



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

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

(11)



1-0032594

(51)⁸ B22D 11/20; B22D 11/128

(13) B

(21) 1-2017-02363

(22) 24/12/2014

(86) PCT/JP2014/006415 24/12/2014

(87) WO/2016/103293 A1 30/06/2016

(45) 25/07/2022 412

(43) 25/09/2017 354A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

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

(72) TOISHI, Keigo (JP); ONO, Hiroyuki (JP); ARAMAKI, Norichika (JP); MIKI, Yuji (JP).

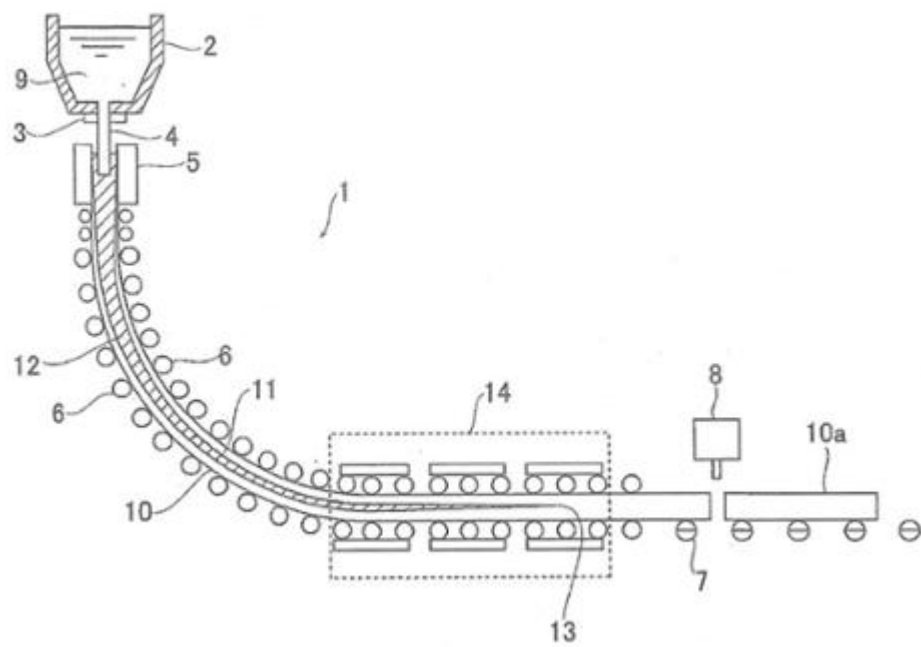
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐÚC THÉP LIÊN TỤC

(57) Sáng chế đề cập đến các điều kiện cho sự ép nhẹ được xác định theo chiều dày của dải phôi tấm để ngăn ngừa sự phân tách ở trung tâm khối xảy ra trong dải thép do tốc độ nén không đủ hoặc các vết nứt bên trong khối xảy ra trong dải thép do tốc độ nén cao quá mức. Trong phương pháp đúc liên tục theo sáng chế, khi dải thép (10) có chiều dày từ 160mm đến 350mm và chiều rộng từ 1600mm đến 2400mm được đúc liên tục trong khi một miền của dải thép kéo dài từ thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có tỷ phần pha rắn là 0,1 đến thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có tỷ phần pha rắn tương đương với tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy được nén trong vùng ép nhẹ (14) mà trong đó các cặp con lăn đỡ dải thép được bố trí, chiều dày dải thép (D), tỷ số giảm (Z) của vùng ép nhẹ, và tốc độ rút dải thép (V) thỏa mãn mỗi quan hệ được biểu diễn bởi biểu thức (1) và (2) dưới đây, mà α là hệ số chiều dày (không có thứ nguyên). Do là chiều dày (mm) của dải thép tiêu chuẩn ở vị trí ngay bên dưới khuôn, và β và γ là các hệ số được xác định theo chiều rộng W (mm) của dải thép:

$$0,3/(V \times \alpha) < Z < 1,5/(V \times \alpha) \dots (1), \text{ và}$$

$$\alpha = \beta \times (D/D_0) + \gamma \dots (2).$$



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp đúc thép liên tục mà ngăn ngừa sự phân tách thành phần xảy ra ở phần giữa theo chiều dày của dải thép đúc liên tục, có nghĩa là, sự phân tách ở trung tâm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong quá trình xử lý cuối cùng của sự hóa rắn trong quá trình đúc thép liên tục, một phần thép nóng chảy không được hóa rắn (được gọi là "lớp chưa hóa rắn") bị rút theo sự co ngót khi hóa rắn, nhờ đó một phần thép nóng chảy không hóa rắn đi theo hướng rút của dải thép. Các nguyên tố hòa tan như cacbon (C), phospho (P), lưu huỳnh (S), và mangan (Mn) được tập trung trong lớp chưa hóa rắn. Khi thép nóng chảy tập trung đi vào phần giữa của dải thép và được hóa rắn ở phần đó, được gọi là xảy ra sự phân tách ở trung tâm. Các ví dụ về các nguyên nhân làm cho thép nóng chảy tập trung ở cuối quá trình hóa rắn chảy ra bao gồm, bên cạnh sự co ngót khi hóa rắn được nêu trên, sự phồng lên của dải thép giữa các con lăn do áp lực tĩnh của thép nóng chảy và độ lệch của các con lăn đỡ dải thép.

Sự phân tách ở trung tâm này làm giảm chất lượng của sản phẩm thép, cụ thể, là các tấm thép dày. Ví dụ, nếu vật liệu ống dẫn thẳng dùng để vận chuyển dầu hoặc vận chuyển khí tự nhiên có sự phân tách ở trung tâm, tác động của khí chưa do hydro gây ra vết nứt từ sự phân tách ở trung tâm. Các vấn đề tương tự có thể còn xảy ra trong các kết cấu bao gồm các công trình ngoài khơi, bể chứa, và bể dầu. Trong những năm này, thép thường xuyên được yêu cầu sử dụng trong các điều kiện khắc nghiệt như trong nhiệt độ thấp hoặc môi trường ăn mòn cao, nhờ đó việc giảm sự phân tách ở trung tâm trong dải thép đã trở nên quan trọng hơn.

Do đó, phần lớn các biện pháp đối phó được đưa ra để làm giảm sự phân tách ở trung tâm trong dải thép hoặc làm cho sự phân tách ở trung tâm trở nên vô hại đã được phát triển trong suốt quy trình từ quá trình đúc liên tục đến quá trình cán. Một trong các biện pháp đối phó như vậy đã được biết đến là có tác dụng cụ thể trong việc khắc phục

sự phân tách ở trung tâm là "phương pháp ép nhẹ trong giai đoạn hóa rắn cuối cùng", mà trong đó dải thép đúc liên tục chứa lớp chưa hóa rắn bên trong được nén xuống trong máy đúc liên tục. Ở đây, "phương pháp ép nhẹ trong giai đoạn hóa rắn cuối cùng" là phương pháp mà trong đó các con lăn nén được bố trí ở hoặc quanh vị trí hoàn tất việc hóa rắn của dải thép và dải thép đúc liên tục được nén xuống dần dần bằng các con lăn nén ở tốc độ nén gần như tương ứng với tốc độ co ngót khi hóa rắn để ngăn ngừa sự xuất hiện các lỗ rỗng hoặc các dòng thép nóng chảy tập trung trong phần trung tâm của dải thép, nhờ đó ngăn chặn sự phân tách ở trung tâm của dải thép.

Để phương pháp ép nhẹ trong giai đoạn hóa rắn cuối cùng ngăn ngừa việc xảy ra sự phân tách ở trung tâm một cách hiệu quả, điều quan trọng là phải xác định một cách thích hợp thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc của chu kỳ, trong khoảng thời gian hóa rắn cuối của dải thép, mà trong đó dải thép được đưa vào quá trình ép nhẹ và xác định tốc độ nén trong chu kỳ ép nhẹ. Các phương pháp khác nhau dùng để xác định các thời điểm và tốc độ này đã được phát triển.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 mô tả phương pháp đúc liên tục mà bao gồm việc đưa quá trình ép nhẹ vào thời điểm bắt đầu hóa rắn cuối cùng của dải thép đúc liên tục và trong đó tốc độ tại đó dải thép được nén trên một đơn vị thời gian ở phần mà trong đó dải thép được đưa vào quá trình ép nhẹ được xác định bởi nhiệt độ bề mặt của dải thép tại thời gian bắt đầu nén và chiều dày của lớp chưa hóa rắn của dải thép ở vị trí nén.

Tài liệu sáng chế 2 và Tài liệu sáng chế 3 lần lượt mô tả phương pháp đúc thép liên tục bằng cách đúc liên tục trong khi nén dải thép bằng nhiều cặp con lăn trong khoảng từ thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày của dải thép cán thô có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,3 đến thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy. Theo phương pháp này, tốc độ mà ở đó dải thép được nén còn được tăng lên nữa về phía đầu ra theo hướng đúc với tỷ phần pha rắn tăng lên ở phần giữa theo chiều dày của dải thép.

Tài liệu sáng chế 4 mô tả phương pháp đúc thép liên tục với việc tác dụng lực nén

vào dải thép đang được đúc. Theo phương pháp này, các điều kiện nén được xác định hoặc được điều chỉnh trên cơ sở của sự hình thành hình dạng mặt cắt ngang của dải thép được lấy vuông góc với hướng chiều dọc của dải thép và sự hình thành hình dạng của phần không hóa rắn theo mặt cắt ngang.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 8-132203

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 3-90263

Tài liệu sáng chế 3: Công bố sáng chế Nhật Bản số 3-90259

Tài liệu sáng chế 4: Công bố sáng chế Nhật Bản số 2003-71552

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra các thực tế sau từ thực nghiệm. Trong việc đúc dải phôi tấm liên tục liên quan đến phương pháp ép nhẹ trong giai đoạn hóa rắn cuối cùng, trong trường hợp mà chiều dày của dải thép đích được đúc thay đổi, thời điểm mà khi đó quá trình ép nhẹ được bắt đầu và thời điểm mà khi đó quá trình ép nhẹ được kết thúc không thay đổi bất kể chiều dày của dải thép, trong khi đó tốc độ nén tối ưu nằm trong khoảng mà trong đó lực nén được tác dụng vào dải thép (được gọi là "vùng ép nhẹ") thay đổi theo chiều dày của dải thép.

Chiều dày của dải phôi tấm được xác định theo chiều dày của sản phẩm thép được cán và tỷ lệ nén trong khi cán được yêu cầu đối với các đặc điểm kỹ thuật của sản phẩm thép (chiều dày dải thép/chiều dày sản phẩm thép). Do đó, khi xác định các đặc điểm kỹ thuật mới của sản phẩm thép, chiều dày của dải thép được xác định theo các đặc điểm kỹ thuật này. Nếu dải thép mà có chiều dày được xác định chưa bao giờ được đúc trước bằng phương pháp ép nhẹ trong giai đoạn hóa rắn cuối cùng, thì cần phải xác định thêm tốc độ nén tối ưu trong quá trình ép nhẹ cho chiều dày dải thép. Mỗi lần khi tốc độ nén tối ưu được xác định, tỷ số giảm tối ưu trong vùng ép nhẹ được xác định qua các thử

nghiệm đúc bằng cách sử dụng máy thông thường dưới các thiết lập về các mức tỷ số giảm khác nhau, mà yêu cầu thời gian và chi phí đáng kể. Cụ thể, việc đạt được phương pháp để thu được dễ dàng tỷ số giảm tối ưu trong vùng ép nhẹ theo chiều dày của dải phôi tấm là một thử thách.

Ở đây, "tỷ số giảm" là chỉ trạng thái của mức độ của khoảng hở cán được xác định theo cách mà khoảng cách giữa các con lăn đối diện (được gọi là "khe cán") giảm dần dần về phía đầu ra theo hướng đúc. Tỷ số giảm thường được biểu diễn bởi lượng mà bằng mức độ khoảng hở cán giảm xuống trên 1 m (mm/m). Trị số thu được bằng cách nhân tỷ số giảm (mm/m) với tốc độ rút dải thép (m/phút) được tính toán là tốc độ nén (mm/phút).

Các tác giả sáng chế đã kiểm tra về sự hữu ích của các tài liệu nêu trên theo quan điểm về các vấn đề nêu trên mà các tác giả sáng chế đã cố gắng giải quyết.

Tài liệu sáng chế 1 tập trung vào việc lấy chiều dày của lớp chưa hóa rắn của dải thép làm chỉ số để thực hiện một cách hiệu quả sự ép nhẹ. Theo Tài liệu sáng chế 1, việc này dựa vào phát hiện là tốc độ nén được xác định cho các con lăn nén được chuyển tải theo tốc độ nhỏ hơn đến mặt phân cách của các pha lỏng và rắn của dải thép (sau đây tốc độ được gọi là "hiệu suất nén") trên phía đầu ra của quá trình đúc, có nghĩa là, với sự làm giảm chiều dày lớp chưa hóa rắn của dải thép. Tuy nhiên, nghiên cứu thực nghiệm của các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng sự phân tách ở trung tâm trở nên rõ ràng ở miền trung tâm của dải thép mà có chiều dày lớp chưa hóa rắn xấp xỉ bằng 10mm hoặc nhỏ hơn. Theo mối quan hệ giữa chiều dày lớp chưa hóa rắn D và tốc độ nén được yêu cầu trên một đơn vị thời gian được thể hiện trên Fig.1 của Tài liệu sáng chế 1, sự chênh lệch giữa tốc độ nén được yêu cầu cho chiều dày lớp chưa hóa rắn 10mm và tốc độ nén được yêu cầu cho chiều dày lớp chưa hóa rắn 0mm nhiều nhất là xấp xỉ 10%. (Ví dụ) theo Tài liệu sáng chế 1 chỉ nêu các kết quả thử nghiệm cho một chiều dày dải thép (250mm). Do đó, liệu các điều kiện nén tối ưu được nêu trong Tài liệu sáng chế 1 cũng hữu hiệu đối với chiều dày dải thép khác hay không vẫn còn là câu hỏi.

Theo Tài liệu sáng chế 2 và Tài liệu sáng chế 3, kích cỡ của các dải thép được sử dụng trong thử nghiệm có khoảng chiều dày và rộng giữa ba loại là $300\text{mm} \times 500\text{mm}$, $162\text{mm} \times 162\text{mm}$, và $380\text{mm} \times 560\text{mm}$. Tất cả các dải thép có các kích cỡ trên liên quan đến sự đúc ép nhẹ của dải thép cán thô. Do dải thép cán thô có tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dày của mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với hướng rút của dải thép (chiều rộng/chiều dày) nhỏ hơn tỷ lệ này của dải phôi tấm, hiệu suất nén trong sự ép nhẹ ở cuối quá trình hóa rắn dải thép cán thô nhỏ hơn so với trong trường hợp của dải phôi tấm. Theo đó, tốc độ nén còn tăng lên về phía cuối quá trình hóa rắn. Tốc độ nén lớn hơn xấp xỉ từ hai đến ba lần so với trong trường hợp dải phôi tấm trong Tài liệu sáng chế 1. Các điều kiện nén này không thể được sử dụng trực tiếp trong việc ép nhẹ dải phôi tấm.

Theo từ Tài liệu sáng chế 1 đến Tài liệu sáng chế 3, tỷ số giảm trong vùng ép nhẹ được thay đổi theo hướng rút trong quá trình đúc và do đó khe cán của con lăn đỡ dải thép được xác định phức tạp, kéo theo độ phức tạp của kết cấu thiết bị để thực hiện bằng máy thực tế.

Tài liệu sáng chế 4 được hướng đến dải thép cán thô. Theo Tài liệu sáng chế 4, các điều kiện ép nhẹ được xác định trên cơ sở thông tin về hình dạng của mặt cắt ngang được lấy theo hướng vuông góc với hướng chiều dọc của dải thép, có nghĩa là chiều rộng và chiều dày của dải thép. Ở đây, các điều kiện ép nhẹ được xác định bằng cách sử dụng tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dày của dải thép làm mốc tham chiếu và trên cơ sở về lượng thay đổi giữa các mốc tham chiếu này và tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dày của phần không được hóa rắn của dải thép. Các điều kiện ép nhẹ không được xác định bằng cách sử dụng trực tiếp chiều dày của dải thép. Trong trường hợp của dải thép cán thô, lớp chưa hóa rắn của dải thép có thể có dạng phẳng hoặc là theo hướng chiều ngang hoặc là theo hướng chiều dọc, điều này phụ thuộc vào tỷ lệ làm nguội giữa bề mặt trên và dưới của dải thép bên trong máy đúc liên tục hoặc tỷ lệ làm nguội giữa bề mặt bên trái và phải của dải thép bên trong máy đúc liên tục. Do đó, các điều kiện trong Tài liệu sáng chế 4 được xác định theo cách nêu trên nhằm mục đích cho phép sự ép nhẹ tối ưu theo một trong các trường hợp này.

Dải phơi tấm mà các tác giả sáng chế hướng đến có cạnh dài lớn hơn nhiều so với cạnh ngắn và hướng mà trong đó lớp chưa hóa rắn kéo dài phẳng không thay đổi; lớp chưa hóa rắn luôn luôn phẳng theo hướng chiều ngang của dải thép. Do đó, Tài liệu sáng chế 4 ít hữu ích hơn đối với các vấn đề của các tác giả sáng chế.

Như đã được mô tả ở trên, từ Tài liệu sáng chế 1 đến Tài liệu sáng chế 4 không dẫn đến giải pháp cho vấn đề của các tác giả sáng chế, và do đó việc phát triển theo cách mới được yêu cầu.

Sáng chế đã thực hiện khi xét đến các trường hợp nêu trên và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp đúc thép liên tục mà với các điều kiện làm ép nhẹ có thể được xác định theo chiều dày của dải thép, nhờ đó ngăn ngừa sự xuất hiện của sự phân tách ở trung tâm trong dải thép do tốc độ nén không đủ hoặc sự xuất hiện của các vết nứt bên trong của dải thép do tốc độ nén cao quá mức.

Giải pháp cho vấn đề

Bản chất kỹ thuật của sáng chế để giải quyết các vấn đề nêu trên được mô tả như sau:

(1) Phương pháp đúc thép liên tục để đúc liên tục dải thép có chiều dày từ 160mm đến 350mm, chiều rộng từ 1600mm đến 2400mm, và tỷ lệ của chiều rộng trên chiều dày (chiều rộng/chiều dày) từ 4 đến 15, phương pháp này bao gồm các bước:

nén một miền của dải thép trong vùng ép nhẹ mà trong đó nhiều cặp con lăn đỡ dải thép mà tác dụng lực nén vào dải thép được bố trí, miền của dải thép kéo dài từ thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn là 0,1 đến thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy. Chiều dày của dải thép đích được đúc, tỷ số giảm của vùng ép nhẹ, và tốc độ rút dải thép mà ở đó dải thép được rút thỏa mãn mối quan hệ được biểu diễn bởi các biểu thức (1) và (2) dưới đây:

$$0,3/(V \times \alpha) < Z < 1,5/(V \times \alpha) \dots (1), \text{ và}$$

$$\alpha = \beta \times (D/D_0) + \gamma \dots (2).$$

Trên biểu thức (1) và (2), V là tốc độ rút dải thép (m/phút), α là hệ số chiều dày (không có thứ nguyên), Z là tỷ số giảm (mm/m), D là chiều dày (mm) của dải thép đích được đúc ở vị trí ngay dưới khuôn, D_o là chiều dày (mm, $D_o = 187\text{mm}$) của dải thép tiêu chuẩn ở vị trí ngay dưới khuôn, và β và γ là các hệ số được xác định theo chiều rộng W (mm) của dải thép đích được đúc theo các khoảng sau của chiều rộng W của dải thép:

$$\beta = -0,61 \text{ và } \gamma = 1,54 \text{ khi } 1600 \leq W \leq 1800;$$

$$\beta = -0,60 \text{ và } \gamma = 1,57 \text{ khi } 1800 < W \leq 2000;$$

$$\beta = -0,58 \text{ và } \gamma = 1,58 \text{ khi } 2000 < W \leq 2200; \text{ và}$$

$$\beta = -0,53 \text{ và } \gamma = 1,54 \text{ khi } 2200 < W \leq 2400.$$

(2) Phương pháp đúc thép liên tục theo mục (1) nêu trên, trong đó chiều dày của dải thép đích được đúc và tổng lượng mà dải thép được nén thỏa mãn mối quan hệ được biểu diễn bởi biểu thức (3) dưới đây:

$$R_t < (D/D_o) \times (10/\alpha) \dots (3).$$

Trên biểu thức (3), R_t là tổng lượng (mm) mà dải thép được nén, D là chiều dày (mm) của dải thép đích được đúc ở vị trí ngay dưới khuôn, D_o là chiều dày (mm, $D_o = 187\text{mm}$) của dải thép tiêu chuẩn ở vị trí ngay dưới khuôn, và α là hệ số chiều dày (không có thứ nguyên).

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Theo sáng chế, các điều kiện nén được xác định sao cho chiều dày của dải thép đích được đúc, tỷ số giảm trong vùng ép nhẹ, và tốc độ rút của dải thép nằm trong khoảng thỏa mãn mối quan hệ của biểu thức (1) và biểu thức (2) để làm giảm sự phân tách ở trung tâm trong dải phôi tấm khi dải thép được đúc liên tục trong khi dải thép được tác dụng lực nén ở tốc độ nén gần như tương ứng với tốc độ co ngót khi hóa rắn trong vùng ép nhẹ. Do đó, ngay cả khi trong trường hợp mà chiều dày của dải thép thay đổi, có thể thu được các điều kiện nén tối ưu một cách dễ dàng mà không tốn nhiều thời gian và chi phí như thực hiện các thử nghiệm thực tế dưới các mức độ khác nhau. Do đó sáng chế cho phép đáp ứng nhanh các yêu cầu khi sản xuất các sản phẩm thép khác nhau có các

đặc điểm kỹ thuật khác nhau, nhờ đó mang lại hiệu quả hữu ích trong công nghiệp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ của máy đúc thổi liên tục được sử dụng để thể hiện sáng chế, được nhìn từ mặt bên.

Fig.2 là sơ đồ ví dụ về phân đoạn cán cấu thành vùng ép nhẹ của máy đúc thổi liên tục, được nhìn từ mặt bên của máy đúc liên tục.

Fig.3 là sơ đồ của phân đoạn cán được minh họa trên Fig.2, được nhìn từ hướng đúc của dải thép, có nghĩa là, sơ đồ của phân đoạn cán theo mặt cắt ngang được lấy vuông góc với hướng đúc.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế được mô tả cụ thể có viện dẫn đến các hình vẽ kèm theo. Fig.1 là sơ đồ của máy đúc thổi liên tục được sử dụng để thể hiện sáng chế, được nhìn từ mặt bên.

Như được minh họa trên Fig.1, máy đúc thổi liên tục 1 bao gồm khuôn 5 để nhận và hóa rắn thép nóng chảy 9 và để tạo ra hình dạng vỏ ngoài của dải thép 10. Thùng trung gian 2 được bố trí vị trí thích hợp trên khuôn 5 để chuyển tải thép nóng chảy 9 được cung cấp từ gầu (không được minh họa) đến khuôn 5. Vòi phun trượt 3 được bố trí ở phần dưới của thùng trung gian 2 để điều chỉnh tốc độ dòng của thép nóng chảy 9. Vòi phun nhúng chìm 4 được bố trí ở bề mặt dưới của vòi phun trượt 3.

Mặt khác, dưới khuôn 5, nhiều cặp con lăn đỡ dải thép 6 mà bao gồm con lăn đỡ, con lăn dẫn, và con lăn kẹp được bố trí. Trong vùng làm nguội thứ cấp, vòi phun như vòi phun nước hoặc vòi phun sương trong không khí (không được minh họa) được bố trí trong các khe hở giữa các con lăn đỡ dải thép 6 liên tiếp theo hướng đúc. Dải thép 10 được làm nguội bằng nước làm nguội (còn được gọi là "nước làm nguội thứ cấp") được phun từ vòi phun trong vùng làm nguội thứ cấp trong khi đang được rút. Trên phía đầu ra của con lăn đỡ dải thép 6 ở cuối theo hướng đúc, các con lăn chuyển tải 7 được bố trí để chuyển tải dải thép đúc 10. Trên các con lăn chuyển tải 7, máy cắt dải thép 8 được bố

trí để cắt dải thép đúc 10 thành dải thép 10a có độ dài được xác định trước.

Trong khu vực kéo dài từ phía đầu vào và phía đầu ra của vị trí hoàn tất việc hóa rắn 13 của dải thép 10 theo hướng đúc, vùng ép nhẹ 14 được cấu thành bởi nhóm gồm nhiều cặp con lăn đỡ dải thép được tạo ra. Trong vùng ép nhẹ 14, khoảng cách giữa con lăn đỡ dải thép đối diện qua dải thép 10 (khoảng cách được gọi là "khe cán") giảm dần về phía đầu ra theo hướng đúc, cụ thể, tỷ số giảm (trạng thái của khe cán mà giảm dần về phía đầu ra theo hướng đúc) được bố trí. Sự ép nhẹ có thể được thực hiện trên dải thép 10 trên toàn bộ khu vực này hoặc khu vực được chọn của vùng ép nhẹ 14. Vòi phun còn được bố trí ở các khe giữa con lăn đỡ dải thép trong vùng ép nhẹ 14 để làm nguội dải thép 10. Ở đây, con lăn đỡ dải thép 6 được bố trí trong vùng ép nhẹ 14 còn được gọi là các con lăn nén.

Thông thường, tỷ số giảm được thể hiện bởi lượng giảm của khe cán trên một mét theo hướng đúc, có nghĩa là, "mm/m". Do đó, tốc độ nén (mm/phút) của dải thép 10 trong vùng ép nhẹ 14 thu được bằng cách nhân tỷ số giảm (mm/m) với tốc độ rút dải thép (m/phút).

Trong máy đúc phôi liên tục 1 được minh họa trên Fig.1, vùng ép nhẹ 14 được cấu thành từ ba phân đoạn cán được nối theo hướng đúc, mỗi phân đoạn này được cấu thành từ ba cặp con lăn đỡ dải thép 6. Tuy nhiên, theo sáng chế, vùng ép nhẹ 14 không cần phải được cấu thành từ ba phân đoạn cán. Vùng ép nhẹ 14 có thể được cấu thành từ một phân đoạn cán hoặc hai phân đoạn cán, hoặc thậm chí là bốn phân đoạn cán. Trong máy đúc phôi liên tục 1 được minh họa trên Fig.1, mỗi phân đoạn cán cấu thành từ ba cặp con lăn đỡ dải thép 6. Tuy nhiên, mỗi phân đoạn cán có thể được cấu thành từ số cặp con lăn đỡ dải thép 6 bất kỳ không nhỏ hơn hai cặp.

Fig.2 và Fig.3 minh họa ví dụ về phân đoạn cán tạo thành vùng ép nhẹ 14. Fig.2 và Fig.3 minh họa ví dụ về phân đoạn cán 15 mà trong đó năm cặp con lăn đỡ dải thép 6 được bố trí làm các con lăn nén. Fig.2 là sơ đồ ví dụ về phân đoạn cán được nhìn từ bên của máy đúc liên tục. Fig.3 là sơ đồ của phân đoạn cán được nhìn từ hướng đúc của dải thép, có nghĩa là, sơ đồ của mặt cắt ngang được lấy vuông góc với hướng đúc.

Như được minh họa trên Fig.2 và Fig.3, phân đoạn cán 15 bao gồm cặp khung, bao gồm khung 16 và khung 16', mà giữ năm cặp con lăn đỡ dải thép 6 với các phần chèn con lăn 21 được đặt xen giữa chúng. Bốn thanh giăng 17 được bố trí (ở cả hai phía của phần dòng vào và ở cả hai phía ở phần dòng ra) để kéo dài qua khung 16 và khung 16'. Khoảng cách giữa khung 16 và khung 16' được điều chỉnh, có nghĩa là, tỷ số giảm trong phân đoạn cán 15 được điều chỉnh bằng cách dẫn động kích nâng có ren 19 được bố trí trên thanh giăng 17 tương ứng sử dụng mô tơ 20. Trong trường hợp này, khe cán được định ra bởi năm cặp con lăn đỡ dải thép 6 trong phân đoạn cán 15 được điều chỉnh toàn bộ bằng một thao tác.

Trong quá trình đúc, kích nâng có ren 19 tự khóa với áp suất tĩnh thép nóng chảy của dải thép 10 có chứa lớp chưa hóa rắn để chống lại lực phòng lên của dải thép 10. Do đó, tỷ số giảm được điều chỉnh dưới các điều kiện không tồn tại dải thép 10, có nghĩa là, dưới các điều kiện mà không có tải trọng được tác động từ dải thép 10 trên con lăn đỡ dải thép 6 được bố trí trong phân đoạn cán 15. Lượng mà nhờ đó khung 16' được dịch chuyển bằng kích nâng có ren 19 được đo và được kiểm soát bằng cách sử dụng tốc độ quay của kích nâng có ren 19 để đưa ra tỷ số giảm của phân đoạn cán 15 đã biết.

Lò xo hình đĩa 18 được bố trí trên mỗi thanh giăng 17 giữa khung 16' và kích nâng có ren 19 tương ứng. Mỗi lò xo hình đĩa 18 không được cấu thành từ một mảnh lò xo hình đĩa, mà được cấu thành từ các mảnh lò xo hình đĩa được xếp chồng lên nhau (càng nhiều mảnh lò xo hình đĩa được xếp chồng, thì lò xo hình đĩa càng có độ cứng cao). Trừ khi tải trọng được xác định trước hoặc tải trọng nặng hơn tác động vào lò xo hình đĩa 18, lò xo hình đĩa 18 giữ chiều dày nhất định mà không co lại. Khi tải trọng được xác định trước tác động vào lò xo hình đĩa 18, lò xo hình đĩa 18 bắt đầu co lại. Khi tải trọng vượt quá tải trọng được xác định trước tác động vào lò xo hình đĩa 18, lò xo hình đĩa 18 co lại theo tỷ lệ tương ứng với tải.

Ví dụ, khi dải thép 10 kết thúc sự hóa rắn trong phạm vi của phân đoạn cán 15, việc nén dải thép hóa rắn hoàn thiện 10 gây tải trọng quá mức trên phân đoạn cán 15. Khi tải trọng quá mức này được tác động lên phân đoạn cán 15, lò xo hình đĩa 18 co lại sao cho khung 16' được nhả ra, có nghĩa là, khe cán tăng lên để không tác động tải trọng

quá mức lên phân đoạn cán 15. Khung 16 được bố trí ở phía dưới được cố định vào bệ của máy đúc liên tục và không di chuyển trong quá trình đúc.

Mặc dù không được minh họa, các con lăn đỡ dài thép 6 khác với con lăn đỡ dài thép được bố trí trong vùng ép nhẹ 14 có kết cấu phân đoạn cán.

Vùng ép nhẹ 14 được minh họa trên Fig.1 có kết cấu phân đoạn cán như này. Do đó, khe cán được định ra bởi ba cặp con lăn đỡ dài thép 6 được bố trí trong phân đoạn cán được điều chỉnh toàn bộ bằng một thao tác. Trong trường hợp này, lượng mà nhờ đó khung trên (tương ứng với khung 16') được dịch chuyển bằng kích nâng có ren được đo và được kiểm soát với tốc độ quay của kích nâng có ren, vì vậy tỷ số giảm của phân đoạn cán đã biết.

Trong máy đúc thổi liên tục 1 có kết cấu nêu trên, thép nóng chảy 9 được rót vào khuôn 5 từ thùng trung gian 2 qua vòi phun nhúng chìm 4 được làm nguội bằng khuôn 5, tạo ra vỏ hóa rắn 11, và trở thành dải thép 10 chứa lớp chưa hóa rắn 12 bên trong. Dải thép 10 được rút liên tục về phía dưới khỏi khuôn 5 trong khi được đỡ bằng con lăn đỡ dài thép 6 được bố trí về phía dưới từ khuôn 5. Trong khi đi qua giữa con lăn đỡ dài thép 6, dải thép 10 được làm nguội bằng nước làm nguội thứ cấp trong vùng làm nguội thứ cấp, làm tăng chiều dày của vỏ hóa rắn 11, và được nén xuống trong vùng ép nhẹ 14, vì vậy dải thép 10 hóa rắn hoàn toàn vào đến bên trong khi đến vị trí hoàn tất việc hóa rắn 13. Dải thép hóa rắn hoàn toàn 10 được cắt bằng máy cắt dải thép 8 thành dải thép 10a.

Theo sáng chế, dải thép 10 được nén xuống trong vùng ép nhẹ 14 ở ít nhất trong khoảng thời gian từ thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn là 0,1 đến thời điểm mà khi đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy. Tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy đã nêu là từ 0,7 đến 0,8 và do đó dải thép được nén cho đến khi tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép đạt đến trị số nằm trong khoảng từ 0,7 đến 0,8. Do đó, việc nén dải thép cho đến khi tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép đạt đến hoặc vượt quá 0,8 không là vấn đề. Sau khi tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép vượt quá tỷ phần pha rắn giới

hạn dòng chảy, việc thực hiện sự ép nhẹ là vô nghĩa do lớp chưa hóa rắn 12 không còn di chuyển. Mặc dù sự ép nhẹ không còn hiệu quả, sự ép nhẹ có thể được thực hiện sau khi tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép vượt quá tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy. Mặt khác, một khi tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép vượt quá 0,1, thép nóng chảy tập trung có thể bắt đầu chảy trước khi sự ép nhẹ được bắt đầu. Dòng thép nóng chảy tập trung gây ra sự phân tách ở trung tâm, làm cho không đạt được hiệu quả giảm sự phân tách ở trung tâm đủ cao. Vì lý do này, sự ép nhẹ được bắt đầu trước khi tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép đạt đến 0,1.

Tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép có thể được tính toán bằng sự tính toán hóa rắn truyền nhiệt hai chiều. Ở đây, tỷ phần pha rắn được xác định là không trước khi bắt đầu sự hóa rắn và bằng 1,0 sau khi hoàn thành sự hóa rắn. Vị trí mà ở đó tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép đạt đến 1,0 tương ứng với vị trí hoàn tất việc hóa rắn 13.

Thường biết đến là sự phân tách ở trung tâm trong dải thép 10 được giảm bằng cách thực hiện sự ép nhẹ lên dải thép 10 ở tốc độ nén được xác định trước ở cuối quá trình hóa rắn của thép nóng chảy 9. Tuy nhiên, trong khi ép nhẹ, tốc độ nén có thể không kiểm soát được theo cách như đã được thiết kế do sự biến dạng của vỏ hóa rắn 11 gây ra bởi việc nén có thể hạ thấp tốc độ nén được chuyển tải đến mặt phân cách hóa rắn của dải thép 10 so với tốc độ nén mà ở đó bề mặt dải thép được nén. Ở đây, tỷ lệ của tốc độ nén được chuyển tải đến mặt phân cách hóa rắn của dải thép 10 trên tốc độ nén mà ở đó bề mặt dải thép được nén (tốc độ nén được chuyển tải đến mặt phân cách hóa rắn/tốc độ nén mà ở đó bề mặt dải thép được nén) được gọi là hiệu quả nén.

Chiều dày của vỏ hóa rắn 11 đặc biệt đáng kể đóng vai trò là nguyên nhân mà ảnh hưởng đến hiệu quả nén. Hiệu quả nén giảm xuống khi tăng chiều dày của vỏ hóa rắn 11. Cụ thể, do dải thép 10 được đưa vào ép nhẹ ở cuối quá trình hóa rắn, dải thép 10 mà có chiều dày ngoại vi càng lớn sẽ có chiều dày của vỏ hóa rắn 11 càng lớn trong khi ép nhẹ, nhờ đó hiệu quả nén trong khi ép nhẹ nhỏ hơn. Chiều dày ngoại vi của dải thép 10 được xác định theo chiều dày kéo dài theo hướng của cạnh ngắn của khuôn trong khoang

(khoảng trống bên trong khuôn) ở đầu ra của khuôn.

Để giảm sự phân tách ở trung tâm với sự ép nhẹ được thực hiện dưới các điều kiện nén tối ưu bất kể chiều dày dải thép khi dải thép 10 mà có chiều rộng dải thép cố định là 2100mm và chiều dày dải thép nằm trong khoảng từ 160mm đến 350mm được đúc liên tục, trước tiên các tác giả sáng chế đã tính toán, thông qua các thử nghiệm đúc bằng cách sử dụng máy thực tế, phạm vi tối ưu của tỷ số giảm trong vùng ép nhẹ 14 khi dải thép 10 có chiều dày từ 200mm được đúc liên tục. Kết quả của các thử nghiệm là, tỷ số giảm tối ưu dùng cho dải thép 10 có chiều dày là 200mm được tìm thấy nằm trong khoảng được biểu diễn bởi biểu thức (4) sau đây:

$$0,3/V < Z < 1,5/V \dots (4).$$

Trong biểu thức (4), V là tốc độ rút dải thép (m/phút) và Z là tỷ số giảm (mm/m).

Sau đó, để kết hợp thành biểu thức (4) trị số hiệu chỉnh mà bù hiệu quả nén cho hiệu quả của chiều dày của dải thép 10, mô phỏng số liên quan đến sự biến dạng của dải thép 10 trong khi ép nhẹ được thực hiện cho các chiều dày dải thép khác nhau nằm trong khoảng từ 160mm đến 350mm. Từ các kết quả mô phỏng, thu được mối quan hệ giữa chiều dày của dải thép 10 và hiệu quả nén và hệ số chiều dày α (không có thứ nguyên) được suy ra như biểu thức gần đúng cơ bản của chiều dày dải thép là biểu thức (5) dưới đây:

$$\alpha = -0,58 \times (D/Do) + 1,58 \dots (5).$$

Trong biểu thức (5), D là chiều dày (mm) của dải thép đích được đúc ở vị trí ngay dưới khuôn và Do là chiều dày (mm) của dải thép tham chiếu ở vị trí ngay dưới khuôn.

Hệ số chiều dày α giảm xuống khi tăng chiều dày dải thép D. Việc này có nghĩa là hiệu quả nén giảm xuống khi tăng chiều dày dải thép D. Ở đây, chiều dày Do của dải thép tham chiếu ở vị trí ngay dưới khuôn là chiều dày dải thép mà có hệ số chiều dày α được biểu diễn theo biểu thức (5) là 1. Chiều dày Do bằng 187mm trong trường hợp của dải phôi tấm có chiều rộng là 2100mm.

Khi chiều dày của dải thép đích được đúc 10 khác với chiều dày tham chiếu là

187mm, hiệu quả nén thay đổi theo sự chênh lệch của chiều dày dải thép ở tốc độ được biểu diễn bởi biểu thức (5). Theo sáng chế, mức độ thay đổi trong hiệu quả nén do sự chênh lệch của chiều dày dải thép được bù bằng cách điều chỉnh tỷ số giảm trong vùng ép nhẹ 14. Cụ thể, tỷ số giảm được tăng khi hiệu quả nén nhỏ ngược lại tỷ số giảm được giảm khi hiệu quả nén lớn, vì vậy mức độ thay đổi trong hiệu quả nén được bù. Nói cách khác, hệ số chiều dày α được biểu diễn theo biểu thức (5) được kết hợp với biểu thức (4) để thu được biểu thức (1) sau đây là biểu thức liên quan giữa tốc độ rút dải thép, hệ số chiều dày α , và tỷ số giảm:

$$0,3/(V \times \alpha) < Z < 1,5/(V \times \alpha) \dots (1).$$

Nếu việc đúc liên tục được thực hiện theo biểu thức (1) và biểu thức (5) do đó thu được khi dải thép 10 có dải thép rộng là 2100mm và chiều dày dải thép nằm trong khoảng từ 160mm đến 350mm được đúc liên tục, sự thay đổi của hiệu quả nén do sự tăng hoặc giảm của chiều dày dải thép có thể được ngăn ngừa. Do đó, có thể ngăn ngừa được việc xảy ra sự phân tách ở trung tâm hoặc bọt xốp trong dải thép 10 và có thể ngăn ngừa được việc xảy ra phân đoạn chuyển đổi hoặc các vết nứt bên trong của dải thép 10 do sự nén quá mức.

Hệ số chiều dày α theo biểu thức (5) là hệ số cho dải thép 10 có chiều rộng dải thép được cố định là 2100mm. Mặt khác, chiều rộng của dải thép 10 mà được đúc bằng máy đúc phôi liên tục 1 nằm trong khoảng rộng từ 1600mm đến 2400mm. Do đó, các tác giả sáng chế đã quyết định thu được hệ số chiều dày α cho tất cả các loại dải thép trong phạm vi chiều dày từ 160 đến 350mm, chiều rộng từ 1600 đến 2400mm, và tỷ lệ của chiều rộng trên chiều dày (chiều rộng / chiều dày) nằm trong khoảng từ 4 đến 15.

Thân chính mà đóng vai trò chống chịu việc nén trong quá trình ép nhẹ ở vùng ép nhẹ 14 là các phần ở trên các cạnh ngắn của dải thép mà đã kết thúc hóa rắn. Khi dải thép 10 có chiều dày bằng phẳng, các trị số tuyệt đối của kích thước các phần này theo hướng chiều rộng dải thép về cơ bản là bằng nhau bất kể chiều rộng của dải thép 10. Trong một miền của dải thép chứa lớp chưa hóa rắn 12 bên trong, sự tồn tại của lớp chưa hóa rắn 12 làm cho lực cản nén quá nhỏ đến mức không đáng kể so với các phần ở cả

hai đầu trên cạnh ngắn của dải thép mà đã kết thúc hóa rắn.

Cụ thể, ví dụ, tỷ lệ của các phần hóa rắn hoàn toàn ở các cạnh ngắn của dải thép trên chiều rộng dải thép trong dải thép có chiều rộng bằng 1600mm lớn hơn so với trong dải thép có chiều rộng bằng 2100mm, nhờ đó lực cản nén trong dải thép có chiều rộng bằng 1600mm lớn hơn là trong dải thép có chiều rộng bằng 2100mm. Do đó, trong trường hợp mà cùng tỷ số giảm trong vùng ép nhẹ 14 được xác định cho dải thép có chiều rộng là 1600mm và cho dải thép có chiều rộng là 2100mm, tỷ số giảm thực tế đối với dải thép có chiều rộng là 1600mm có thể trở nên nhỏ hơn tỷ số giảm được xác định với tác dụng của phản lực chống lại lực cản nén mà vượt quá ứng suất được xác định của lò xo hình đĩa 18 và sự tăng lên của khe cán.

Để giải quyết tình trạng này, sự mô phỏng số tương tự với sự mô phỏng số được thực hiện trên dải thép có chiều rộng là 2100mm cũng được thực hiện trên dải thép có chiều rộng dải thép là 1700mm, 1900mm, và 2300mm để thu được hệ số chiều dày α cho các dải thép này. Mỗi hệ số chiều dày α được thể hiện bởi biểu thức (2) sau đây bao gồm các hệ số β và γ , mà được xác định theo chiều rộng W (mm) của dải thép đích được đúc:

$$\alpha = \beta \times (D/D_o) + \gamma \dots (2).$$

Từ các kết quả của sự mô phỏng số, hệ số β và hệ số γ theo biểu thức (2) được tìm ra nhận các trị số sau đây theo chiều rộng W (mm) của dải thép đích được đúc:

$$\beta = -0,61 \text{ và } \gamma = 1,54 \text{ khi } 1600 \leq W \leq 1800;$$

$$\beta = -0,60 \text{ và } \gamma = 1,57 \text{ khi } 1800 < W \leq 2000; \text{ và}$$

$$\beta = -0,53 \text{ và } \gamma = 1,54 \text{ khi } 2200 < W \leq 2400.$$

Ở đây, $\beta = -0,58$ và $\gamma = 1,58$ khi $2000 < W \leq 2200$ được minh họa theo biểu thức (5).

Ở đây, chiều dày D_o của dải thép tham chiếu ở vị trí ngay dưới khuôn theo biểu thức (2) đã được xác định là 187mm trong dải phôi tấm có chiều rộng nằm trong khoảng từ 1600mm đến 2400mm bất kể chiều rộng của dải phôi tấm, như trong trường hợp của

dải phôi tấm có chiều rộng là 2100mm.

Mặc dù sự ép nhẹ có hiệu quả ngăn ngừa thép nóng chảy tập trung khỏi chảy ra ở phần đầu của quá trình hóa rắn, sự ép nhẹ có thể gây ra các vết nứt bên trong ở mặt phân cách hóa rắn vì việc nén gây ra sự biến dạng của dải thép 10. Đã biết là các vết nứt bên trong này xảy ra khi sức căng tích lũy tác dụng lên mặt phân cách hóa rắn đạt đến trị số được xác định trước.

Do đó, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu mối quan hệ giữa tổng lượng mà dải thép 10 được nén trong sự ép nhẹ và sự xuất hiện của các vết nứt bên trong sử dụng máy thực tế. Kết quả là, các tác giả sáng chế được xác nhận là, để ngăn ngừa các vết nứt bên trong của dải thép 10, tốt hơn là tổng lượng mà dải thép 10 được nén và chiều dày của dải thép đích được đúc thỏa mãn mối quan hệ được biểu diễn bởi biểu thức (3) sau đây:

$$R_t < (D/D_o) \times (10/\alpha) \dots (3).$$

Ở đây, R_t trên biểu thức (3) là tổng lượng (mm) mà dải thép được nén.

Cụ thể, sáng chế cần phải bao gồm việc đúc liên tục mà trong đó các điều kiện nén được xác định sao cho chiều dày của dải thép đích được đúc 10, tỷ số giảm của vùng ép nhẹ 14, và tốc độ rút dải thép mà ở đó dải thép được rút nằm trong phạm vi mà thỏa mãn mối quan hệ được biểu diễn bởi biểu thức (1) và (2). Tại thời điểm này, tổng lượng mà dải thép 10 được nén và chiều dày của dải thép đích được đúc tốt hơn là được xác định sao cho nằm trong phạm vi mà thỏa mãn mối quan hệ được biểu diễn bởi biểu thức (3).

Ngoài ra, chiều dày của vỏ hóa rắn 11 và tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép được tính toán trước bằng cách sử dụng sự tính toán hóa rắn truyền nhiệt hai chiều hoặc tương tự dưới các điều kiện đúc khác nhau trong hoạt động đúc liên tục. Do đó, tốc độ nước làm nguội thứ cấp hoặc tốc độ rút dải thép được điều chỉnh sao cho tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép ở thời điểm mà khi dải thép đi vào vùng ép nhẹ 14 là 0,1 hoặc nhỏ hơn và tỷ phần pha rắn của phần giữa theo chiều dày của dải thép ở thời điểm khi dải thép đi ra khỏi vùng ép nhẹ 14 đạt đến hoặc vượt quá tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy.

Như đã được mô tả ở trên, theo sáng chế, các điều kiện nén được xác định sao cho chiều dày của dải thép đích được đúc 10, tỷ số giảm của vùng ép nhẹ 14, và tốc độ rút dải thép nằm trong phạm vi mà thỏa mãn mỗi quan hệ được biểu diễn bởi biểu thức (1) và (2) nêu trên. Do đó, các điều kiện nén tối ưu có thể được tính toán dễ dàng cho dải thép 10 có chiều dày khác nhau, nhờ đó các yêu cầu cho việc sản xuất ra các sản phẩm thép có các đặc điểm kỹ thuật khác nhau có thể được đáp ứng nhanh chóng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, sáng chế còn được mô tả chi tiết sử dụng các phương án.

Máy đúc liên tục được sử dụng để thử nghiệm tương tự như máy đúc liên tục 1 được minh họa trên Fig.1. Thép chất có nhôm cacbon thấp được đúc bằng cách sử dụng máy đúc liên tục này. Bảng 1 thể hiện các kết quả nghiên cứu về mức độ phân tách ở trung tâm, sự xuất hiện bọt xốp, hoặc sự xuất hiện của các vết nứt bên trong của dải thép đúc, các kết quả thu được sau khi thực hiện phương pháp đúc liên tục theo phương án sáng chế dưới các điều kiện đúc cho ba loại chiều dày dải thép, bao gồm 200mm, 250mm, và 300mm. Bảng 1 còn thể hiện các điều kiện đúc và các kết quả nghiên cứu của thử nghiệm được thực hiện làm ví dụ so sánh cho chiều dày dải thép tương ứng dưới các điều kiện mà nằm ngoài phạm vi sáng chế. Chiều rộng của dải thép được thiết lập ở 2100mm trong suốt các thử nghiệm này.

Bảng 1

Số mẫu	Chiều dày dải thép (mm)	Tỷ lệ chảy của nước (L/thép-kg)	Tốc độ kéo dài (m/phút)	Tỷ số giảm (mm/m)	Tổng lượng được nén (mm)	Mức độ phân tách ở trung tâm ($C_{\max}/C_0$)	Bọt xốp	Vết nứt bên trong	Lưu ý
1	200	1,6	1,40	0,8	4,8	1,065	Không	Không	Ví dụ
2		1,4	1,60	0,8	8,0	1,061	Không	Không	Ví dụ
3		1,2	1,80	0,5	4,0	1,046	Không	Không	Ví dụ
4		1,6	1,40	1,5	20,0	1,103	Không	Có	Ví dụ so sánh
5		1,5	1,40	0,2	2,0	1,121	Có	Không	Ví dụ so sánh
6	250	1,6	1,10	0,7	7,0	1,044	Không	Không	Ví dụ
7		1,3	1,25	0,6	6,0	1,046	Không	Không	Ví dụ
8		1,1	1,60	0,4	3,2	1,057	Không	Không	Ví dụ
9		1,4	1,60	2,0	24,0	1,121	Không	Có	Ví dụ so sánh
10		1,4	1,40	0,2	2,0	1,133	Có	Không	Ví dụ so sánh
11	300	1,1	0,75	1,2	12,0	1,042	Không	Không	Ví dụ
12		0,9	0,75	1,1	11,0	1,030	Không	Không	Ví dụ
13		0,8	0,90	1,1	11,0	1,069	Không	Không	Ví dụ
14		0,8	0,90	3,0	15,0	1,098	Không	Có	Ví dụ so sánh
15		0,9	0,75	0,5	5,0	1,132	Có	Không	Ví dụ so sánh

Mức độ phân tách ở trung tâm của dải thép được sử dụng để đánh giá trong thử nghiệm được đo theo cách như sau. Cụ thể, nồng độ cacbon trong mặt cắt ngang được lấy vuông góc với hướng rút của mỗi dải thép được phân tích ở các khoảng bằng nhau theo hướng chiều dày của dải thép. Mức độ phân tách ở trung tâm được xác định là $C_{\max}/C_0$ trong đó $C_{\max}$ là trị số lớn nhất khi phân tích theo hướng chiều dày và C_0 là nồng độ cacbon được phân tích trong thép nóng chảy được lấy từ thùng trung gian trong khi đúc. Do đó, dải thép mà có mức độ phân tách ở trung tâm gần gần 1,0 là dải thép tốt hơn có sự phân tách ở trung tâm kém. Theo sáng chế này, dải thép có mức độ phân tách ở trung tâm là 1,10 hoặc lớn hơn được xác định là có mức phân tách ở trung tâm không mong muốn.

Sự hiện diện của bọt xốp hoặc các vết nứt bên trong của mỗi dải thép được xác định qua sự quan sát bằng kính hiển vi của mặt cắt ngang của dải thép được lấy vuông góc với hướng kéo của dải thép tại hoặc quanh phần trung tâm của chiều dày dải thép.

Tốc độ rút dải thép mà ở đó mỗi dải thép có chiều dày dải thép khác nhau được kéo được xác định sao cho ít nhất một một miền của dải thép mà trong đó phần giữa theo chiều dày có tỷ phần pha rắn trong khoảng từ 0,1 đến tỷ phần pha rắn giới hạn dòng chảy được đặt trong vùng ép nhẹ. Trong mẫu số từ 1 đến 3, mẫu số từ 6 đến 8, và mẫu số từ 11 đến 13, tỷ số giảm được xác định để thỏa mãn biểu thức (1) và (2). Trong mẫu số 4, 9, và 14 được thử nghiệm là các ví dụ so sánh, tỷ số giảm được xác định để vượt quá giới hạn trên của khoảng tối ưu của tỷ số giảm được xác định bằng các biểu thức (1) và (2). Trong mẫu số 5, 10, và 15, tỷ số giảm được xác định để nằm dưới giới hạn trên của khoảng tối ưu của tỷ số giảm được xác định bằng các biểu thức (1) và (2). Trong mẫu số 4 và 9, tỷ số giảm được xác định sao cho tổng lượng được nén vượt quá giới hạn trên của biểu thức (3).

Như rõ ràng từ mức độ phân tách ở trung tâm được thể hiện trên Bảng 1, mức độ phân tách ở trung tâm trong mỗi mẫu từ số 1 đến 3, mẫu số từ 6 đến 8, và mẫu số từ 11 đến 13 nằm trong phạm vi của sáng chế là dưới 1,10, mà được ưu tiên. Cả bọt xốp hoặc các vết nứt bên trong đều không được tìm ra trong mỗi dải thép nêu trên.

Trong mẫu số 4 được thử nghiệm làm ví dụ so sánh, tỷ số giảm được xác định là trị số dư bằng 1,5mm/m mặc dù tỷ số giảm tối ưu thu được qua các biểu thức (1) và (2) nằm trong khoảng từ 0,2 đến 1,1mm/m, do đó mức độ phân tách ở trung tâm vượt quá 1,10. Ngoài ra, tổng lượng được nén cũng vượt quá mức, do đó các vết nứt bên trong xuất hiện trong dải thép. Tương tự, mỗi mẫu số 9 và 14 có tỷ số giảm dư và mức độ phân tách ở trung tâm cao, và sự phân tách dạng chữ V đảo ngược cũng đã được quan sát thấy một phần.

Trong mẫu số 15, tỷ số giảm được xác định là bằng 0,5mm/m mặc dù tỷ số giảm tối ưu thu được qua các biểu thức (1) và (2) nằm trong khoảng từ 0,6 đến 3,1mm/m. Do đó, tỷ số giảm không đủ, mức độ phân tách ở trung tâm vượt quá 1,10, và bọt xốp cũng được quan sát bên trong dải thép. Tương tự, trong mẫu số 5 và 10, tỷ số giảm nhỏ quá mức và mức phân tách ở trung tâm là không mong muốn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp đúc thép liên tục để đúc liên tục dải thép có chiều dày từ 160mm đến 350mm, chiều rộng từ 1600mm đến 2400mm, và tỷ lệ của chiều rộng trên chiều dày (chiều rộng/chiều dày) từ 4 đến 15, phương pháp này bao gồm các bước:

nén một miền của dải thép trong vùng ép nhẹ mà trong đó nhiều cặp con lăn đỡ dải thép mà tác dụng lực nén vào dải thép được bố trí, miền của dải thép kéo dài từ thời điểm mà ở đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn là 0,1 đến thời điểm mà ở đó phần giữa theo chiều dày của dải thép có nhiệt độ tương ứng với tỷ phần pha rắn là từ 0,7 đến 0,8,

trong đó chiều dày của dải thép đích được đúc, tỷ số giảm của vùng ép nhẹ, và tốc độ rút dải thép mà ở đó dải thép được rút thỏa mãn mỗi quan hệ được biểu diễn bởi các biểu thức (1) và (2) dưới đây:

$$0,3/(V \times \alpha) < Z < 1,5/(V \times \alpha) \dots (1), \text{ và}$$

$$\alpha = \beta \times (D/D_o) + \gamma \dots (2), \text{ và}$$

trong đó, trong các biểu thức (1) và (2),

V là tốc độ rút dải thép (m/phút),

α là hệ số chiều dày (không có thứ nguyên),

Z là tỷ số giảm (mm/m),

D là chiều dày (mm) của dải thép đích được đúc ở vị trí ngay dưới khuôn,

D_o là chiều dày (mm, $D_o = 187\text{mm}$) của dải thép tiêu chuẩn ở vị trí ngay dưới khuôn, và

β và γ các hệ số được xác định theo chiều rộng W (mm) của dải thép đích được đúc theo các khoảng chiều rộng W của dải thép như sau:

$$\beta = -0,61 \text{ và } \gamma = 1,54 \text{ khi } 1600 \leq W \leq 1800;$$

$$\beta = -0,60 \text{ và } \gamma = 1,57 \text{ khi } 1800 < W \leq 2000;$$

$$\beta = -0,58 \text{ và } \gamma = 1,58 \text{ khi } 2000 < W \leq 2200; \text{ và}$$

$\beta = -0,53$ và $\gamma = 1,54$ khi $2200 < W \leq 2400$.

2. Phương pháp đúc thép liên tục theo điểm 1, trong đó chiều dày của dải thép đích được đúc và tổng lượng mà dải thép được nén thỏa mãn mối quan hệ được biểu diễn bởi biểu thức (3) dưới đây:

$$R_t < (D/D_o) \times (10/\alpha) \dots (3),$$

trong đó, trong biểu thức (3),

R_t là tổng lượng (mm) mà dải thép được nén,

D là chiều dày (mm) của dải thép đích được đúc ở vị trí ngay dưới khuôn,

D_o là chiều dày (mm, $D_o = 187\text{mm}$) của dải thép tiêu chuẩn ở vị trí ngay dưới khuôn, và

α là hệ số chiều dày (không có thứ nguyên).

FIG.1

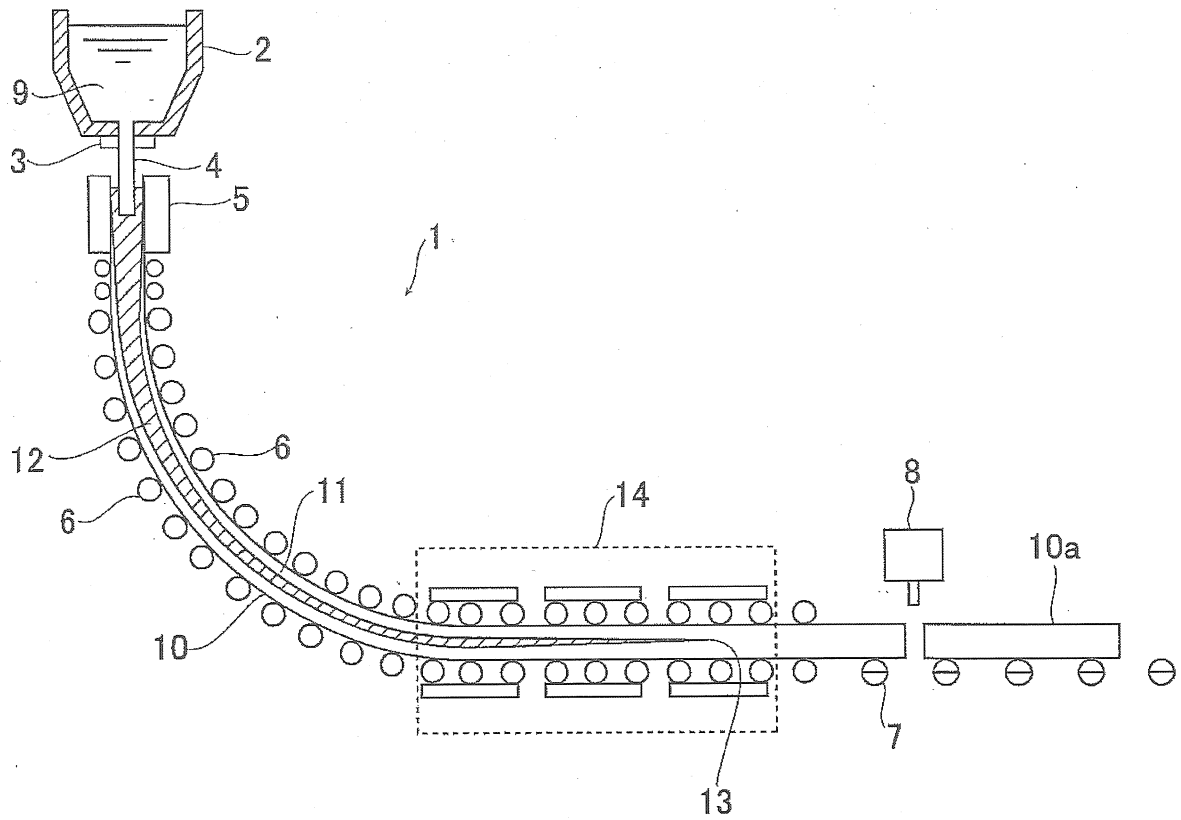


FIG.2

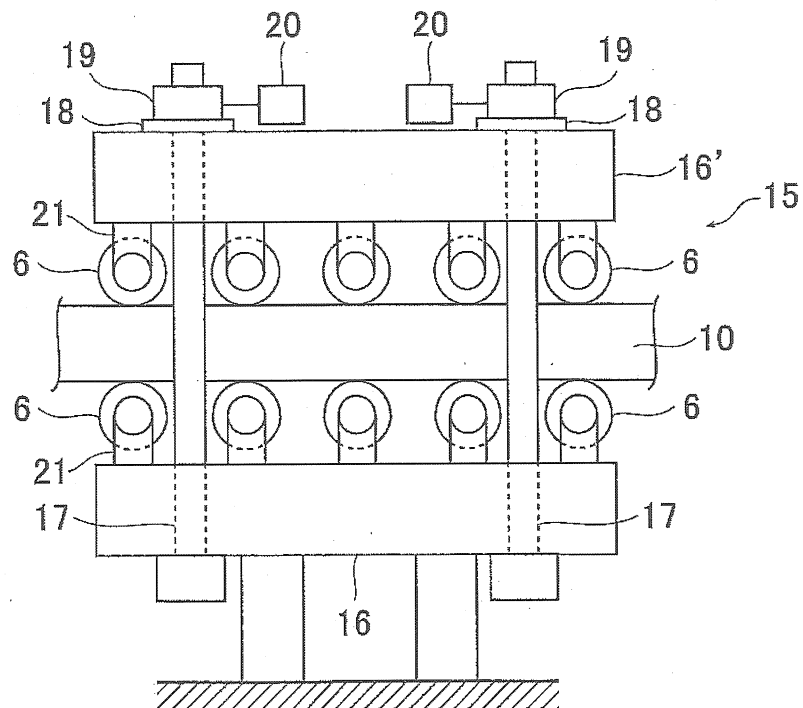


FIG.3

