được thay đổi và được xác định lượng các tạp chất bị kẹt lại trên vỏ hóa rắn và nhờ đó việc nghiên cứu được tiến hành đối với tốc độ dòng tới hạn mà ở đó sự bám dính của các tạp chất không xảy ra (sau đây được gọi là "tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất"). Kết quả là, nhận thấy rằng, nếu tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh ngắn của khuôn được duy trì lớn hơn hoặc bằng 0,20 m/giây, thì các tạp chất có đường kính lớn hơn hoặc bằng 100 μm , mà có thể gây ra khuyết tật bề mặt trong sản phẩm thép thông thường, không bị kẹt lại trên vỏ hóa rắn. Tức là, nhận thấy rằng, tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất là bằng 0,20 m/giây.

Mặt khác, biết rằng việc cuốn theo bột đúc tăng lên khi tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn tăng lên. Do đó, các tác giả sáng chế đã tiến hành các thực nghiệm mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn được thay đổi và vì thế sự nghiên cứu được tiến hành đối với tốc độ dòng tới hạn mà ở đó việc cuốn theo bột đúc xảy ra (sau đây được gọi là "tốc độ dòng tới hạn cuốn theo bột trong khuôn"). Kết quả là, nhận thấy rằng, nếu tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh ngắn của khuôn vượt quá 0,32 m/giây, thì việc cuốn theo bột đúc xảy ra. Tức là, xác nhận rằng, tốc độ dòng tới hạn cuốn theo bột trong khuôn là 0,32 m/giây.

Trên cơ sở các kết quả này, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng, tấm phôi có chất lượng bề mặt tốt có thể được đúc trong một phạm vi rộng của các tốc độ đúc bằng cách xác định các trị số biến đổi với tốc độ dòng của thép nóng chảy. Tức là, trường hợp trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh ngắn của khuôn là lớn hơn 0,32 m/giây, thì từ trường được ứng dụng theo chế độ EMLS ngăn chặn việc cuốn theo bột đúc. Trường hợp trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy là lớn hơn 0,20 m/giây và nhỏ hơn hoặc bằng 0,32 m/giây, trong đó việc cuốn theo bột đúc hầu như không xảy ra, từ trường không được áp dụng hoặc từ trường được áp dụng theo chế độ EMRS nhằm duy trì tốc độ dòng của thép nóng chảy ở mặt phân cách hóa rắn và ngăn chặn sự bám dính của các tạp chất. Trường hợp trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy là nhỏ hơn hoặc bằng 0,20

m/giây, từ trường được áp dụng theo chế độ EMRS để duy trì tốc độ dòng của thép nóng chảy ở mặt phân cách hóa rắn và ngăn chặn sự bám dính của các tạp chất.

Có các phương pháp khác nhau để đạt được tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn khi từ trường không được áp dụng. Trong trường hợp này, ưu tiên là sử dụng công thức thực nghiệm biểu thị sự thăng giáng bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn (sau đây được gọi là "trị số F"), được đề xuất bởi Teshima và các đồng tác giả. (Tetsu-to-Hagane (Iron and Steel), 79 (1993), trang 576). Trị số F được biểu thị theo biểu thức (5) dưới đây. Biết rằng, đại lượng thăng giáng bề mặt bề thép thu được từ trị số F là tỷ lệ với tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn. Do đó, bằng cách tính toán tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy nhờ sử dụng trị số F, trị số tốc độ dòng của thép nóng chảy có thể được đánh giá mà không cần tiến hành thực nghiệm.

$$\text{Trị số F} = \rho \times Q_L \times V_e \times [(1 - \sin\theta)/4] \times (1/D) \quad (5)$$

Như vậy, đối với biểu thức biểu thị tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn, biểu thức (4) dưới đây thu được nhờ sự biến đổi biểu thức trị số F được sử dụng. Bằng cách tính toán biểu thức (4) sau đây trên cơ sở các điều kiện đúc, trị số tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn có thể được đánh giá. Lưu ý rằng, biểu thức (4) được đề xuất là biểu thức biểu thị tốc độ dòng của thép nóng chảy ở lân cận cạnh ngắn của khuôn.

$$u = k \times \rho \times Q_L \times V_e \times [(1 - \sin\theta)/2] \times (1/D) \quad (4)$$

Trong các biểu thức (4) và (5), u là tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh ngắn của khuôn, tức là, tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy (m/giây); k là hệ số; ρ là mật độ của thép nóng chảy (kg/m^3), Q_L là lượng thép nóng chảy được phun vào trong một đơn vị thời gian ($\text{m}^3/\text{giây}$); V_e là tốc độ mà với dòng thép nóng chảy được xả ra va chạm với cạnh ngắn của khuôn (m/giây); θ là góc được tạo ra giữa dòng thép nóng chảy được xả ra và hướng song song với bề mặt bề thép ở vị trí mà ở đó dòng thép nóng chảy được xả ra va chạm với cạnh ngắn của khuôn (độ); và D là khoảng cách, tính từ vị trí mà ở đó dòng thép nóng chảy được xả ra va chạm với cạnh ngắn

của khuôn đến bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn (m). Biểu thức (5) là công thức thực nghiệm thu được như sau từ các kết quả thử nghiệm xác nhận thực tế là "nâng bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn và sự thăng giáng bề mặt bề thép phát sinh do động lượng dòng lên phía trên, được phát sinh khi dòng thép nóng chảy được xả ra và chạm với cạnh ngăn của khuôn và được phân chia thành dòng lên phía trên và dòng xuống phía dưới".

Tức là, lượng thép nóng chảy được xả ra từ vòi phun nhúng chìm có hai miệng phun trong phần phía dưới của nó về phía một cạnh ngăn của khuôn là bằng $Q_L/2$. Khi dòng thép nóng chảy được xả ra và chạm với cạnh ngăn của khuôn với tốc độ trượt là V_e , động lượng của dòng thép nóng chảy được xả ra ở thời điểm trượt là bằng $\rho Q_L V_e/2$. Dòng thép nóng chảy sau khi trượt được phân chia thành dòng lên phía trên và dòng xuống phía dưới với tỷ lệ là $(1 - \sin\theta)/2$ trên $(1 + \sin\theta)/2$. Do đó, động lượng của dòng thép nóng chảy lên phía trên sau khi trượt được biểu thị bởi $(\rho Q_L V_e/2) \times (1 - \sin\theta)/2$. Động lượng giảm xuống từ mức ở thời điểm trượt khi thép nóng chảy chảy lên phía trên đến bề mặt bề thép nóng chảy. Do đó, động lượng của dòng thép nóng chảy khi dòng tiếp cận bề mặt bề thép nóng chảy là bằng $1/D^n$ (thông thường n là khoảng 1) của động lượng ở thời điểm trượt. Do đó, dòng lên phía trên của thép nóng chảy có động lượng được biểu thị theo biểu thức (5) nêu trên ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn. Tốc độ (V_e), góc (θ) và khoảng cách D có thể thu được một cách độc lập bằng cách sử dụng công thức hồi quy.

Để xác nhận tính hợp lệ của biểu thức (4), tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh ngăn của khuôn được đo thực tế bằng cách sử dụng thiết bị thực tế. Các kết quả được thể hiện trên Fig.2. Fig.2 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa tốc độ dòng của thép nóng chảy trong khuôn ở bề mặt bề thép ở lân cận cạnh ngăn của khuôn, được đo bằng cách sử dụng thiết bị thực tế và trị số F được tính toán từ các điều kiện đúc theo thời gian. Quy trình được tiến hành khi tấm phôi có chiều dày là 220mm và chiều rộng nằm trong khoảng từ 1550 đến 1600mm được đúc với tốc độ đúc nằm trong khoảng từ 1,4 đến 2,1 m/phút bằng cách sử dụng vòi phun nhúng chìm được gắn vào đáy bể có các miệng phun bị chếch một góc 45° xuống phía dưới và có các lỗ hình vuông với cạnh là 88mm. Như được thấy

rõ từ Fig.2, cũng theo kết quả được đo thực tế thu được bằng cách sử dụng thiết bị thực tế, có tương quan tỷ lệ tốt giữa trị số F và tốc độ dòng của thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh gần của khuôn. Tức là, xác nhận rằng, tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn có thể được đánh giá bằng cách sử dụng biểu thức (4). Ngoài ra, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng, có tương quan giữa trị số F và tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy (u) sao cho "trị số tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy u (m/giây) = 0,074 x F" và tương quan này là hợp lý đối với các điều kiện đúc bất kỳ.

Bằng cách sử dụng mối tương quan này, tốc độ dòng tới hạn cuốn theo bột trong khuôn (= 0,32 m/giây) và tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất (= 0,20 m/giây), được nêu trên, có thể được biểu thị bằng cách sử dụng trị số F. Trị số F tương ứng với tốc độ dòng tới hạn cuốn theo bột trong khuôn là bằng 4,3 và trị số F tương ứng với tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất là bằng 2,7. Do đó, dòng của thép nóng chảy trong khuôn có thể được điều chỉnh một cách trực tiếp bằng cách sử dụng trị số F mà không làm biến đổi trị số F thành tốc độ dòng của thép nóng chảy bằng cách sử dụng biểu thức (4) nêu trên.

Cần phải xác định cường độ từ trường ở cường độ cho trước. Theo sáng chế, cường độ từ trường được xác định như sau.

Cường độ từ trường dịch chuyển để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép, tức là, cường độ của EMRS thu được bằng cách sử dụng phương pháp sau đây.

Lực Lorentz F tác dụng lên thể tích đơn vị của thép nóng chảy được biểu thị theo công thức tỷ lệ (6) sau đây.

$$F \propto \sigma \times R \times B^2 \quad (6)$$

Trong công thức (6), σ là hệ số dẫn điện của thép nóng chảy, R là tốc độ tương đối giữa thép nóng chảy và từ trường, và B là mật độ từ thông.

Công Q được thực hiện bởi bởi lực Lorentz F đối với thể tích Z của thép nóng chảy được biểu thị theo biểu thức (7) sau đây.

$$Q = F \times \rho \times Z = \sigma \times 2\tau \times f \times B^2 \times \rho \times Z \quad (7)$$

Trong biểu thức (7), τ là bước cực của cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, f là tần số của dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển và ρ là mật độ của thép nóng chảy.

Giả thiết rằng, công Q được biến đổi toàn bộ (bỏ qua sự tổn hao) thành động năng của thép nóng chảy, phương trình (8) sau đây sẽ thu được. Bằng cách giải phương trình (8) đối với tốc độ dòng tương đối R của thép nóng chảy và từ trường, sẽ thu được trị số R qua biểu thức (9).

$$(1/2) \times \rho \times Z \times R^2 = \sigma \times 2\tau \times f \times B^2 \times \rho \times Z \quad (8)$$

$$R = (4 \times \tau \times \sigma \times f)^{1/2} \times B \quad (9)$$

Trong thực tế, có sự khác nhau giữa tốc độ chuyển động của từ trường dịch chuyển và tốc độ chuyển động của thép nóng chảy được dẫn động bởi từ trường, được gây ra bởi sự trượt. Bằng cách sử dụng hệ số γ để bù trừ đối với sự trượt này, là cụ thể đối với thiết bị, biểu thức (9) có thể được biểu thị qua biểu thức (2) sau đây. Tức là, trong trường hợp áp dụng từ trường dịch chuyển theo chế độ EMRS, được ưu tiên là từ trường dịch chuyển được áp dụng với mật độ từ thông B được xác định theo biểu thức (2) sau đây. Trong biểu thức (2), R là tốc độ tương đối giữa thép nóng chảy và từ trường, γ là hằng số cụ thể đối với thiết bị, B là mật độ từ thông (tesla) của từ trường dịch chuyển, và f là tần số của dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển.

$$R = \gamma \times B \times f^{1/2} \quad (2)$$

Ngoài ra, nhận thấy rằng, trong trường hợp áp dụng từ trường theo chế độ EMRS, hiệu quả có thể được tăng tiếp bằng cách xác định tần số dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển không chỉ với mục đích xác định mật độ từ thông mà còn bằng cách chọn tần số dao động của khuôn đúc liên tục vào tính toán.

Vì khuôn dao động theo chu kỳ, tốc độ tương đối giữa khuôn và thép nóng chảy theo phương thẳng đứng thay đổi và vì vậy, phần dạng móc được tạo ra trên vỏ hóa rắn trong khuôn để nhô ra từ vỏ hóa rắn. Các bọt khí và các tạp chất chảy lên phía trên ở lân cận vỏ hóa rắn về phía bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn bị kẹt lại bởi phần dạng móc và gây ra khuyết tật sản phẩm. Các tác giả sáng chế nhận thấy rằng,

mức tạo ra khuyết tật này có thể được giảm một cách hữu hiệu bằng cách tương tác cường bức tốc độ dòng lên bề mặt bề thép theo hướng song song với bề mặt bề thép ít nhất là khi phần dạng móc đi qua vị trí mà ở đó cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển được bố trí. Sở dĩ như vậy là vì, việc cuốn theo các tạp chất và các bọt khí trong phần dạng móc bị giảm nhờ sự tương tác lên phần dạng móc tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng song song với bề mặt bề thép.

Vì một phần dạng móc được tạo ra đối với sự dao động khuôn, bằng cách điều chỉnh tần số của từ trường dịch chuyển theo sự dao động của khuôn, tốc độ dòng theo hướng song song với bề mặt bề thép có thể được truyền một cách hữu hiệu vào phần dạng móc. Ở đây, các tác giả sáng chế giả thiết rằng, tốc độ dòng hữu hiệu nhất là tốc độ dòng tối đa thu được khi mật độ từ thông của từ trường dịch chuyển là ở mức tối đa và các tác giả sáng chế nhận thấy rằng, nhằm truyền mật độ từ thông tối đa ít nhất là đối với một dao động của khuôn, cần phải áp dụng từ trường dịch chuyển với tần số lớn hơn $2/3$ tần số của dao động khuôn, tức là, cần thiết để bất đẳng thức (3) sau đây được thỏa mãn.

$$(2/3) \times f_M < f \quad (3)$$

Trong bất đẳng thức (3) này, f_M là tần số dao động của khuôn đối với quá trình đúc liên tục và f là tần số của dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển.

Được ưu tiên là cường độ từ trường dịch chuyển được áp dụng cho dòng xả từ vòi phun nhúng chìm để làm giảm tốc độ xả, tức là, cường độ của EMLS, được tính toán bằng cách sử dụng biểu thức (1) sau đây, được bộc lộ trong patent Nhật Bản số 3125665 bởi các tác giả sáng chế.

$$R_v = 1 - \beta \times B^4/V_0 \quad (1)$$

Trong biểu thức (1), R_v là tỷ lệ của tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn khi từ trường dịch chuyển được áp dụng với mật độ từ thông B trên tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn khi quá trình đúc được tiến hành mà không áp dụng từ trường dịch chuyển, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh ngắn của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương

và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng dương được biểu thị bởi trị số âm, β là hệ số, B là mật độ từ thông (tesla) của từ trường dịch chuyển, và V_0 là tốc độ theo đường thẳng (m/giây) của dòng thép nóng chảy được xả ra từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm.

Trong trường hợp này, ưu tiên là tốc độ dòng được bộc lộ trong Patent Nhật Bản số 3125664 bởi các tác giả sáng chế được sử dụng như là tốc độ dòng đích sau khi áp dụng EMLS được thay thế bởi tử số của R_v trong biểu thức (1). Tức là, được ưu tiên là tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy ở vị trí trung tâm theo hướng chiều dày tấm phôi được tách ra bởi 1/4 chiều rộng khuôn, tính từ vòi phun nhúng chìm về phía cạnh gần của khuôn được điều chỉnh nằm trong khoảng từ -0,07 đến 0,05 m/giây, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh gần của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng dương được biểu thị bởi trị số âm.

Lưu ý rằng, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở vị trí nêu trên sau khi áp dụng EMLS là nằm trong khoảng từ -0,07 đến 0,05 m/giây và trị số của chính tốc độ dòng là nhỏ hơn so với tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất. Tuy nhiên, các tác giả sáng chế xác nhận rằng, cũng trong trường hợp mà tốc độ dòng ở mặt phân cách hóa rắn, là chỗ mà các tạp chất bám dính vào được duy trì ở mức cần thiết để ngăn chặn sự bám dính của các tạp chất, mà ở đó việc cấp nhiệt vào bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn được duy trì khi cần thiết và ở đó việc tạo lớp hóa rắn ở bề mặt bề thép nóng chảy không xảy ra.

Sở dĩ như vậy là vì mẫu dòng của thép nóng chảy trong khuôn biến đổi một cách rộng rãi hơn khi EMLS được áp dụng hơn so với khi từ trường không được áp dụng. Cụ thể là, như được thể hiện trên Fig.3, khi từ trường không được áp dụng, thì dòng thép nóng chảy 21 ngay phía dưới bề mặt bề thép được tạo ra từ dòng thép nóng chảy được xả ra 4 và dòng thép nóng chảy 22 ở bề mặt phân cách được tạo ra theo mặt phân cách hóa rắn tương ứng với dòng này được tạo ra. Khi EMLS được áp dụng, dòng thép nóng chảy 21 ngay phía dưới bề mặt bề thép, được tạo ra ban đầu từ dòng thép nóng chảy được xả ra 4 trước khi áp dụng EMLS và dòng thép nóng chảy 23 ngay phía dưới bề mặt bề thép được tạo ra bởi dòng thép nóng chảy được dẫn động

nhờ việc áp dụng EMLS, chuyển động theo các hướng đối nhau. Vì các dòng thép nóng chảy cân bằng với nhau, các tốc độ của các dòng này giảm xuống và tốc độ dòng của thép nóng chảy ngay phía dưới bề mặt bể thép ở vị trí ở giữa 25 theo hướng chiều dày tấm phôi được tách ra bởi 1/4 chiều rộng khuôn từ cạnh gần của khuôn trở thành xấp xỉ 0 m/giây.

Tốc độ dòng của thép nóng chảy ở mặt phân cách hóa rắn được duy trì và việc cấp nhiệt vào bề mặt bể thép nóng chảy cũng được duy trì do dòng thép nóng chảy 24 ở mặt phân cách được tạo ra như là dòng thép nóng chảy được xả ra 4, được giảm tốc nhờ việc áp dụng EMLS, làm trệch theo cạnh dài của khuôn. Fig.3 là hình vẽ thể hiện dòng thép nóng chảy trong khuôn, phần (A) thể hiện trạng thái trong đó từ trường không được áp dụng và phần (B) thể hiện trạng thái trong đó EMLS được áp dụng. Trên hình vẽ, ký hiệu số 11 biểu thị vòi phun nhúng chìm.

Bản chất của sáng chế, đạt được trên cơ sở các phát hiện nêu trên là như sau.

[1] Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi bằng cách sử dụng từ trường dịch chuyển cho thép nóng chảy trong khuôn bao gồm bước áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (1) để tác dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển bao gồm cuộn dây điện từ mà vị trí giữa của nó nằm phía dưới điểm giữa nằm giữa đầu phía trên của miệng phun và bề mặt bể thép nóng chảy trong khuôn, trong trường hợp mà tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bể thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh gần của khuôn là lớn hơn 0,32 m/giây; không áp dụng từ trường hoặc áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) và bất đẳng thức (3) nêu trên để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bể thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển trường hợp mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bể thép nóng chảy trong khuôn là lớn hơn 0,20 m/giây và nhỏ hơn hoặc bằng 0,32 m/giây; và áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) nêu trên và bất đẳng thức (3) để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bể thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch

chuyển trong trường hợp mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,20 m/giây.

[2] Theo phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo mục [1] nêu trên, trong trường hợp áp dụng từ trường dịch chuyển để tác dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy ở vị trí trung tâm theo hướng chiều dày của tấm phôi mà cách một khoảng bằng $1/4$ chiều rộng khuôn, tính từ vòi phun nhúng chìm về phía cạnh ngắn của khuôn, được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ -0,07 đến 0,05 m/giây, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh ngắn của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng ngược lại được biểu thị bởi trị số âm.

[3] Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo mục [1] hoặc mục [2] nêu trên, trong đó khi áp dụng từ trường dịch chuyển, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh ngắn của khuôn khi từ trường không được áp dụng được đánh giá bằng cách sử dụng biểu thức (4) nêu trên, và từ trường dịch chuyển định trước được áp dụng trên cơ sở của tốc độ dòng của thép nóng chảy được đánh giá.

[4] Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi bằng cách sử dụng từ trường dịch chuyển đối với thép nóng chảy trong khuôn, phương pháp này bao gồm các bước:

áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (1) nêu trên để tác dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển bao gồm cuộn dây điện từ mà có vị trí trung tâm nằm phía dưới trung điểm giữa đầu phía trên của miệng phun và bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn, trong trường hợp này, trị số F thu được từ các điều kiện đúc và được biểu thị theo biểu thức (5) nêu trên là lớn hơn 4,3;

không áp dụng từ trường hoặc áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) và bất đẳng thức (3) nêu trên để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, trị số F là lớn hơn 2,7 và

nhỏ hơn hoặc bằng 4,3; và

áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) và bất đẳng thức (3) sau đây để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, trị số F là nhỏ hơn hoặc bằng 2,7.

[5] Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo mục [4] nêu trên, trong trường hợp áp dụng từ trường dịch chuyển để áp dụng lực hãm vào dòng xả ra từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm, tốc độ dòng thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi được cách một khoảng bằng $1/4$ chiều rộng khuôn, tính từ vòi phun nhúng chìm về phía cạnh gần của khuôn được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ $-0,07$ đến $0,05\text{m/giây}$, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh gần của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng ngược lại được biểu thị bởi trị số âm.

[6] Thiết bị điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi bằng cách sử dụng từ trường dịch chuyển đối với thép nóng chảy trong khuôn, thiết bị này bao gồm:

cơ cấu tạo ra điều kiện đúc để tạo ra ít nhất năm điều kiện đúc bao gồm chiều dày tấm phôi, chiều rộng tấm phôi, tốc độ đúc, lượng khí trơ được thổi vào cửa đầu ra của thép nóng chảy và hình dạng của vòi phun nhúng chìm;

cơ cấu tính toán để tính toán tốc độ dòng thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh gần của khuôn trên cơ sở các điều kiện đúc, được tạo ra bởi cơ cấu tạo ra điều kiện đúc;

cơ cấu xác định để xác định tốc độ dòng của thép nóng chảy được tính toán bởi cơ cấu tính toán là nhỏ hơn hoặc bằng $0,20\text{m/giây}$, lớn hơn $0,20\text{m/giây}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,32\text{m/giây}$ hoặc lớn hơn $0,32\text{m/giây}$;

cơ cấu điều chỉnh mà tiến hành việc điều chỉnh sao cho từ trường dịch chuyển được áp dụng để áp dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển bao gồm cuộn dây điện

từ có vị trí trung tâm được đặt phía dưới trung điểm giữa đầu phía trên của miệng phun và bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn, trong trường hợp này, tốc độ dòng của thép nóng chảy được xác định bởi cơ cấu xác định là lớn hơn 0,32m/giây, nhờ đó từ trường không được áp dụng hoặc từ trường dịch chuyển được áp dụng để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, tốc độ dòng của thép nóng chảy được xác định bởi cơ cấu xác định là lớn hơn 0,20m/giây và nhỏ hơn hoặc bằng 0,32m/giây và nhờ đó từ trường dịch chuyển được áp dụng để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, tốc độ dòng của thép nóng chảy được xác định bởi cơ cấu xác định là nhỏ hơn hoặc bằng 0,20m/giây; và cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển là cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển được xác định trước trên cơ sở tín hiệu được phát ra từ cơ cấu điều chỉnh.

[7] Thiết bị điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo mục [6] nêu trên, trong đó cơ cấu tạo ra điều kiện đúc, cơ cấu tính toán, cơ cấu xác định và cơ cấu điều chỉnh được vận hành lặp đi lặp lại theo trình tự này, và từ trường dịch chuyển là tối ưu cho các điều kiện đúc được áp dụng.

[8] Phương pháp tạo ra tấm phôi đúc một cách liên tục, phương pháp này bao gồm bước phun thép nóng chảy từ gàu chuyên vào khuôn đúc trong khi điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn này bằng cách sử dụng phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [5] và kéo xuống phía dưới vỏ hóa rắn được tạo ra trong khuôn.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Với sáng chế, trong một phạm vi rộng của các tốc độ đúc, tấm phôi chỉ chứa một lượng nhỏ các tạp chất trên lớp bề mặt của nó và có chất lượng cao có thể được đúc. Kết quả là, tấm phôi có thể được cán trực tiếp mà không cần xử lý bề mặt tấm phôi và nhờ đó chi phí vận hành đối với việc xử lý bề mặt tấm phôi, mức độ tiêu thụ nhiên liệu của lò nhiệt cán và thời gian từ quá trình đúc đến quá trình cán, tất cả có thể được giảm xuống. Như vậy, sáng chế góp phần làm giảm đáng kể chi phí sản xuất các sản phẩm thép. Việc áp dụng từ trường theo các chế độ EMLS và EMRS theo sáng

chế có thể được tiến hành bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển bằng cách chuyển hướng chuyển động của từ trường và do đó chi phí thiết bị đối với thiết bị tạo từ trường để điều chỉnh dòng thép nóng chảy có thể được giảm xuống đến mức thấp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị thể hiện biên dạng tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng chiều rộng ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày của khuôn thu được bằng cách tiến hành sự mô phỏng động học chất lỏng bằng số;

Fig.2 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa tốc độ dòng của thép nóng chảy trong khuôn ở bề mặt bề thép theo tốc độ của cạnh ngăn khuôn và trị số F đối với các điều kiện đúc;

Fig.3 là hình vẽ thể hiện dòng thép nóng chảy trong khuôn, phần (A) thể hiện trạng thái trong đó từ trường không được áp dụng và phần (B) thể hiện trạng thái trong đó EMLS được áp dụng;

Fig.4 là hình vẽ phối cảnh thể hiện một phần khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi được sử dụng theo sáng chế;

Fig.5 là hình vẽ nhìn từ phía trước thể hiện phần khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi được sử dụng theo sáng chế;

Fig.6 là hình vẽ sơ đồ khối thể hiện cơ cấu điều chỉnh từ trường để điều chỉnh việc ứng dụng từ trường của thiết bị đúc liên tục tấm phôi được sử dụng theo sáng chế;

Fig.7 là hình vẽ thể hiện các hướng chuyển động của từ trường theo chế độ EMLS được nhìn trực tiếp từ phía trên khuôn;

Fig.8 là hình vẽ thể hiện các hướng chuyển động của từ trường theo chế độ EMRS được nhìn trực tiếp từ phía trên khuôn;

Fig.9 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 1 được lấy làm ví dụ;

Fig. 10 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi

theo thử nghiệm số 2 được lấy làm ví dụ;

Fig.11 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 3 được lấy làm ví dụ;

Fig.12 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 4 được lấy làm ví dụ;

Fig.13 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 5 được lấy làm ví dụ;

Fig.14 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 6 được lấy làm ví dụ;

Fig.15 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 7 được lấy làm ví dụ;

Fig.16 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 8 được lấy làm ví dụ;

Fig.17 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 9 được lấy làm ví dụ;

Fig.18 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 10 được lấy làm ví dụ; và

Fig.19 là đồ thị thể hiện kết quả kiểm tra bằng kính hiển vi đối với tấm phôi theo thử nghiệm số 11 được lấy làm ví dụ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, phương án của sáng chế sẽ được mô tả có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6 là các hình vẽ thể hiện thiết bị đúc liên tục tấm phôi được sử dụng theo sáng chế. Fig.4 là hình vẽ phối cảnh thể hiện một phần khuôn. Fig.5 là hình vẽ nhìn từ phía trước thể hiện một phần khuôn. Fig.6 là hình vẽ sơ đồ khối thể hiện thiết bị điều chỉnh từ trường để điều chỉnh việc ứng dụng từ trường.

Dựa vào các hình vẽ từ Fig.4 đến Fig.6, khuôn 6 có các cạnh dài của khuôn 7, hướng vào nhau và các cạnh ngắn của khuôn 8, được chèn vào giữa các cạnh dài của khuôn 7 và hướng vào nhau. Gàu chuyên 9 được bố trí ở vị trí cho trước trên khuôn 6.

Vòi phun phía trên 16 được bố trí trên phần đáy của gàu chuyên 9. Vòi phun trượt 10 bao gồm tấm cố định 17, tấm trượt 18 và vòi phun điều chỉnh dòng 19, được bố trí trên bề mặt phía dưới của vòi phun phía trên 16. Vòi phun nhúng chìm 11 có một cặp các miệng phun 12 trên phần phía dưới của chúng, được bố trí trên bề mặt phía dưới của vòi phun trượt 10. Như vậy, miệng đầu ra của thép nóng chảy 20 được tạo ra từ gàu chuyên 9 vào khuôn 6. Nhằm ngăn chặn sự bám dính của nhôm oxit vào bề mặt thành trong của vòi phun nhúng chìm 11, khí trơ như khí argon hoặc khí nitơ được thổi vào miệng đầu ra của thép nóng chảy 20 từ vòi phun phía trên 16, tấm cố định 17, vòi phun nhúng chìm 11 và dạng tương tự.

Một cặp cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển 13 được bố trí trên bề mặt phía sau của từng cạnh theo chiều dài khuôn 7 sao cho được định vị về bên trái và về bên phải vòi phun nhúng chìm 11 theo hướng chiều rộng của cạnh theo chiều dài khuôn 7. Tóm lại, bốn cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển 13 được bố trí với cạnh theo chiều dài khuôn 7 ở giữa theo cách để vị trí ở giữa của các cuộn dây điện từ của chúng (không được thể hiện trên hình vẽ) nằm về phía dưới điểm giữa nằm giữa các đầu phía trên của các miệng phun 12 và bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn. Trên Fig.5, vị trí ở giữa của các cuộn dây điện từ được bố trí ngay phía dưới các miệng phun 12. Các cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển 13 được đấu nối với bộ cấp điện 28 và bộ cấp điện 28 được đấu nối với bộ điều chỉnh 27 để điều chỉnh các hướng chuyển động và cường độ từ trường. Bộ cấp điện 28 cấp điện trên cơ sở các hướng chuyển động và cường độ từ trường, được cấp vào từ bộ điều chỉnh 27 và nhờ đó các hướng chuyển động và cường độ từ trường được áp dụng bởi các cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển 13 được điều chỉnh một cách độc lập. Bộ điều chỉnh 27 được đấu nối với bộ điều chỉnh quá trình 26 để điều chỉnh các thao tác đúc liên tục và điều chỉnh thời gian ứng dụng từ trường và dạng tương tự trên cơ sở thông tin vận hành được chuyển từ bộ điều chỉnh quá trình 26.

Từ trường được áp dụng bởi các cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển 13 là từ trường dịch chuyển. Như được thể hiện trên Fig.7, trong trường hợp ứng dụng từ trường theo chế độ EMLS, được tiến hành để áp các lực hãm lên dòng thép nóng chảy được xả ra 4 từ vòi phun nhúng chìm 11, các hướng chuyển động của từ trường dịch

chuyển là từ cạnh ngắn của các khuôn về phía vòi phun nhúng chìm. Như được thể hiện trên Fig.8, trong trường hợp ứng dụng từ trường theo chế độ EMRS, được tiến hành để tạo cảm ứng dòng thép nóng chảy quay theo hướng song song với bề mặt bề thép theo mặt phân cách hóa rắn, các hướng chuyển động của từ trường dịch chuyển là đối nhau theo cạnh chiều dài khuôn 7, hướng vào nhau. Trên Fig.8, từ trường dịch chuyển quay theo chiều kim đồng hồ. Kết quả cũng như vậy nếu từ trường quay ngược chiều kim đồng hồ. Fig.7 và Fig.8 thể hiện tương ứng các hướng chuyển động của từ trường theo chế độ EMLS và theo chế độ EMRS khi nhìn trực tiếp từ phía trên khuôn 6. Các mũi tên trên các hình vẽ chỉ các hướng chuyển động của từ trường.

Một số con lăn dẫn hướng (không được thể hiện trên hình vẽ) để đỡ tấm phôi 5 là vật đúc và một số con lăn kẹp 14 để kéo xuống phía dưới tấm phôi 5 từ khuôn 6 được bố trí phía dưới khuôn 6. Trên Fig.5, chỉ các con lăn kẹp 14 này được thể hiện và các con lăn kẹp kia được bỏ qua.

Bằng cách sử dụng thiết bị đúc liên tục có kết cấu nêu trên, tấm phôi 5 chỉ chứa một lượng nhỏ các tạp chất trên lớp bề mặt của nó và có chất lượng tốt là vật đúc như sau.

Thép nóng chảy 1 được rót từ gàu (không được thể hiện trên hình vẽ) vào gàu chuyên 9. Khi lượng thép nóng chảy trong gàu chuyên đạt đến một lượng cho trước, tấm trượt 18 được mở ra và nhờ đó thép nóng chảy 1 được rót vào khuôn 6 qua miệng đầu ra của thép nóng chảy 20. Thép nóng chảy 1 được phun vào khuôn qua các miệng phun 12, được nhúng chìm trong thép nóng chảy 1 trong khuôn, ở dạng dòng thép nóng chảy được xả ra 4 về phía các cạnh ngắn của khuôn 8. Thép nóng chảy 1 được phun vào khuôn, được làm nguội bởi khuôn 6 và tạo thành vỏ hóa rắn 2. Khi một lượng cho trước của thép nóng chảy 1 được rót vào khuôn, các con lăn kẹp 14 được dẫn động để bắt đầu kéo tấm phôi 5 có vỏ hóa rắn 2 là vỏ ngoài của nó và có thép nóng chảy chưa được hóa rắn 1 ở trong đó. Sau khi bắt đầu kéo tấm phôi ra, tốc độ đúc được tăng lên đến tốc độ cho trước trong khi việc điều chỉnh mức bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn là hầu như ở cùng mức trong khuôn. Bột đúc 15 được bổ sung lên bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn. Bột đúc 15 nóng chảy và đóng vai trò ngăn chặn sự oxy hóa thép nóng chảy 1 và đóng vai trò làm chất

bôi trơn bằng cách cho chảy vào khe hở ở giữa vỏ hóa rắn 2 và khuôn 6.

Để thực hiện quá trình đúc theo cách này, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh ngắn của khuôn trong các điều kiện đúc khác nhau được xác định. Một phương án cụ thể của phương pháp xác định tốc độ dòng của thép nóng chảy là phương pháp trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn được đánh giá trên cơ sở các điều kiện đúc khác nhau bằng cách sử dụng biểu thức (4) nêu trên. Trong trường hợp này, không cần phải tiến hành việc đo thực tế vì sự đánh giá có thể được tiến hành bằng cách tính toán và tốc độ dòng của thép nóng chảy trong các điều kiện khác nhau có thể được đánh giá một cách dễ dàng. Do đó, phương pháp này được ưu tiên để đánh giá tốc độ dòng của thép nóng chảy.

Một phương pháp khác là phương pháp mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn được đo theo thực tế. Tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn là hầu như không đổi trong các điều kiện đúc cố định. Do đó, bằng cách đo theo thực tế tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn trong các điều kiện đúc khác nhau trước đó, tốc độ dòng của thép nóng chảy có thể được xác định từ tốc độ dòng của thép nóng chảy trong các điều kiện đúc tương ứng. Trong trường hợp này, trị số được đo theo thực tế của tốc độ dòng thép nóng chảy có thể thu được theo thời gian thực tế và trị số đo thu được có thể được xác định như là tốc độ dòng của thép nóng chảy. Việc đo thực tế tốc độ dòng của thép nóng chảy có thể được tiến hành, chẳng hạn, bằng cách nhúng một thanh được làm từ vật liệu chịu lửa trên bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn và đo động năng thu được bởi thanh đã nêu.

Trường hợp mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh ngắn của khuôn là nhỏ hơn hoặc bằng tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất ($= 0,20 \text{ m/giây}$), thì từ trường dịch chuyển được áp dụng theo chế độ EMRS. Trường hợp mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn là lớn hơn tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất ($= 0,20 \text{ m/giây}$) và nhỏ hơn hoặc bằng tốc độ

dòng tới hạn cuộn theo bột trong khuôn ($= 0,32 \text{ m/giây}$), thì từ trường không được áp dụng hoặc từ trường dịch chuyển được áp dụng theo chế độ EMRS. Trường hợp trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn là lớn hơn tốc độ dòng tới hạn cuộn theo bột trong khuôn ($= 0,32 \text{ m/giây}$), thì từ trường dịch chuyển được ứng dụng theo chế độ EMLS.

Trong trường hợp áp dụng từ trường dịch chuyển theo chế độ EMRS, mật độ từ thông của từ trường dịch chuyển được xác định trên cơ sở của biểu thức (2) nêu trên và bất đẳng thức (3). Trong trường hợp áp dụng từ trường dịch chuyển theo chế độ EMLS, mật độ từ thông của từ trường dịch chuyển được xác định trên cơ sở biểu thức (1) được nêu trên. Tốc độ dòng đích của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn sau khi từ trường dịch chuyển đã được áp dụng là bằng $0,25 \text{ m/giây}$.

Trong quá trình đúc, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép 3 của thép nóng chảy trong khuôn ở lân cận cạnh ngắn của khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi được đánh giá lặp đi lặp lại bằng cách sử dụng biểu thức (4) nêu trên. Ở từng thời điểm khi việc đánh giá được tiến hành, từ trường dịch chuyển nêu trên được áp dụng trên cơ sở của tốc độ dòng được đánh giá của thép nóng chảy. Với việc đánh giá theo thời gian và chính xác, quá trình đúc tấm phôi có chất lượng bề mặt tốt hơn được thực hiện.

Trị số F đối với các điều kiện đúc được tính toán bằng cách sử dụng biểu thức (5) được nêu trên trên cơ sở thông tin điều kiện đúc bao gồm chiều dày tấm phôi, chiều rộng tấm phôi, tốc độ đúc, lượng khí trơ như là khí argon được thổi vào miệng đầu ra của thép nóng chảy 20 và hình dạng của vòi phun nhúng chìm 11 được sử dụng trong quá trình đúc. Tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy ở lân cận cạnh ngắn của khuôn được tính toán bằng cách sử dụng biểu thức (4) nêu trên và trị số F được tính toán. Khi đó, tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy (u) được tính toán bằng việc sử dụng biểu thức (4) được so sánh với tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất và tốc độ dòng tới hạn cuộn theo bột trong khuôn và từ trường dịch chuyển được áp dụng được xác định theo chế độ EMLS hoặc theo chế độ EMRS ứng với mức tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy.

Trong trường hợp này, thông tin được lưu trong bộ điều chỉnh quá trình 26 được nạp vào bộ điều chỉnh 27 làm các điều kiện của quá trình đúc. Bộ điều chỉnh 27 thực hiện việc tính toán trị số F và tính toán trị số dòng điện để tạo ra mật độ từ thông cho trước. Bộ cấp điện 28 cấp điện năng vào các cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển 13 trên cơ sở chế độ từ trường và trị số dòng điện được nạp vào từ bộ điều chỉnh 27. Trong quá trình đúc, bộ điều chỉnh 27 thu được kiểu và mật độ từ thông của từ trường dịch chuyển ở những bước khoảng cách đồng đều hoặc khi các điều kiện đúc được thay đổi và ở từng thời điểm khi các thông số này đạt được, bộ điều chỉnh 27 chỉ ra kiểu từ trường dịch chuyển và trị số dòng điện đi vào bộ cấp điện 28. Do đó, ngay cả khi nếu các điều kiện đúc bị thay đổi, thì từ trường dịch chuyển có thể luôn luôn được áp dụng theo chế độ tối ưu.

Theo phương pháp nêu trên, trị số F được thay đổi theo tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy. Tuy nhiên, vì có sự tương ứng một-một giữa trị số F và tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy như được nêu trên, việc điều chỉnh có thể được tiến hành mà không có sự biến đổi trị số F thành tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy. Cũng trong trường hợp này, bằng cách tính toán lặp đi lặp lại trị số F bằng cách sử dụng biểu thức (5) được nêu trên trong quá trình đúc và bằng việc áp dụng từ trường dịch chuyển trên cơ sở trị số F được tính toán ở từng thời điểm việc tính toán được tiến hành, quá trình đúc tấm phôi có chất lượng bề mặt tốt hơn được thực hiện.

Bằng cách đúc một cách liên tục thép nóng chảy 1 trong khi điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo cách này, việc cuốn theo của các sản phẩm không chỉ khử oxit và các bọt khí agon mà cả bột đúc 15 trong thép nóng chảy có thể được làm giảm một cách đáng kể trong phạm vi các tốc độ đúc rộng rãi và do đó tấm phôi 5 được làm sạch và có chất lượng cao có thể được đúc một cách ổn định.

Trong phần mô tả trên, vòi phun trượt 10 có kết cấu hai tấm được sử dụng như một phương án cụ thể. Tuy nhiên, sáng chế có thể cũng được áp dụng cho vòi phun trượt có kết cấu ba tấm. Hơn nữa, sáng chế có thể được áp dụng cho vòi phun kiểu cũ chặn theo cùng phương thức như được nêu trên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Bằng cách sử dụng thiết bị đúc liên tục tấm phôi được thể hiện trên các hình vẽ

từ Fig.4 đến Fig.6, sự ảnh hưởng của việc ứng dụng từ trường đối với chất lượng bề mặt của tấm phôi được kiểm tra bằng cách tiến hành quá trình đúc trong các điều kiện mà trong đó tốc độ đúc được thay đổi theo số ba mức và trong đó chế độ ứng dụng từ trường được thay đổi trong số ứng dụng theo chế độ EMRS, việc ứng dụng theo chế độ EMLS và không ứng dụng. Bảng 2 thể hiện các đặc tính của thiết bị đúc liên tục được sử dụng để đúc và Bảng 3 thể hiện các đặc tính của cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển được sử dụng để đúc. Thép lạng nhôm cacbon thấp bao gồm từ 0,03 đến 0,05% khối lượng C, 0,03% khối lượng Si hoặc thấp hơn, từ 0,2 đến 0,3% khối lượng Mn, 0,020% khối lượng P hoặc thấp hơn, từ 0,03 đến 0,06% khối lượng keo Al và từ 0,003 đến 0,006% khối lượng N được sử dụng để đúc.

Bảng 2

Danh mục	Các đặc tính kỹ thuật
Kiểu thiết bị đúc liên tục	Kiểu uốn cong theo phương thẳng đứng
Chiều dài của phần thẳng đứng	2,5 m
Năng suất gàu	300 tấn
Năng suất gàu chuyên	80 tấn
Chiều dày tấm phôi	235mm
Chiều rộng tấm phôi	Từ 700 đến 1650mm
Tốc độ đúc	Tối đa là 3,0 m/phút
Vòi phun nhúng chìm	Chếch xuống phía dưới 25°. Miệng phun 80mm

Bảng 3

Kiểu từ trường	Kiểu mô tơ tuyến tính
Công suất nguồn điện	2000kVA-AC/danh sơi thủy tinh
Điện áp	Tối đa 430 V
Dòng điện	Tối đa 2700 A
Tần số	Từ 0 đến 2,6 Hz

Tốc độ dòng (u) của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở

lân cận cạnh ngắn của khuôn được đánh giá bằng cách sử dụng biểu thức (4) nêu trên. Tuy nhiên, để tính toán tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn bằng cách sử dụng biểu thức (4), cần phải thu được tốc độ (Ve), góc (θ) và khoảng cách D như được mô tả trên. Theo các phương án cụ thể này, các thông số thu được như sau.

Tốc độ (Ve) được tính toán bằng cách sử dụng biểu thức (13) sau đây, thu được bằng cách tiến hành đa phân tích hồi quy đối với kết quả của sự thử nghiệm mô hình nước liên quan đến đường dòng thép nóng chảy được xả ra. Theo biểu thức (13), W là tổng chiều rộng của tấm phôi (mm); Q_L là lượng thép nóng chảy được phun trong một đơn vị thời gian (m^3 /giây); d là đường kính miệng phun (m); α là góc xả của vòi phun nhúng chìm (độ); Q_g là lượng khí argon được thổi vào miệng đầu ra của thép nóng chảy (Nm^3 /giây); và A_1 , B_1 , l, m, n và p là các hằng số, mà các trị số của chúng được thể hiện trong Bảng 4.

$$Ve = A_1 \times (W/2)^{l_1} \times Q_L^{m_1} \times d^{p_1} \times (1/\cos\alpha)^{n_1} \times \exp(B_1 \times Q_g) \quad (13)$$

Bảng 4

Hằng số	a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	c ₁	c ₂	d ₁	d ₂
Trị số	0,0389	-0,3202	0,0078	0,0305	18,37	107,33	-0,1980	-2,0679
Hằng số	ξ_1	ξ_2	ξ_1^1	ξ_1^2	ξ_1^3	ξ_1^4	ξ_2^1	ξ_2^2
Trị số	1,0	0,0120	-1,5893	1,1371	1,195	1,633	-1,5662	1,1647
Hằng số	ξ_2^3	ξ_2^4	A ₁	B ₁	l	M	N	p
Trị số	0,726	2,186	0,3716	100,9	-0,651	0,745	-0,507	-1,165

Góc (θ) và khoảng cách D thu được từ đường của dòng thép nóng chảy được xả ra. Trong trường hợp này, trước hết, đường của dòng thép nóng chảy được xả ra được tính toán bằng cách sử dụng biểu thức (14) sau đây, thu được nhờ tiến hành đa phân tích hồi quy đối với kết quả của thử nghiệm mô hình nước đối với đường dòng thép nóng chảy được xả ra. Theo biểu thức (14), y là khoảng cách theo phương thẳng đứng, tính từ đầu ra của miệng phun của vòi phun nhúng chìm (m); x là khoảng cách theo phương nằm ngang song song với bề mặt bề thép từ đầu ra của miệng phun vòi phun nhúng chìm

(m); α là góc xả của vòi phun nhúng chìm (độ); S là đường kính miệng phun trung bình (m); $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1$ và d_2 là các hằng số mà các trị số của chúng được thể hiện trong Bảng 4; và G_1 và G_2 là các thông số được xác định theo biểu thức (15) dưới đây. Theo biểu thức (15), Q_L là lượng thép nóng chảy được phun vào trong một đơn vị thời gian (m^3 /giây); Q_g là lượng khí argon được thổi vào miệng đầu ra của thép nóng chảy (Nm^3 /giây); và $\xi_1, \xi_2, \xi_1^1, \xi_1^2, \xi_1^3, \xi_1^4, \xi_2^1, \xi_2^2, \xi_2^3$ và ξ_2^4 là các hằng số mà các trị số của chúng được thể hiện trong Bảng 4.

$$y = (a_1 + b_1\alpha + c_1S + d_1\alpha S)G_1x^2 - (a_2 + b_2\alpha + c_2S + d_2\alpha S)G_2x \quad \dots(14)$$

$$G_i = \exp\left(-\xi_i \cdot Q_L^{\xi_i^1} \cdot Q_g^{\xi_i^2} \cdot S^{\xi_i^3} \cdot (90 - \alpha)^{\xi_i^4}\right) \quad \dots(15)$$

Góc (θ) thu được từ đạo hàm đường dòng thép nóng chảy được xả ra, thu được từ biểu thức (14), với $x = W/2$. Khoảng cách D thu được trên cơ sở trị số y của đường dòng thép nóng chảy được xả ra, thu được từ biểu thức (14), đối với $x = W/2$. các biểu thức (16) và (17) sau đây thể hiện các phương pháp tính toán các trị số này. Trong biểu thức (17), h là khoảng cách, tính từ bề mặt bể thép nóng chảy trong khuôn đến đầu phía trên của miệng phun (m).

$$\theta = \text{Arc tan}\left(-\frac{dy}{dx}\bigg|_{x=W/2}\right) \quad \dots(16)$$

$$D = y|_{x=W/2} + h \quad \dots(17)$$

Tốc độ dòng (u) của thép nóng chảy được tính toán từ tốc độ (Ve), góc (θ) và khoảng cách D, thu được theo cách này; lượng thép nóng chảy được phun vào trong một đơn vị thời gian (Q_L) được xác định từ các điều kiện đúc; và khối lượng riêng của thép nóng chảy (7000 kg/m^3). Hằng số k bằng 0,036.

Bảng 5 thể hiện các điều kiện đúc đối với việc đúc thử nghiệm đối với các vật đúc thử nghiệm từ số 1 đến số 11. Như được thể hiện trong Bảng 5, các mẫu thử nghiệm từ số 1 đến số 3 là các trường hợp mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bể thép nóng chảy trong khuôn là cao quá mức và lớn hơn so với tốc độ dòng tới hạn cuốn theo bột trong khuôn (0,32 m/giây). Các mẫu thử nghiệm từ số 4

đến số 6 là các trường hợp trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn là lớn hơn so với tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất (0,20 m/giây) và nhỏ hơn hoặc bằng tốc độ dòng tới hạn cuộn theo bột trong khuôn (0,32 m/giây). Các mẫu thử nghiệm từ số 7 đến số 12 là các trường hợp mà trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn là nhỏ hơn hoặc bằng tốc độ dòng tới hạn của sự bám dính tạp chất (0,20m/giây).

Bảng 5

Số mẫu thử nghiệm	Tốc độ đúc (m/phút)	Sự dao động của khuôn (số lần/phút)	Trị số F	Tốc độ dòng thép nóng chảy	Từ trường		
					Chế độ	Mật độ từ thông (T)	Tần số (Hz)
1	1,80	180	4,9	0,36	EMLS	0,09	1,0
2					EMRS	0,10	2,0
3					Không áp dụng	-	-
4	1,40	135	3,0	0,22	EMLS	0,09	1,0
5					EMRS	0,05	2,0
6					Không áp dụng	-	-
7	0,95	120	1,4	0,10	EMLS	0,09	1,0
8					EMRS	0,10	1,0
9						0,10	2,0
10						0,10	2,6
11					Không áp dụng	-	-

Ở từng mức, có ba trường hợp được tạo ra sau đây: (1) từ trường dịch chuyển có chế độ, cường độ và tần số được xác định theo sáng chế được áp dụng (các mẫu thử nghiệm số 1, 5, 9 và 10, trong đó đích của tốc độ dòng thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn sau khi ứng dụng từ trường được xác định là bằng 0,25 m/giây); (2) từ trường dịch chuyển với các điều kiện là khác với các điều kiện được xác định theo sáng chế được áp dụng (các mẫu thử nghiệm số 2, 4, 7 và 8); và (3) từ trường dịch chuyển không được áp dụng (các mẫu thử nghiệm số 3, 6 và 11).

Tấm phôi đúc được mài từ bề mặt của cạnh dài theo 1mm, việc khắc axit được tiến hành và khi đó số các tạp chất có các đường kính lớn hơn hoặc bằng 60 µm được đếm bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Các tạp chất được phân loại thành các

sản phẩm khử oxy hóa (nhôm oxit) và bột đúc theo màu và hình dạng của chúng nhờ quan sát qua kính hiển vi và số lượng cả hai kiểu đều được đếm. Trường quan sát kính hiển vi là 3600mm^2 đối với từng mẫu thử nghiệm.

Các hình vẽ từ Fig.9 đến Fig.19 là các đồ thị thể hiện các kết quả của sự quan sát trên kính hiển vi. Như được thể hiện trên các đồ thị này, trong số các mẫu thử nghiệm từ số 1 đến 3, số các tạp chất là nhỏ nhất và không có các tạp chất được nhận ra dưới dạng bột đúc trong mẫu thử nghiệm số 1, trong đó EMLS được áp dụng. Giả định rằng, do EMLS, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy được điều chỉnh trở thành trị số đích, là nhỏ hơn hoặc bằng tốc độ dòng tới hạn cuộn theo bột trong khuôn. Trong khi đó, trong hai mẫu thử nghiệm khác (mẫu thử nghiệm số 2 và số 3), là các tạp chất được nhận biết như là bột đúc và có các đường kính lớn hơn hoặc bằng $100\text{ }\mu\text{m}$, như vậy là nhiều khả năng các khuyết tật bề mặt như là các mảnh kim loại bị phát sinh sau khi được cán.

Trong số các mẫu thử nghiệm từ số 4 đến 11, số các tạp chất là nhỏ trong các mẫu thử nghiệm từ số 5, 9 và 10, trong đó EMRS được áp dụng trong khi việc điều chỉnh tần số của nguồn điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển đối với tần số dao động khuôn nằm trong phạm vi của bất đẳng thức (3). Sở dĩ như vậy là vì tốc độ dòng ở mặt phân cách hóa rắn được điều chỉnh một cách thích hợp nhờ EMRS. Trong mẫu thử nghiệm số 6, trong đó tốc độ dòng của thép nóng chảy là bằng $0,22\text{ m/giây}$, số các tạp chất là nhỏ ngay cả mặc dù từ trường không được áp dụng và kết quả là tốt. Trong khi đó, trong các mẫu thử nghiệm số 4 và số 7, trong đó EMLS được áp dụng và trong mẫu thử nghiệm số 11, trong đó từ trường không được áp dụng, tốc độ dòng ở mặt phân cách hóa rắn là quá nhỏ và do đó số các tạp chất là lớn. Trong mẫu thử nghiệm số 8, trong đó tần số dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển là nằm ngoài phạm vi của bất đẳng thức (3), số các tạp chất là lớn, như vậy giả định rằng, từ trường dịch chuyển không thực hiện chức năng một cách hữu hiệu.

Chú thích các số chỉ dẫn và các ký hiệu

- 1: thép nóng chảy
- 2: vỏ hóa rắn

- 3: bề mặt bể thép nóng chảy trong khuôn
- 4: dòng thép nóng chảy được xả ra
- 5: tấm phôi
- 6: khuôn
- 7: cạnh dài của khuôn
- 8: cạnh ngắn của khuôn
- 9: gàu chuyên
- 10: vòi phun trượt
- 11: vòi phun nhúng chìm
- 12: miệng phun
- 13: cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển
- 14: con lăn kẹp
- 15: bột đúc
- 16: vòi phun phía trên
- 17: tấm cố định
- 18: tấm trượt
- 19: vòi phun điều chỉnh dòng
- 20: miệng đầu ra của thép nóng chảy
- 21: bề mặt bể thép ngay phía dưới dòng thép nóng chảy
- 22: dòng thép nóng chảy ở mặt phân cách
- 23: bề mặt bể thép ngay phía dưới dòng thép nóng chảy
- 24: dòng thép nóng chảy ở mặt phân cách
- 25: vị trí ở giữa theo hướng chiều dày của tấm phôi
- 26: bộ điều chỉnh quy trình
- 27: bộ điều chỉnh
- 28: bộ cấp điện

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi bằng cách sử dụng từ trường dịch chuyển đối với thép nóng chảy trong khuôn, phương pháp này bao gồm các bước:

áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (1) sau đây để tác dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng của vòi phun nhúng chìm bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển bao gồm cuộn dây điện từ mà vị trí giữa của nó được định vị phía dưới điểm giữa nằm giữa đầu phía trên của miệng phun và bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn trong trường hợp mà tốc độ dòng thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn này ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh ngắn của khuôn là lớn hơn 0,32m/giây;

không áp dụng từ trường hoặc áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) và bất đẳng thức (3) sau đây để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp mà tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn là lớn hơn 0,20m/giây và nhỏ hơn hoặc bằng 0,32m/giây; và

áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) và bất đẳng thức (3) sau đây để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp mà tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,20m/giây,

$$R_v = 1 - \beta \times B^4/V_0 \quad (1)$$

$$R = \gamma \times B \times f^{1/2} \quad (2)$$

$$(2/3) \times f_M < f \quad (3),$$

trong đó: trong biểu thức (1), R_v là tỷ lệ của tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy khi từ trường dịch chuyển được áp dụng với mật độ từ thông B trên tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy khi quá trình đúc được tiến hành mà không áp dụng từ

trường dịch chuyển, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh ngắn của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng ngược lại được biểu thị bởi trị số âm, β là hệ số, B là mật độ từ thông (tesla) của từ trường dịch chuyển, và V_0 là tốc độ tuyến tính (m/giây) của dòng thép nóng chảy được xả ra từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm; trong biểu thức (2), R là tốc độ tương đối giữa thép nóng chảy và từ trường, γ là hằng số đặc hiệu đối với thiết bị, B là mật độ từ thông (tesla) của từ trường dịch chuyển, và f là tần số dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển; và trong bất đẳng thức (3), f_M là tần số dao động của khuôn đối với quá trình đúc liên tục, và f là tần số của dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển.

2. Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo điểm 1, trong đó trong trường hợp áp dụng từ trường dịch chuyển để tác dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy ở vị trí trung tâm theo hướng chiều dày của tấm phôi mà cách một khoảng bằng $1/4$ chiều rộng khuôn, tính từ vòi phun nhúng chìm về phía cạnh ngắn của khuôn, được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ $-0,07$ đến $0,05$ m/giây, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh ngắn của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng ngược lại được biểu thị bởi trị số âm.

3. Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó khi áp dụng từ trường dịch chuyển, tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh ngắn của khuôn khi từ trường không được áp dụng được đánh giá bằng cách sử dụng biểu thức (4) sau đây, và từ trường dịch chuyển được xác định trước được áp dụng trên cơ sở tốc độ dòng của thép nóng chảy được đánh giá:

$$u = k \times \rho \times Q_L \times V_e \times [(1 - \sin\theta)/2] \times (1/D) \quad (4)$$

trong đó: trong biểu thức (4), u là tốc độ dòng của thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh ngắn của khuôn, tức là tốc độ dòng bề mặt thép nóng chảy (m/giây); k là hệ số; ρ là khối lượng riêng của thép nóng chảy (kg/m^3), Q_L là lượng thép nóng chảy được phun

vào trên một đơn vị thời gian ($\text{m}^3/\text{giây}$); V_e là tốc độ mà dòng thép nóng chảy được xả ra và chạm với cạnh gần của khuôn ($\text{m}/\text{giây}$); θ là góc được tạo ra giữa dòng thép nóng chảy được xả ra và hướng song song với bề mặt bề thép ở vị trí mà ở đó dòng thép nóng chảy được xả ra và chạm với cạnh gần của khuôn (độ); và D là khoảng cách, tính từ vị trí mà ở đó dòng thép nóng chảy được xả ra và chạm với cạnh gần của khuôn đến bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn (m).

4. Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi bằng cách áp dụng từ trường dịch chuyển đối với thép nóng chảy trong khuôn, phương pháp này bao gồm các bước:

áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (1) sau đây để tác dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển bao gồm cuộn dây điện từ mà có vị trí trung tâm nằm phía dưới trung điểm giữa đầu phía trên của miệng phun và bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn, trong trường hợp này, trị số F thu được từ các điều kiện đúc và được biểu thị theo biểu thức (5) sau đây là lớn hơn 4,3;

không áp dụng từ trường hoặc áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) và bất đẳng thức (3) sau đây để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, trị số F là lớn hơn 2,7 và nhỏ hơn hoặc bằng 4,3; và

áp dụng từ trường dịch chuyển có mật độ từ thông được xác định theo biểu thức (2) và bất đẳng thức (3) sau đây để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, trị số F là nhỏ hơn hoặc bằng 2,7,

$$R_v = 1 - \beta \times B^4/V_0 \quad (1)$$

$$R = \gamma \times B \times f^{1/2} \quad (2)$$

$$(2/3) \times f_M < f \quad (3)$$

$$\text{trị số } F = \rho \times Q_{LX} V_e \times [(1 - \sin\theta)/4] \times (1/D) \quad (5),$$

trong đó: trong biểu thức (1), R_v là tỷ lệ của tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn khi từ trường dịch chuyển được áp dụng với mật độ từ thông B trên tốc độ dòng bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn khi quá trình đúc được tiến hành mà không áp dụng từ trường dịch chuyển, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh ngắn của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng ngược lại được biểu thị bởi trị số âm, β là hệ số, B là mật độ từ thông (tesla) của từ trường dịch chuyển, và V_0 là tốc độ tuyến tính (m/giây) của dòng thép nóng chảy được xả ra từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm; trong biểu thức (2), R là tốc độ tương đối giữa thép nóng chảy và từ trường, γ là hằng số đặc hiệu với thiết bị, B là mật độ từ thông (tesla) của từ trường dịch chuyển, và f là tần số của dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển; trong bất đẳng thức (3), f_M là tần số dao động của khuôn đối với quá trình đúc liên tục, và f là tần số của dòng điện được cấp vào cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển; và trong biểu thức (5), ρ là mật độ của thép nóng chảy (kg/m^3), Q_L là lượng thép nóng chảy được phun vào trong một đơn vị thời gian ($\text{m}^3/\text{giây}$), V_e là tốc độ mà với tốc độ này dòng thép nóng chảy được xả ra va chạm với cạnh ngắn của khuôn (m/giây), θ là góc được tạo ra giữa dòng thép nóng chảy được xả ra và hướng song song với bề mặt bề thép ở vị trí mà ở đó dòng thép nóng chảy được xả ra va chạm với cạnh ngắn của khuôn (độ), và D là khoảng cách, tính từ vị trí mà ở đó dòng thép nóng chảy được xả ra va chạm với cạnh ngắn của khuôn đến bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn (m).

5. Phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo điểm 4, trong đó: trong trường hợp áp dụng từ trường dịch chuyển để áp dụng lực hãm vào dòng xả ra từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm, tốc độ dòng thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi được cách một khoảng bằng $1/4$ chiều rộng khuôn, tính từ vòi phun nhúng chìm về phía cạnh ngắn của khuôn được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ $-0,07$ đến $0,05\text{m/giây}$, khi tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng từ cạnh ngắn của khuôn về phía vòi phun nhúng chìm được biểu thị bởi trị số dương và tốc độ dòng của thép nóng chảy theo hướng ngược lại được biểu thị bởi trị số âm.

6. Thiết bị điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn của thiết bị đúc liên tục tấm phôi bằng cách áp dụng từ trường dịch chuyển đối với thép nóng chảy trong khuôn, thiết bị này bao gồm:

cơ cấu tạo ra điều kiện đúc để tạo ra ít nhất năm điều kiện đúc bao gồm chiều dày tấm phôi, chiều rộng tấm phôi, tốc độ đúc, lượng khí trơ được thổi vào cửa đầu ra của thép nóng chảy, và hình dạng của vòi phun nhúng chìm;

cơ cấu tính toán để tính toán tốc độ dòng thép nóng chảy ở bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn ở phần giữa theo hướng chiều dày tấm phôi ở lân cận cạnh ngắn của khuôn trên cơ sở các điều kiện đúc, được tạo ra bởi cơ cấu tạo ra điều kiện đúc;

cơ cấu xác định để xác định tốc độ dòng của thép nóng chảy được tính toán bởi cơ cấu tính toán là nhỏ hơn hoặc bằng 0,20m/giây, lớn hơn 0,20m/giây và nhỏ hơn hoặc bằng 0,32m/giây, hoặc lớn hơn 0,32m/giây;

cơ cấu điều chỉnh mà tiến hành việc điều chỉnh sao cho từ trường dịch chuyển được áp dụng để áp dụng lực hãm cho dòng xả từ miệng phun của vòi phun nhúng chìm bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển bao gồm cuộn dây điện từ có vị trí trung tâm được đặt phía dưới trung điểm giữa đầu phía trên của miệng phun và bề mặt bề thép nóng chảy trong khuôn, trong trường hợp này, tốc độ dòng của thép nóng chảy được xác định bởi cơ cấu xác định là lớn hơn 0,32m/giây, nhờ đó từ trường không được áp dụng hoặc từ trường dịch chuyển được áp dụng để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, tốc độ dòng của thép nóng chảy được xác định bởi cơ cấu xác định là lớn hơn 0,20m/giây và nhỏ hơn hoặc bằng 0,32m/giây, và nhờ đó từ trường dịch chuyển được áp dụng để làm quay thép nóng chảy trong khuôn theo hướng song song với bề mặt bề thép bằng cách sử dụng cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển, trong trường hợp này, tốc độ dòng của thép nóng chảy được xác định bởi cơ cấu xác định là nhỏ hơn hoặc bằng 0,20m/giây; và cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển là cơ cấu tạo ra từ trường dịch chuyển được xác định trước trên cơ sở tín hiệu được phát ra từ cơ cấu điều chỉnh.

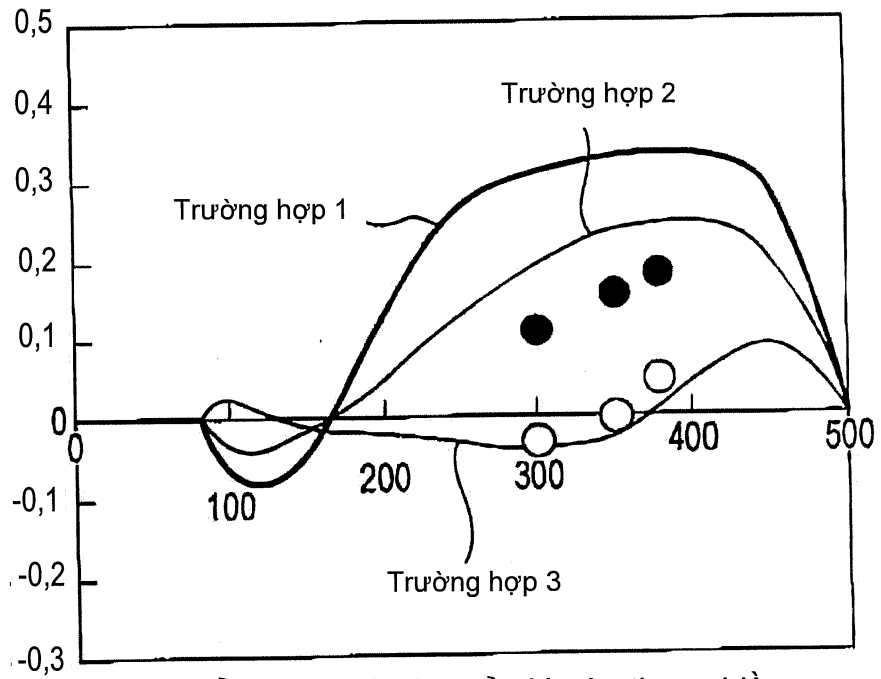
7. Thiết bị điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo điểm 6, trong đó cơ cấu tạo ra điều kiện đúc, cơ cấu tính toán, cơ cấu xác định, và cơ cấu điều chỉnh

được vận hành lặp đi lặp lại theo trình tự này, và từ trường dịch chuyển là tối ưu cho các điều kiện đúc được áp dụng.

8. Phương pháp tạo ra tấm phôi đúc một cách liên tục, phương pháp này bao gồm bước phun thép nóng chảy từ gàu chuyên vào khuôn đúc trong khi điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn này bằng cách sử dụng phương pháp điều chỉnh dòng thép nóng chảy trong khuôn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, và kéo xuống phía dưới vỏ hóa rắn được tạo ra trong khuôn.

FIG. 1

Vận tốc dòng bề mặt của thép nóng chảy theo chiều rộng ở giữa theo hướng chiều dày khuôn (m/s)
[Dấu hiệu dương chỉ báo hướng từ cạnh ngắn về phía tâm của khuôn theo hướng chiều rộng]



Khoảng cách từ tâm của khuôn theo chiều rộng về phía cạnh ngắn (mm)

FIG. 2

Vận tốc dòng bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn ở lần cận cạnh ngắn của khuôn (m/s)

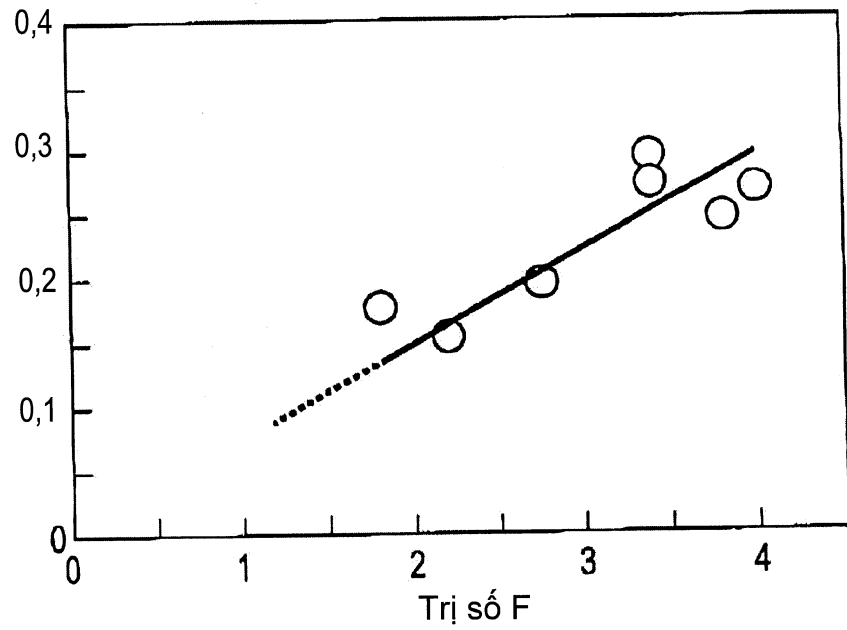


FIG. 3

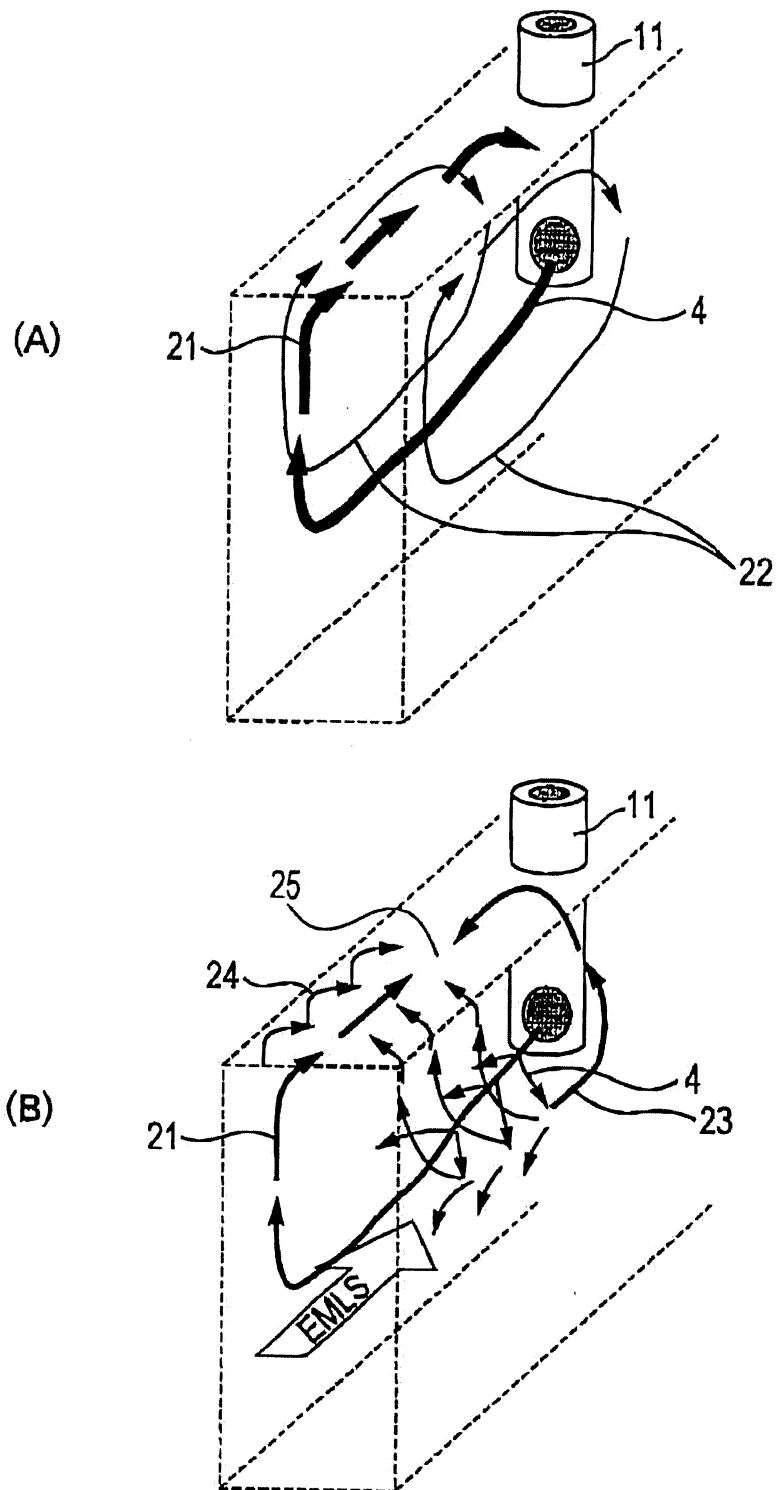


FIG. 4

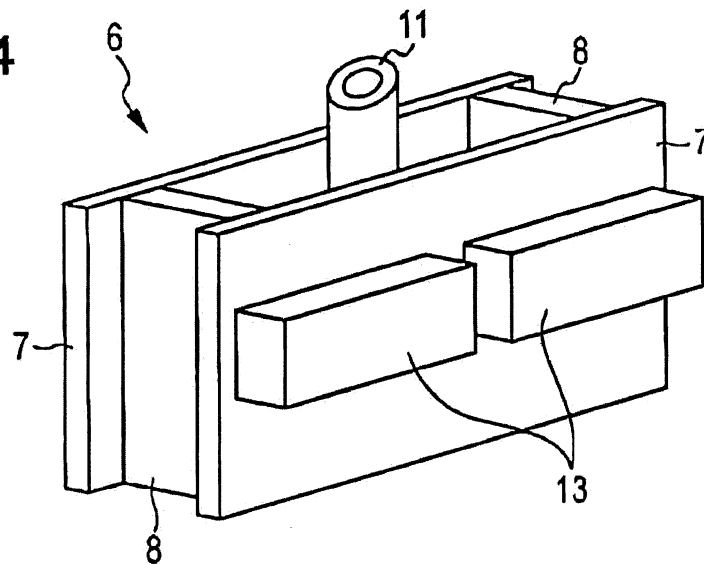


FIG. 5

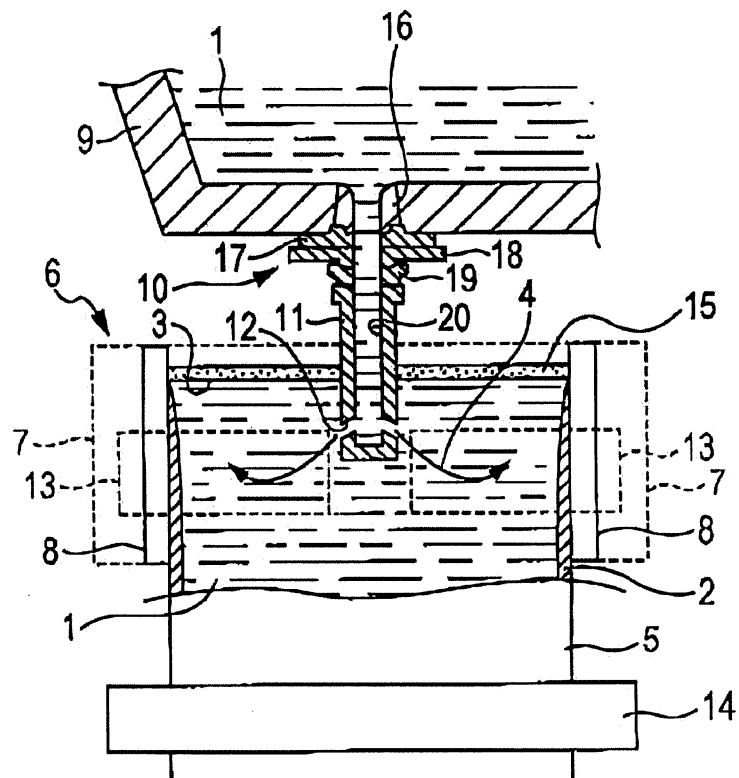


FIG. 6

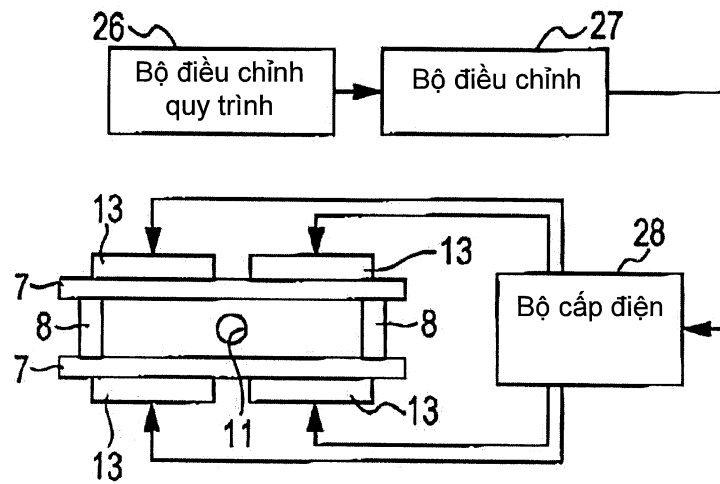


FIG. 7

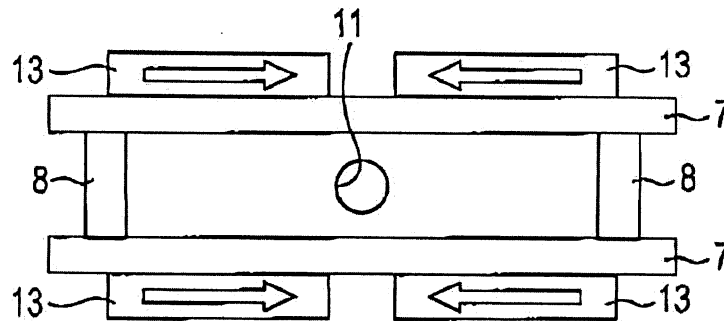


FIG. 8

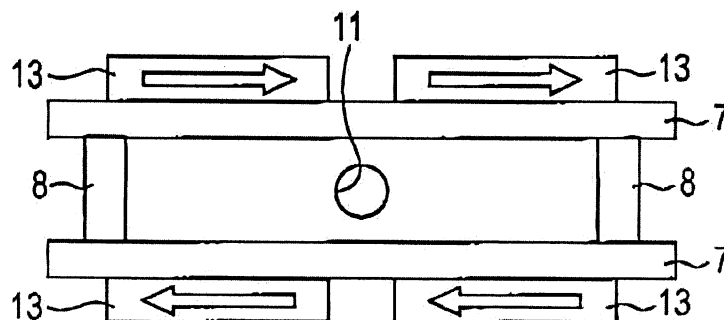


FIG. 9

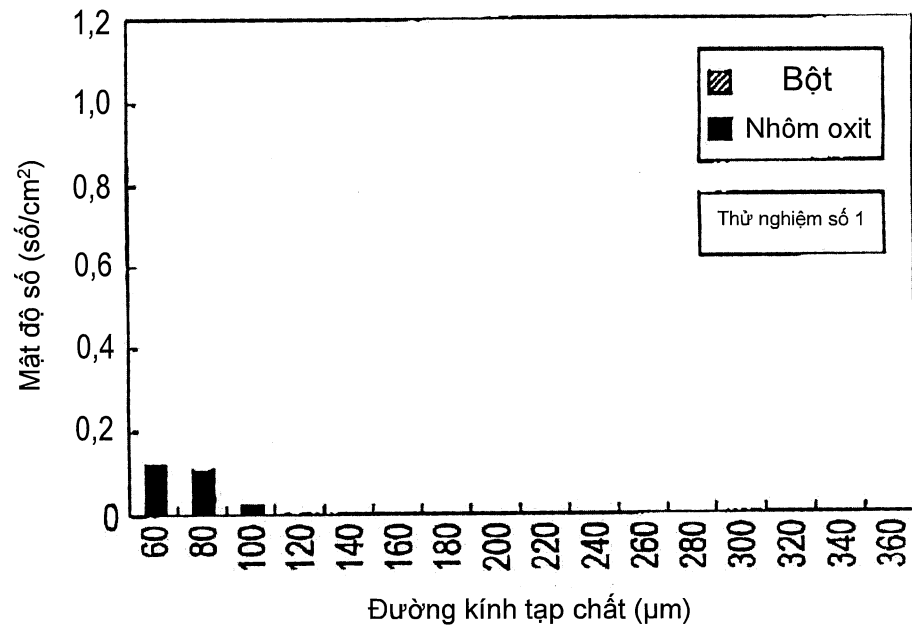


FIG. 10

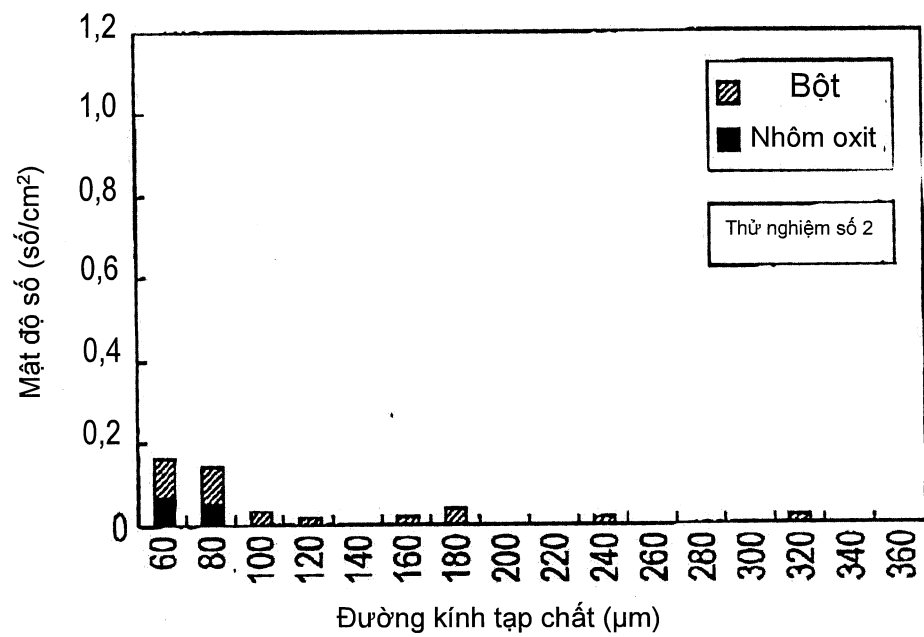


FIG. 11

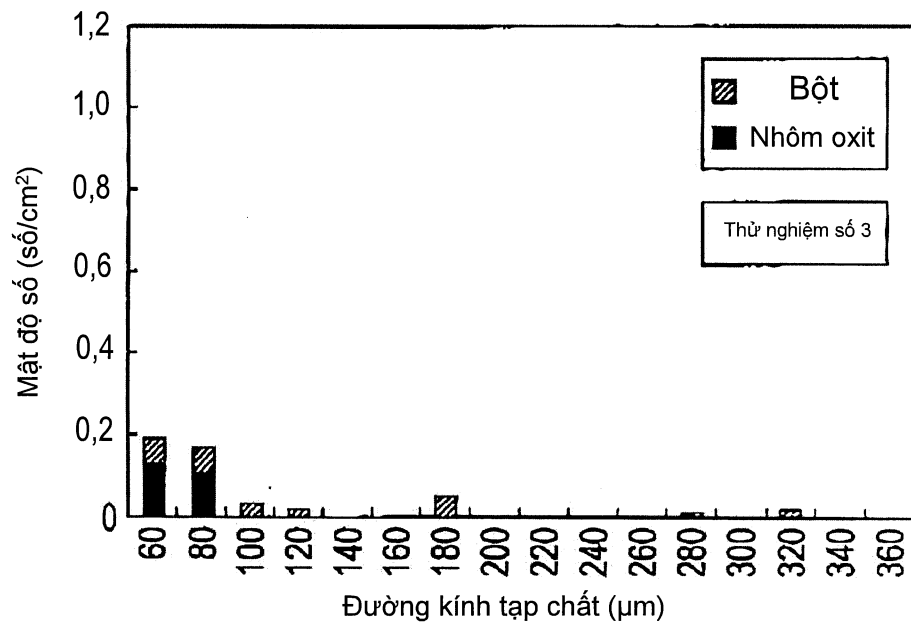


FIG. 12

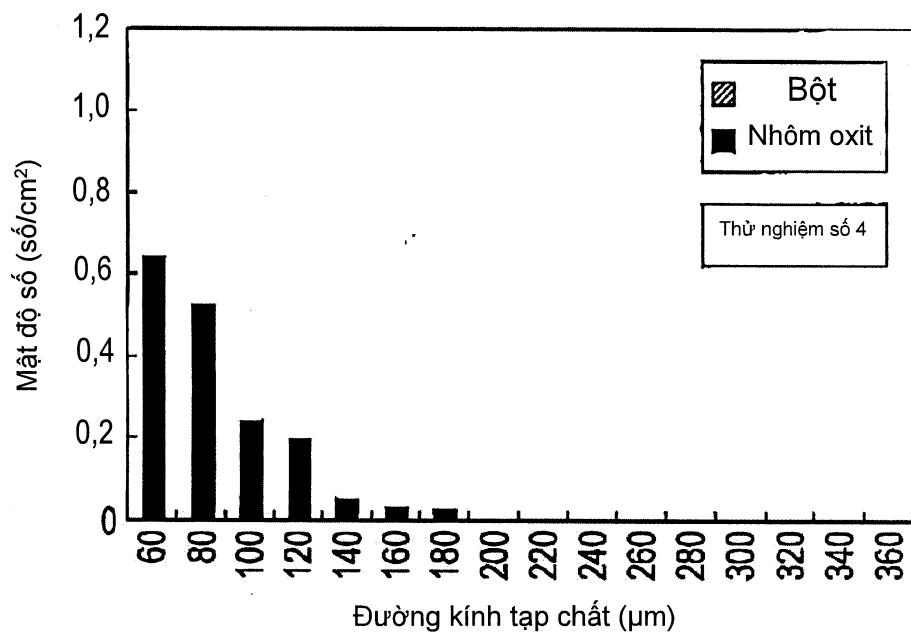


FIG. 13

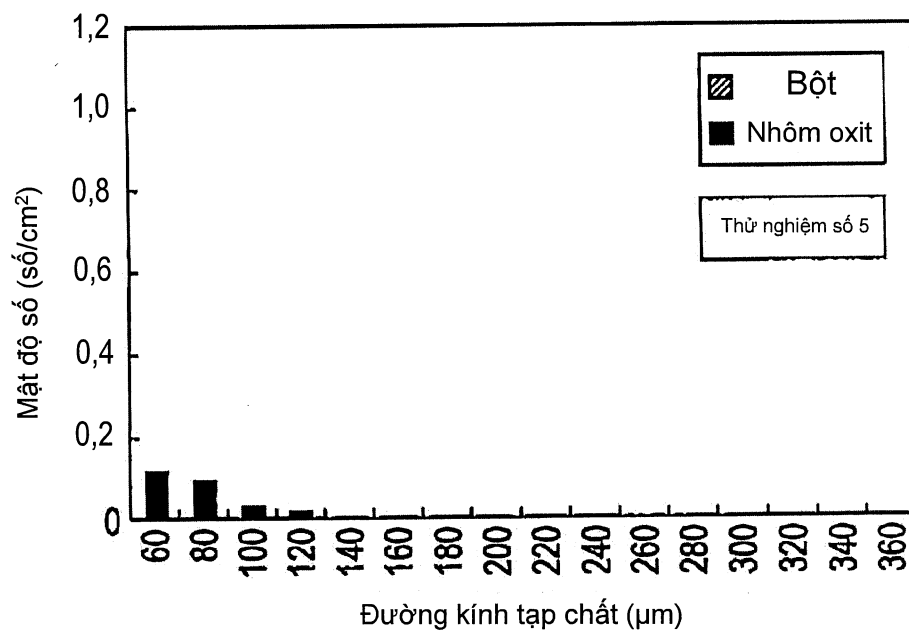


FIG. 14

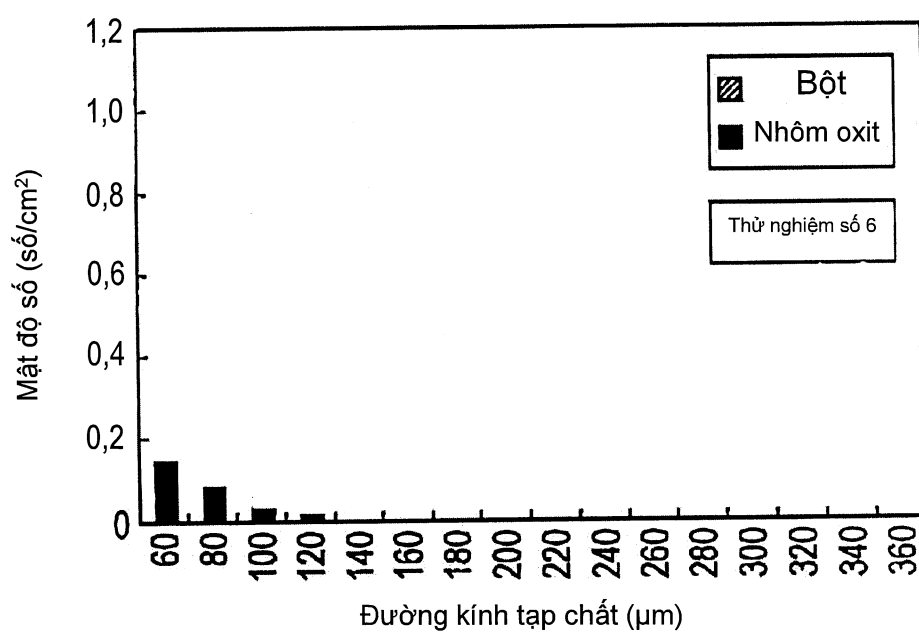


FIG. 15

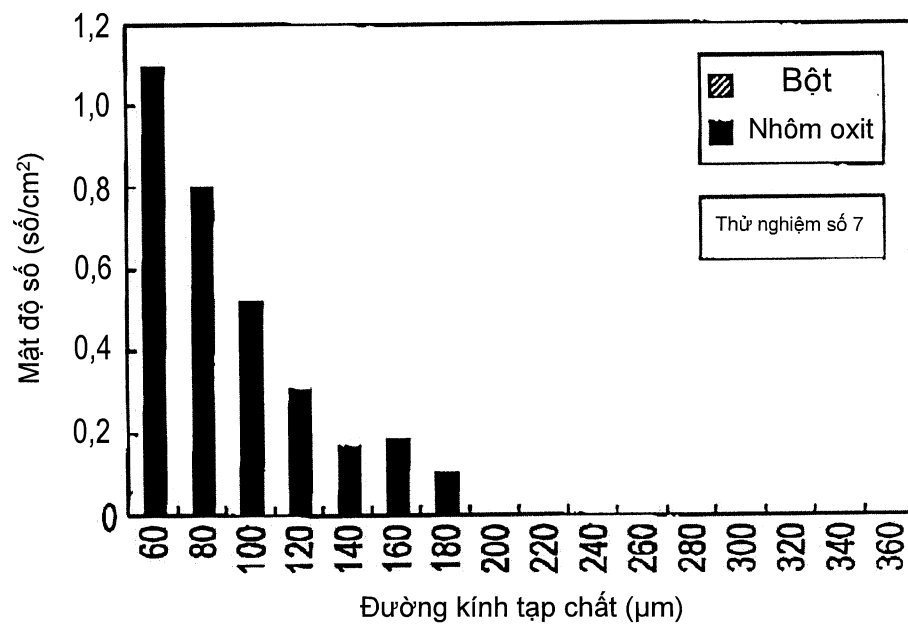


FIG. 16

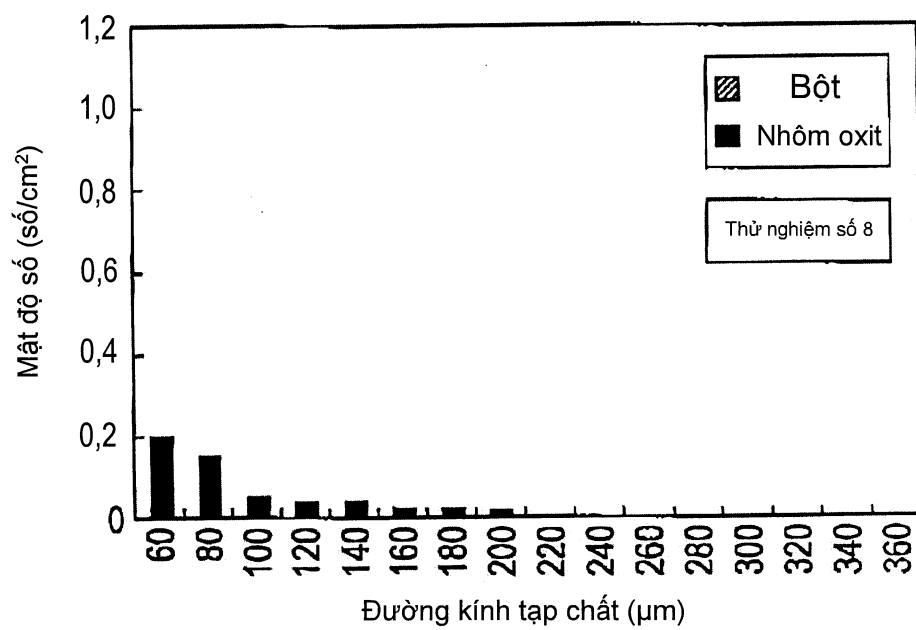


FIG. 17

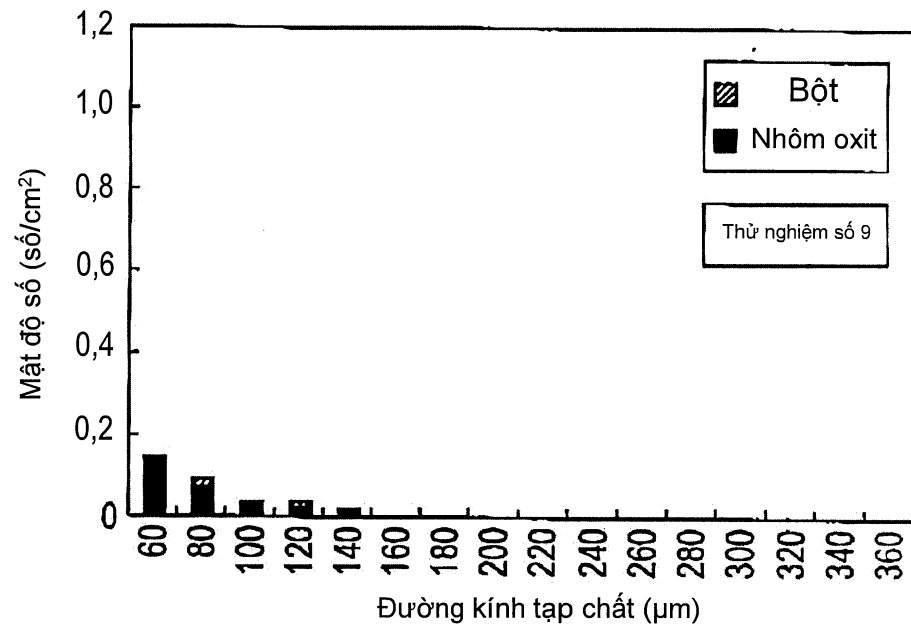


FIG. 18

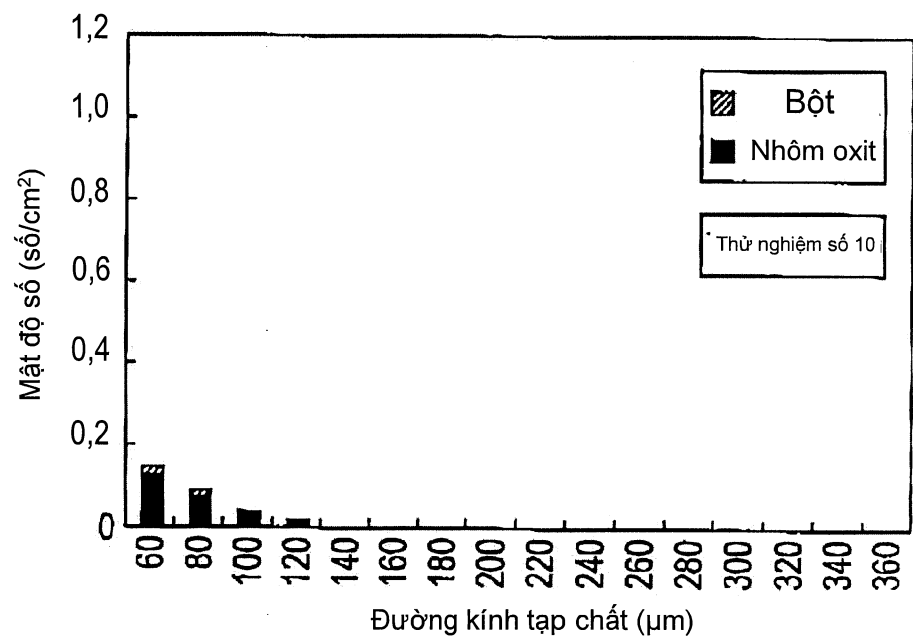


FIG. 19

