



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0048063

(51)^{2022.01} C22C 38/00; C22C 38/04; B22D 11/108; (13) B
B22D 11/16

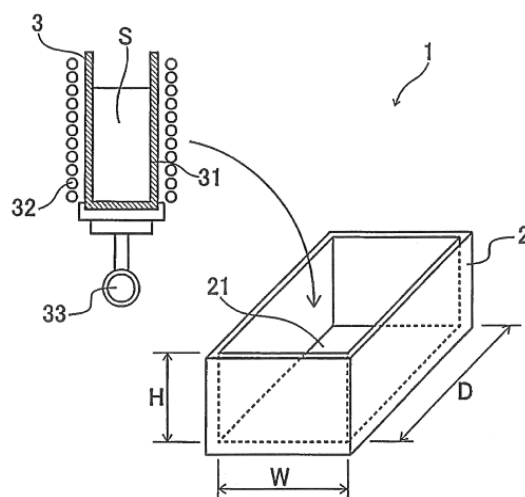
(21) 1-2023-00561 (22) 06/08/2021
(86) PCT/JP2021/029396 06/08/2021 (87) WO 2022/034864 17/02/2022
(30) 2020-136188 12/08/2020 JP
(45) 25/06/2025 447 (43) 25/05/2023 422A
(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan
(72) SAKURAI Yuta (JP); TSUZUMI Kenji (JP); MATSUI Akitoshi (JP); KIKUCHI
Naoki (JP).
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐÚC THÉP LIÊN TỤC

(21) 1-2023-00561

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp đúc thép liên tục. Để nhằm mục đích tăng năng suất trong khi ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc và các vấn đề xảy ra trong quá trình đúc liên tục bằng cách dễ dàng xác định liệu thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục có thuộc mức thép có nguy cơ bị nứt hay không và bằng cách tối ưu hóa các điều kiện vận hành được áp dụng cho quá trình đúc liên tục trên cơ sở của sự xác định này. Phương pháp này bao gồm nạp thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục vào trong thiết bị kiểm tra độ đông đặc và làm mát thép nóng chảy để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm, đo độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm, và thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát chậm, mà thích hợp để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc khi quá trình đúc liên tục được thực hiện trên thép nóng chảy, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt bằng hoặc lớn hơn giá trị ngưỡng được xác định trước và xác định được rằng thép nóng chảy thuộc mức thép mà hiện tượng nứt có xu hướng xảy ra trong thép đúc mà được sản xuất bằng cách thực hiện quá trình đúc liên tục trên thép nóng chảy hoặc thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát nhanh, mà thích hợp để làm tăng tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt nhỏ hơn giá trị ngưỡng được xác định trước và được xác định được rằng thép nóng chảy thuộc mức thép mà hiện tượng nứt ít có khả năng xảy ra hơn trong thép đúc mà được sản xuất bằng cách thực hiện quá trình đúc liên tục trên thép nóng chảy. Sáng chế cũng đề cập đến thiết bị kiểm tra độ đông đặc.

FIG. 1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp đúc thép liên tục và thiết bị kiểm tra độ đồng đặc của thép để ngăn chặn hiện tượng nứt hoặc vỡ phôi trong thép đúc khi thực hiện quá trình đúc liên tục.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong trường hợp mà thép cacbon trung bình hypo-peritectic có hàm lượng C là từ 0,09 % theo khối lượng đến 0,17 % theo khối lượng được đúc liên tục, hiện tượng nứt có xu hướng xảy ra ở bề mặt của thép đúc. Cụ thể, vì phần vỏ đông đặc mà trong đó tốc độ làm mát cao uốn cong lồi về phía bề mặt của khuôn do sự co ngót đông đặc gây ra bởi quá trình biến đổi δ - γ khi sự đông đặc xảy ra ở phía thép nóng chảy của vỏ đông đặc, độ gồ ghề được tạo ra trên bề mặt của thép đúc, điều này dẫn đến sự phát triển không đồng đều xảy ra trong vỏ đông đặc. Vì có sự suy giảm về chiều dày của vỏ đông đặc do sự gia tăng về nhiệt trở gây ra bởi khe hở không khí ở phần lõm trên bề mặt của thép đúc, sự cong vênh sinh ra trong vỏ đông đặc, điều này dẫn đến vết nứt đông đặc được tạo ra trên bề mặt của thép đúc. Các tác giả sáng chế cho rằng vết nứt đông đặc được mở rộng khi việc làm mát thứ cấp được thực hiện trong quá trình đúc liên tục và phát triển thành vết nứt dọc hoặc vết nứt ngang. Trong trường hợp mà vết nứt đông đặc xuất hiện trong thép đúc là lớn, cũng có nguy cơ xảy ra hiện tượng vỡ phôi do vết nứt như này.

Do đó, nói chung, trong quá trình đúc liên tục, hiện tượng nứt hoặc vỡ phôi được ngăn chặn xảy ra trong thép đúc bằng cách sử dụng bột khuôn làm mát chậm để làm giảm tốc độ đúc trong khuôn cho các mức thép trong vùng cacbon hypo-peritectic (sau đây, được gọi là "các mức thép có nguy cơ bị nứt") mà trong đó vết nứt đông đặc có xu hướng được tạo ra khi việc làm mát sơ cấp được thực hiện trong khuôn.

Trong trường hợp mà quá trình đúc liên tục được thực hiện bằng cách sử dụng bột khuôn làm mát chậm, vì chiều dày của vỏ đông đặc trong khuôn giảm đi, nên sẽ tăng nguy cơ xảy ra hiện tượng vỡ phôi ngay dưới khuôn do đứt gãy vỏ đông đặc. Do đó,

trong trường hợp mà bột khuôn làm mát chậm được sử dụng, cần phải làm giảm tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục sao cho không làm giảm chiều dày của vỏ đông đặc trong khuôn.

Trong trường hợp mà quá trình đúc liên tục được thực hiện bằng cách sử dụng bột khuôn làm mát chậm một cách không cần thiết cho các mác thép khác với các mác thép có nguy cơ bị nứt, vì cũng cần phải làm giảm tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục, có sự suy giảm về năng suất của quá trình đúc liên tục. Do đó, điều quan trọng là phải xác định chính xác liệu thép nóng chảy có liên quan có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không và để thực hiện quá trình đúc liên tục bằng cách sử dụng bột khuôn làm mát chậm chỉ cho mác thép có nguy cơ bị nứt từ phương diện gia tăng năng suất trong khi ngăn chặn hiện tượng nứt trong thép đúc và các vấn đề khác xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Trong thực tế, người ta biết rằng phạm vi nồng độ nồng độ cacbon trong giản đồ cân bằng pha nhị phân Fe-C tương ứng với vùng hypo-peritectic thay đổi tùy thuộc vào các thành phần hợp kim khác. Điều quan trọng là phải tối ưu hóa các điều kiện vận hành được áp dụng cho quá trình đúc liên tục sau khi đã xác định chính xác liệu thép nóng chảy có liên quan có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không khi xem xét tình huống được mô tả ở trên.

Như đã mô tả ở trên, trong trường hợp mà quá trình đúc liên tục được thực hiện trên các mác thép có nguy cơ bị nứt, độ gồ ghề được tạo ra trên bề mặt của thép đúc. Như một chỉ số để đánh giá độ gồ ghề như này, hình dạng của độ gồ ghề trên bề mặt của thép đúc chẳng hạn như chiều sâu của các vết dao động trên thép đúc hoặc tương tự được sử dụng. Vì các vết dao động trên thép đúc được tạo ra do bột khuôn được nén vào trong thép đúc khi thép đúc đi xuống trong khuôn, và vì có sự gia tăng về chiều sâu của các vết như này do co ngót đông đặc xảy ra bên trong vỏ đông đặc, chiều sâu của các vết dao động lớn hơn trong trường hợp của các mác thép có nguy cơ bị nứt so với trong trường hợp của các mác thép khác dưới các điều kiện giống nhau được áp dụng cho quá trình đúc liên tục.

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp để ngăn chặn hiện tượng vỡ phôi do hiện

tượng nứt xảy ra trong thép đúc mà trong đó chiều sâu của các vết dao động được đo trên dây chuyền. Cụ thể, khi chiều sâu của các vết lõm, mà thu được bằng cách dò liên tục biên dạng của bề mặt của thép đúc bằng cách sử dụng máy ảnh quang trắc laze được thiết lập sao cho hướng vào chiều dày bề mặt của thép đúc tại vị trí xuôi dòng của khuôn, lớn hơn giá trị tham chiếu, xác định được rằng có nguy cơ vỡ phôi do hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc, và các điều kiện vận hành được thay đổi.

Ngoài ra, tài liệu phi sáng chế 1 bộc lộ phương pháp đánh giá độ không đồng đều của vỏ đông đặc bằng cách nhúng tấm được làm mát bằng nước trong thép nóng chảy ngoài dây chuyền để tạo thành vỏ đông đặc trên tấm và bằng cách đo trực tiếp sự chênh lệch về chiều dày và khoảng cách giữa phần lõi và phần lõm của vỏ đông đặc.

Hơn nữa, tài liệu phi sáng chế 2 bộc lộ phương pháp dự đoán thép nóng chảy có phải là mác thép có nguy cơ bị nứt hay không trên cơ sở của các thành phần hợp kim. Cụ thể, các giản đồ cân bằng pha nhị phân Fe-C giả của các mác thép khác nhau thu được bằng phương pháp tính toán sử dụng hàm của nồng độ cacbon dựa trên chương trình nhiệt động học. Ngoài ra, trên cơ sở của các vùng hypo-peritectic trong giản đồ cân bằng pha nhị phân Fe-Cs giả này, biểu thức quan hệ để mô tả việc giới hạn dưới (C_a) của nồng độ cacbon của vùng hypo-peritectic và giới hạn trên (C_b) của nồng độ cacbon của vùng hypo-peritectic thay đổi phụ thuộc vào các thành phần hợp kim khác như thế nào được thiết lập. Việc thép nóng chảy có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không được xác định phụ thuộc vào việc nồng độ cacbon của mác thép có liên quan có nằm trong phạm vi từ C_a đến C_b hay không.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 9-57413

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế 1: Hiroshi Murakami et al.; "Control of Uneven Solidified Shell Formation of Hypo-peritectic Carbon Steels in Continuous Casting Mold", Tetsu-to-Hagané, 1992, vol. 78, No. 1, pp. 105-112

Tài liệu phi sáng chế 2: K. Blazeck et al.; "Calculation of the Peritectic Region for Steel Alloys", AISTech 2007 Conference Proceedings, 2007, pp. 81-88

Tài liệu phi sáng chế 3: Masahito Hanao et al.; "Influence of Mold Flux on Initial Solidification of Hypo-peritectic Steel in a Continuous Casting Mold", Tetsu-to-Hagané, 2014, vol. 100, No. 4, pp. 581-590

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, trong trường hợp của phương pháp được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1, vì rất khó để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc bằng cách thay đổi loại bột khuôn phụ thuộc vào chiều sâu của các vết dao động mà được đo trong khi quá trình đúc liên tục được thực hiện, có rủi ro ở chỗ không thể thực hiện các biện pháp kịp thời để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt mà có độ gồ ghề rất cao.

Ngoài ra, trong trường hợp của phương pháp được bộc lộ trong tài liệu phi sáng chế 1, vì thử nghiệm mà trong đó tấm được làm mát bằng nước được nhúng trong thép nóng chảy để tạo thành vỏ đông đặc trên tấm rất phức tạp, nên phương pháp này không phù hợp để đánh giá độ không đồng đều của vỏ đông đặc của nhiều mác thép.

Ngoài ra, trong trường hợp của phương pháp được bộc lộ trong tài liệu phi sáng chế 2, liên quan đến các mác thép đã biết trên cơ sở thực nghiệm là các mác thép mà trong đó xảy ra vết nứt dọc hoặc vết nứt ngang, không phải lúc nào cũng có thể xác định chính xác rằng mác thép này là mác thép có nguy cơ bị nứt.

Sáng chế đã được hoàn thành để giải quyết các vấn đề được mô tả ở trên. Nghĩa là, mục tiêu của sáng chế là đề xuất ra phương pháp đúc thép liên tục và thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép mà với thiết bị này thì có thể tăng năng suất trong khi ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc và các vấn đề xảy ra trong quá trình đúc liên tục bằng cách dễ dàng xác định xem liệu thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không khi xem xét thực tế là vùng hypo-peritectic của thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục thay đổi tùy

thuộc vào các thành phần hợp kim và bằng cách tối ưu hóa các điều kiện vận hành được áp dụng cho quá trình đúc liên tục trên cơ sở của sự xác định này.

Giải pháp cho vấn đề

Xét đến tình huống được mô tả ở trên, các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu và phát triển từ một quan điểm độc đáo và, kết quả là, đã phát hiện ra rằng có thể dự đoán dễ dàng và chính xác việc liệu thép nóng chảy có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không bằng cách chuẩn bị thép đúc thử nghiệm từ thép nóng chảy và bằng cách đánh giá độ nhám bề mặt của thép đúc đã thu được, mà đã dẫn đến việc hoàn thành sáng chế.

Phương pháp đúc thép liên tục và thiết bị kiểm tra độ đồng đặc của thép theo sáng chế là như sau.

[1] Phương pháp đúc thép liên tục, phương pháp này bao gồm các bước, nạp thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục vào trong thiết bị kiểm tra độ đồng đặc và làm mát thép nóng chảy để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm, đo độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm, và thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát chậm, mà thích hợp để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc khi quá trình đúc liên tục được thực hiện trên thép nóng chảy, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt bằng hoặc lớn hơn giá trị ngưỡng được xác định trước, hoặc thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát nhanh, mà thích hợp để làm tăng tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt nhỏ hơn giá trị ngưỡng được xác định trước.

[2] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục [1], mà trong đó giá trị ngưỡng là 60 μm xét theo chiều cao trung bình số học của độ nhám diện tích thu được bằng cách sử dụng phương pháp được quy định trong tiêu chuẩn ISO 25178.

[3] Phương pháp đúc thép liên tục, phương pháp này bao gồm các bước, nạp thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục vào trong thiết bị kiểm tra độ đồng đặc và làm mát thép nóng chảy để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm, đo độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm, suy ra, cho nhiều loại thép nóng chảy M có độ nhám

bề mặt bằng hoặc lớn hơn giá trị ngưỡng được xác định trước, các hệ số ảnh hưởng $\alpha_{a,M}$ và $\alpha_{b,M}$ của mỗi thành phần của thép M cho giới hạn dưới C_a (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon và giới hạn trên C_b (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon, tương ứng, của vùng hypo-peritectic trong giản đồ cân bằng pha nhị phân Fe-C, thu thập các hệ số ảnh hưởng $\alpha_{a,M}$ và $\alpha_{b,M}$ cho nhiều loại thép nóng chảy M và tính tổng của từng hệ số ảnh hưởng đã thu được $\alpha_{a,M}$ và $\alpha_{b,M}$ để thiết lập các phương trình (1) và (2) dưới đây để lần lượt tính toán giới hạn dưới C_a (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon và giới hạn trên C_b (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon của vùng hypo-peritectic của nhiều loại thép nóng chảy M, suy ra hàm lượng cacbon tương đương C_p (% theo khối lượng) của mác thép nóng chảy khác, mà khác với nhiều loại thép nóng chảy M, bằng cách sử dụng phương trình (3) dưới đây từ giới hạn dưới C_a độ cacbon và giới hạn trên C_b của nồng độ cacbon của vùng hypo-peritectic của thép nóng chảy khác được tính toán bằng cách sử dụng các phương trình (1) và (2) dưới đây, tương ứng, và nồng độ cacbon C (% theo khối lượng) của thép nóng chảy khác, và thực hiện quá trình đúc liên tục trên thép nóng chảy khác với bột khuôn làm mát chậm, mà thích hợp để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc khi quá trình đúc liên tục được thực hiện trên thép nóng chảy khác, trong trường hợp mà hàm lượng cacbon tương đương C_p nằm trong phạm vi từ 0,09 đến 0,17, hoặc thực hiện quá trình đúc liên tục trên thép nóng chảy khác với bột khuôn làm mát nhanh, mà thích hợp để làm tăng tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục, trong trường hợp mà hàm lượng cacbon tương đương C_p nằm ngoài phạm vi từ 0,09 đến 0,17.

[Biểu thức toán học 1]

$$C_a = 0,09 + \sum_M \alpha_{a,M} [M] \quad \dots (1)$$

[Biểu thức toán học 2]

$$C_b = 0,17 + \sum_M \alpha_{b,M} [M] \quad \dots (2)$$

$$C_p = 0,09 + \{(C - C_a)/(C_b - C_a)\} \times (0,17 - 0,09) \quad \dots (3)$$

[4] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến

[3], mà trong đó bột khuôn làm mát chậm chủ yếu chứa SiO_2 và CaO , tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 của bột khuôn làm mát chậm là 1,0 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 2,0, và nhiệt độ kết tinh của bột khuôn làm mát chậm là 1100°C hoặc cao hơn mà trong đó cuspidin được kết tinh dưới dạng tinh thể sơ cấp.

[5] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4], mà trong đó bột khuôn làm mát nhanh chủ yếu chứa SiO_2 và CaO , tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 của bột khuôn làm mát nhanh là 0,7 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,0, và nhiệt độ kết tinh của bột khuôn làm mát nhanh là nhỏ hơn 1100°C .

[6] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [5], mà trong đó thiết bị kiểm tra độ đông đặc có khả năng làm mát sao cho tốc độ làm mát là từ $10^2^\circ\text{C}/\text{phút}$ đến $10^5^\circ\text{C}/\text{phút}$ tại vị trí cách lớp bề mặt của vỏ đông đặc của thép nóng chảy 1 mm.

[7] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [6], mà trong đó tốc độ nạp (đơn vị: kg/giây) khi thép nóng chảy được nạp vào trong thiết bị kiểm tra độ đông đặc là gấp ba lần trở lên so với tốc độ đông đặc (đơn vị: kg/giây) của thép nóng chảy.

[8] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [7], mà trong đó thiết bị kiểm tra độ đông đặc có bề mặt đáy có chiều rộng là 10 mm hoặc lớn hơn và chiều sâu là 10 mm hoặc lớn hơn.

[9] Thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép mà thép nóng chảy được nạp vào trong thiết bị này và trong đó thép nóng chảy được làm mát để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm, thiết bị này bao gồm khuôn có khả năng làm mát sao cho tốc độ làm mát là từ $10^2^\circ\text{C}/\text{phút}$ đến $10^5^\circ\text{C}/\text{phút}$ tại vị trí cách lớp bề mặt của vỏ đông đặc của thép nóng chảy được nạp vào là 1 mm.

[10] Thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép theo mục [9], còn bao gồm cơ cấu nạp mà qua đó thép nóng chảy được nạp vào trong khuôn, mà trong đó tốc độ nạp (đơn vị: kg/giây) mà tại đó thép nóng chảy được nạp vào trong khuôn thông qua cơ cấu nạp gấp ba lần trở lên so với tốc độ đông đặc (đơn vị: kg/giây) của thép nóng chảy trong

khuôn.

[11] Thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép theo mục [9] hoặc [10], mà trong đó khuôn có bề mặt đáy có chiều rộng là 10 mm hoặc lớn hơn và chiều sâu là 10 mm hoặc lớn hơn.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Bằng cách sử dụng phương pháp đúc thép liên tục và thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép theo sáng chế, trên cơ sở của độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm, mà được chuẩn bị bằng cách nập thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục vào trong thiết bị kiểm tra độ đông đặc và làm mát thép nóng chảy, hoặc trên cơ sở của hàm lượng cacbon tương đương của thép đúc thử nghiệm, có thể dễ dàng xác định liệu thép nóng chảy có thuộc mức thép mà hiện tượng nứt có xu hướng xảy ra trong thép đúc mà được sản xuất bằng cách thực hiện quá trình đúc liên tục trên thép nóng chảy hay không.

Ngoài ra, chắc chắn có thể ngăn chặn hiện tượng nứt hoặc vỡ phôi xảy ra trong thép đúc bằng cách thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát chậm, mà thích hợp để ngăn chặn hiện tượng nứt, trong trường hợp mà xác định được rằng thép nóng chảy thuộc mức thép mà hiện tượng nứt có xu hướng xảy ra trong thép đúc của nó. Ngoài ra, có thể làm tăng năng suất của quá trình đúc liên tục mà không làm giảm tốc độ đúc bằng cách thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát nhanh, mà thích hợp để làm tăng tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục, trong trường hợp mà xác định được rằng thép nóng chảy thuộc mức thép mà hiện tượng nứt ít có khả năng xảy ra hơn trong thép đúc của nó.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa một ví dụ về thiết bị kiểm tra độ đông đặc được sử dụng trong phương pháp đúc thép liên tục theo sáng chế.

Fig.2(a) và Fig.2(b) các hình ảnh minh họa các ví dụ về độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm được chuẩn bị bằng cách sử dụng thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các phương án của phương pháp đúc thép liên tục và thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép theo sáng chế sẽ được mô tả với sự tham chiếu đến các hình vẽ.

<Thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép>

Fig.1 là sơ đồ dạng giản đồ minh họa thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1 được sử dụng trong phương pháp đúc thép liên tục theo phương án của sáng chế.

Như được minh họa trên Fig.1, thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1 cho thép theo phương án của sáng chế có khuôn 2 mà thép nóng chảy S được nạp vào trong khuôn này và trong đó thép nóng chảy S được làm mát để đông đặc sao cho thép đúc thử nghiệm được chuẩn bị và cơ cấu nạp 3 mà qua đó thép nóng chảy S được nạp vào trong khuôn 2.

Khuôn 2 là vật chứa được làm bằng đồng và có hình dạng đặc gần như hình chữ nhật và cơ cấu làm mát bằng nước (không được minh họa) trên bề mặt đáy 21 của nó. Chiều dày của khuôn 2 và công suất của cơ cấu làm mát bằng nước được thiết kế để đạt được khả năng làm mát sao cho tốc độ làm mát tại vị trí cách lớp bề mặt của vỏ đông đặc 1 mm ở phía bề mặt đáy 21 của khuôn 2 được làm mát bởi cơ cấu làm mát bằng nước là từ $10^{2^{\circ}\text{C}}$ /phút đến $10^{5^{\circ}\text{C}}$ /phút khi thép nóng chảy S được nạp vào trong khuôn 2 và được làm mát để đông đặc.

Theo sáng chế, mặc dù không có giới hạn cụ thể nào về hình dạng của khuôn 2 của thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1, tốt hơn là chiều rộng W và chiều sâu D của bề mặt đáy 21 của khuôn 2 đều là 10 mm hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là chiều rộng W và chiều sâu D đều là 40 mm hoặc lớn hơn và 60 mm hoặc nhỏ hơn. Điều này dựa trên thực tế là kích cỡ của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm, mà được chuẩn bị bằng cách sử dụng thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1, là bằng với kích cỡ của bề mặt đáy 21 của khuôn 2 và thực tế là đã biết rằng khoảng cách giữa phần lõi và phần lõi mà có thể được xác nhận trực quan nằm trong phạm vi từ 10 mm đến 40 mm khi độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm được đo như được mô tả dưới đây. Ngoài ra, tốt hơn là độ nhám bề mặt của bề mặt đáy của khuôn 2, mà tiếp xúc với bề mặt dưới của thép đúc thử

nghiệm, nhỏ hơn 30 μm xét theo chiều cao trung bình số học của độ nhám diện tích thu được bằng cách sử dụng phương pháp được quy định trong tiêu chuẩn ISO 25178 "Kết cấu bề mặt ba chiều (độ nhám diện tích)". Điều này là do, như được mô tả dưới đây, hình dạng của bề mặt đáy 21 của khuôn 2 có ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm khi việc đánh giá được thực hiện trên bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm trên cơ sở của chiều cao trung bình số học của độ nhám diện tích thu được bằng cách sử dụng phương pháp được quy định trong tiêu chuẩn ISO 25178.

Cơ cấu nạp 3 có nồi nung 31 mà có dạng hình trụ có đáy và được làm bằng Al_2O_3 hoặc MgO , cuộn dây cảm ứng cao tần 32 mà được thiết lập theo cách sao cho cuộn dây cảm ứng 32 bao phủ vùng ngoại vi của nồi nung 31 và nhờ đó nguyên liệu chứa trong nồi nung 31 được gia nhiệt để nóng chảy, đế nghiêng 33 cố định nồi nung 31 và được nghiêng với nồi nung 31 cố định để nạp nguyên liệu được nấu chảy chứa trong nồi nung 31 vào trong khuôn 2, nhiều cặp nhiệt điện (không được minh họa) mà được sử dụng để đo nhiệt độ của thép nóng chảy trong nồi nung 31, và cơ cấu hiển thị nhiệt độ (không được minh họa) chuyển đổi điện áp đầu ra từ các cặp nhiệt điện thành nhiệt độ và hiển thị nhiệt độ này.

Phương pháp đúc thép liên tục được sử dụng cùng với thiết bị kiểm tra độ đồng đặc 1 cho thép đã mô tả ở trên sẽ được mô tả ở dưới đây.

<Chuẩn bị thép đúc thử nghiệm>

Theo phương án của sáng chế, mẫu thép (thép nóng chảy) S có hợp phần hóa học giống như hợp phần hóa học mục tiêu của thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục được nạp vào trong nồi nung 31, và nồi nung 31 được cố định vào đế nghiêng 33. Hơn nữa, cuộn dây cảm ứng cao tần 32 được đặt theo cách sao cho cuộn dây cảm ứng 32 bao phủ vùng ngoại vi của nồi nung 31 và mẫu thép S chứa trong nồi nung 31 được gia nhiệt để nóng chảy. Tại thời điểm này, mẫu thép S liên tục được gia nhiệt cho đến khi nó được xác nhận trực quan bởi người công nhân rằng mẫu thép S được nấu chảy và nhiệt độ của mẫu thép S được nấu chảy, mà được hiển thị bởi cơ cấu hiển thị nhiệt độ, nằm trong phạm vi từ 1590°C đến 1610°C. Ở đây, thay vì xác nhận trực quan bởi công nhân, đầu ra từ các cặp nhiệt điện được mô tả ở trên có thể được nhập vào trong

máy tính để tự động xác định liệu nhiệt độ của mẫu thép S được nấu chảy có nằm trong phạm vi từ 1590°C đến 1610°C hay không.

Tiếp theo, cuộn dây cảm ứng cao tần 32 được gỡ khỏi nồi nung 31, và đế nghiêng 33 được nghiêng sao cho nồi nung 31 được nghiêng để nạp mẫu thép S mà đã được nấu chảy trong nồi nung 31 vào trong khuôn 2. Sau đó, cơ cấu làm mát bằng nước của khuôn 2 được kích hoạt sao cho thép nóng chảy (mẫu thép) S được nạp vào trong khuôn 2 được làm mát và được đông đặc để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm. Tại thời điểm này, hoạt động của cơ cấu làm mát bằng nước được điều chỉnh sao cho tốc độ làm mát tại vị trí cách lớp bề mặt của vỏ đông đặc 1 mm là từ 10²°C/phút đến 10⁵°C/phút.

Tốc độ làm mát này được xác định trên cơ sở của tài liệu phi sáng chế 3 biểu thị sự đông đặc không đồng đều xảy ra rõ rệt tại giai đoạn khi chiều dày của vỏ đông đặc vượt quá 1 mm trong trường hợp mà quá trình đúc liên tục được thực hiện in mác thép có nguy cơ bị nứt bằng cách sử dụng máy đúc liên tục thông thường và tốc độ làm mát tại vị trí này là từ 10³°C/phút đến 10⁵°C/phút. Nghĩa là, trong quá trình làm mát thép nóng chảy (mẫu thép) S trong thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1, tốc độ làm mát tại vị trí mà sự đông đặc không đồng đều xảy ra rõ rệt trong máy đúc liên tục được mô phỏng.

Ngoài ra, tốt hơn là tốc độ nghiêng đế nghiêng 33 được kết hợp với hoạt động của cơ cấu làm mát bằng nước được mô tả ở trên sao cho tốc độ nạp (đơn vị: kg/giây) mà tại đó mẫu thép S được nạp vào bởi đế nghiêng 33 vào trong khuôn 2 là gấp ba lần trở lên so với tốc độ đông đặc (đơn vị: kg/giây) của thép nóng chảy S trong khuôn 2, bởi vì điều này dẫn đến xu hướng xuất hiện độ gồ ghề ở bề mặt của vỏ đông đặc trong trường hợp mà thép nóng chảy S ở trong vùng hypo-peritectic, nhờ đó giúp cho có thể xác định một cách chính xác hơn liệu thép nóng chảy có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không.

Fig.2 thể hiện các hình ảnh minh họa các ví dụ về bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm được chuẩn bị bằng cách sử dụng thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1 như đã mô tả ở trên. Fig.2(a) minh họa một ví dụ trong trường hợp mà mẫu thép S thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt, và Fig.2(b) minh họa một ví dụ trong trường hợp mà mẫu thép S không thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt. Trong trường hợp mà mẫu thép S thuộc mác thép có

nguy cơ bị nứt, có thể quan sát thấy rõ độ gồ ghề xuất hiện ở bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm.

<Chuẩn bị thép đúc thử nghiệm bằng cách sử dụng thép nóng chảy trong quá trình luyện thép>

Trong quá trình luyện thép thực tế, có thể có trường hợp mà các hàm lượng của một số thành phần của thép nóng chảy sai lệch so với các giá trị mục tiêu tương ứng khi quá trình đúc liên tục được thực hiện. Do đó, để cải thiện độ chính xác của việc xác định xem liệu thép nóng chảy có thuộc mức thép có nguy cơ bị nứt hay không, thép nóng chảy có thể được lấy bằng cách sử dụng máy lấy mẫu từ thùng rót mà trong đó chứa thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục, và thép nóng chảy đã lấy có thể được nạp trực tiếp vào trong khuôn 2 của thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1 và được làm mát để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm. Trong trường hợp này, nếu máy lấy mẫu để lấy thép nóng chảy từ thùng rót có chức năng của khuôn 2, thì không cần thiết phải trang bị riêng thiết bị kiểm tra độ đông đặc 1.

<Đo độ nhám bề mặt>

Tiếp theo, chiều cao của độ gồ ghề trên bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm được chuẩn bị như đã mô tả ở trên được đo bằng cách sử dụng máy đo chẳng hạn như máy ảnh quang trắc laze, và độ nhám diện tích của độ nhám bề mặt được tính toán trên cơ sở của chiều cao trung bình số học được quy định trong tiêu chuẩn ISO 25178.

Các ví dụ về các điều kiện được áp dụng cho việc tính độ nhám bề mặt được mô tả ở trên bao gồm khu vực đánh giá phép đo, khoảng cách giữa các điểm đo, và bước sóng cắt. Trong trường hợp của phương pháp đúc thép liên tục và thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép theo sáng chế, mặc dù không có giới hạn cụ thể nào về the khu vực đánh giá phép đo, khoảng cách giữa các điểm đo, hoặc bước sóng cắt, những điều sau đây được ưu tiên hơn.

Trước tiên, trung tâm của khu vực đánh giá phép đo được định nghĩa là trung tâm của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm, và tốt hơn là các chiều dài theo hướng dọc và hướng ngang của mỗi khu vực đánh giá phép đo đều là 10 mm hoặc lớn hơn, và tốt hơn

nữa là các độ dài này đều là 40 mm hoặc lớn hơn và 60 mm hoặc nhỏ hơn. Điều này được dựa trên thực tế là người ta đã biết khoảng cách giữa phần lõi và phần lõm có thể được xác nhận trực quan nằm trong phạm vi từ 10 mm to 40 mm. Tốt hơn là khoảng cách giữa các điểm đo là 10 mm hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là bước sóng cắt là 800 μm .

<Xác định xem thép nóng chảy có thuộc mức thép có nguy cơ bị nứt hay không>

Sau đây, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt (chiều cao trung bình số học của độ nhám diện tích) của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm mà được tính toán như đã mô tả ở trên là 60 μm hoặc lớn hơn, người ta xác định rằng thép nóng chảy có hợp phần hóa học giống như hợp phần hóa học của mẫu thép S này thuộc mức thép có nguy cơ bị nứt (mức thép mà trong đó hiện tượng nứt có xu hướng xảy ra trong thép đúc thereof khi quá trình đúc liên tục được thực hiện).

Như đã mô tả ở trên, trong trường hợp mức thép có nguy cơ bị nứt, vì phần vỏ đông đặc mà trong đó tốc độ làm mát cao uốn cong lõi về phía bề mặt của khuôn do sự co ngót đông đặc gây ra bởi quá trình biến đổi δ - γ ở phía thép nóng chảy của vỏ đông đặc khi sự đông đặc xảy ra, độ gồ ghề được tạo ra trên bề mặt của thép đúc. Do đó, độ nhám bề mặt của thép đúc thử nghiệm có chức năng như chỉ báo cho biết liệu thép nóng chảy có hợp phần hóa học giống như hợp phần hóa học của mẫu thép S này có thuộc mức thép có nguy cơ bị nứt hay không.

Hơn nữa, sau khi đã xác định, liên quan đến từng mức thép trong số nhiều mức thép, liệu thép nóng chảy có phải là mức thép có nguy cơ bị nứt hay không trên cơ sở độ nhám bề mặt của thép đúc thử nghiệm của thép nóng chảy có bằng hoặc lớn hơn giá trị ngưỡng được xác định trước hay không, biểu thức quan hệ để tính toán hàm lượng cacbon tương đương C_p được thiết lập trên cơ sở của các kết quả xác định của nhiều mức thép như được mô tả dưới đây.

Nghĩa là, trong trường hợp mà thép đúc thử nghiệm được chuẩn bị từ thép nóng chảy có độ nhám bề mặt bằng hoặc lớn hơn giá trị ngưỡng được xác định trước và thép nóng chảy được xác định là thuộc mức thép có nguy cơ bị nứt, các hệ số ảnh hưởng $\alpha_{a,M}$ và $\alpha_{b,M}$ của mỗi thành phần của mức thép M for giới hạn dưới (C_a) của nồng độ cacbon

(% theo khối lượng) và giới hạn trên (C_b) của nồng độ cacbon (% theo khối lượng), tương ứng, của vùng hypo-peritectic trong giản đồ cân bằng pha nhị phân Fe-C được suy ra. Sau đó, khi xem xét thực tế là vùng hypo-peritectic của nồng độ cacbon thay đổi phụ thuộc vào các thành phần hợp kim khác trong nhiều loại mác thép M, các phương trình (1) và (2) dưới đây lần lượt được thiết lập để tính toán C_a và C_b .

[Biểu thức toán học 3]

$$C_a = 0,09 + \sum_M \alpha_{a,M}[M] \quad \dots (1)$$

[Biểu thức toán học 4]

$$C_b = 0,17 + \sum_M \alpha_{b,M}[M] \quad \dots (2)$$

Sau đó, khi việc xác định liệu thép nóng chảy khác (thép mục tiêu) có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không được thực hiện, thay vì thực hiện việc xác định được dựa trên độ nhám bề mặt của thép đúc thử nghiệm, C_a và C_b được tính toán từ hợp phần hóa học của thép mục tiêu bằng cách sử dụng lần lượt các phương trình (1) và (2) nêu trên, và hàm lượng cacbon tương đương C_p (% theo khối lượng) của thép mục tiêu được tính toán từ C_a và C_b đã tính toán và nồng độ cacbon C (% theo khối lượng) của thép mục tiêu bằng cách sử dụng phương trình (3) dưới đây.

$$C_p = 0,09 + \{(C - C_a)/(C_b - C_a)\} \times (0,17 - 0,09) \quad \dots (3)$$

Trong trường hợp mà hàm lượng cacbon tương đương C_p này nằm trong phạm vi từ 0,09 % theo khối lượng đến 0,17 % theo khối lượng, có thể xác định rằng, vì thép mục tiêu nằm trong vùng hypo-peritectic, nên thép mục tiêu thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt.

<Chọn bột khuôn>

Tiếp theo, trên cơ sở của sự xác định được mô tả ở trên về việc liệu thép nóng chảy có thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt hay không, sự xác định về việc có sử dụng bột khuôn làm mát chậm hoặc bột khuôn làm mát nhanh hay không được đưa ra khi quá

trình đúc liên tục được thực hiện.

Tác dụng của bột khuôn trong quá trình làm mát chậm vỏ đông đặc được thực hiện bằng cách tăng khả năng chống truyền nhiệt do các tinh thể trong màng xỉ mà được hình thành do xỉ dạng bột, mà đã chảy vào trong khe hở giữa khuôn của máy đúc liên tục và vỏ đông đặc, được làm mát bởi bề mặt của khuôn để được đông đặc. Các ví dụ về các thành phần của bột khuôn bao gồm SiO_2 và CaO , mà là các thành phần chính, và Li_2O , Na_2O , F , MgO , Al_2O_3 , và tương tự, mà được bổ sung vào để điều chỉnh độ nhớt của bột khuôn và các điều kiện kết tủa của các tinh thể. Các ví dụ về tinh thể phổ biến kết tủa trong màng xỉ bao gồm cuspidin ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{CaF}_2$).

Vì làm mát chậm vỏ đông đặc ở vùng lân cận của bề mặt của thép nóng chảy có hiệu quả ức chế hiện tượng nứt bề mặt xảy ra trong thép đúc, nên cần phải nhận ra tác dụng của bột khuôn trong việc ức chế vết nứt dọc hình thành, các tinh thể được kết tủa ngay sau khi xỉ dạng bột đã chảy vào trong khe hở giữa khuôn và vỏ đông đặc để làm mát chậm vỏ đông đặc.

Người ta cho rằng loại bột khuôn có nhiệt độ kết tinh cao và trong đó cuspidin được kết tinh dưới dạng tinh thể sơ cấp có chức năng làm mát chậm bên trong khuôn. Do đó, trong trường hợp mà mác thép có nguy cơ bị nứt được đúc, chắc chắn sẽ ngăn chặn được hiện tượng nứt hoặc vỡ phôi xảy ra bằng cách sử dụng bột khuôn làm mát chậm như này và bằng cách làm giảm tốc độ đúc. Mặt khác, trong trường hợp mác thép không có nguy cơ nứt, năng suất được duy trì mà không cần sử dụng bột khuôn làm mát chậm và không làm giảm tốc độ đúc.

Cụ thể, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm mà được tính toán như đã mô tả ở trên là $60 \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, thép nóng chảy được xác định là có hợp phần hóa học giống như hợp phần hóa học của mẫu thép S này thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt, và quá trình đúc liên tục được thực hiện bằng cách sử dụng bột khuôn làm mát chậm, mà thích hợp để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra. Các ví dụ cụ thể về bột khuôn làm mát chậm mà có thể được sử dụng bao gồm bột khuôn chủ yếu chứa SiO_2 và CaO , mà trong đó tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 là 1,0 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 2,0, nhiệt độ kết tinh là 1100°C hoặc cao hơn, và cuspidin

được kết tinh dưới dạng tinh thể sơ cấp.

Các nguyên nhân tại sao các thành phần của bột khuôn được chỉ định như đã mô tả ở trên là như sau. Trong trường hợp mà tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 nhỏ hơn 1,0, vì có sự suy giảm quá mức về nhiệt độ kết tinh do không đủ lượng cuspidin kết tủa trong màng xỉ, bột khuôn không được cung cấp chức năng làm mát chậm để ngăn chặn vết nứt dọc hoặc vết nứt ngang. Ngoài ra, trong trường hợp mà tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 là 2,0 hoặc lớn hơn, vì có sự gia tăng về nhiệt độ kết tinh của bột khuôn, quá trình kết tinh của bột khuôn được thúc đẩy quá mức, điều này dẫn đến xu hướng xảy ra hiện tượng vỡ phôi do sự gia tăng ma sát giữa khuôn và thép đúc.

Ngoài ra, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm mà được tính toán như đã mô tả ở trên nhỏ hơn $60\text{ }\mu\text{m}$, thép nóng chảy được xác định là có hợp phần hóa học giống như hợp phần hóa học của mẫu thép S này không thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt (nghĩa là, thép nóng chảy thuộc mác thép mà hiện tượng nứt ít có khả năng xảy ra hơn trong thép đúc của nó khi quá trình đúc liên tục được thực hiện), và quá trình đúc liên tục được thực hiện bằng cách sử dụng bột khuôn làm mát nhanh, mà thích hợp để làm tăng tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục. Các ví dụ về bột khuôn làm mát nhanh mà có thể được sử dụng bao gồm bột khuôn chủ yếu chứa SiO_2 và CaO, mà trong đó tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 là 0,7 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,0, và trong đó nhiệt độ kết tinh là nhỏ hơn 1100°C .

Các nguyên nhân tại sao các thành phần của bột khuôn được chỉ định như đã mô tả ở trên là như sau. Trong trường hợp mà tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 là 1,0 hoặc lớn hơn, vì có sự gia tăng quá mức về nhiệt độ kết tinh do một lượng lớn cuspidin kết tủa trong màng xỉ, nên bột khuôn được cung cấp chức năng làm mát chậm, điều này khiến cho cần phải giảm tốc độ đúc. Ngoài ra, trong trường hợp mà tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 nhỏ hơn 0,7, vì có sự suy giảm về lượng bột khuôn được nạp vào trong khuôn do sự gia tăng về điểm nóng chảy của bột khuôn, có nguy cơ xảy ra hiện tượng vỡ phôi dính.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép nóng chảy của mỗi mức thép từ a đến d (thép cacbon trung bình) được nêu ra trong Bảng 1 được chuẩn bị bằng cách sử dụng lò chuyển và thiết bị khử khí chân không (tinh luyện thứ cấp) với lượng tương ứng với một đến hai lần nạp và được nạp vào trong khuôn làm mát bằng nước của máy đúc liên tục kiểu uốn dọc thông qua thùng trung gian. Tiếp theo, thép đúc được sản xuất bằng cách thực hiện quá trình đúc liên tục tại một trong các tốc độ đúc được nêu trong Bảng 3 trong khi bột khuôn làm mát nhanh A hoặc bột khuôn làm mát chậm B chứa các thành phần được nêu trong Bảng 2 được cấp lên trên bề mặt của thép nóng chảy trong khuôn.

Bằng cách thực hiện quan sát trực quan trên bề mặt của thép đúc đã thu được như đã mô tả ở trên, việc có xảy ra hiện tượng nứt bề mặt hay không ở bề mặt của thép đúc được kiểm tra. Cụ thể, bằng cách đo chiều dài của vết nứt, người ta đã xác định rằng hiện tượng nứt bề mặt đã xảy ra ở bề mặt của thép đúc trong trường hợp mà quan sát thấy vết nứt có chiều dài 10 mm hoặc lớn hơn.

Đồng thời, bằng cách sử dụng phương pháp đúc thép liên tục theo sáng chế, các tác giả sáng chế đã xác định được liệu mỗi mức thép trong số các mức thép từ a đến d có phải là mức thép có nguy cơ bị nứt hay không trên cơ sở của liệu độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm có là 60 μm hoặc lớn hơn hay không (các ví dụ về sáng chế). Ngoài ra, bằng cách sử dụng phương pháp được bộc lộ trong tài liệu phi sáng chế 2 được mô tả ở trên, các tác giả sáng chế đã xác định được liệu mỗi mức thép trong số các mức thép từ a đến d có phải là mức thép có nguy cơ bị nứt hay không (các ví dụ so sánh).

Trong trường hợp về các ví dụ của sáng chế, thép nóng chảy được lấy từ thùng rót chứa thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục bằng cách sử dụng máy lấy mẫu, thép đúc thử nghiệm được chuẩn bị từ thép nóng chảy đã lấy, chiều cao của độ gồ ghề trên bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm đã chuẩn bị được đo, và độ nhám diện tích của độ nhám bề mặt được tính toán trên cơ sở của chiều cao trung bình số học Sa được quy định trong tiêu chuẩn ISO 25178.

Trong trường hợp của các ví dụ so sánh, như được bộc lộ trong tài liệu phi sáng chế 2, giới hạn dưới (C_a) (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon và giới hạn trên (C_b) (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon của vùng hypo-peritectic của mỗi mác thép từ a đến d được tính toán bằng cách sử dụng lần lượt phương trình (4) và phương trình (5) dưới đây.

$$C_a = 0,0896 + 0,0458 \times Al - 0,0205 \times Mn - 0,0077 \times Si + 0,0223 \times Al^2 - 0,0239 \times Ni + 0,0106 \times Mo + 0,0134 \times V - 0,0032 \times Cr + 0,00059 \times Cr^2 + 0,0197 \times W \cdots (4)$$

$$C_b = 0,1967 + 0,0036 \times Al - 0,0316 \times Mn - 0,0103 \times Si + 0,14 \times 11Al^2 + 0,05 \times (Al \times Si) - 0,0401 \times Ni + 0,03255 \times Mo + 0,0603 \times V + 0,0024 \times Cr + 0,00142 \times Cr^2 - 0,00059 \times (Cr \times Ni) + 0,0266 \times W \cdots (5)$$

Ở đây, trong phương trình (4) và phương trình (5), mỗi ký hiệu Al, Mn, Si, Ni, Mo, V, Cr và W biểu thị hàm lượng (% theo khối lượng) của nguyên tố tương ứng.

Sau đó, hàm lượng cacbon tương đương C_{p0} (% theo khối lượng) được tính toán bằng cách sử dụng phương trình (6) dưới đây từ giới hạn dưới (C_a) (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon và giới hạn trên (C_b) (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon và nồng độ cacbon C (% theo khối lượng) của mỗi mác thép từ a đến d.

$$C_{p0} = 0,17 + \{(C - C_a)/(C_b - C_a)\} \times (0,17 - 0,09) \cdots (6)$$

Trong trường hợp của các ví dụ so sánh, người ta đã xác định rằng mác thép nằm trong vùng hypo-peritectic và thuộc mác thép có nguy cơ bị nứt trong trường hợp mà hàm lượng cacbon tương đương C_{p0} nằm trong phạm vi từ 0,09 % theo khối lượng đến 0,17 % theo khối lượng.

[Bảng 1]

Mác thép	C (% theo khối lượng)	Si (% theo khối lượng)	Mn (% theo khối lượng)	P (% theo khối lượng)	S (% theo khối lượng)
a	0,12	1,20	2,4	0,016	0,0013
b	0,08	0,01	0,3	0,010	0,0139
c	0,08	1,0	2,2	0,009	0,0009
d	0,07	0,01	2,2	0,011	0,0010

[Bảng 2]

	SiO ₂ (% theo khối lượng)	Al ₂ O ₃ (% theo khối lượng)	CaO (% theo khối lượng)	F (% theo khối lượng)	CaO/SiO ₂ (% theo khối lượng)	Nhiệt độ kết tinh (°C)
Làm mát nhanh Bột khuôn A	32,6	4,9	27,4	7,3	0,84	990
Làm mát chậm Bột khuôn B	27,1	2,2	45,1	7,1	1,66	1250

[Bảng 3]

Mác thép	Ví dụ		Ví dụ so sánh		với bột A		với bột B	
	Bề mặt Độ nhám Sa (μm)	Kết quả xác định	Hàm lượng cacbon tương đương $C_{q0}C_{p0}$ (% theo khối lượng)	Kết quả xác định	Tốc độ đúc V_c (m/phút)	Hiện tượng nứt	Tốc độ đúc V_c (m/phút)	Hiện tượng nứt
a	78	Mác thép có nguy cơ Hiện tượng nứt	0,179	Mác thép không có nguy cơ nứt	2,0	đã xảy ra	1,6	không
b	67	Mác thép có nguy cơ Hiện tượng nứt	0,085	Mác thép không có nguy cơ nứt	2,0	đã xảy ra	1,6	không
c	41	Mác thép không có nguy cơ nứt	0,136	Mác thép có nguy cơ Hiện tượng nứt	2,0	không	1,6	không
d	27	Mác thép không có nguy cơ nứt	0,093	Mác thép có nguy cơ Hiện tượng nứt	2,0	không	1,6	không

Trong trường hợp của các mác thép a và b, vì độ nhám bề mặt Sa của thép đúc thử nghiệm là 60 μm hoặc lớn hơn, người ta đã xác định rằng đây là các mác thép có nguy cơ bị nứt trong các ví dụ về sáng chế. Người ta đã xác nhận rằng, trên cơ sở của sự xác định này, bằng cách thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát chậm B tại tốc độ đúc V_c là 1,6 m/phút, có thể ức chế hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc. Mặt khác, vì các hàm lượng cacbon tương đương C_p của các mác thép a và b, mà được

tính toán bằng cách sử dụng phương trình (6) nêu trên, nằm ngoài phạm vi từ 0,09 % theo khối lượng đến 0,17 % theo khối lượng, người ta đã xác định rằng các mức thép a và b là các mức thép không có nguy cơ nứt trong trường hợp của các ví dụ so sánh. Người ta đã xác nhận rằng, trên cơ sở của sự xác định này, do quá trình đúc liên tục được thực hiện với bột khuôn làm mát nhanh A tại tốc độ đúc V_c là 2,0 m/phút, hiện tượng nứt đã xảy ra thép đúc.

Trong trường hợp của các mức thép c và d, vì độ nhám bề mặt S_a của thép đúc thử nghiệm nhỏ hơn 60 μm , người ta đã xác định rằng các mức thép này không phải là các mức thép có nguy cơ bị nứt trong trường hợp của các ví dụ về sáng chế. Trong trường hợp mà, trên cơ sở của sự xác định này, quá trình đúc liên tục được thực hiện với bột khuôn làm mát nhanh A tại tốc độ đúc V_c là 2,0 m/phút, hiện tượng nứt không xảy ra trong thép đúc, và có thể tăng năng suất mà không làm giảm tốc độ đúc V_c . Mặt khác, vì hàm lượng cacbon tương đương C_p của các mức thép c và d, mà được tính toán bằng cách sử dụng phương trình (6) nêu trên, nằm trong phạm vi từ 0,09 % theo khối lượng đến 0,17 % theo khối lượng, người ta đã xác định rằng các mức thép c và d là các mức thép có nguy cơ bị nứt trong trường hợp của các ví dụ so sánh. Trên cơ sở của sự xác định này, cần phải thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát chậm B tại tốc độ đúc V_c là 1,6 m/phút. Tuy nhiên, trên thực tế, mặc dù quá trình đúc liên tục được thực hiện trên các mức thép c và d với bột khuôn làm mát nhanh A tại tốc độ đúc V_c là 2,0 m/phút, hiện tượng nứt không xảy ra trong thép đúc như đã mô tả ở trên. Do đó, người ta đã xác nhận rằng, trong trường hợp mà, trên cơ sở của sự xác định được thực hiện trong các ví dụ so sánh, quá trình đúc liên tục được thực hiện với bột khuôn làm mát chậm B ở tốc độ đúc V_c bị giảm xuống, năng suất sẽ giảm đi một cách không cần thiết.

Danh sách số chỉ dẫn

1 thiết bị kiểm tra độ đông đặc của thép

2 khuôn

21 bề mặt đáy

3 cơ cấu nạp

31 nồi nung

32 cuộn dây cảm ứng cao tần

33 đế nghiêng

W chiều rộng

D chiều sâu

H chiều cao

S mẫu thép (thép nóng chảy)

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp đúc thép liên tục, phương pháp này bao gồm các bước
 nạp thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục vào trong thiết bị kiểm tra độ đông đặc và làm mát thép nóng chảy để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm;
 đo độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm; và
 thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát chậm, mà thích hợp để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc khi quá trình đúc liên tục được thực hiện trên thép nóng chảy, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt bằng hoặc lớn hơn giá trị ngưỡng được xác định trước, hoặc thực hiện quá trình đúc liên tục với bột khuôn làm mát nhanh, mà thích hợp để làm tăng tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục, trong trường hợp mà độ nhám bề mặt nhỏ hơn giá trị ngưỡng được xác định trước.
2. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm 1, trong đó giá trị ngưỡng là 60 μm xét theo chiều cao trung bình số học của độ nhám diện tích thu được bằng cách sử dụng phương pháp được quy định trong tiêu chuẩn ISO 25178.
3. Phương pháp đúc thép liên tục, phương pháp này bao gồm các bước,
 nạp thép nóng chảy được đưa vào quá trình đúc liên tục vào trong thiết bị kiểm tra độ đông đặc và làm mát thép nóng chảy để chuẩn bị thép đúc thử nghiệm;
 đo độ nhám bề mặt của bề mặt dưới của thép đúc thử nghiệm;
 suy ra, đối với nhiều loại thép nóng chảy M có độ nhám bề mặt bằng hoặc lớn hơn giá trị ngưỡng được xác định trước, các hệ số ảnh hưởng $\alpha_{a,M}$ và $\alpha_{b,M}$ của mỗi thành phần của thép M cho giới hạn dưới C_a (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon và giới hạn trên C_b (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon, tương ứng, của vùng hypoperitectic trong giản đồ cân bằng pha nhị phân Fe-C;
 thu thập các hệ số ảnh hưởng $\alpha_{a,M}$ và $\alpha_{b,M}$ cho nhiều loại thép nóng chảy M và tính tổng của từng hệ số ảnh hưởng đã thu được $\alpha_{a,M}$ và $\alpha_{b,M}$ để thiết lập các phương trình (1) và (2) dưới đây để tính toán giới hạn dưới C_a (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon và giới hạn trên C_b (% theo khối lượng) của nồng độ cacbon, tương ứng, của

vùng hypo-peritectic của nhiều loại thép nóng chảy M;

suy ra hàm lượng cacbon tương đương C_p (% theo khối lượng) của mác thép nóng chảy khác, mà khác với nhiều loại thép nóng chảy M, bằng cách sử dụng phương trình (3) dưới đây từ giới hạn dưới C_a của nồng độ cacbon và giới hạn trên C_b của nồng độ cacbon của vùng hypo-peritectic của thép nóng chảy khác được tính toán bằng cách sử dụng các phương trình (1) và (2) dưới đây, tương ứng, và nồng độ cacbon C (% theo khối lượng) của thép nóng chảy khác; và

thực hiện quá trình đúc liên tục lên thép nóng chảy khác với bột khuôn làm mát chậm, mà thích hợp để ngăn chặn hiện tượng nứt xảy ra trong thép đúc khi quá trình đúc liên tục được thực hiện trên thép nóng chảy khác, trong trường hợp mà hàm lượng cacbon tương đương C_p nằm trong phạm vi từ 0,09 đến 0,17, hoặc thực hiện quá trình đúc liên tục trên thép nóng chảy khác với bột khuôn làm mát nhanh, mà thích hợp để làm tăng tốc độ đúc trong quá trình đúc liên tục, trong trường hợp mà hàm lượng cacbon tương đương C_p nằm ngoài phạm vi từ 0,09 đến 0,17:

[Biểu thức toán học 1]

$$C_a = 0,09 + \sum_M \alpha_{a,M}[M] \quad \dots (1)$$

[Biểu thức toán học 2]

$$C_b = 0,17 + \sum_M \alpha_{b,M}[M] \quad \dots (2)$$

$$C_p = 0,09 + \{(C - C_a)/(C_b - C_a)\} \times (0,17 - 0,09) \quad \dots (3)$$

4. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, mà trong đó bột khuôn làm mát chậm chủ yếu chứa SiO_2 và CaO , tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 của bột khuôn làm mát chậm là 1,0 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 2,0, và nhiệt độ kết tinh của bột khuôn làm mát chậm là 1100°C hoặc cao hơn mà trong đó cuspidin được kết tinh dưới dạng tinh thể sơ cấp.

5. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4,

trong đó bột khuôn làm mát nhanh chủ yếu chứa SiO_2 và CaO , tỷ lệ khối lượng (CaO/SiO_2) của CaO trên SiO_2 của bột khuôn làm mát nhanh là 0,7 hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,0, và nhiệt độ kết tinh của bột khuôn làm mát nhanh là nhỏ hơn 1100°C .

6. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó thiết bị kiểm tra độ đông đặc có khả năng làm mát sao cho tốc độ làm mát là từ $10^{2^\circ}\text{C}/\text{phút}$ đến $10^{5^\circ}\text{C}/\text{phút}$ tại vị trí cách lớp bề mặt của vỏ đông đặc của thép nóng chảy 1 mm.

7. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó tốc độ nạp (đơn vị: kg/giây) khi thép nóng chảy được nạp vào trong thiết bị kiểm tra độ đông đặc là gấp ba lần trở lên so với tốc độ đông đặc (đơn vị: kg/giây) của thép nóng chảy.

8. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó thiết bị kiểm tra độ đông đặc có bề mặt đáy có chiều rộng là 10 mm hoặc lớn hơn và chiều sâu là 10 mm hoặc lớn hơn.

1 / 1

FIG. 1

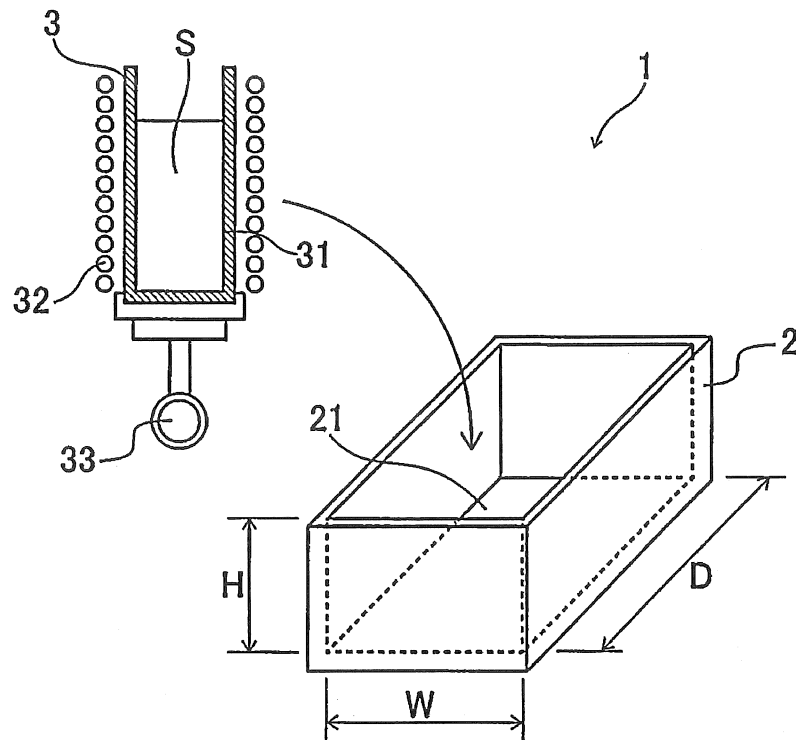
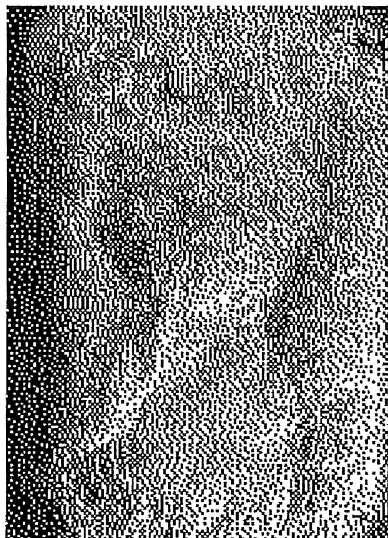
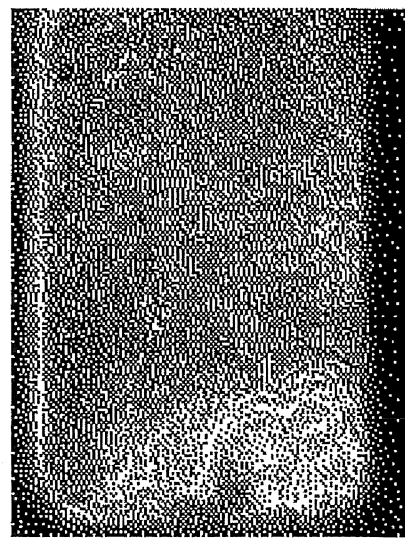


FIG. 2



(a) VÍ DỤ VỚI ĐỘ
NHÁM BỀ MẶT CAO



(b) VÍ DỤ VỚI ĐỘ
NHÁM BỀ MẶT THẤP