



(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)



1-0034618

(51)¹⁹ B22D 11/20

(13) B

(21) 1-2019-05176

(22) 29/03/2017

(86) PCT/JP2017/013065 29/03/2017

(87) WO/2018/179181 04/10/2018

(45) 25/01/2023 418

(43) 25/09/2020 390A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

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

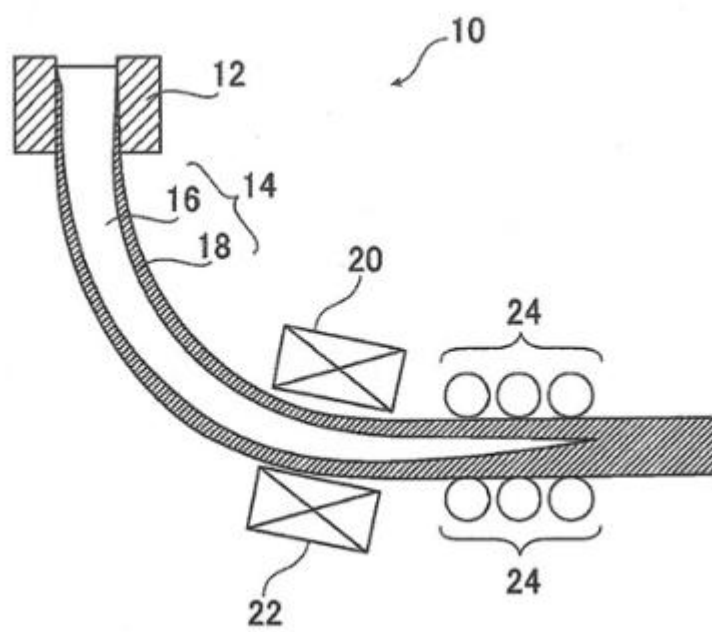
(72) ODAGAKI Tomoya (JP); ARAMAKI Norichika (JP); MIKI Yuji (JP); KIKUCHI Naoki (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐÚC THÉP LIÊN TỤC

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp đúc thép liên tục. Sợi được sản xuất trong đó thiên tích theo đường trục không đáng kể và do đó, có thể đáp ứng các yêu cầu khắt khe gần đây đối với chất lượng của các sản phẩm thép. Phương pháp theo sáng chế bao gồm bước sản xuất sợi. Bước sản xuất sợi bao gồm bước đổ thép nóng chảy vào khuôn của máy đúc liên tục và bước rút vỏ đã hóa rắn khỏi khuôn, vỏ đã hóa rắn là phần được hóa rắn của thép nóng chảy. Phương pháp bao gồm bước phủ từ trường tĩnh lên ít nhất một phần của một vùng của sợi, sợi trong máy đúc liên tục, vùng là vùng nơi phần rắn fs ở vị trí chính giữa theo độ dày của sợi trong phạm vi của công thức (1) dưới đây, từ trường tĩnh có cường độ từ trường lớn hơn hoặc bằng 0,15 T và theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi được rút, từ trường tĩnh được phủ với tỷ lệ thời gian phủ lớn hơn hoặc bằng 10%, tỷ lệ thời gian phủ được định ra bằng công thức (2) dưới đây.

Tỷ lệ thời gian phủ (%) = (Khoảng thời gian trong quá trình mà từ trường tĩnh được phủ lên sợi (phút)) x 100 / (Khoảng thời gian từ thời gian khi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi vượt quá 0 đến thời gian khi phần rắn đạt đến 0,3 (phút)) ... (2).



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp đúc thép liên tục mà hữu hiệu để giảm thiên tích theo đường trục có mặt trong các sợi được sản xuất bằng cách đúc liên tục.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong lĩnh vực đúc thép liên tục, trong quá trình trong đó thép nóng chảy được đổ vào khuôn hóa rắn, các nguyên tố hòa tan, như cacbon (C), phospho (P), lưu huỳnh (S), và mangan (Mn), được đẩy ra xa phía vỏ đã hóa rắn về phía lớp không hóa rắn. Vỏ đã hóa rắn là pha rắn, và lớp không hóa rắn là pha lỏng. Các nguyên tố hòa tan này được cô đặc trong lớp không hóa rắn, mà dẫn đến cái gọi là thiên tích. Mức độ thiên tích là lớn nhất ở hoặc gần vị trí giữa theo độ dày của sợi. Vị trí giữa theo độ dày tương ứng phần hóa rắn cuối cùng.

Hơn nữa, trong quá trình hóa rắn, thép nóng chảy co lại về thể tích theo thứ tự vài phần trăm. Sự co lại về thể tích này dẫn đến sự tạo ra các lỗ rỗng có áp suất âm trong vùng cùng tồn tại chất rắn-lỏng của phần ở giai đoạn cuối của quá trình rắn hóa của sợi, mà vùng mà chứa lượng lớn các tinh thể đẳng trục. Do vậy, phần được cô đặc bởi nguyên tố hòa tan của thép nóng chảy (sau đây còn được gọi là "thép nóng chảy được làm giàu") xuyên qua các đường dẫn hẹp của vùng cùng tồn tại chất rắn-lỏng và được hút vào trong các lỗ rỗng có áp suất âm, mà dẫn đến sự xuất hiện thiên tích theo đường trục trong phần giữa theo độ dày của sợi. Mặt khác, trong trường hợp mà phần được cô đặc bởi nguyên tố hòa tan của thép nóng chảy không được hút, các lỗ rỗng được gọi là "độ xốp" được tạo ra trong phần giữa theo độ dày của sợi.

Thiên tích theo đường trục và độ xốp có ảnh hưởng xấu đến chất lượng của các sản phẩm thép. Theo đó, để giảm ảnh hưởng xấu, nhiều kỹ thuật khác nhau đã được đề xuất và đang được thực thi.

Ví dụ, Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ kỹ thuật sau. Mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy trong gàu trung gian được điều chỉnh thấp hơn hoặc bằng 50°C, và sau đó thép nóng chảy được đổ vào trong khuôn đúc liên tục. Lực điện từ được tác dụng lên lớp không hóa rắn của sợi để gây ra sự khuấy trộn vì vậy kết cấu được rắn hóa của phần

giữa theo độ dày của sợi có thể là kết cấu tinh thể đẳng trục mịn. Ngoài ra, ở thời điểm khi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi là 0,1 đến 0,8, sợi, mà bao gồm lớp không hóa rắn, trải qua sự co mềm nằm trong khoảng từ 5 mm đến 50 mm để bù cho sự co ngót của quá trình hóa rắn. Theo cách này, dòng thép nóng chảy được làm giàu trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn được ngăn cản.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ kỹ thuật sau. Thép nóng chảy có mức độ quá nhiệt được điều chỉnh là từ 20 đến 40°C được đổ vào trong khuôn đúc liên tục. Ngoài ra, ở phần dưới của khuôn, từ trường tĩnh được phủ để kiểm soát dòng thép nóng chảy vì vậy kết cấu được rắn hóa có thể là kết cấu kết tinh dạng cột, và do đó bề mặt của quá trình hóa rắn có thể là đồng đều. Hơn nữa, trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn, sợi trải qua sự co mềm. Theo cách này, thiên tích theo đường trục trong sợi được giảm.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ như sau. Mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy được thiết đặt là từ 50 đến 80°C vì vậy kết cấu được rắn hóa của sợi có thể là kết cấu tinh thể dạng cột, và, trong vùng nơi tỷ lệ rắn là từ 30 đến 75% trong mặt cắt ngang của sợi, từ trường tĩnh được phủ lên sợi. Theo cách này, thiên tích theo đường trục trong sợi được giảm.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn xin cấp Bằng độc quyền sáng chế chưa được xét nghiệm nội dung Nhật Bản số 6-126405

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn xin cấp Bằng độc quyền sáng chế chưa được xét nghiệm nội dung Nhật Bản số 7-100608

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn xin cấp Bằng độc quyền sáng chế chưa được xét nghiệm nội dung Nhật Bản số 2008-221278

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Không may, các kỹ thuật của lĩnh vực kỹ thuật liên quan được mô tả ở trên có các vấn đề sau.

Cụ thể, kỹ thuật sử dụng, kết hợp, sự khuấy trộn gây ra bởi lực điện từ và sự co

mềm, như được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1, là kỹ thuật để giảm dòng thép nóng chảy được làm giàu đến phần giữa theo độ dày của sợi và giảm sự tích lũy của thép nóng chảy được làm giàu trong đó. Điều này thu được bằng cách gây ra sự khuấy trộn bằng cách sử dụng lực điện từ, do đó đảm bảo kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi là kết cấu tinh thể đẳng trục mịn và sức cản dòng chảy của phần giữa theo độ dày của sợi được tăng lên. Ngoài ra, kỹ thuật là kỹ thuật để ngăn dòng thép nóng chảy được làm giàu bằng cách thực hiện sự co mềm trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn để bù cho sự co ngót của quá trình hóa rắn, do đó giảm lực dẫn dòng chảy của thép nóng chảy được làm giàu. Theo đó, tác dụng giảm thiên tích theo đường trục cao có thể được dự kiến. Tuy nhiên, để đáp ứng các yêu cầu khắt khe về chất lượng, kỹ thuật được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1 là không đủ. Cần giảm hơn nữa thiên tích theo đường trục mà xảy ra trong kết cấu tinh thể đẳng trục của sợi.

Theo kỹ thuật được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 2, kết cấu được rắn hóa được kiểm soát bởi lực điện từ. Tuy nhiên, phần sợi mà từ trường được phủ vào được đặt ở phần dưới của khuôn. Việc phủ của từ trường ở phần này không có tác dụng đối với giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn, mà có ảnh hưởng đến thiên tích theo đường trục. Do vậy, kết cấu được rắn hóa trong phần giữa theo độ dày của sợi không thể là kết cấu kết tinh dạng cột.

Hơn nữa, theo kỹ thuật được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 3, mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy được thiết đặt là từ 50 đến 80°C, và do vậy, kết cấu được rắn hóa có thể là kết cấu kết tinh dạng cột hoàn toàn. Theo kỹ thuật, tuy nhiên, mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy được thiết đặt cao hơn hoặc bằng 50°C, và do vậy, xác suất vỡ do độ dày của vỏ đã hóa rắn không đủ tăng đáng kể. Để giải quyết vấn đề này, cần giảm tốc độ rút sợi, và do đó năng suất suy giảm.

Sáng chế nhằm để giải quyết các vấn đề này của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, và mục đích của sáng chế là để đề xuất phương pháp đúc thép liên tục mà làm cho có thể sản xuất sợi trong đó thiên tích theo đường trục không đáng kể và do đó, có thể đáp ứng các yêu cầu khắt khe gần đây đối với chất lượng của các sản phẩm thép.

Giải quyết vấn đề

Bản chất kỹ thuật của sáng chế, mà được tạo ra để giải quyết các vấn đề được mô tả ở trên, như sau.

[1] Phương pháp đúc thép liên tục, phương pháp bao gồm bước sản xuất sợi, bước sản xuất sợi bao gồm bước đổ thép nóng chảy vào khuôn của máy đúc liên tục và bước rút vỏ đã hóa rắn khỏi khuôn, vỏ đã hóa rắn là phần được hóa rắn của thép nóng chảy,

Phương pháp bao gồm bước phủ từ trường tĩnh lên ít nhất một phần của một vùng của sợi, sợi trong máy đúc liên tục, vùng là vùng nơi phần rắn f_s ở vị trí giữa theo độ dày của sợi trong phạm vi của công thức (1) dưới đây, từ trường tĩnh có cường độ từ trường lớn hơn hoặc bằng 0,15 T và theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi được rút, từ trường tĩnh được phủ với tỷ lệ thời gian phủ lớn hơn hoặc bằng 10%, tỷ lệ thời gian phủ được định ra bằng công thức (2) dưới đây.

$$0 < f_s \leq 0,3 \dots (1)$$

Tỷ lệ thời gian phủ (%)

$$= \frac{\left(\begin{array}{c} \text{Khoảng thời gian trong quá trình từ trường tĩnh} \\ \text{được phủ lên sợi (phút)} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{c} \text{Khoảng thời gian từ thời gian mà phần rắn} \\ \text{ở vị trí giữa theo độ dày của sợi vượt quá 0} \\ \text{đến thời gian mà phần rắn đạt đến 0,3 (phút)} \end{array} \right)} \times 100 \dots (2)$$

[2] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục [1], trong đó, trong vùng nơi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi là 0,3, trị số được xác định bằng công thức (3) dưới đây lớn hơn hoặc bằng $0,27 \text{ } ^\circ\text{C} \times \text{phút}^{1/2} / \text{mm}^{3/2}$.

$$\frac{G}{\sqrt{V}} \dots (3)$$

Trong công thức (3), G là gradien nhiệt độ ($^\circ\text{C}/\text{mm}$) ở vị trí nơi vùng rắn của sợi là 0,99 trong vùng nơi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày là 0,3, và V là tốc độ (mm/phút) ở đó mặt phân cách giữa chất lỏng-chất rắn của sợi di chuyển.

[3] Phương pháp đúc thép liên tục theo mục [1] hoặc [2], còn bao gồm bước thực hiện cán hoàn nguyên trên một vùng của sợi, vùng là vùng nơi phần rắn ở vị trí giữa

theo độ dày của sợi nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,7, bước cán hoàn nguyên được thực hiện bằng cách sử dụng nhiều cặp các trục lăn đỡ sợi được bố trí sao cho khoảng cách giữa các trục lăn được giảm dần về phía đầu ở phía dòng ra đối với hướng đúc, bước cán hoàn nguyên được thực hiện với tỷ lệ giảm ít hơn hoặc bằng 5,0%.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Theo sáng chế, từ trường tĩnh được phủ đến một vùng của sợi, vùng là vùng nơi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi nằm trong khoảng từ lớn hơn 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,3, từ trường tĩnh được phủ theo hướng vuông góc với hướng rút sợi ở cường độ được xác định trước trong khoảng thời gian được xác định trước. Theo đó, sự đối lưu nhiệt trong lớp không hóa rắn trong sợi được ngăn cản, mà tăng gradient nhiệt độ của lớp không hóa rắn theo hướng độ dày của sợi. Do vậy, kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi là kết cấu tinh thể dạng cột. Do vậy, bề mặt phân cách của quá trình rắn hóa đồng đều, và đường kính điểm thiên tích trung bình của kết cấu được rắn hóa của sợi được giảm. Do vậy, sợi mà được đúc bằng cách sử dụng máy đúc liên tục đã giảm thiên tích theo đường trục của các nguyên tố hòa tan, như cacbon, phospho, lưu huỳnh, và mangan.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt ngang dạng giản đồ của một ví dụ về máy đúc liên tục, trong đó phương pháp đúc liên tục theo phương án của sáng chế có thể được sử dụng.

Fig.2 là biểu đồ minh họa mối liên hệ giữa đường kính điểm thiên tích trung bình và tỷ lệ thời gian phủ. Trong biểu đồ, các mối liên hệ tương ứng với các cường độ từ trường khác nhau được so sánh.

Fig.3 là biểu đồ minh họa mối liên hệ giữa đường kính điểm thiên tích trung bình và cường độ từ trường. Trong biểu đồ, các mối liên hệ tương ứng với các tỷ lệ thời gian phủ khác nhau được so sánh.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bây giờ phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt ngang dạng giản đồ của một ví dụ về máy đúc liên tục 10, trong đó phương pháp đúc liên tục theo phương án của sáng chế có thể được sử dụng.

Trên Fig.1, số chỉ dẫn 12 biểu thị khuôn; 14, sợi; 16, lớp không được hóa rắn (phần không được hóa rắn của thép nóng chảy); 18, vỏ đã hóa rắn; và 20 và 22, các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh mà được lắp đặt theo cách sao cho sợi 14 có thể được đặt giữa chúng. Trong sợi 14, vỏ bên ngoài là vỏ đã hóa rắn 18, và phần bên trong là lớp không hóa rắn 16. Sau quá trình hóa rắn ở vị trí giữa theo độ dày được hoàn thành, sợi 14 hoàn toàn được tạo ra từ vỏ đã hóa rắn 18, và lớp không hóa rắn 16 không còn có mặt.

Máy đúc liên tục 10 bao gồm nhiều đoạn (không được minh họa). Mỗi đoạn bao gồm nhiều cặp trục lăn đỡ sợi mà đối diện nhau theo cách sao cho sợi 14 có thể được đặt giữa chúng. Sau khi được rút khỏi khuôn 12, sợi 14 được rút hướng xuống theo hướng đúc trong khi sợi được đỡ bằng các trục lăn đỡ sợi được bố trí trong các đoạn. Trong đoạn gần vị trí nơi cần hoàn thành quá trình hóa rắn của sợi 14, nhiều cặp trục lăn đỡ sợi 24 (các trục lăn giảm 24) được bố trí sao cho các khoảng cách lăn giữa các trục lăn đối diện được giảm dần về phía đầu ở phía dòng ra đối với hướng đúc. Với nhiều cặp trục lăn đỡ sợi 24, sợi 14 có thể được lăn giảm với lượng giảm được xác định trước trong khi sợi 14 được rút hướng xuống theo hướng đúc. Nhóm các trục lăn được tạo ra từ nhiều cặp trục lăn đỡ sợi 24 còn được gọi là "vùng giảm mềm".

Các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh 20 và 22 là, ví dụ, các cuộn phủ từ trường DC và được bố trí trong đoạn tương ứng với vùng nơi phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 là từ 0,24 đến 0,30. Các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh 20 và 22 phủ từ trường tĩnh đến lớp không hóa rắn 16, mà trong sợi 14. Từ trường theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi 14 được rút. Từ trường tĩnh được phủ bởi các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh 20 và 22 ngăn chặn dòng chảy mà xảy ra trong lớp không hóa rắn 16 theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi được rút. Nghĩa là, phần nhiệt độ thấp của lớp không hóa rắn 16, mà liền kề với vỏ đã hóa rắn, được ngăn cản khỏi trộn với phần nhiệt độ cao của lớp không hóa rắn 16, mà liền kề với phần giữa theo độ dày. Nói cách khác, sự đối lưu nhiệt trong lớp không hóa rắn 16 được ngăn cản, và do vậy, gradien nhiệt độ của lớp không hóa rắn 16 theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi được rút tăng lên. Lí do mà dòng chảy trong lớp không hóa rắn 16 được ngăn cản bởi từ trường tĩnh là khi thép nóng chảy cần di chuyển trong không gian trong đó từ trường tĩnh được phủ có

mặt, lực hãm do từ trường tĩnh tác dụng theo hướng ngược lại với hướng trong đó thép nóng chảy di chuyển.

Kết quả của sự tăng lên trong gradien nhiệt độ của lớp không hóa rắn 16, sự tạo ra các tinh thể đẳng trục trong phần giữa theo độ dày của sợi 14 được ngăn cản, và do đó, kết cấu được rắn hóa của sợi 14 theo hướng độ dày là kết cấu kết tinh dạng cột, và kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 là kết cấu kết tinh dạng cột. Do kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 là kết cấu kết tinh dạng cột, bề mặt phân cách của quá trình rắn hóa đồng đều, và do đó, sự tạo ra các lỗ rỗng lớn được ngăn cản trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn. Do vậy, sợi 14, mà được đúc liên tục trong máy đúc liên tục 10, đã làm giảm thiên tích theo đường trục.

Các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh 20 và 22 có thể được lắp đặt ở các vị trí tương ứng với vùng nơi phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 lớn hơn 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,3, theo cách sao cho từ trường tĩnh theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi 14 được rút có thể được phủ. Sự đối lưu nhiệt trong lớp không hóa rắn 16 xảy ra khi phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 thấp và do đó độ chảy của lớp không hóa rắn 16 cao, trong khi không có sự đối lưu nhiệt xảy ra trong lớp không hóa rắn 16 khi phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 cao và do đó độ chảy của lớp không hóa rắn 16 thấp. Theo đó, bằng cách phủ từ trường tĩnh ở vị trí tương ứng với vùng nơi phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 lớn hơn 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,3, sự đối lưu nhiệt trong lớp không hóa rắn 16 có thể được ngăn cản hữu hiệu. Do vậy, đường kính điểm thiên tích trung bình của kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 có thể được giảm.

Lưu ý rằng phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 là vùng rắn ở trung điểm của mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi 14 được rút. Phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 có thể được tính từ nhiệt độ của thép nóng chảy ở trung điểm của mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi 14 được rút (sau đây còn được gọi đơn giản là "trung điểm của sợi"). Cụ thể, sự khác biệt phần rắn và sự khác biệt nhiệt độ có thể được xác định bằng cách sử dụng nhiệt độ của thép nóng chảy trong đó phần rắn là 0 và nhiệt độ của thép nóng chảy trong đó phần

rắn là 1,0. Dựa trên mối liên hệ tương ứng giữa sự khác biệt phần rắn và sự khác biệt nhiệt độ, công thức biểu diễn mối liên hệ giữa nhiệt độ của thép nóng chảy và phần rắn có thể được tính. Theo đó, khi nhiệt độ của thép nóng chảy ở trung điểm của sợi 14 có thể được tính, phần rắn tương ứng với nhiệt độ của thép nóng chảy có thể được tính.

Hơn nữa, nhiệt độ ở trung điểm của sợi 14 có thể được tính bằng cách sử dụng nhiệt độ bề mặt của vỏ đã hóa rắn 18 và phương trình truyền nhiệt được mô tả trong Công bố đơn 1 ("Thử nghiệm truyền nhiệt trong lò nung thổi liên tục và phương pháp tính toán", được ban hành bởi Viện sắt thép Nhật Bản ngày 10/5/1971). Cặp nhiệt có thể được bố trí ở vỏ đã hóa rắn 18, và các thay đổi nhiệt độ trong nhiệt độ bề mặt của vỏ đã hóa rắn 18 có thể thu được. Theo đó, biên dạng nhiệt độ của bề mặt của vỏ đã hóa rắn trong hướng rút sợi có thể thu được. Bằng cách sử dụng biên dạng nhiệt độ thu được của bề mặt của vỏ đã hóa rắn 18 và phương trình truyền nhiệt, biên dạng nhiệt độ của trung điểm của sợi 14 theo hướng rút được tính.

Bằng cách sử dụng biên dạng nhiệt độ của trung điểm của sợi 14 và công thức được tính trước biểu diễn mối liên hệ giữa nhiệt độ của thép nóng chảy và phần rắn, biên dạng của phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi theo hướng trong đó sợi 14 được rút được tính. Dựa trên biên dạng được tính của phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14, các vị trí trong máy đúc liên tục 10 trong đó các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh 20 và 22 cần được lắp đặt được thiết đặt.

Cường độ của từ trường cần được phủ lên sợi 14 lớn hơn hoặc bằng 0,15 T. Nếu cường độ của từ trường cần được phủ ít hơn 0,15 T, đường kính điểm thiên tích trung bình của phần giữa theo độ dày của sợi 14 không thể được giảm, và do đó thiên tích theo đường trục trong sợi 14 không thể được ngăn cản.

Hơn nữa, tỷ lệ thời gian phủ lớn hơn hoặc bằng 10%. Tỷ lệ thời gian phủ là tỷ lệ để phủ từ trường tĩnh có cường độ từ trường lớn hơn hoặc bằng 0,15 T lên sợi 14. Nếu tỷ lệ thời gian phủ ít hơn 10%, kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 không thể là kết cấu tinh thể dạng cột, và do đó thiên tích theo đường trục trong sợi 14 không thể được ngăn cản. Lưu ý rằng tỷ lệ thời gian phủ là trị số được tính theo công thức (2) dưới đây.

Tỷ lệ thời gian phủ (%)

$$= \frac{\left(\frac{\text{Khoảng thời gian trong quá trình từ trường tĩnh}}{\text{được phủ lên sợi (phút)}} \right)}{\left(\frac{\text{Khoảng thời gian từ thời gian mà phần rắn}}{\text{ở vị trí giữa theo độ dày của sợi vượt quá 0}} \right)} \times 100 \dots (2)$$

Hơn nữa, tốt hơn là kiểm soát gradien nhiệt độ và tốc độ hóa rắn của sợi 14 để đảm bảo kết cấu được rắn hóa là kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều vì vậy thiên tích theo đường trục trong sợi 14 có thể được ngăn cản thêm nữa. Ở đây, gradien nhiệt độ G được định ra là gradien nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}/\text{mm}$) ở vị trí nơi phần rắn của sợi 14 là 0,99 trong vùng nơi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày là 0,3. Hơn nữa, tốc độ hóa rắn V được định ra là tốc độ ($\text{mm}/\text{phút}$) trong đó mặt phân cách giữa chất lỏng-chất rắn của sợi 14 di chuyển.

Theo định nghĩa này, sợi 14 tốt hơn là như sau khi phần rắn f_s ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 là 0,3: trị số được xác định bằng công thức (3) dưới đây, mà bao gồm gradien nhiệt độ G và tốc độ hóa rắn V , lớn hơn hoặc bằng $0,27^{\circ}\text{C} \times \text{phút}^{1/2}/\text{mm}^{3/2}$. Do vậy, kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 là kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều, và do đó, trong sợi 14, mà được đúc liên tục trong máy đúc liên tục 10, thiên tích theo đường trục được ngăn cản thêm nữa.

$$\frac{G}{\sqrt{V}} \dots (3)$$

Mặt khác, nếu trị số được xác định bằng công thức (3) nhỏ hơn $0,27^{\circ}\text{C} \times \text{phút}^{1/2}/\text{mm}^{3/2}$, kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 không thể là kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều, nghĩa là, tác dụng được mô tả ở trên không được tạo ra.

Để kiểm tra thiên tích theo đường trục trong sợi 14, mẫu có thể được cắt từ phần giữa theo độ dày của sợi 14 và được đánh giá. Ví dụ, mẫu có thể là 50 mm theo độ dày, 410 mm theo độ rộng, và 80 mm theo độ dài. Cụ thể, mặt cắt ngang song song với hướng đúc của mẫu được cắt được khắc với axit picric bão hòa, do đó bộc lộ kết cấu vi

mô, và các hình ảnh về các điểm thiên tích vĩ mô và các điểm thiên tích bán vĩ mô được quan sát trong phần giữa theo độ dày vùng của sợi 14 được chụp. Các điểm thiên tích vĩ mô có đường kính điểm thiên tích xấp xỉ 5 mm, và các điểm thiên tích bán vĩ mô có đường kính điểm thiên tích xấp xỉ 1 mm. Tiếp theo, các hình ảnh được chụp trải qua phân tích hình ảnh để đo diện tích trung bình của các điểm thiên tích, và đường kính điểm tương đương vòng tròn trung bình (đường kính điểm thiên tích trung bình) được tính từ diện tích trung bình. Dựa trên đường kính điểm trung bình được tính, kích thước của các điểm thiên tích có thể được đánh giá.

Các điểm thiên tích được tạo ra trong phần hóa rắn cuối cùng trong vùng giữa theo hướng độ dày khi quá trình hóa rắn của lớp không hóa rắn 16 tiến triển. Phần hóa rắn cuối cùng là phần nơi các tinh thể ở dạng cột được phát triển từ phía bề mặt trên (phía ngược lại với mặt phẳng tham chiếu của máy đúc liên tục) của sợi 14 và các tinh thể ở dạng cột được phát triển từ phía bề mặt dưới (phía tương ứng với mặt phẳng tham chiếu của máy đúc liên tục) của sợi 14 đụng nhau. Điều đã được biết là thiên tích theo đường trục càng lớn, kích thước (đường kính điểm thiên tích) của các điểm thiên tích càng lớn, và khi kích thước tăng lên, khả năng gia công và các đặc tính tương tự giảm. Nghĩa là, việc giảm đường kính điểm thiên tích có nghĩa là giảm thiên tích theo đường trục. Theo đó, thiên tích theo đường trục trong sợi 14 có thể được đánh giá bằng cách đo đường kính điểm thiên tích.

Trong trường hợp mà kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 được tạo ra là kết cấu tinh thể dạng cột bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả ở trên, có thể xảy ra điều sau đây. Trong các vùng trong đó các dendrit tiếp xúc với nhau ở cả hai bề mặt phân cách của các quá trình rắn hóa, các lỗ rỗng nhỏ có thể được tạo ra ở các phần đầu của các dendrit, và các lỗ rỗng nhỏ có thể vẫn còn và tạo ra các lỗ xốp nhỏ trong sợi 14. Tốt hơn là, để ngăn sự tạo ra các lỗ rỗng nhỏ, cán hoàn nguyên với tỷ lệ giảm nằm trong khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% (sau đây còn được gọi là "sự co mềm") được thực hiện trên sợi 14 bằng cách sử dụng nhiều cặp trục lăn đỡ sợi 24, việc cán hoàn nguyên được thực hiện trong khoảng trong đó phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,7. Khi vỏ đã hóa rắn 18 của sợi 14 trong

giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn được lăn giảm một cách bắt buộc, các lỗ rỗng nhỏ, được mô tả ở trên, dễ dàng biến mất. Hơn nữa, do sợi 14 trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn được lăn giảm, dòng thép nóng chảy được làm giàu được ngăn cản, và do đó thiên tích theo đường trục trong sợi 14 được giảm.

Như được sử dụng ở đây, "tỷ lệ giảm" đề cập đến lượng giảm theo độ dày từ độ dày của sợi 14 trước khi cán hoàn nguyên (sự khác biệt giữa độ dày của sợi 14 trước khi cán hoàn nguyên và độ dày của sợi 14 sau khi cán hoàn nguyên), được biểu thị là tỷ lệ (phần trăm). Khi tỷ lệ giảm lớn hơn 5,0%, các vết nứt bên trong tạo ra trong sợi 14 do lượng giảm lớn quá mức. Mặt khác, nếu tỷ lệ giảm thấp quá mức, độ xộp còn lại trong phần giữa theo độ dày của sợi 14. Theo đó, điều được mong muốn là lượng giảm xấp xỉ 1,0% được đảm bảo.

Nếu sự cán hoàn nguyên được bắt đầu sau khi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 vượt quá 0,3, có khả năng thiên tích theo đường trục trong sợi 14 không thể được ngăn cản do dòng thép nóng chảy được làm giàu có thể đã bắt đầu. Hơn nữa, trong phạm vi trong đó phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 lớn hơn 0,7, dòng thép nóng chảy được làm giàu không xảy ra, và do đó, thiên tích theo đường trục không suy giảm ngay cả khi không có sự cán hoàn nguyên được thực hiện. Theo đó, cần thực hiện sự co mềm trong phạm vi trong đó phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi 14 nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,7.

Hơn nữa, nếu tốc độ cán hoàn nguyên nhỏ hơn 0,30 mm/phút, tốc độ cán hoàn nguyên quá thấp so với lượng co ngót của quá trình hóa rắn, và do đó dòng thép nóng chảy được làm giàu không được ngăn cản đủ. Mặt khác, nếu tốc độ cán hoàn nguyên lớn hơn 2,00 mm/phút, tốc độ cán hoàn nguyên quá cao so với lượng co ngót của quá trình hóa rắn, và do đó thiên tích hình chữ V ngược và/hoặc sự nứt bên trong có thể xảy ra. Theo đó, khi sự co mềm được thực hiện, điều được mong muốn là tốc độ cán hoàn nguyên nằm trong khoảng từ 0,30 đến 2,00 mm/phút.

Trong trường hợp mà sự co mềm được thực hiện trên sợi 14 trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn, sợi 14, mà được đúc liên tục trong máy đúc liên tục 10, đã giảm thiên tích theo đường trục và độ xộp hơn nữa do tác dụng giảm thiên tích, mà được tạo

ra bởi sự phủ từ trường tĩnh, và tác dụng giảm thiên tích và tác dụng ngăn độ xoắn, mà được tạo ra bởi sự co mềm.

Như được mô tả ở trên, theo sáng chế, từ trường tĩnh được phủ đến một vùng của sợi 14, vùng là vùng nơi phần rắn ở vị trí chính giữa theo độ dày của sợi 14 trong phạm vi từ lớn hơn 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,3, từ trường tĩnh được phủ theo hướng vuông góc với hướng rút sợi ở cường độ được xác định trước trong khoảng thời gian được xác định trước. Vì vậy, sự đối lưu nhiệt trong lớp không hóa rắn 16 trong sợi được ngăn cản, mà tăng gradien nhiệt độ của lớp không hóa rắn 16 theo hướng độ dày của sợi 14. Do vậy, kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi 14 là cấu trúc tinh thể dạng trụ. Do vậy, đường kính điểm thiên tích trung bình của phần giữa theo độ dày của sợi được giảm, và do đó, đạt được điều sau đây: sợi 14, mà được đúc bằng cách sử dụng máy đúc liên tục, đã giảm thiên tích theo đường trục của các nguyên tố hòa tan, như cacbon, phospho, lưu huỳnh, và mangan.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sợi đã được đúc liên tục bằng cách sử dụng máy đúc liên tục thành thỏi, mà có cùng kết cấu như máy đúc liên tục được minh họa trên Fig.1 và trong đó độ dài đường của máy đúc liên tục là 19,9 m và bán kính cong của nó là 15 m. Với máy đúc liên tục, các sợi có độ dày là 250 mm và độ rộng là 410 mm theo kích thước mặt cắt ngang có thể được đúc. Các thành phần của thép nóng chảy được đổ vào trong khuôn bao gồm như sau: cacbon, 0,7% về khối lượng; silic, 0,2% về khối lượng; và mangan, 0,9% về khối lượng. Tốc độ rút sợi là 0,8 m/phút, và mức độ quá nhiệt của thép nóng chảy (nhiệt độ của thép nóng chảy - nhiệt độ đường pha lỏng) trong gàu trung gian là 20°C.

Các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh được lắp đặt ở các vị trí tương ứng với vùng nơi phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi từ 0,24 đến 0,30. Quá trình đúc liên tục đã được thực hiện ở các tỷ lệ thời gian phủ khác nhau và ở các cường độ từ trường khác nhau, tỷ lệ thời gian phủ được định ra bằng công thức (2). Các tỷ lệ thời gian phủ là 2%, 5%, 8%, 10%, 15%, và 20%, và các cường độ từ trường là 0,05 T, 0,10 T, 0,15 T, 0,20 T, và 0,30 T.

Bảng 1 thể hiện kết cấu được rắn hóa và đường kính điểm thiên tích trung bình

được đo của phần giữa theo độ dày của mỗi sợi. Về kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi, loại kết cấu được rắn hóa đã được xác định như được mô tả ở trên. Nghĩa là, mặt cắt ngang của mẫu được cắt từ sợi được khắc với axit picric bão hòa, do đó bộc lộ kết cấu vĩ mô, và kết cấu đã được kiểm tra trực quan. Hơn nữa, đường kính điểm thiên tích trung bình đã cũng được xác định như được mô tả ở trên. Nghĩa là, diện tích trung bình của các điểm thiên tích đã được đo, và đường kính điểm tương đương vòng tròn trung bình đã được tính từ diện tích trung bình và đã được chỉ định là đường kính điểm thiên tích trung bình.

Bảng 1

Từ trường (T)	Tỷ lệ thời gian phủ (%)	Kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi	Đường kính điểm thiên tích trung bình (mm)
0	0	Tinh thể đẳng trục	10,0
0,05	2	Tinh thể đẳng trục	10,2
0,05	5	Tinh thể đẳng trục	10,0
0,05	8	Tinh thể đẳng trục	9,4
0,05	10	Tinh thể dạng cột	9,4
0,05	15	Tinh thể dạng cột	9,1
0,05	20	Tinh thể dạng cột	9,0
0,10	2	Tinh thể đẳng trục	10,2
0,10	5	Tinh thể đẳng trục	9,9
0,10	8	Tinh thể đẳng trục	9,4
0,10	10	Tinh thể dạng cột	9,2
0,10	15	Tinh thể dạng cột	9,3
0,10	20	Tinh thể dạng cột	8,8
0,15	2	Tinh thể đẳng trục	10,2
0,15	5	Tinh thể đẳng trục	10,0
0,15	8	Tinh thể đẳng trục	8,8

0,15	10	Tinh thể dạng cột	2,2
0,15	15	Tinh thể dạng cột	1,4
0,15	20	Tinh thể dạng cột	1,1
0,20	2	Tinh thể đẳng trục	10,2
0,20	5	Tinh thể đẳng trục	9,7
0,20	8	Tinh thể đẳng trục	7,7
0,20	10	Tinh thể dạng cột	1,6
0,20	15	Tinh thể dạng cột	1,2
0,20	20	Tinh thể dạng cột	0,9
0,30	2	Tinh thể đẳng trục	10,2
0,30	5	Tinh thể đẳng trục	9,5
0,30	8	Tinh thể đẳng trục	8,1
0,30	10	Tinh thể dạng cột	1,4
0,30	15	Tinh thể dạng cột	0,9
0,30	20	Tinh thể dạng cột	0,8

Fig.2 là biểu đồ minh họa mối liên hệ giữa đường kính điểm thiên tích trung bình và tỷ lệ thời gian phủ cho mỗi cường độ từ trường trong các cường độ từ trường khác nhau, dựa trên các kết quả đo được thể hiện trong Bảng 1. Fig.3 là biểu đồ minh họa mối liên hệ giữa đường kính điểm thiên tích trung bình và cường độ từ trường cho mỗi tỷ lệ thời gian phủ trong các tỷ lệ thời gian phủ khác nhau, dựa trên các kết quả đo được thể hiện trong Bảng 1.

Từ Fig.2, điều được thấy là trong trường hợp mà cường độ từ trường ít hơn hoặc bằng 0,10 T, đường kính điểm thiên tích trung bình không thay đổi đáng kể ngay cả khi tỷ lệ thời gian phủ được tăng lên. Ngược lại, điều được thấy là trong trường hợp mà cường độ từ trường lớn hơn hoặc bằng 0,15 T, đường kính điểm thiên tích trung bình có thể được giảm bằng cách thiết đặt tỷ lệ thời gian phủ lớn hơn hoặc bằng 10%.

Từ Fig.3, điều được thấy là trong trường hợp mà tỷ lệ thời gian phủ ít hơn hoặc bằng 8%, đường kính điểm thiên tích trung bình không thay đổi đáng kể ngay cả khi cường độ từ trường được tăng lên. Ngược lại, điều được thấy là trong trường hợp mà tỷ

lệ thời gian phủ lớn hơn hoặc bằng 10%, đường kính điểm thiên tích trung bình có thể được giảm bằng cách thiết đặt cường độ từ trường lớn hơn hoặc bằng 0,15 T.

Hơn nữa, Bảng 1 xác nhận trong trường hợp mà cường độ từ trường lớn hơn hoặc bằng 0,15 T, kết cấu được rắn hóa của vùng giữa của sợi có thể là kết cấu tinh thể dạng cột khi tỷ lệ thời gian phủ được thiết đặt lớn hơn hoặc bằng 10%.

Các kết quả này chứng minh các điều sau đây. Khi quá trình đúc liên tục được thực hiện với sự phủ từ trường tĩnh lên sợi, kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi có thể là kết cấu dạng cột, và do đó, đường kính điểm thiên tích trung bình của kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi có thể được giảm, nghĩa là, thiên tích theo đường trục trong sợi có thể được giảm. Từ trường tĩnh được phủ với tỷ lệ thời gian phủ là 10% và với cường độ từ trường là lớn hơn hoặc bằng 0,15 T bằng cách sử dụng thiết bị tạo từ trường tĩnh được bố trí trong máy đúc liên tục. Thiết bị tạo từ trường tĩnh được bố trí ở ít nhất một phần của vùng tương ứng với khoảng trong đó phần rắn fs ở vị trí giữa theo độ dày của sợi lớn hơn 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,3.

Hơn nữa, thử nghiệm đã được thực hiện bằng cách sử dụng máy đúc liên tục được đề cập ở trên. Trong thử nghiệm, trong khi từ trường tĩnh được phủ lên sợi, bước cán hoàn nguyên (sự co mềm) được thực hiện trên sợi theo cách từ từ trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn bằng cách sử dụng nhiều cặp trục lăn đỡ sợi được bố trí sao cho khoảng cách giữa các trục lăn được giảm dần về phía đầu ở phía dòng ra đối với hướng đúc. Thử nghiệm này được thực hiện để nghiên cứu sự cán hoàn nguyên được thực hiện trên sợi trong giai đoạn cuối của quá trình hóa rắn có ảnh hưởng nào lên kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi hay không.

Các điều kiện cho sự cán hoàn nguyên của sợi như sau. Tốc độ cán hoàn nguyên nằm trong khoảng từ 0,30 đến 2,00 mm/phút. Tỷ lệ giảm được thay đổi: 0%, 0,1%, 0,8%, 1,0%, 5,0%, 7,0%, và 10,0%. Sự cán hoàn nguyên được thực hiện trong phạm vi trong đó phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi là lớn hơn hoặc bằng 0,3 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,7. Trong quá trình cán hoàn nguyên, từ trường tĩnh có cường độ từ trường là 0,15 T được phủ lên sợi với tỷ lệ thời gian phủ là 10%, qua các thiết bị tạo ra từ trường tĩnh được lắp đặt ở các vị trí tương ứng với vùng nơi phần rắn fs ở vị trí giữa

theo độ dày của sợi từ 0,24 đến 0,30.

Bảng 2 thể hiện các kết quả nghiên cứu đối với độ xốp trong phần giữa theo độ dày của sợi trong các điều kiện cán hoàn nguyên khác nhau. Theo nghiên cứu, từ trường tĩnh có cường độ từ trường là 0,15 T được phủ với tỷ lệ thời gian phủ là 10%, do đó kiểm soát kết cấu được rắn hóa là kết cấu tinh thể dạng cột. Mức độ xốp trong phần giữa theo độ dày của sợi được đánh giá bằng cách quan sát trực quan mặt cắt ngang của mẫu.

Bảng 2

Từ trường (T)	Tỷ lệ thời gian phủ (%)	Tỷ lệ giảm (%)	Các khuyết tật bên trong trong phần giữa theo độ dày của sợi
0,15	10	0	Độ xốp còn lại
		0,1	Độ xốp còn lại
		0,8	Độ xốp còn lại
		1,0	Không có độ xốp
		5,0	Không có độ xốp
		7,0	Không có độ xốp, nhưng xuất hiện nứt bên trong
		10,0	Không có độ xốp, nhưng xuất hiện nứt bên trong

Như được thể hiện trong bảng 2, điều được tìm ra là sợi trong đó không có độ xốp được tạo ra có thể được sản xuất bằng cách, sau khi phủ từ trường tĩnh, thực hiện cán hoàn nguyên trên một vùng của sợi, vùng là vùng nơi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày nằm trong khoảng từ 0,3 đến 0,7, với tỷ lệ giảm nằm trong khoảng từ 1,0% đến 5,0%. Trong trường hợp mà tỷ lệ giảm ít hơn 1,0%, độ xốp còn lại do lượng giảm không đủ, trong khi, trong trường hợp mà lượng giảm lớn hơn 5,0%, sự tạo ra độ xốp được ngăn cản, nhưng sự nứt bên trong xuất hiện trong sợi.

Tốt hơn là gradien nhiệt độ và tốc độ hóa rắn được kiểm soát để đảm bảo kết cấu được rắn hóa là kết cấu tinh thể dạng cột. Cụ thể, trong trường hợp mà gradien nhiệt độ

nhỏ, tốc độ hóa rắn có thể được giảm, và, trong trường hợp mà gradient nhiệt độ lớn, tốc độ hóa rắn có thể được tăng lên. Do vậy, điều được dự đoán là kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều sẽ tạo ra. Theo đó, thử nghiệm được thực hiện trong đó mối liên hệ giữa gradient nhiệt độ G và tốc độ hóa rắn V được nghiên cứu bằng cách sử dụng khuôn làm mát bằng nước để thử nghiệm. Thử nghiệm được thực hiện theo cách sau. Thép nóng chảy được đổ vào khuôn làm mát bằng nước để thử nghiệm để làm đầy không gian bên trong của khuôn làm mát bằng nước với thép nóng chảy. Chỉ các bề mặt dài của khuôn làm mát bằng nước được làm mát bằng nước để làm mát thép nóng chảy. Từ trường tĩnh được phủ khi phần rắn f_s ở vị trí giữa theo độ dày của sợi là 0,3 qua thiết bị tạo từ trường tĩnh được lắp đặt ở bề mặt sau của khuôn làm mát bằng nước.

Cần lưu ý rằng, như được mô tả ở trên, gradient nhiệt độ G là gradient nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}/\text{mm}$) ở vị trí nơi phần rắn của sợi là 0,99 ở thời điểm khi phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày là 0,3. Hơn nữa, tốc độ hóa rắn V là tốc độ ($\text{mm}/\text{phút}$) trong đó mặt phân cách giữa chất lỏng-chất rắn của sợi di chuyển.

Hai cặp nhiệt loại R được bố trí trên sợi trong khuôn làm mát bằng nước (ở vị trí $1/2$ độ rộng cạnh dài và $1/2$ độ dày cạnh ngắn và ở vị trí $1/2$ độ rộng cạnh dài và $1/4$ độ dày cạnh ngắn). Biên dạng nhiệt độ theo hướng về phía giữa của sợi thu được từ đầu ra dữ liệu nhiệt độ từ các cặp nhiệt và phương trình truyền nhiệt. Tiếp theo, gradient nhiệt độ G ($^{\circ}\text{C}/\text{mm}$) ở vị trí nơi phần rắn là 0,99 được tính từ biên dạng nhiệt độ thu được. Cụ thể, gradient nhiệt độ G được tính bằng cách sử dụng các nhiệt độ ở các vị trí về phía trước và về phía sau của vị trí nơi phần rắn là 0,99, như được tính từ biên dạng nhiệt độ, và khoảng cách giữa vị trí về phía trước và vị trí về phía sau.

Vị trí của mặt phân cách giữa chất lỏng-chất rắn của sợi được tính từ biên dạng nhiệt độ của sợi, mà được tính từ đầu ra dữ liệu nhiệt độ từ các cặp nhiệt và phương trình truyền nhiệt. Tốc độ V ($\text{mm}/\text{phút}$) trong đó mặt phân cách giữa chất lỏng-chất rắn của sợi di chuyển được tính bằng cách sử dụng lượng thay đổi trên thời gian đơn vị của biên dạng nhiệt độ.

Bảng 3 thể hiện các kết quả nghiên cứu của mối liên hệ giữa gradient nhiệt độ G và tốc độ hóa rắn V . Bảng 3 thể hiện trong trường hợp mà trị số được xác định bằng

công thức (3) nhỏ hơn $0,19 \text{ }^{\circ}\text{Cxphút}^{1/2}/\text{mm}^{3/2}$, kết cấu tinh thể đẳng trục trong đó hướng phát triển dendrit là không đồng đều được quan sát trong phần giữa theo độ dày của sợi. Mặt khác, điều được quan sát trong trường hợp mà trị số được xác định bằng công thức (3) lớn hơn hoặc bằng $0,19 \text{ }^{\circ}\text{Cxphút}^{1/2}/\text{mm}^{3/2}$, kết cấu tinh thể dạng cột được tạo ra, và trong trường hợp mà trị số được xác định bằng công thức (3) lớn hơn hoặc bằng $0,27 \text{ }^{\circ}\text{Cxphút}^{1/2}/\text{mm}^{3/2}$, kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều được tạo ra.

Bảng 3

Từ trường (T)	Tỷ lệ thời gian phủ (%)	Kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi	$\frac{G}{\sqrt{V}}$ ($^{\circ}\text{C} \times \text{phút}^{1/2}/\text{mm}^{3/2}$)
0	0	Tinh thể đẳng trục	0,10
0,10	5	Tinh thể đẳng trục	0,12
0,10	10	Kết cấu không đồng đều cao	0,19
0,15	5	Tinh thể đẳng trục	0,14
0,15	10	Kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều	0,27
0,20	5	Tinh thể đẳng trục	0,16
0,20	10	Kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều	0,30

Bảng 3 xác nhận khi gradien nhiệt độ G và tốc độ hóa rắn V được kiểm soát theo cách sao cho trị số được xác định bằng công thức (3) lớn hơn hoặc bằng $0,27 \text{ }^{\circ}\text{Cxphút}^{1/2}/\text{mm}^{3/2}$, đường kính điểm thiên tích trung bình của kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi có thể được giảm, và do đó, kết cấu được rắn hóa của phần giữa theo độ dày của sợi có thể là kết cấu tinh thể dạng cột đồng đều hơn. Theo đó, điều được tìm thấy là thiên tích theo đường trục trong sợi mà được đúc trong máy đúc liên tục có thể được giảm hơn nữa.

Danh sách các số chỉ dẫn

10 Máy đúc liên tục

12 Khuôn

14 Sợi

16 Lớp không được hóa rắn

18 Vỏ đã hóa rắn

20 Thiết bị tạo từ trường tĩnh

22 Thiết bị tạo từ trường tĩnh

24 Trục lăn giảm

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp đúc thép liên tục, trong đó phương pháp này bao gồm bước sản xuất sợi, bước sản xuất sợi bao gồm bước đổ thép nóng chảy vào khuôn của máy đúc liên tục và bước rút vỏ đã hóa rắn khỏi khuôn, vỏ đã hóa rắn là phần được hóa rắn của thép nóng chảy,

phương pháp bao gồm bước phủ từ trường tĩnh lên ít nhất một phần của một vùng của sợi, sợi trong máy đúc liên tục, vùng là vùng nơi phần rắn f_s ở vị trí chính giữa theo độ dày của sợi trong phạm vi của công thức (1) dưới đây, từ trường tĩnh có cường độ từ trường lớn hơn hoặc bằng 0,15 T và theo hướng vuông góc với hướng trong đó sợi được rút, từ trường tĩnh được phủ với tỷ lệ thời gian phủ lớn hơn hoặc bằng 10%, tỷ lệ thời gian phủ được định ra bằng công thức (2) dưới đây

$$0 < f_s \leq 0,3 \dots (1)$$

tỷ lệ thời gian phủ (%)

$$= \frac{\left(\frac{\text{khoảng thời gian trong quá trình từ trường tĩnh được phủ lên sợi (phút)}}{\left(\frac{\text{khoảng thời gian từ thời gian mà phần rắn ở vị trí giữa theo độ dày của sợi vượt quá 0 đến thời gian mà phần rắn đạt đến 0,3 (phút)}} \right)} \right) \times 100 \dots (2)$$

2. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm 1, trong đó, trong vùng nơi phần rắn ở vị trí chính giữa theo độ dày của sợi là 0,3, trị số được xác định bằng công thức (3) dưới đây lớn hơn hoặc bằng $0,27 \text{ } ^\circ\text{C} \times \text{phút}^{1/2} / \text{mm}^{3/2}$,

$$\frac{G}{\sqrt{V}} \dots (3)$$

trong đó G là gradien nhiệt độ ($^\circ\text{C}/\text{mm}$) ở vị trí nơi vùng rắn của sợi là 0,99 trong vùng nơi phần rắn ở vị trí chính giữa theo độ dày là 0,3, và V là tốc độ (mm/phút) ở đó mặt phân cách giữa chất lỏng-chất rắn của sợi di chuyển.

3. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm 1 hoặc 2, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước thực hiện cán hoàn nguyên trên vùng của sợi, vùng là vùng nơi phần rắn ở vị trí chính giữa theo độ dày của sợi có phạm vi từ 0,3 đến 0,7, bước cán

hoàn nguyên được thực hiện bằng cách sử dụng nhiều cặp các trục lăn đỡ sợi được bố trí sao cho khoảng cách giữa các trục lăn được giảm dần về phía đầu ở phía dòng ra đối với hướng đúc, bước cán hoàn nguyên được thực hiện với tỷ lệ giảm ít hơn hoặc bằng 5,0%.

1/2

FIG. 1

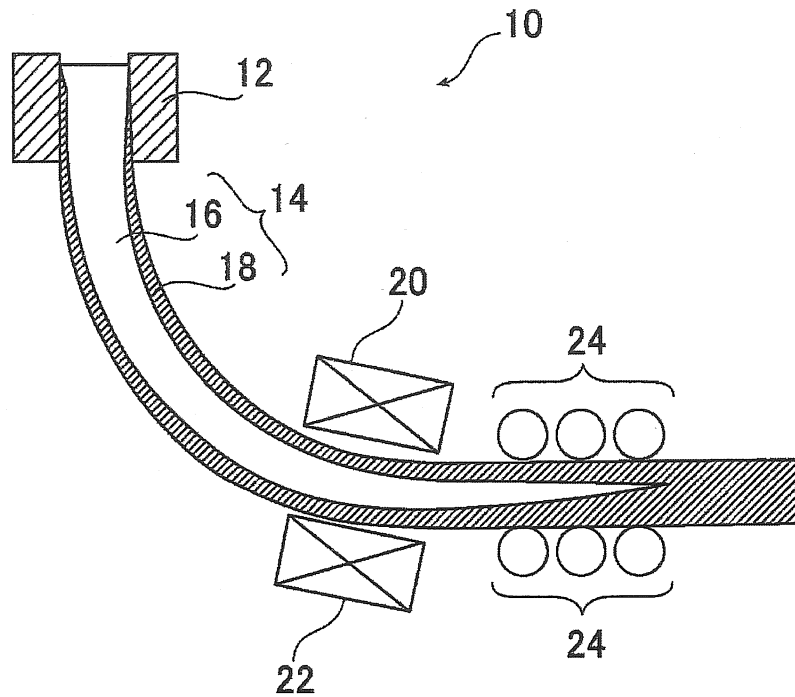
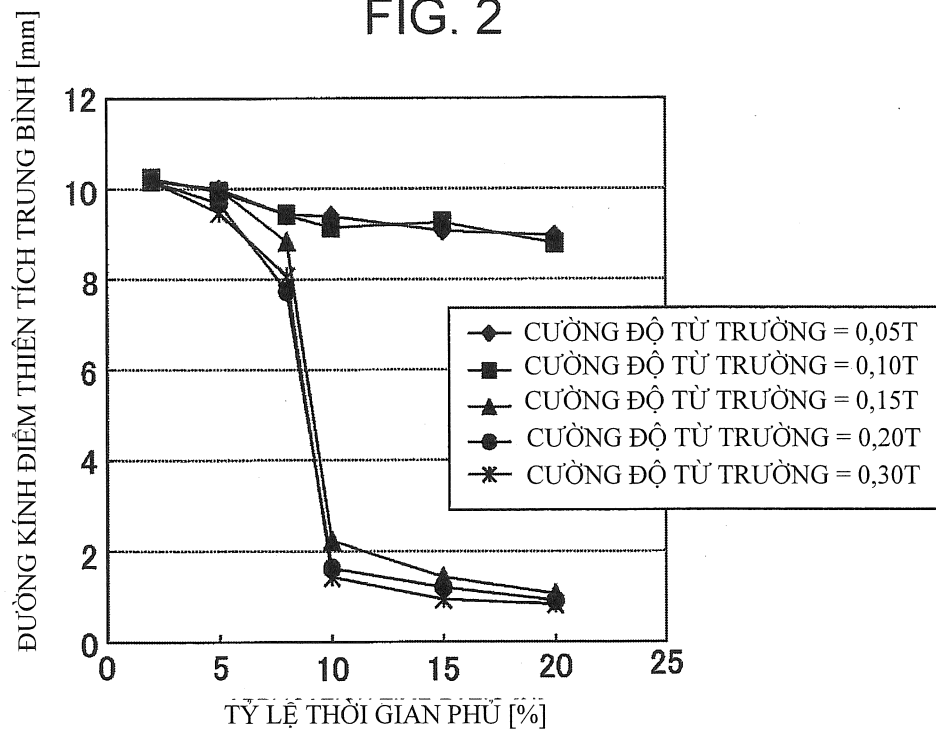


FIG. 2



2/2

FIG. 3

