



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

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

(11)



1-0049891

(51)^{2020.01} B22D 11/124; B22D 11/22

(13) B

(21) 1-2022-00042

(22) 06/07/2020

(86) PCT/JP2020/026488 06/07/2020

(87) WO 2021/006254 14/01/2021

(30) 2019-128853 11/07/2019 JP

(45) 25/08/2025 449

(43) 25/04/2022 409A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) OSUKA Kenichi (JP); SUGIHARA Hirokazu (JP); UEOKA Satoshi (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ LÀM MÁT THỨ CẤP CHO PHÔI ĐÚC LIÊN TỤC

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc mà để đảm bảo chất lượng bề mặt đạt yêu cầu của phôi đúc mà không làm suy giảm năng suất và không cần có chi phí năng lượng bổ sung lớn.

Fig 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phương pháp chung để sản xuất phôi đúc liên tục với thiết bị đúc liên tục kiểu uốn thẳng đứng, ví dụ, sẽ được mô tả với tham chiếu đến Fig.3 và Fig.4.

Thép nóng chảy được đổ vào khuôn 3 từ thùng trung gian (không được minh họa) sẽ được làm mát sơ cấp bởi khuôn 3 và được tạo thành phôi đúc dạng tấm phẳng 5 mà có vỏ đông cứng. Phôi đúc dạng tấm phẳng 5 di chuyển xuống dưới qua vùng thẳng đứng 9 và đi vào vùng cong 13. Trong phần uốn 11 được cung cấp ở lối vào của vùng cong 13, phôi đúc 5 được uốn cong trong khi được dẫn hướng bởi nhiều trục lăn (không được minh họa) sao cho bán kính cong của chúng được duy trì không đổi.

Sau đó, phôi đúc 5 được kéo thẳng (nắn thẳng) trong phần duỗi thẳng 15 sao cho bán kính cong của nó tăng dần và trở lại dạng tấm phẳng khi phôi đúc 5 di chuyển ra khỏi phần duỗi thẳng 15 và sang vùng nằm ngang 17. Sau khi được đông cứng hoàn toàn ở vùng nằm ngang 17, phôi đúc 5 được cắt theo chiều dài xác định trước bằng máy cắt khí 23 được lắp đặt ở lối ra của máy đúc liên tục.

Máy cắt khí 23 chuyển động theo hướng đúc với tốc độ phù hợp với tốc độ chuyển của phôi đúc 5 trong khi di chuyển đồng thời mở hàn theo hướng chiều rộng. Máy cắt khí 23 xả khí oxy để cắt trong khi đốt nóng phôi đúc 5 bằng ngọn lửa đốt nóng sơ bộ phát ra từ mỏ hàn, để phôi đúc 5 bị nóng chảy và cắt bằng nhiệt oxy hóa của thép với oxy.

Khi tốc độ đúc quá cao hoặc khi nhiệt độ phôi đúc quá thấp, bước cắt của máy cắt khí 23 không thể được đồng bộ với tốc độ đúc. Do đó, vấn đề như giới hạn tốc độ đúc hoặc hỏng hóc khi cắt có thể xảy ra. Theo đó, điều quan trọng là phải đặt tốc độ đúc phù hợp với hiệu suất cắt và quản lý nhiệt độ thích hợp của phôi đúc 5. Phôi đúc 5 được cắt bởi máy cắt khí 23 được chuyển đến nhà máy hoàn thiện phôi đúc hoặc nhà máy cán

cho quá trình tiếp theo.

Sau khi rời khỏi khuôn 3, phôi đúc 5 được làm mát thứ cấp để làm đông cứng hoàn toàn phôi đúc 5 tới phần trung tâm của nó bằng cách sử dụng vòi phun nước (vòi phun nước lỏng hoặc phun sương hỗn hợp hai chất lỏng nước không khí) từ vùng thẳng đứng 9 đến vùng nằm ngang 17.

Nói chung, làm mát thứ cấp được thực hiện bằng cách phun nước với tốc độ dòng chảy cao trong vùng thẳng đứng 9 nằm ngay bên dưới khuôn 3, do đó tốc độ làm mát của phôi đúc 5 được tăng lên (trong bản mô tả này, làm mát phôi đúc ở tốc độ làm mát được gia tăng được đề cập như là "làm mát mạnh") để đảm bảo rằng lớp vỏ đông cứng có đủ độ bền. Trong vùng cong 13 và các vùng sau, quá trình làm mát của phôi đúc 5 được giảm xuống để nhiệt được dẫn từ vùng có nhiệt độ cao bên trong phôi đúc 5 để tăng nhiệt độ bề mặt của phôi đúc 5 (phục hồi nhiệt). Trong phần đuôi thẳng 15, nhiệt độ bề mặt được điều chỉnh để cao hơn phạm vi nhiệt độ giòn để tránh nứt ngang của phôi đúc 5.

Phôi đúc 5 đã đi qua phần đuôi thẳng 15 được đông cứng hoàn toàn vào phần trung tâm của nó trong khi được làm mát trong vùng nằm ngang 17. Khi tốc độ đông cứng thấp hơn so với tốc độ đúc, có khả năng vị trí hoàn thành đông cứng sẽ không nằm bên trong máy đúc liên tục và thép nóng chảy sẽ chảy ra khỏi bề mặt cắt trong quá trình cắt bằng khí ga. Điều này có thể gây ra thiệt hại nghiêm trọng, chẳng hạn như hư hỏng thiết bị hoặc ngừng hoạt động. Khi quá trình đông cứng hoàn thành quá sớm, nước làm mát được cung cấp sau khi hoàn thành quá trình đông cứng sẽ bị lãng phí. Ngoài ra, phôi đúc 5 bị giảm nhiệt độ rất nhiều và không thể cắt dễ dàng như đã mô tả ở trên. Do đó, năng suất và sự ổn định sản xuất bị ảnh hưởng rất nhiều bởi các thiết lập của điều kiện làm mát trong vùng nằm ngang 17.

Fig.4 là biểu đồ thể hiện kết quả phân tích số để tái tạo lịch sử nhiệt độ của phôi đúc 5 được đúc bằng phương pháp đúc liên tục nói chung theo tình trạng kỹ thuật đã biết. Trục tung thể hiện nhiệt độ, và trục hoành thể hiện khoảng cách từ bề mặt khum (bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn).

Các dấu hiệu chỉ dẫn của các vùng tương ứng với các vùng phía sau khuôn 3 được minh họa trong Fig.3 được hiển thị ở phía trên cùng của biểu đồ.

Trong biểu đồ, đường liền nét, đường nét đứt và đường chuỗi một chấm thể hiện các lịch sử nhiệt độ ở tâm bề mặt của phôi đúc theo hướng chiều rộng, các phần góc của phôi đúc (các phần góc) và tâm của mặt cắt ngang của phôi đúc tương ứng. Ngoài ra, trong biểu đồ, đường nét đứt mảnh thể hiện nhiệt độ tối thiểu có thể thực hiện cắt. Việc cắt có thể được thực hiện trong vùng nhiệt độ cao hơn nhiệt độ này (xem hướng các mũi tên). Ngoài ra, trong biểu đồ, vị trí hoàn thành đông cứng được ký hiệu là A, và vị trí kết thúc của máy đúc liên tục được ký hiệu là B.

Như đã thấy rõ từ lịch sử nhiệt độ tại tâm của bề mặt phôi đúc theo hướng chiều rộng, trong vùng thẳng đứng 9 ngay bên dưới khuôn 3, việc làm mát mạnh với tốc độ dòng chảy cao được thực hiện bằng cách sử dụng vòi phun nước để tăng độ dày lớp vỏ. Sau đó, ở phần uốn 11 và vùng cong 13, tốc độ làm mát được giảm xuống để nhiệt được phục hồi từ bên trong phôi đúc và nhiệt độ bề mặt của phôi đúc được kiểm soát để cao hơn phạm vi nhiệt độ giòn 25 khi phôi đúc đi qua phần duỗi thẳng 15. Kết quả là, phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt đạt yêu cầu có thể thu được.

Phôi đúc cũng được làm mát liên tục ở vùng nằm ngang 17. Khi phần trung tâm của phôi đúc đông cứng hoàn toàn tại điểm A, thì nhiệt độ giảm ở phần trung tâm của phôi đúc tăng lên. Sau đó, phôi đúc đi qua phần cuối của máy đúc liên tục tại điểm B, được máy cắt khí 23 cắt theo chiều dài xác định trước, và được chuyển cho quá trình tiếp theo. Trong ví dụ này, vị trí hoàn thành đông cứng là đủ gần phần cuối của máy đúc liên tục, và nhiệt độ góc của phôi đúc đủ cao hơn nhiệt độ mà tại đó có thể thực hiện việc cắt. Do đó, phôi đúc có thể được cắt mà không gặp bất kỳ vấn đề gì.

Một vấn đề xảy ra trong quá trình sản xuất phôi đúc được mô tả ở trên là khuyết tật bề mặt, chẳng hạn như những vết nứt dọc và những vết nứt ngang. Những vết nứt ngang có đặc điểm là được hình thành gần các phần góc ở bề mặt trên cùng của phôi đúc trong thiết bị như máy đúc liên tục uốn cong hoặc uốn thẳng đứng mà thực hiện nắn thẳng phôi đúc. Khi phôi đúc đi qua phần duỗi thẳng trong khi nhiệt độ của lớp bề mặt của nó nằm trong phạm vi độ giòn của thép từ vùng nhiệt độ thấp đến vùng nhiệt biến đổi (khu vực độ giòn III), những vết nứt ngang được hình thành do ứng suất kéo trên bề mặt của phôi đúc trong quá trình nắn thẳng. Ví dụ, tài liệu phi sáng chế số 1 mô tả những vết nứt ngang có thể được ngăn chặn bằng cách làm chậm quá trình làm mát thứ cấp của

phôi đúc và dịch chuyển khỏi phạm vi độ giòn về phía có nhiệt độ cao trong quá trình nắn thẳng.

Ngoài ra, tài liệu sáng chế số 1 bộc lộ công nghệ để ngăn ngừa vết nứt bề mặt bằng cách giảm lượng nước làm mát cho làm mát thứ cấp hoặc dùng nước làm mát ở điểm nắn thẳng cuối cùng trong phần duỗi thẳng, nghĩa là ở vị trí gần lối vào của vùng nằm ngang sao cho nhiệt được phục hồi trong lớp bề mặt của phôi đúc.

Tuy nhiên, theo phương pháp dịch chuyển từ nhiệt độ giòn về phía có nhiệt độ cao, nhiệt độ trung bình ở mặt cắt ngang của phôi đúc được tăng lên ở lối ra của phần duỗi thẳng. Kết quả là, việc hoàn thành đông cứng của phần trung tâm của phôi đúc bị trễ. Do đó, để hoàn thành việc đông cứng tại vị trí bên trong máy đúc liên tục, có thể chiều dài của máy đúc liên tục cần được tăng lên. Ngoài ra, có khả năng tốc độ đúc sẽ bị hạn chế và năng suất sẽ bị suy giảm.

Tài liệu sáng chế số 2 bộc lộ công nghệ để thực hiện làm mát bằng thiết bị làm mát điều chỉnh được cung cấp trong vùng nằm ngang nằm ở phía đầu ra của phần duỗi thẳng để vị trí hoàn thành đông cứng nằm bên trong lò đúc.

Tuy nhiên, tài liệu sáng chế số 2 không đề cập đến các điều kiện làm mát cụ thể. Do đó, nhiệt độ bề mặt có thể không đồng đều đáng kể theo hướng chiều rộng tùy thuộc vào điều kiện làm mát, và có nguy cơ các vết nứt bề mặt (vết nứt dọc) hình thành trên bề mặt phôi đúc do ứng suất nhiệt gây ra bởi sự phân bố nhiệt độ không đồng đều. Cũng có nguy cơ là vị trí hoàn thành đông cứng sẽ không đồng nhất theo hướng chiều rộng và chất lượng bên trong sẽ khác nhau.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ công nghệ để giảm làm mát không đồng đều trong làm mát thứ cấp. Theo công nghệ này, độ ổn định của quá trình làm mát có thể được tăng lên bằng cách kiểm soát trạng thái sôi của nước trong khu vực nhô ra của vòi phun nước sao cho quá trình sôi màng được duy trì ở phần phía trước của vùng làm mát và sự sôi bong bóng được duy trì trong phần giai đoạn phía sau của khu vực làm mát.

Nói chung, khi các điều kiện làm mát không đổi theo hướng chiều rộng, tốc độ làm mát ở các phần góc của phôi đúc cao hơn ở phần trung tâm của phôi đúc theo hướng chiều rộng vì nhiệt cũng bị tản ra từ các phía. Khi bắt đầu làm mát ở trạng thái sôi màng, trạng thái sôi màng có thể bị thay đổi thành trạng thái sôi bong bóng để phản ứng với sự

giảm nhiệt độ của bề mặt được làm mát. Do đó, khi cố gắng duy trì trạng thái sôi màng như trong tài liệu sáng chế 3, trạng thái sôi màng được thay đổi thành trạng thái sôi bong bóng trước tiên tại các phần góc của phôi đúc tại đó nhiệt độ giảm nhanh chóng và nhiệt độ giảm nhanh hơn. Sự thay đổi nhiệt độ đột ngột như vậy gây ra các vết nứt bề mặt của phôi đúc do ứng suất nhiệt. Ngoài ra, sự giảm nhiệt độ ở các phần góc của phôi đúc có thể gây ra các vấn đề như suy giảm tính chất cắt hoặc tăng thời gian cắt ở máy cắt khí được cung cấp ở lõi ra của máy đúc liên tục. Những vấn đề này không được thảo luận trong tài liệu sáng chế 3 và phương pháp kiểm soát nhiệt độ tại lõi ra của máy đúc liên tục không rõ ràng.

Tài liệu sáng chế 4 bộc lộ công nghệ cắt phôi đúc sau khi gia nhiệt sơ bộ các phần góc của phôi đúc để đảm bảo các đặc tính cắt đạt yêu cầu tại máy cắt khí. Tuy nhiên, khi thực hiện làm mát mạnh ở trạng thái sôi bong bóng như mô tả ở trên, nhiệt độ của phôi đúc giảm đi rất nhiều, và thời gian nung nóng sơ bộ cần thiết lâu hơn bình thường. Ngoài ra, khi tốc độ đúc được tăng lên tương ứng với chiều dày của phôi đúc hoặc loại thép, có thể xảy ra trường hợp tốc độ cắt khí ga không đủ và tốc độ đúc cần phải hạn chế hoặc ở những nơi cần lượng năng lượng rất lớn cần thiết để gia nhiệt sơ bộ.

Danh sách trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế số 1: Bằng sáng chế Nhật Bản số 4690995

Tài liệu sáng chế số 2: Công bố đơn giải pháp hữu ích Nhật Bản số 62-064462

Tài liệu sáng chế số 3: Bằng sáng chế Nhật Bản số 6079387

Tài liệu sáng chế số 4: Bằng sáng chế Nhật Bản số 2605329

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế số 1: Ogibayashi và cộng sự, Viện sắt thép-Hiệp hội liên kết nghiên cứu cơ bản về sắt thép, "Dynamic Behavior in Continuous Casting", 1985, trang 184.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Như đã thảo luận ở trên, các điều kiện làm mát thứ cấp mà chất lượng bề mặt đạt yêu cầu, năng suất không bị suy giảm và không yêu cầu chi phí năng lượng bổ sung lớn là không rõ ràng.

Đối với các vấn đề được mô tả ở trên, mục tiêu của sáng chế là cung cấp phương pháp và thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục, nhờ đó đảm bảo chất lượng bề mặt của phôi đúc đạt yêu cầu mà không làm giảm năng suất và không cần có chi phí năng lượng bổ sung lớn.

Giải pháp cho vấn đề

(1) Phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo sáng chế là phương pháp trong đó phôi đúc được làm mát bằng cách phun nước làm mát lên phôi đúc trong vùng làm mát thứ cấp của máy đúc liên tục bao gồm vùng thẳng đứng, phần uốn, vùng cong, phần duỗi thẳng và vùng nằm ngang được sắp xếp theo thứ tự đó từ phía đầu vào theo hướng đúc, phôi đúc được đông cứng hoàn toàn trong phần kéo dài đến phần cuối vùng nằm ngang. Phần đầu vào của vùng nằm ngang theo hướng đúc được thiết lập để đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó phôi đúc được làm mát bằng cách phun nước làm mát trong các điều kiện sao cho nước làm mát được phun ra ở trạng thái sôi bong bóng ở tất cả các vị trí theo hướng chiều rộng trên bề mặt của phôi đúc và một phần của vùng nằm ngang nằm ở phía đầu ra của phần làm mát bằng nước mạnh theo hướng đúc và kéo dài đến phần cuối vùng nằm ngang được thiết lập để đóng vai trò phần không làm mát bằng nước trong đó việc phun nước làm mát bị ngừng, do đó nhiệt độ bề mặt của phôi đúc được tăng lên theo hướng đúc trong vùng từ phần cuối phần làm mát bằng nước mạnh đến phần cuối vùng nằm ngang và nhiệt độ bề mặt của phôi đúc nằm trong phạm vi xác định trước ở phần cuối vùng nằm ngang.

(2) Trong phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo (1), vùng nằm ngang có thể được chia thành n phần (n là số nguyên, $3 \leq n$) theo hướng đúc sao cho phần thứ $n-i$ đến thứ n (i là số nguyên, $0 \leq i < n-1$) mỗi phần đóng vai trò là phần không được làm mát bằng nước và phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh. Mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian trong các phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i-1$) trong số các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$

mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh có thể lớn hơn mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian trong các phần thứ $j+1$ đến thứ $n-i-1$.

(3) Trong phương pháp làm mát thứ cấp đối với phôi đúc liên tục theo (2), mật độ dòng chảy của nước làm mát trong phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i-1$) trong số phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh có thể là $500 \text{ L} / (\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và $2000 \text{ L} / (\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc nhỏ hơn (min có nghĩa là phút như một đơn vị thời gian) và mật độ dòng chảy của nước làm mát trong phần $j+1$ đến $n-i-1$ có thể từ $50 \text{ L} / (\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và nhỏ hơn $500 \text{ L} / (\text{m}^2 \cdot \text{min})$.

(4) Trong phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo bất kỳ một trong số (1) đến (3), nhiệt độ bề mặt của phôi đúc ở phần cuối vùng nằm ngang có thể từ 350°C hoặc lớn hơn tại vị trí mà tại đó nhiệt độ bề mặt nhỏ nhất theo hướng chiều rộng của phôi đúc.

(5) Thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo sáng chế là thiết bị trong đó phôi đúc được làm mát bằng cách phun nước làm mát lên phôi đúc trong vùng làm mát thứ cấp của máy đúc liên tục bao gồm vùng thẳng đứng, vùng cong, và vùng nằm ngang được bố trí theo thứ tự đó từ phía đầu vào theo hướng đúc, phôi đúc được đông cứng hoàn toàn trong phần kéo dài đến phần cuối vùng nằm ngang. Vùng nằm ngang được chia thành n phần (n là số nguyên, $3 \leq n$) theo hướng đúc. Thiết bị làm mát thứ cấp bao gồm nhiều vòi phun, phương tiện cấp nước và thiết bị điều khiển cấp nước, nhiều vòi phun được bố trí tương ứng với các mặt cắt tương ứng của vùng nằm ngang, phương tiện cấp nước và thiết bị điều khiển cấp nước có khả năng kiểm soát việc phun và dừng nước làm mát từ nhiều vòi phun và mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian cho từng phần. Thiết bị điều khiển cấp nước làm cho các vòi phun phun nước làm mát theo các phần từ thứ 1 đến thứ $n-i-1$ (i là số nguyên, $0 \leq i < n-1$) từ phía đầu vào theo hướng đúc sao cho các phần từ thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó nước làm mát được phun ở trạng thái sôi bong bóng ở tất cả các vị trí theo hướng chiều rộng trên bề mặt của phôi đúc, và ngừng phun nước làm mát từ các vòi phun trong phần thứ $n-i$ đến thứ n (i là số nguyên, $0 \leq i < n-1$) sao cho mỗi phần thứ $n-i$ đến thứ n đóng vai trò là phần không làm mát bằng nước.

(6) Trong thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo (5), thiết bị điều

hiển cấp nước có thể điều khiển việc phun nước làm mát từ các vòi phun sao cho mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian từ phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i-1$) trong số các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh lớn hơn mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian trong các phần thứ $j+1$ đến thứ $n-i-1$.

(7) Trong thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo (6), thiết bị điều khiển cấp nước có thể điều khiển việc phun nước làm mát từ các vòi phun sao cho mật độ dòng chảy của nước làm mát từ vòi trong phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i-1$) trong số các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh là $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và $2000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc ít hơn (min nghĩa là phút đơn vị thời gian) và mật độ dòng chảy của nước làm mát trong phần thứ $j+1$ đến thứ $n-i-1$ là $50 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và nhỏ hơn $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, phần đầu vào của vùng nằm ngang theo hướng đúc được thiết lập để làm phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó phôi đúc được làm mát bằng cách phun nước làm mát trong các điều kiện sao cho nước làm mát phun ra trong trạng thái sôi bong bóng ở tất cả các vị trí theo hướng chiều rộng trên bề mặt của phôi đúc và phần của vùng nằm ngang nằm ở phía đầu ra của phần làm mát bằng nước mạnh theo hướng đúc và kéo dài đến cuối vùng nằm ngang là được đặt làm phần không làm mát bằng nước, trong đó việc phun nước làm mát bị dừng lại, do đó nhiệt độ bề mặt của phôi đúc được tăng lên theo hướng đúc trong vùng từ cuối phần làm mát bằng nước mạnh đến cuối vùng nằm ngang và nhiệt độ bề mặt của phôi đúc nằm trong phạm vi xác định trước ở cuối vùng nằm ngang. Do đó, đảm bảo chất lượng bề mặt của phôi đúc đạt yêu cầu mà không làm suy giảm năng suất và không cần có chi phí năng lượng bổ sung lớn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 minh họa cấu trúc chung của thiết bị đúc liên tục theo phương án của sáng chế.

Fig.2 là biểu đồ thể hiện lịch sử nhiệt độ của phôi đúc trong phương pháp đúc liên tục theo phương án của sáng chế.

Fig.3 minh họa cấu trúc chung của thiết bị đúc liên tục nói chung theo như tình trạng kỹ thuật đã biết.

Fig.4 là biểu đồ thể hiện lịch sử nhiệt độ của phôi đúc trong phương pháp đúc liên tục nói chung theo tình trạng kỹ thuật đã biết.

Mô tả chi tiết sáng chế

Máy đúc liên tục áp dụng phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo phương án hiện tại sẽ được mô tả với tham chiếu đến Fig.1.

Như được minh họa trong Fig.1, máy đúc liên tục 1 là thiết bị trong đó thép nóng chảy đổ vào khuôn 3 từ thùng trung gian (không được minh họa) được kéo ra dưới dạng phôi đúc 5 trong khi được đỡ bởi các trục lăn (không được minh họa) và được làm mát thứ cấp được thực hiện bằng các vòi phun làm mát (không được minh họa) được bố trí giữa các trục lăn.

Như được minh họa trong Fig.1, phôi đúc 5 được làm mát thứ cấp trong vùng làm mát thứ cấp 7 được chia thành vùng thẳng đứng 9, phần uốn 11, vùng cong 13, phần duỗi thẳng 15 và vùng nằm ngang 17. Phương pháp làm mát thứ cấp theo sáng chế được đặc trưng chủ yếu bởi phương pháp làm mát phôi đúc 5 trong vùng nằm ngang 17.

Trong vùng làm mát thứ cấp 7 của máy đúc liên tục 1, vùng nằm ngang 17 được chia thành n phần (n là số nguyên, $3 \leq n$) và được cung cấp thiết bị làm mát mạnh 21 bao gồm phương tiện cấp nước và thiết bị điều khiển cấp nước 19 bằng cách đó có thể bật và tắt nước làm mát và lượng nước làm mát có thể được kiểm soát cho từng phần.

Mặc dù số lượng các phần, n, được xác định trước tùy thuộc vào thiết bị, phần nào trong số n phần dùng làm phần làm mát bằng nước mạnh hoặc phần không được làm mát có thể được thiết lập phù hợp bởi thiết bị kiểm soát cung cấp nước 19.

Tùy thuộc vào kích thước của thiết bị, vùng nằm ngang 17 có thể bao gồm gần 100 trục lăn được bố trí theo các khoảng xác định trước theo hướng đúc. Các vòi phun xả nước làm mát được bố trí giữa các trục lăn. Nhiều vòi phun được bố trí theo hướng chiều rộng của phôi đúc ở mỗi vùng giữa các trục lăn.

Trong thiết bị làm mát mạnh 21 theo phương án sáng chế, vùng nằm ngang 17 được chia thành n phần bằng cách chia các vòi phun thành các nhóm, mỗi nhóm bao

gồm các vòi phun được bố trí giữa các trục lần (ví dụ, mười trục lần) được bố trí theo hướng đúc.

Do đó, ở mỗi phần, nước làm mát có thể được xả ra khỏi nhóm vòi phun với tốc độ dòng chảy lớn để nhanh chóng thay đổi trạng thái sôi của nước làm mát sang trạng thái sôi bong bóng ổn định.

Trong mỗi phần, các vòi phun và đường ống được sử dụng, chẳng hạn, có thể thay đổi để nước làm mát có thể được xả ra không chỉ ở tốc độ dòng chảy cao mà còn ở tốc độ dòng chảy thấp.

Vòi phun được sử dụng ở đây không giới hạn ở dạng phun nước lỏng và thay vào đó có thể là vòi phun sương hỗn hợp chất lỏng nước và không khí miễn là có thể đạt mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian như mô tả bên dưới.

Theo phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo phương án hiện tại, phôi đúc 5 được đúc bằng máy đúc liên tục 1 được mô tả ở trên được làm mát bằng cách phun nước làm mát lên phôi đúc 5 trong vùng làm mát thứ cấp 7 bao gồm vùng thẳng đứng 9, phần uốn 11, vùng cong 13, phần duỗi thẳng 15 và vùng nằm ngang 17. Phôi đúc 5 được đông cứng hoàn toàn trong phần kéo dài đến phần cuối vùng nằm ngang. Phần đầu vào của vùng nằm ngang 17 theo hướng đúc được thiết lập để đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó phôi đúc 5 được làm mát bằng cách phun nước làm mát trong các điều kiện sao cho nước làm mát được phun ra ở trạng thái sôi bong bóng trên bề mặt của phôi đúc. Ngoài ra, phần của vùng nằm ngang 17 nằm ở phía đầu ra của phần làm mát bằng nước mạnh theo hướng đúc và kéo dài đến cuối vùng nằm ngang được thiết lập để đóng vai trò là phần không được làm mát bằng nước trong đó việc phun nước làm mát bị dừng.

Nhiệt độ bề mặt của phôi đúc được tăng lên theo hướng đúc trong vùng từ cuối phần làm mát bằng nước mạnh đến cuối vùng nằm ngang, và nhiệt độ bề mặt của phôi đúc nằm trong phạm vi xác định trước ở cuối vùng nằm ngang.

Fig.2 minh họa kết quả phân tích số để tái tạo lịch sử nhiệt độ của bề mặt phôi đúc được sản xuất bằng cách sử dụng máy đúc liên tục 1 được mô tả ở trên. Trong Fig.2, đường liền nét, đường nét đứt và đường chuỗi một chấm thể hiện lịch sử nhiệt độ ở tâm bề mặt của phôi đúc theo hướng chiều rộng, các phần góc của phôi đúc (các phần góc),

và tâm của mặt cắt ngang của phôi đúc tương ứng. Đường nét đứt mảnh thể hiện nhiệt độ tối thiểu có thể thực hiện cắt. Ngoài ra, trong Fig.2, vị trí hoàn thành đông cứng được ký hiệu là A', và phần cuối của máy đúc liên tục được ký hiệu là B. Fig.2 cũng thể hiện vị trí hoàn thành đông cứng A theo tình trạng kỹ thuật đã biết được minh họa trong Fig.4.

Phôi đúc 5 được làm mát theo cách tương tự như trong công nghệ của tình trạng kỹ thuật đã biết cho đến khi phôi đúc 5 chuyển động từ vị trí ngay bên dưới khuôn 3 đi qua phần duỗi thẳng 15, sao cho nhiệt độ bề mặt của phôi đúc 5 ở phần duỗi thẳng 15 cao hơn khoảng nhiệt độ giòn 25.

Khi phôi đúc đi vào vùng nằm ngang 17 và bắt đầu làm mát bằng thiết bị làm mát mạnh 21, những vòi phun nước vào vùng đầu tiên giữa các trục lăn trong vùng nằm ngang 17 và vòi phun nước xuống phía đầu ra của nó theo hướng đúc theo vùng nằm ngang 17 xả nước với tốc độ dòng chảy lớn để đạt được trạng thái sôi bong bóng đồng nhất theo hướng chiều rộng. Kết quả là, nhiệt độ tại tâm của phôi đúc theo hướng chiều rộng và ở các phần góc của phôi đúc đồng thời giảm xuống nhiệt độ gần với nhiệt độ nước và được ổn định.

Sau đó, làm mát mạnh được tiếp tục để trạng thái sôi bong bóng được duy trì. Sau khi phôi đúc đông cứng hoàn toàn tại điểm A', nhiệt độ bên trong của nó bắt đầu giảm xuống. Không nhất thiết phải thực hiện làm mát sau khi bên trong đã đông cứng hoàn toàn hoặc khi bên trong chưa đông cứng hoàn toàn nhưng nhiệt độ đủ thấp và chắc chắn rằng quá trình đông cứng sẽ được hoàn thành trước khi phôi đúc tiến đến cuối lò đúc. Do đó, quá trình phun được dừng lại trong các vùng bao gồm $i+1$ phần là phần thứ $n-i$ đến thứ n (i là số nguyên, $0 \leq i < n-1$) sao cho nhiệt được phục hồi trên bề mặt của phôi đúc sau điểm C. Kết quả là, nhiệt độ của các phần góc của phôi đúc đạt hoặc vượt quá nhiệt độ có thể thực hiện cắt tại điểm B và phôi đúc có thể được cắt mà không gặp bất kỳ vấn đề gì.

Nói chung, nhiệt độ của phôi đúc 5 thường được kiểm soát để đáp ứng với sự thay đổi của tốc độ đúc bằng cách thay đổi tốc độ dòng chảy của nước làm mát. Tuy nhiên, khi nhiệt độ được giảm đến nhiệt độ gần bằng nhiệt độ phòng bằng cách thực hiện làm mát mạnh để đảm bảo đủ độ ổn định của quá trình làm mát như trong sáng chế, thì tốc độ dòng chảy không thể được kiểm soát vì sự sôi bong bóng vẫn được duy trì. Theo đó,

như đã mô tả ở trên, cần dừng làm mát ở một số phần làm mát để điều chỉnh thời gian làm mát và kiểm soát nhiệt độ khi quá trình làm mát kết thúc.

Theo sáng chế, làm mát mạnh được thực hiện trong vùng nằm ngang 17. Do đó, khi tốc độ đúc giống như trong tình trạng kỹ thuật đã biết, vị trí hoàn thành đông cứng A' nằm ở phía đầu vào của vị trí A theo tình trạng kỹ thuật đã biết trong máy đúc liên tục 1. Theo đó, tốc độ đúc có thể được tăng lên từ tình trạng kỹ thuật đã biết, khi tăng tốc độ đúc, thời gian phôi đúc đi qua vùng làm mát giảm, và thời gian làm mát được rút ngắn lại. Theo đó, số lượng $i+1$ của các phần không được làm mát bằng nước có quá trình làm mát bị dừng lại có thể được giảm xuống để tăng chiều dài của phần của vùng làm mát trong đó quá trình làm mát được thực hiện để quá trình đông cứng được hoàn thành một cách đáng tin cậy trong máy đúc liên tục 1.

Khi bắt đầu hoặc kết thúc quá trình đúc, tốc độ đúc bị giảm. Trong trường hợp này, số lượng $i+1$ của các phần không được làm mát bằng nước có thể được tăng lên để nhiệt độ của các phần góc của phôi đúc không giảm xuống dưới nhiệt độ có thể thực hiện cắt do giảm nhiệt độ chung của phôi đúc 5.

Về các điều kiện phun của nước làm mát (mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian) theo sáng chế, các điều kiện trong đó sự sôi bong bóng đạt được trên toàn bộ diện tích theo hướng chiều rộng trong thời gian ngắn bất kể điều kiện sản xuất, chẳng hạn như sự thay đổi trong tốc độ đúc và loại thép, hoặc điều kiện thiết bị, chẳng hạn như khoảng cách sắp xếp giữa các lần phun, đã được nghiên cứu. Kết quả là, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian cần phải từ $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ (min có nghĩa là phút được coi như một đơn vị thời gian) hoặc hơn nữa. Mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian là giá trị được tính bằng cách lấy tốc độ dòng chảy của nước làm mát (L / phút) trong phần làm mát chia cho diện tích (m^2) của phần làm mát.

Khi mật độ dòng trên mỗi đơn vị thời gian nhỏ hơn hoặc bằng giá trị nêu trên, trạng thái sôi bong bóng ổn định không thể đạt được khi làm nguội phôi đúc 5 ở nhiệt độ cao và thời gian sôi bong bóng đạt được rất khác nhau giữa các vị trí mà tại đó nhiệt độ giảm lớn (ví dụ, các phần góc của phôi đúc) và các vị trí tại đó giảm nhiệt độ là nhỏ (ví dụ, tâm của phôi đúc theo hướng chiều rộng). Kết quả là, nhiệt độ thay đổi đáng kể theo hướng chiều rộng.

Tùy thuộc vào bố trí thiết bị hoặc loại thép, nhiệt được phục hồi rất nhiều ở các vùng mà nước làm mát không được xả trực tiếp từ các vòi phun nước (ví dụ, các vùng tại và xung quanh vị trí ngay bên dưới các trục lăn định hướng), và có khả năng trạng thái sôi bong bóng ổn định không thể đạt được. Điều này có thể gây ra sự thay đổi nhiệt độ lớn. Sự thay đổi nhiệt độ như vậy có thể dẫn đến biến dạng của phôi đúc 5 và các khuyết tật như vết nứt.

Khi đạt sự sôi bong bóng đạt được, phôi đúc được làm mát chủ yếu bằng cách đun sôi, và sự phụ thuộc của khả năng làm mát vào mật độ dòng trên mỗi đơn vị thời gian được giảm xuống. Theo đó, khi mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian tăng lên vượt quá $2000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$, thì công suất làm mát không thể tăng lên đáng kể. Ngoài ra, tổng lượng nước làm mát được sử dụng trở nên quá mức, và vốn đầu tư vào thiết bị xử lý nước bị tăng lên. Do đó, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian trong phần làm mát bằng nước mạnh là thích hợp trong khoảng $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và $2000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc nhỏ hơn.

Khi phôi đúc 5 đi vào phần làm mát bằng nước mạnh được mô tả ở trên và nhiệt độ bề mặt của phôi đúc được giảm xuống do sôi bong bóng, trạng thái sôi bong bóng có thể được duy trì một cách đáng tin cậy ngay cả khi tốc độ dòng chảy không cao đến $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn.

Do đó, khi có giới hạn về tổng lượng nước làm mát có thể được sử dụng trong máy đúc liên tục 1, các phần từ thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j \leq n-i-1$) của các phần làm mát bằng nước mạnh có thể được cài đặt để làm vùng tốc độ dòng chảy cao, trong đó mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian lớn hơn hoặc bằng $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ và phần thứ $j+1$ đến thứ $n-i-1$ còn lại có thể được đặt làm vùng tốc độ dòng chảy thấp, trong đó mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian thấp bằng $50 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và nhỏ hơn $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ bởi vì chỉ cần duy trì sự sôi bong bóng. Số j của các phần được đặt làm vùng tốc độ dòng chảy cao có thể là bất kỳ số nào phù hợp với điều kiện sản xuất, chẳng hạn như loại thép và độ dày của phôi đúc.

Phạm vi nhiệt độ trong đó các đặc tính cần đạt yêu cầu có thể được đảm bảo trong máy cắt khí ở lõi ra của máy đúc liên tục cũng đã được nghiên cứu. Kết quả là người ta thấy rằng nhiệt độ góc của phôi đúc cần được kiểm soát ở vị trí ngay trước máy cắt là

350 °C hoặc cao hơn. Do đó, nhiệt độ bề mặt của phôi đúc ở phần cuối của vùng nằm ngang 17 tốt hơn là 350 °C hoặc cao hơn tại vị trí mà nhiệt độ bề mặt là nhỏ nhất theo hướng chiều rộng của phôi đúc.

Như được mô tả ở trên, theo phương án hiện tại, thiết bị làm mát mạnh 21 chia vùng nằm ngang 17 của vùng làm mát thứ cấp 7 thành nhiều phần sao cho phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó phần làm mát được thực hiện trong khi trạng thái sôi có bóng là được duy trì, và phần không được làm mát, nằm ở phía đầu ra của phần làm mát bằng nước mạnh theo hướng đúc và trong đó việc phun nước làm mát bị dừng, được cung cấp. Những phạm vi của các phần này có thể thay đổi tùy thuộc vào các điều kiện như tốc độ đúc. Do đó, nhiệt độ tại thời điểm kết thúc quá trình đúc có thể được kiểm soát mà không gây ra sự phân bố nhiệt độ không đồng đều đáng kể trên bề mặt.

Theo đó, phôi đúc 5 có thể được sản xuất với tốc độ cao trong khi chất lượng cao bề mặt của nó được duy trì và có thể được cắt mà không gặp bất kỳ vấn đề gì ngay cả khi điều kiện đúc thay đổi. Do đó, có thể sản xuất ổn định phôi đúc 5 chất lượng cao trong khi vẫn duy trì năng suất cao của phôi đúc 5.

Phần không được làm mát nằm ở phía đầu ra của phần làm mát bằng nước mạnh theo hướng đúc là phần trong đó việc phun nước làm mát được dừng lại để ngừng làm mát chủ động cho phôi đúc. Không cần phải nói, phần không được làm mát bao gồm phần trong đó nước làm mát được tạo ra để rơi xuống bề mặt của phôi đúc mà không có mục đích là làm mát phôi đúc miễn là phun nước làm mát để chủ động làm mát phôi đúc được dừng lại như mô tả ở trên. Ví dụ, phần không được làm mát bao gồm phần trong đó chất lỏng còn lại trong các đường ống rơi xuống bề mặt của phôi đúc hoặc trong đó một lượng nước rất nhỏ được cung cấp để ngăn chặn sự tắc nghẽn của các vòi phun.

Trong phần không được làm mát, ngoài việc ngừng phun nước làm mát, nhiệt độ của các phần góc của phôi đúc, mà tại đó nhiệt độ bề mặt của phôi đúc dễ dàng giảm xuống, có thể được duy trì hoặc tăng lên bằng cách sử dụng phương tiện phụ trợ, chẳng hạn như nắp giữ nhiệt hoặc một bộ gia nhiệt cạnh viền.

Khi mật độ dòng định trước trên mỗi đơn vị thời gian không thể đạt được vì lý do nào đó, chẳng hạn như sự bất thường trong thiết bị do rò rỉ từ đường ống và khi không thể nhanh chóng đạt được trạng thái sôi bong bóng sau khi phôi đúc đi vào phần làm

mát bằng nước mạnh, cần đạt được và duy trì trạng thái sôi bong bóng một cách đáng tin cậy bằng cách tăng tốc độ dòng chảy trong khi theo dõi trạng thái sôi.

Khi nước làm mát tiếp xúc với bề mặt của phôi đúc được đun sôi, nước làm mát bị hóa hơi và biến thành hơi nước, mà ngưng tụ thành dòng có thể quan sát được (khối nước) trong không khí. Ở trạng thái sôi bong bóng, nước làm mát tiếp xúc với bề mặt phôi đúc tạo thành bọt khí và tạo ra một lượng lớn hơi nước và một lượng lớn khối nước. Ngược lại, ở trạng thái sôi màng, nước làm mát sôi tạo ra ít bọt hơn, và lượng hơi nước và khối nước được tạo ra sẽ giảm đi. Theo đó, một camera được lắp đặt trong mỗi phần, và lượng khối nước tạo ra được theo dõi trực quan hoặc đo bằng máy đo chuyển động. Thực nghiệm xác định trước ngưỡng phân định của lượng khối nước sinh ra giữa sự sôi bong bóng và sự sôi màng, và liệu trạng thái sôi bong bóng có đạt được trong phần nhất định hay không bằng cách kiểm tra xem lượng khối nước được tạo ra có vượt quá ngưỡng hay không. Khi không đạt được trạng thái sôi bong bóng, tốc độ dòng chảy của nước làm mát tăng lên. Do đó, trạng thái sôi bong bóng có thể đạt được và duy trì một cách đáng tin cậy.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phôi đúc 5 được sản xuất bằng cách sử dụng máy đúc liên tục 1 (Fig.1) theo phương án được mô tả ở trên, và các hiệu quả của sáng chế đã được xác minh. Điều này sẽ được mô tả kỹ hơn bên dưới.

Trong các ví dụ này, vùng nằm ngang 17 được chia thành mười hai phần ($n = 12$), và việc có thực hiện phun hay không và tốc độ dòng chảy phun được kiểm soát cho từng phần. Chiều dài của máy đúc liên tục 1 là 45m, và nhiệt kế để đo sự phân bố nhiệt độ trên bề mặt của phôi đúc và máy cắt khí 23 được cung cấp ở phần cuối của lò đúc.

Phôi đúc 5 được sản xuất trong các điều kiện sản xuất khác nhau, ví dụ, mật độ dòng chảy khác nhau trên mỗi đơn vị thời gian ($L/(m^2 \cdot min)$) trong vùng nằm ngang, tốc độ đúc và độ dày phôi đúc. Sự phân bố nhiệt độ không đồng đều trong quá trình làm mát, vị trí hoàn thành đông cứng được ước tính trong lò đúc, nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt, và chất lượng bề mặt sau khi quá trình đúc được đánh giá.

Các điều kiện sản xuất và kết quả đánh giá được thể hiện trong Bảng 1 dưới đây. Trong Bảng 1, các ví dụ từ 1 đến 7 nằm trong phạm vi của sáng chế và các ví dụ so sánh

từ 1 đến 8 năm ngoài phạm vi của sáng chế.

Vị trí hoàn thành đồng cứng đã được ước tính trước bằng phân tích số. Trong một số ví dụ so sánh, không có phôi đúc nào thực sự được sản xuất vì có nguy cơ vị trí hoàn thành đồng cứng sẽ không nằm bên trong máy đúc liên tục 1 theo kết quả ước tính sơ bộ.

Bảng 1

	Chiều dày phôi [mm]	Tốc độ đúc [m/phút]	Mật độ dòng chảy trong vùng nằm ngang [L/(m ² ·min)]												Sự phân bố nhiệt độ không đồng đều	Vị trí hoàn thành đông cứng được ước tính [m]	Nhiệt độ góc trong quá trình cắt [°C]	Chất lượng bên trong/bề mặt	Ghi chú
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Ví dụ so sánh 1	235	1,0	<						10					>	Không	36	580	Tốt	Tình trạng kỹ thuật đã biết
Ví dụ so sánh 2	235	2,5	<						10					>	-	Bên ngoài	-	-	Chỉ ước tính
Ví dụ so sánh 3	235	2,5	<						500					>	Không	38	320	Kém	Cắt hồng
Ví dụ so sánh 4	235	2,2	<						400			>	<-0->		Lớn	40	440	Kém	
Ví dụ so sánh 5	235	2,5	500	<					40				>	0	Lớn	43	490	Kém	
Ví dụ so sánh 6	235	2,5	400	<					50			>	<-0->		Lớn	40	480	Kém	
Ví dụ so sánh 7	260	0,8	<						10					>	Không	38	550	Tốt	
Ví dụ so sánh 8	200	2,0	<						10					>	Không	39	600	Tốt	
Ví dụ 1	235	2,5	<					500			>	<-0		>	Không	38	420	Tốt	
Ví dụ 2	235	3,5	<					2000				>	<-0->		Không	40	350	Tốt	
Ví dụ 3	235	2,5	500	<					50					>	Không	43	430	Tốt	
Ví dụ 4	235	3,5	2000	1000	500	<100	>	<-50				>	<-0->		Không	40	370	Tốt	
Ví dụ 5	235	2,0	<				500			>	<-0			>	Không	35	460	Tốt	Ví dụ 1 → đã giảm tốc
Ví dụ 6	260	2,5	<					500					>	0	Không	42	440	Tốt	Dày
Ví dụ 7	200	3,0	<				500			>	<-0			>	Không	37	430	Tốt	Mỏng

Kết quả hiển thị trong Bảng 1 bây giờ sẽ được thảo luận cho từng nhóm của ví dụ so sánh và các ví dụ có liên quan với nhau.

Các ví dụ so sánh 1 và 2 và các ví dụ 1 và 2

Trong các ví dụ so sánh 1 và 2 và các ví dụ 1 và 2, phôi đúc 5 có độ dày 235 mm được sản xuất bằng cách sử dụng công nghệ của tình trạng kỹ thuật đã biết và sáng chế.

Trong ví dụ so sánh 1, phôi đúc được sản xuất trong điều kiện làm mát theo tình trạng kỹ thuật đã biết (mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian là $10 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$) và không có vùng dừng làm mát được đề xuất). Trong ví dụ này, sự sôi màng ổn định được duy trì liên tục trên bề mặt. Do đó, không xảy ra sự phân bố nhiệt độ không đồng đều và không có vấn đề trong quá trình kiểm tra bề mặt của phôi đúc sau khi sản xuất. Nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt là 580°C và việc cắt được thực hiện mà không gặp bất kỳ vấn đề gì.

Tuy nhiên, tốc độ đúc bị giới hạn ở mức tối đa là 1,0 m/phút để vị trí hoàn thành đông cứng (ước tính ở vị trí 36m) nằm bên trong lò đúc.

Theo đó, trong ví dụ so sánh 2, trường hợp trong đó tốc độ đúc được tăng lên 2,5 m/phút để tăng năng suất đã được nghiên cứu. Không có phôi đúc nào thực sự được sản xuất vì vị trí hoàn thành đông cứng ước tính được tính toán bên ngoài lò đúc trong những điều kiện như vậy. Như vậy, theo tình trạng kỹ thuật đã biết, mặc dù phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt được đảm bảo đạt yêu cầu được sản xuất, tốc độ đúc là bị giới hạn.

Ngược lại, trong ví dụ 1, công nghệ của sáng chế đã được áp dụng để mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ để thực hiện làm mát mạnh ở phần từ 1 đến 9 và nước làm mát bị dừng để điều chỉnh nhiệt độ bề mặt bằng cách phục hồi nhiệt trong phần 10 đến 12. Quá trình đúc được thực hiện với tốc độ đúc tăng lên 2,5 m/phút. Kết quả là, trạng thái sôi bong bóng đạt được đồng nhất theo hướng chiều rộng bằng cách làm mát mạnh và không xảy ra sự phân bố nhiệt độ không đồng đều. Vị trí vị trí hoàn thành đông cứng là 38m và là vừa đủ bên trong lò đúc, và do đó phôi đúc thực sự đã được sản xuất. Kết quả là, nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt là 420°C , thấp hơn nhiệt độ trong ví dụ so sánh 1 nhưng nằm trong phạm vi có thể thực hiện cắt. Theo đó, việc cắt đã được thực hiện mà không gặp bất kỳ sự cố nào. Bề mặt của phôi đúc đã được kiểm tra sau khi sản xuất và không có vết nứt nào được tìm

thấy. Do đó, có thể sản xuất một cách hiệu quả phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt đạt yêu cầu mà không gặp bất kỳ vấn đề gì.

Trong ví dụ 2, công nghệ của sáng chế đã được áp dụng để mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành $2000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ để thực hiện làm mát mạnh trong vùng 1 đến vùng 10 và nước làm mát bị dừng lại ở khu vực của phần 11 và 12. Trong trường hợp này, có thể tăng thêm tốc độ đúc lên 3,5 m/phút và sản xuất hiệu quả phôi đúc chất lượng cao 5 mà không gặp bất kỳ sự cố nào trong quá trình cắt hoặc bất kỳ vấn đề nào về chất lượng bề mặt.

Ví dụ so sánh 3 và 4

Trong ví dụ so sánh 3 và 4, các điều kiện làm mát trong các phần làm mát bằng nước mạnh đã được thay đổi so với các điều kiện trong ví dụ 1. Trong ví dụ so sánh 3, không có vùng dừng làm mát nào được đề xuất và mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ để thực hiện làm mát mạnh trong tất cả các phần. Trong trường hợp này, không có sự phân bố nhiệt độ không đồng đều xảy ra do làm mát, và vị trí hoàn thành đông cứng là ở bên trong lò đúc. Tuy nhiên, vì quá trình làm mát mạnh được thực hiện trong một thời gian dài và quá trình phục hồi nhiệt không đủ ở cuối lò đúc, nên nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt giảm xuống còn 320°C . Do đó, việc giảm tốc độ đúc khẩn cấp là cần thiết vì phải mất nhiều thời gian để cắt phôi đúc và có nguy cơ không thể hoàn thành việc cắt trong phạm vi hoạt động của máy cắt khí 23. Ngoài ra, sự thay đổi đáng kể về tốc độ đúc đã làm giảm chất lượng bề mặt và chất lượng bên trong của phôi đúc 5 đang được sản xuất.

Trong ví dụ so sánh 4, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành $400 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ trong phần 1 đến phần 10 và nước làm mát bị dừng ở phần 11 và 12. Kết quả là, trong các phần làm mát bằng nước mạnh, không có trạng thái sôi bong bóng ổn định nào không đạt được trên phôi đúc tại một số vị trí theo hướng chiều rộng với tốc độ dòng chảy được mô tả ở trên. Sự sôi bong bóng đạt được đầu tiên ở các phần góc của phôi đúc, tại đó nhiệt độ giảm lớn xảy ra và sự chênh lệch nhiệt độ đáng kể xảy ra theo hướng chiều rộng. Do đó, các vết nứt bề mặt và các vết nứt bên trong đã được hình thành trong phôi đúc, và chất lượng của phôi đúc 5 bị suy giảm.

Ví dụ 3 và 4 và ví dụ so sánh 5 và 6.

Trong ví dụ 3 và 4 và ví dụ so sánh 5 và 6, các điều kiện đã được thay đổi so với những điều kiện trong ví dụ 1 sao cho chỉ phần thứ nhất của các phần làm mát bằng nước mạnh được đặt làm vùng tốc độ dòng chảy cao và tốc độ dòng chảy đã được giảm bớt trong phần thứ 2 và các phần theo sau.

Trong ví dụ 3, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành 500 L/(m²·min) trong phần đầu tiên đóng vai trò là phần tốc độ dòng chảy cao và thành L/(m²·min) trong phần thứ 2 đến phần thứ 11. Đến phần thứ 12 thì nước làm mát được dừng lại. Trong trường hợp này, trạng thái sôi bong bóng đạt được bằng cách làm lạnh ở phần thứ nhất của các phần làm mát bằng nước mạnh, và được duy trì mà không gây ra sự phục hồi nhiệt trong các phần theo sau. Kết quả là, việc làm mát không đồng đều đã không xảy ra theo hướng chiều rộng. Vị trí hoàn thành đông cứng là 43m, nằm bên trong lò đúc. Nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt là 430 °C và việc cắt được thực hiện mà không gặp bất kỳ vấn đề gì. Bề mặt của phôi đúc đã được kiểm tra sau khi sản xuất và không có vết nứt nào được tìm thấy. Như vậy có thể chế tạo được phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt đạt yêu cầu.

Trong ví dụ 4, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian đã được giảm từng bước trong các phần làm mát bằng nước mạnh. Cụ thể, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành 2000 L/(m²·min) trong phần thứ nhất, 1000 L/(m²·min) trong phần thứ hai, 500 L/(m²·min) trong phần thứ ba, 100 L/(m²·min) ở phần thứ 4 và thứ 5, và 50 L/(m²·min) ở phần thứ 6 đến phần thứ 10. Nước làm mát đã được dừng ở phần 11 và 12. Trong trường hợp này, trạng thái sôi bong bóng đạt được bằng cách làm lạnh ở phần thứ nhất của các phần làm mát bằng nước mạnh, và được duy trì mà không gây ra sự phục hồi nhiệt trong các phần sau. Kết quả là, việc làm mát không đồng đều đã không xảy ra theo hướng chiều rộng. vị trí hoàn thành đông cứng là 4 m, và ở bên trong lò đúc. Nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt là 370 °C và việc cắt được thực hiện mà không gặp bất kỳ vấn đề gì. Bề mặt của phôi đúc đã được kiểm tra sau khi sản xuất và không có vết nứt nào được tìm thấy. Như vậy có thể chế tạo được phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt đạt yêu cầu.

Trong ví dụ so sánh 5, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành 40 L/(m²·min) ở những vùng sau của phần làm mát bằng nước mạnh đóng vai trò là

vùng tốc độ dòng chảy thấp. Kết quả là, sự sôi bong bóng không được duy trì và nhiệt độ được tăng lên tại tâm của phôi đúc theo chiều rộng nơi xảy ra sự phục hồi nhiệt lớn, và sự phân bố nhiệt độ không đồng đều đáng kể xảy ra theo hướng chiều rộng. Mặc dù vị trí hoàn thành đông cứng ở bên trong lò đúc, nhưng phôi đúc đã bị biến dạng do sự phân bố nhiệt độ không đồng đều theo hướng chiều rộng, và các vết nứt bị hình thành trên bề mặt.

Trong ví dụ so sánh 6, mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian được đặt thành 400 L/(m²·min) ở phần đầu tiên trong số các phần làm mát bằng nước mạnh đóng vai trò là vùng tốc độ dòng chảy cao. Kết quả là, trạng thái sôi bong bóng không nhanh chóng đạt được khi phôi đúc 5 đi vào phần làm mát bằng nước mạnh, và trạng thái sôi bong bóng và trạng thái sôi màng đều xuất hiện theo hướng chiều rộng. Do đó, nhiệt độ bề mặt là không đồng đều đáng kể, và các vết nứt bề mặt được hình thành. Ngoài ra, do làm mát không đều nên vị trí hoàn thành đông cứng không đồng đều, chất lượng bên trong bị suy giảm.

Ví dụ 5

Ví dụ 5 là ví dụ trong đó tốc độ đúc cần được giảm xuống đáng kể, ví dụ, khi bắt đầu và kết thúc quá trình đúc trong ví dụ 1. Trong trường hợp này, tốc độ đúc giảm xuống còn 2,0 m/phút và làm mát mạnh được thực hiện trong thời gian dài hơn. Theo đó, các phần không làm mát bằng nước được tăng lên từ phần 8 đến phần 12. Kết quả là không xảy ra hiện tượng làm mát không đồng đều và vị trí hoàn thành đông cứng là 35 m. Nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt là 460 °C và nằm trong phạm vi có thể thực hiện cắt. Bề mặt của phôi đúc đã được kiểm tra sau khi sản xuất và không có vết nứt nào được tìm thấy. Do đó, có thể chế tạo phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt đạt yêu cầu mà không có vấn đề gì ngay cả khi tốc độ đúc thay đổi lớn.

Ví dụ so sánh 7, 8 và ví dụ 6, 7

Trong ví dụ so sánh 7 và ví dụ 6 và trong ví dụ so sánh 8 và ví dụ 7, độ dày của phôi đúc được thay đổi tương ứng thành 260mm và 200mm riêng biệt. Trong ví dụ so sánh 7 và 8, độ dày của phôi đúc được thay đổi tương ứng thành 260mm và 200mm, trong các điều kiện làm mát theo tình trạng kỹ thuật đã biết tương tự như trong ví dụ so sánh 1.

Trong ví dụ so sánh 7, độ dày của phôi đúc là 260 mm. Vì độ dày của phôi đúc lớn hơn trong ví dụ so sánh 1 và nhiệt độ giảm xuống tương ứng, tốc độ đúc được giảm xuống còn 0,8 m/phút để vị trí hoàn thành đông cứng nằm bên trong lò đúc. Trong ví dụ so sánh 8, độ dày của phôi đúc là 200 mm. Để ngăn chặn sự giảm nhiệt độ không cần thiết sau khi hoàn thành quá trình đông cứng của phần trung tâm do giảm độ dày phôi đúc so với trong ví dụ so sánh 1, tốc độ đúc đã được tăng lên 2,0 m/phút.

Trong ví dụ 6, độ dày của phôi đúc là 260 mm. Vì chiều dày phôi đúc lớn hơn trong ví dụ 1 và nhiệt độ giảm tương ứng, nên các phần làm mát bằng nước mạnh được tăng lên từ phần 1 đến phần 11 mà không làm thay đổi tốc độ đúc. Mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian trong các phần làm mát bằng nước mạnh giống như trong ví dụ 1. Kết quả là không xảy ra hiện tượng làm mát không đồng đều và vị trí hoàn thành đông cứng là 42 m. Nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt là 440 °C và nằm trong phạm vi có thể thực hiện cắt. Bề mặt của phôi đúc đã được kiểm tra sau khi sản xuất và không có vết nứt nào được tìm thấy. Do đó, ngay cả khi chiều dày vật đúc được tăng, có thể chế tạo phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt đạt yêu cầu mà không có vấn đề gì trong khi tốc độ đúc cao vẫn được duy trì.

Trong ví dụ 7, độ dày của phôi đúc là 200 mm. Vì độ dày của phôi đúc nhỏ hơn trong ví dụ 1 và nhiệt độ giảm tương ứng được tăng lên, tốc độ đúc được tăng lên 3,0 m/phút. Mật độ dòng chảy trên mỗi đơn vị thời gian trong các phần làm mát bằng nước mạnh giống như trong ví dụ 1 và các phần không làm mát bằng nước được tăng lên ở phần 9 đến phần 12. Kết quả là không xảy ra hiện tượng làm mát không đồng đều và vị trí hoàn thành đông cứng là 37m. Nhiệt độ góc của phôi đúc trong quá trình cắt là 430 °C và nằm trong phạm vi có thể thực hiện cắt. Bề mặt của phôi đúc đã được kiểm tra sau khi sản xuất và không có vết nứt nào được tìm thấy. Do đó, ngay cả khi chiều dày vật đúc được giảm, có thể chế tạo phôi đúc 5 với chất lượng bề mặt đạt yêu cầu mà không có vấn đề gì và không làm giảm đáng kể tốc độ đúc.

Do đó, theo công nghệ của sáng chế, không cần thiết phải thay đổi nhiều tốc độ đúc như trong tình trạng kỹ thuật đã biết ngay cả khi chiều dày của phôi đúc thay đổi, và sản phẩm ổn định và hiệu quả của phôi đúc 5 chất lượng cao có thể được nhận ra.

Như đã mô tả ở trên, phần đầu vào của vùng nằm ngang 17 theo hướng đúc được

thiết lập để đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó phôi đúc 5 được làm mát bằng cách phun nước làm mát trong các điều kiện sao cho nước làm mát phun ra trong trạng thái sôi bong bóng ở tất cả các vị trí theo hướng chiều rộng trên bề mặt của phôi đúc. Ngoài ra, một phần của vùng nằm ngang 17 nằm ở phía đầu ra của phần làm mát bằng nước mạnh theo hướng đúc và kéo dài đến cuối vùng nằm ngang được thiết lập để đóng vai trò là phần không được làm mát bằng nước trong đó việc phun nước làm mát bị dừng. Nó đã được xác minh rằng theo cấu hình trên, ngay cả khi điều kiện đúc thay đổi, phôi đúc 5 có thể được sản xuất trong khi nhiệt độ của nó được duy trì ở nhiệt độ cho phép cắt dễ dàng mà không giới hạn tốc độ đúc hoặc chi phí năng lượng bổ sung lớn để làm nóng phôi đúc 5.

Danh sách các dấu hiệu chỉ dẫn

- 1 máy đúc liên tục
- 3 khuôn
- 5 phôi đúc
- 7 vùng làm mát thứ cấp
- 9 vùng thẳng đứng
- 11 phần uốn
- 13 vùng cong
- 15 phần duỗi thẳng
- 17 vùng nằm ngang
- 19 thiết bị kiểm soát cung cấp nước
- 21 dụng cụ làm mát mạnh
- 23 máy cắt khí
- 25 phạm vi nhiệt độ giòn

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục trong đó phôi đúc được làm mát bằng cách phun nước làm mát lên phôi đúc trong vùng làm mát thứ cấp của máy đúc liên tục bao gồm vùng thẳng đứng, phần uốn, vùng cong, phần duỗi thẳng, và vùng nằm ngang được bố trí theo thứ tự đó từ phía đầu vào theo hướng đúc, phôi đúc được đông cứng hoàn toàn trong phần kéo dài đến phần cuối vùng nằm ngang,

trong đó phần đầu vào của vùng nằm ngang theo hướng đúc được thiết lập để đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó phôi đúc được làm mát bằng cách phun nước làm mát trong các điều kiện sao cho nước làm mát được phun ra ở trạng thái sôi bong bóng tại tất cả các vị trí theo hướng chiều rộng trên bề mặt của phôi đúc và một phần của vùng nằm ngang nằm ở phía đầu ra của phần làm mát bằng nước mạnh theo hướng đúc và kéo dài đến phần cuối vùng nằm ngang được thiết lập để đóng vai trò là phần không làm mát bằng nước mà trong đó việc phun nước làm mát được dừng lại, do đó nhiệt độ bề mặt của phôi đúc được tăng lên theo hướng đúc trong vùng từ phần cuối của phần làm mát bằng nước mạnh đến phần cuối vùng nằm ngang và nhiệt độ bề mặt của phôi đúc nằm trong phạm vi xác định trước ở phần cuối vùng nằm ngang.

2. Phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo điểm 1, trong đó vùng nằm ngang được chia thành n phần (n là số nguyên, $3 \leq n$) theo hướng đúc sao cho các phần thứ $n-i$ đến thứ n (i là số nguyên, $0 \leq i < n-1$) mà mỗi phần đóng vai trò là phần không được làm mát bằng nước và các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh, và

trong đó mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian trong các phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i-1$) trong số các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh lớn hơn mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian trong các phần thứ $j+1$ đến thứ $n-i-1$.

3. Phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo điểm 2, trong đó mật độ dòng chảy của nước làm mát trong các phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i$

1) trong số các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh là $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và $2000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc ít hơn (min có nghĩa là phút là đơn vị thời gian), và mật độ dòng chảy của nước làm mát trong các phần $j+1$ đến $n-i-1$ là $50 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và nhỏ hơn $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$.

4. Phương pháp làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó nhiệt độ bề mặt của phôi đúc ở phần cuối vùng nằm ngang là 350°C hoặc lớn hơn tại vị trí có nhiệt độ bề mặt nhỏ nhất theo hướng chiều rộng của phôi đúc.

5. Thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục trong đó phôi đúc được làm mát bằng cách phun nước làm mát lên phôi đúc trong vùng làm mát thứ cấp của máy đúc liên tục bao gồm vùng thẳng đứng, vùng cong và vùng nằm ngang được sắp xếp theo thứ tự đó từ phía đầu vào theo hướng đúc, phôi đúc được đông cứng hoàn toàn trong phần kéo dài đến phần cuối vùng nằm ngang,

trong đó vùng nằm ngang được chia thành n phần (n là số nguyên, $3 \leq n$) theo hướng đúc,

trong đó thiết bị làm mát thứ cấp bao gồm nhiều vòi phun, phương tiện cấp nước, và thiết bị điều khiển cấp nước, nhiều vòi phun được bố trí ở các phần tương ứng của vùng nằm ngang, phương tiện cấp nước và thiết bị điều khiển cấp nước có khả năng điều khiển việc phun và dừng nước làm mát từ nhiều vòi phun và mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian cho từng phần, và

trong đó thiết bị điều khiển cấp nước làm cho các vòi phun phun nước làm mát theo các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ (i là số nguyên, $0 \leq i < n-1$) từ phía đầu vào theo hướng đúc sao cho từ các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh mà trong đó nước làm mát được phun ra ở trạng thái sôi bong bóng ở tất cả các vị trí theo hướng chiều rộng trên bề mặt của phôi đúc, và ngừng phun nước làm mát từ các vòi phun trong các phần thứ $n-i$ đến thứ n (i là số nguyên, $0 \leq i < n-1$) để mỗi phần thứ $n-i$ đến thứ n đóng vai trò là phần không làm mát bằng nước.

6. Thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo điểm 5, trong đó thiết bị điều khiển cấp nước điều khiển việc phun nước làm mát từ các vòi phun sao cho mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian ở các phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i-1$) trong số các phần thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh lớn hơn mật độ dòng chảy của nước làm mát trên mỗi đơn vị thời gian ở các phần thứ $j+1$ đến thứ $n-i-1$.

7. Thiết bị làm mát thứ cấp cho phôi đúc liên tục theo điểm 6, trong đó thiết bị điều khiển cấp nước kiểm soát việc phun nước làm mát từ các vòi phun sao cho mật độ dòng chảy của nước làm mát trong phần thứ 1 đến thứ j (j là số nguyên, $1 \leq j < n-i-1$) trong số các phần từ thứ 1 đến thứ $n-i-1$ mà mỗi phần đóng vai trò là phần làm mát bằng nước mạnh là $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và $2000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc ít hơn (min có nghĩa là phút là đơn vị thời gian), và mật độ dòng chảy của nước làm mát trong các phần thứ $j+1$ đến thứ $n-i-1$ là $50 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ hoặc lớn hơn và nhỏ hơn $500 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$.

1 / 2

Fig. 1

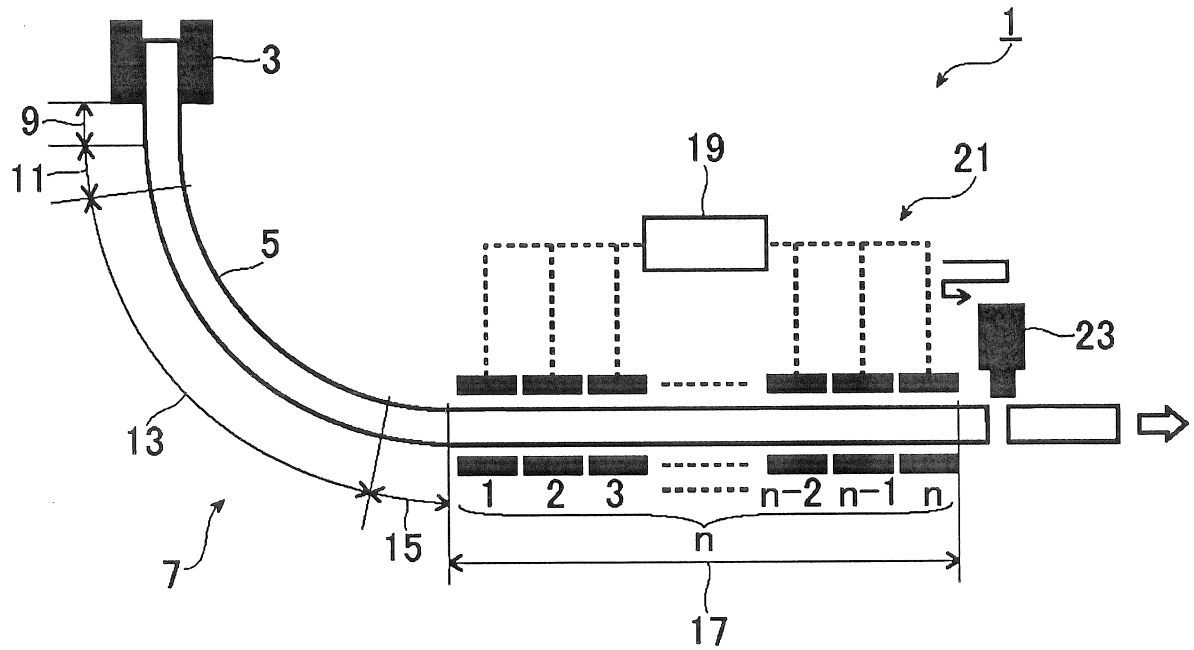
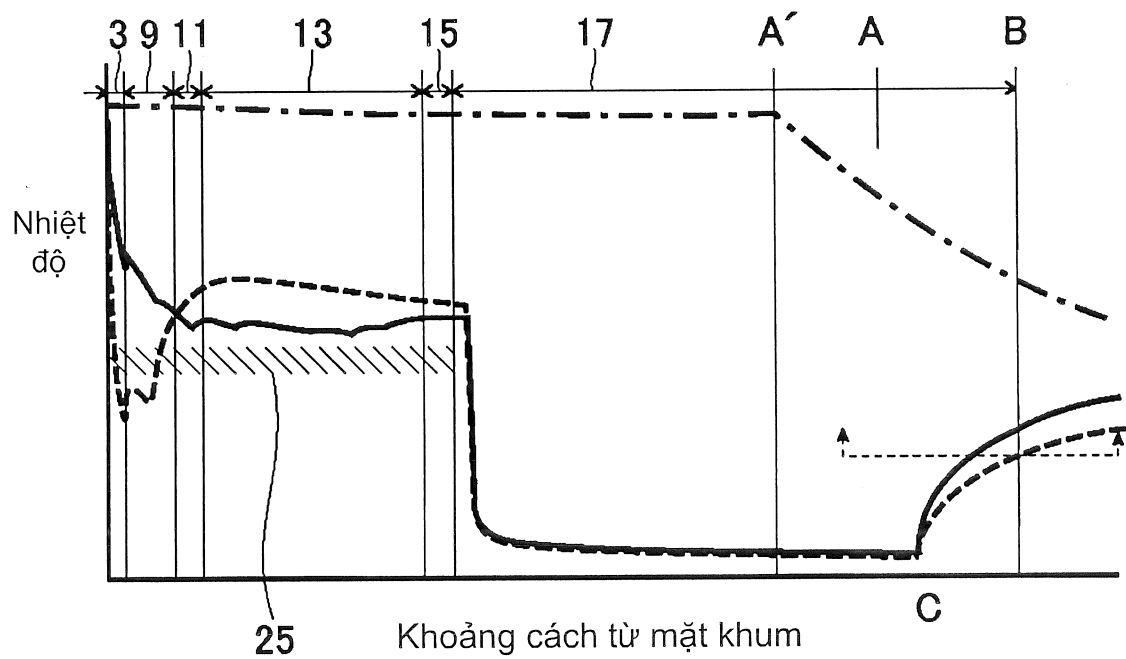


Fig. 2



2/2

Fig. 3

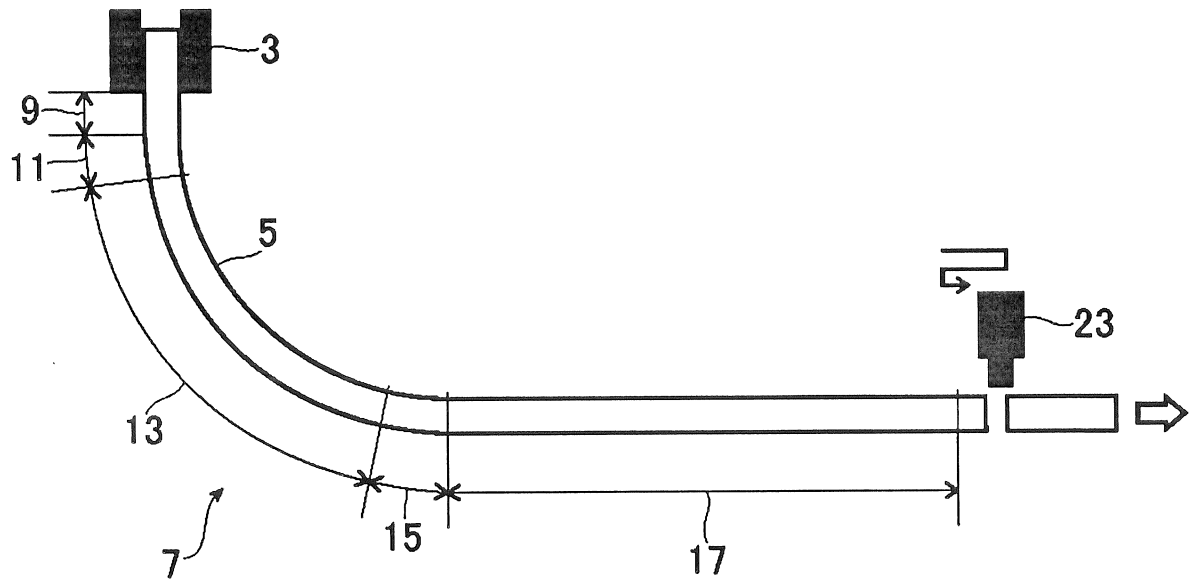


Fig. 4

