



(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)



1-0042926

(51)^{2022.01} C21C 7/06; C21C 7/10; C21C 7/00

(13) B

(21) 1-2022-07917

(22) 20/05/2021

(86) PCT/JP2021/019198 20/05/2021

(87) WO 2021/256158 23/12/2021

(30) 2020-103492 16/06/2020 JP

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/04/2023 421

(73) JFE Steel Corporation (JP)

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

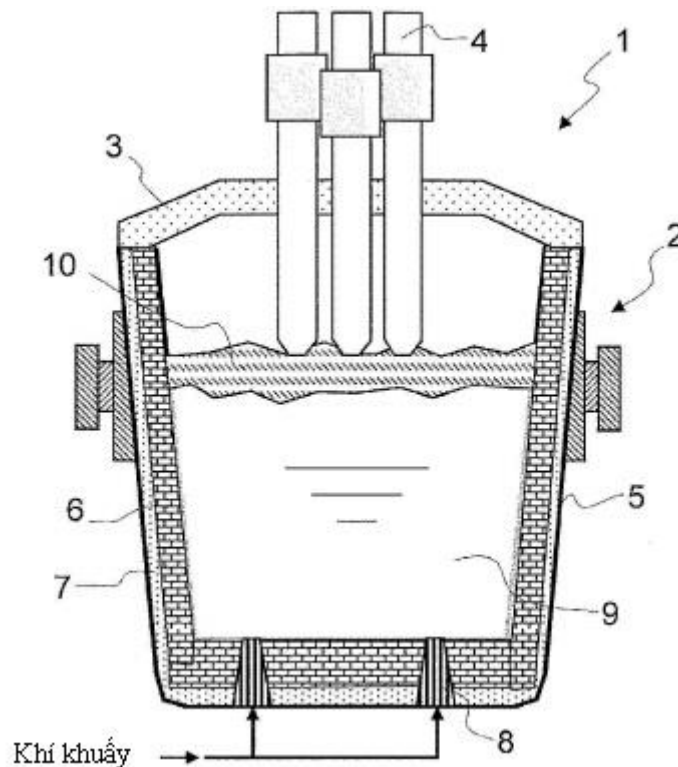
(72) MATSUI Akitoshi (JP); HARADA Akifumi (JP); NAKAI Yoshie (JP); KONDO Hirokazu (JP).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP CÓ ĐỘ SẠCH CAO

(21) 1-2022-07917

(57) Thép có độ sạch cao được sản xuất bằng cách kiểm soát thành phần hóa học của xỉ và điều kiện khuấy khi thực hiện tinh luyện trong thùng rót trong trường hợp thép có độ sạch cao được sản xuất bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót và thiết bị khử khí chân không. Phương pháp này bao gồm thực hiện tinh luyện trong thùng rót bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót trên thép nóng chảy và sau đó thực hiện tinh luyện khử khí chân không bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không để sản xuất thép có độ sạch cao, trong đó, thành phần hóa học của xỉ trong và sau khi tinh luyện trong thùng rót, ($\%$ khối lượng CaO)/($\%$ khối lượng SiO₂) là 4,0 đến 6,3, ($\%$ khối lượng CaO)/($\%$ khối lượng Al₂O₃) là 1,8 đến 2,3, và ($\%$ khối lượng CaO)/($\%$ khối lượng SiO₂) và ($\%$ khối lượng CaO)/($\%$ khối lượng Al₂O₃) thỏa mãn biểu thức quan hệ nhất định và trong đó, khi khoảng thời gian kể từ khi bắt đầu xử lý tinh luyện trong thùng rót đến thời điểm nhất định trong quá trình xử lý được xác định là giai đoạn thứ nhất và khoảng thời gian từ thời điểm nhất định đến khi kết thúc xử lý được xác định là giai đoạn thứ hai, công suất khuấy đối với thép nóng chảy lớn hơn 55 W / tấn và 105 W / tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ nhất và 25 W / tấn hoặc lớn hơn và 55 W / tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ hai.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao chứa lượng các chất xâm nhập không phải kim loại giảm bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót và thiết bị khử khí chân không.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong trường hợp vật liệu thép được yêu cầu phải có độ bền mỏi tiếp xúc lăn và độ êm ưu việt, tức là thép có độ sạch cao được đặc trưng bởi thép chịu lực, điều cần thiết là lượng tạp chất phi kim loại trong thép càng nhỏ càng tốt. Ví dụ về các tạp chất phi kim loại trong thép mà có lượng cần thiết phải giảm bao gồm các sản phẩm khử oxy, các chất được tạo ra từ phản ứng giữa thép nóng chảy, xỉ và vật liệu chịu lửa, cacbua, nitrit, cacbonitrit, và các chất tương tự. Trong trường hợp các loại thép như thép chịu lực mà quá trình khử oxy được thực hiện bằng cách sử dụng nhôm (Al), tạp chất phi kim loại (sau đây, còn được gọi đơn giản là "tạp chất") tồn tại ngay sau khi khử oxy về cơ bản là Al_2O_3 .

Tuy nhiên, ví dụ, người ta biết rằng tạp chất gốc $CaO-Al_2O_3$ được tạo ra bởi phản ứng giữa Al_2O_3 trong thép và CaO trong xỉ và các tạp chất gốc $MgO-Al_2O_3$ được tạo ra. Tạp chất gốc $MgO-Al_2O_3$ được cho rằng các tạp chất gốc $MgO-Al_2O_3$ được tạo ra do magiê (Mg), mà được tạo ra trong thép do nhôm trong thép thép nóng chảy phản ứng với MgO trong xỉ hoặc MgO trong vật liệu chịu lửa, phản ứng với Al_2O_3 trong thép.

Trong số các tạp chất như vậy, do các tạp chất gốc $MgO-Al_2O_3$, mà cứng, có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền mỏi tiếp xúc lăn, nên việc giảm lượng tạp chất gốc $MgO-Al_2O_3$ là một vấn đề đặc biệt quan trọng cần được giải quyết đối với thép có độ sạch cao.

Các kỹ thuật dưới đây đã được bộc lộ là các ví dụ về kỹ thuật giảm lượng tạp chất tạo ra trong quá trình sản xuất thép có độ sạch cao được mô tả ở trên. Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ kỹ thuật, trong đó, trong quá trình tinh luyện trong thùng rót, trong đó quá trình xử lý được thực hiện bằng cách khuấy thép nóng chảy trong thùng rót cùng với xỉ tồn tại trên bề mặt thép nóng chảy, quá trình xử lý được thực hiện bằng cách sử dụng cả bước gia nhiệt hồ quang và khuấy khí trong điều kiện trong đó nồng độ MgO trong xỉ và thời gian khuấy thép nóng chảy thỏa mãn biểu thức quan hệ riêng trong khi nồng độ

nhôm trong thép nóng chảy là 0,005% khối lượng hoặc lớn hơn.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ kỹ thuật, trong đó, khi thép có độ sạch cao được sản xuất bằng cách thực hiện tinh luyện trong thùng rót trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót và sau đó thực hiện tinh luyện khử khí chân không trong thiết bị khử khí chân không RH, thành phần hóa học của xỉ ($\text{FeO} + \text{MnO}$, CaO/SiO_2 , MgO , $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ và TiO_2) sau khi tinh luyện trong thùng rót được quy định nằm trong khoảng nhất định và lưu lượng tuần hoàn của thép nóng chảy khi thực hiện tinh luyện khử khí chân không được quy định.

Ngoài ra, tài liệu sáng chế 3 bộc lộ kỹ thuật, trong đó, khi thép có độ sạch cao được sản xuất bằng cách thực hiện tinh luyện khử bằng cách sử dụng gia nhiệt hồ quang và khuấy khí hoặc khuấy điện từ trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót, hàm lượng magiê hòa tan trong thép nóng chảy sau quá trình tinh luyện khử, thành phần hóa học của vật liệu chịu lửa của thùng rót được sử dụng, và thành phần hóa học của xỉ trong thùng rót sau quá trình tinh luyện khử được quy định nằm trong phạm vi nhất định.

Hơn nữa, tài liệu sáng chế 4 bộc lộ phương pháp tinh luyện, trong đó, trong quy trình xử lý gia nhiệt và khuấy trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót, thành phần hóa học của xỉ trong quá trình gia nhiệt và khuấy và sau khi xử lý gia nhiệt và khuấy được xác định bằng các biểu thức quan hệ $3,0 \leq (\text{CaO}\% \text{ khối lượng})/(\text{SiO}_2\% \text{ khối lượng}) \leq 5,0$, $1,0 \leq (\text{CaO}\% \text{ khối lượng})/(\text{Al}_2\text{O}_3\% \text{ khối lượng}) \leq 2,0$, $(\% \text{ khối lượng MgO}) \leq 3,0\%$ khối lượng, và $(\% \text{ khối lượng FeO}) + (\% \text{ khối lượng MnO}) \leq 1,5\%$ khối lượng.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

PTL 1: Công bố đơn đăng ký sáng chế của Nhật Bản số 2003-286515

PTL 2: Công bố đơn đăng ký sáng chế của Nhật Bản số 2008-303406

PTL 3: Công bố đơn đăng ký sáng chế của Nhật Bản số 2007-84838

PTL 4: Công bố đơn đăng ký sáng chế của Nhật Bản số 2012-132094

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, các kỹ thuật theo tình trạng kỹ thuật được mô tả nêu trên có những vấn đề sau.

Tức là, trong tài liệu sáng chế 1, hàm lượng nhôm trong thép nóng chảy và hàm lượng MgO trong xỉ, là các yếu tố để hình thành các tạp chất dựa trên MgO-Al₂O₃ được quy định. Đã biết rằng, do MgO được rửa giải thành xỉ thùng rót từ vật liệu chịu lửa gốc MgO được sử dụng cho vật liệu chịu lửa lót của thùng rót, hàm lượng MgO trong xỉ tăng lên. Do việc rửa giải MgO từ vật liệu chịu lửa gốc MgO có liên quan chặt chẽ đến thành phần hóa học của xỉ thùng rót mà tiếp xúc với vật liệu chịu lửa gốc MgO, nên việc kiểm soát thành phần hóa học của xỉ thùng rót là rất quan trọng để kiểm soát hàm lượng MgO trong xỉ. Tuy nhiên, do tài liệu sáng chế 1 không mô tả các điều kiện áp dụng cho xỉ thùng rót để kiểm soát hàm lượng MgO trong xỉ nằm trong phạm vi thích hợp, nên có thể nói rằng các điều kiện đủ để thực hiện kỹ thuật liên quan không được bộc lộ.

Trong tài liệu sáng chế 2, thành phần hóa học của xỉ sau khi tinh luyện trong thùng rót được quy định, và đặc biệt, độ bazơ của xỉ (% khối lượng CaO/% khối lượng SiO₂) được kiểm soát là tương đối cao, tức là 6,5 hoặc lớn hơn. Trong trường hợp xỉ có độ bazơ cao như vậy, do hoạt độ của SiO₂ trong xỉ thấp, nên Al₂O₃ bị khử bởi silic (Si) trong thép nóng chảy, mà dẫn đến làm tăng hàm lượng nhôm trong thép nóng chảy. Nhờ sự tăng lên của hàm lượng nhôm trong thép nóng chảy, do MgO trong xỉ bị khử, nên có nguy cơ sản phẩm khử, tức là Mg, phản ứng với các tạp chất có gốc Al₂O₃ để tạo thành tạp chất gốc MgO-Al₂O₃.

Trong tài liệu sáng chế 3, hàm lượng magiê hòa tan trong thép nóng chảy sau quá trình tinh luyện khử, hàm lượng của các thành phần cấu thành tương ứng của thành phần hóa học của vật liệu chịu lửa trong thùng rót, và hàm lượng của các thành phần cấu thành tương ứng của thành phần hóa học của xỉ sau khi tinh luyện khử được quy định về giá trị tuyệt đối (% khối lượng). Để kiểm soát phản ứng khử của MgO trong xỉ với nhôm trong thép nóng chảy, về mặt lý thuyết, cần phải kiểm soát hoạt tính SiO₂ và hoạt tính Al₂O₃ trong xỉ và những thứ tương tự. Tức là, thay vì quy định các giá trị tuyệt đối của hàm lượng các thành phần cấu thành tương ứng của thành phần hóa học, điều cần thiết là kiểm soát tỷ lệ khối lượng của các thành phần cấu thành trong thành phần hóa học của xỉ như CaO/SiO₂ và CaO/Al₂O₃. Do đó, trong trường hợp chỉ kiểm soát hàm lượng của các thành phần cấu thành trong thành phần hóa học của xỉ nằm trong các khoảng theo tài liệu sáng chế 3, thì có nguy cơ là không thể ức chế đầy đủ sự hình thành của các

tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$.

Trong trường hợp kỹ thuật theo Tài liệu sáng chế 4, do độ bazơ của xỉ ((% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2)) được đặt thấp hơn so trường hợp của Tài liệu sáng chế 2, nên có sự gia tăng về thế oxy của xỉ và phản ứng khử của MgO trong xỉ với nhôm trong thép nóng chảy có xu hướng xảy ra. Do đó, trong trường hợp của Tài liệu sáng chế 4, phản ứng khử của MgO trong xỉ với nhôm trong thép nóng chảy bị ức chế bằng cách không thực hiện khử oxy hóa thép nóng chảy bằng nhôm khi xử lý gia nhiệt và khuấy được thực hiện hoặc bằng cách kiểm soát hàm lượng nhôm trong thép nóng chảy là 0,003% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, trong trường hợp xử lý gia nhiệt và khuấy được thực hiện trong các điều kiện như vậy, khi thực hiện khuấy quá mạnh, ví dụ, do bề mặt thép nóng chảy tiếp xúc với không khí, các oxit sắt có xu hướng được hình thành, điều này có thể dẫn đến không đạt được độ sạch cao do không đạt được thành phần hóa học mong muốn của xỉ.

Sáng chế đã được hoàn thiện dựa trên tình huống được mô tả ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao bằng cách kiểm soát thành phần hóa học của xỉ và điều kiện khuấy khi quá trình tinh luyện trong thùng rót được thực hiện trong các phạm vi tối ưu trong trường hợp thép có độ sạch cao được sản xuất bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót và thiết bị khử khí chân không. Giải pháp cho vấn đề

Đối tượng của sáng chế để giải quyết các vấn đề được mô tả ở trên như sau.

[1] Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao, phương pháp bao gồm bước thực hiện tinh luyện trong thùng rót bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót trên thép nóng chảy được tháo ra từ lò chuyển hoặc lò điện hồ quang và sau đó thực hiện tinh luyện khử khí chân không bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không để sản xuất thép có độ sạch cao,

trong đó, về thành phần hóa học của xỉ trong và sau quá trình xử lý của lò tinh luyện, (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) là 4,0 đến 6,3, (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al_2O_3) là 1,8 đến 2,3 và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al_2O_3) thỏa mãn biểu thức quan hệ (1) dưới đây, và

trong đó, khi khoảng thời gian kể từ khi bắt đầu xử lý tinh luyện trong thùng rót

đến một thời điểm nhất định trong quá trình xử lý được xác định là giai đoạn thứ nhất và khoảng thời gian từ thời điểm nhất định đến khi kết thúc xử lý được xác định là giai đoạn thứ hai, công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy, được tính bằng công thức (2) dưới đây, là lớn hơn 55 W/tấn và 105 W/tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ nhất và 25 W/tấn hoặc lớn hơn và 55 W/tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ hai.

$$0,0059 \times (\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng SiO}_2) + 0,028 \times (\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng Al}_2\text{O}_3) \times 0,088 \cdots (1)$$

$$\varepsilon = 6,18 \times (Q_g \times T_L/W) \times [\ln\{1 + h/(1,46 \times 10^{-5} \times P_0)\} + 0,06 \times (1-298/T_L)] \cdots (2)$$

Ở đây, trong phương trình (2), ε biểu thị công suất khuấy (W/tấn), Q_g biểu thị lưu lượng khí khuấy ($\text{Nm}^3/\text{phút}$), T_L biểu thị nhiệt độ thép nóng chảy (K), W biểu thị lượng (tấn) thép nóng chảy, h biểu thị độ sâu bể (m) của thép nóng chảy trong thùng rót và P_0 biểu thị áp suất khí quyển (Pa).

[2] Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo mục [1] nêu trên, trong đó thời gian xử lý của giai đoạn thứ nhất bằng 30% hoặc lớn hơn và 60% hoặc nhỏ hơn toàn bộ thời gian xử lý theo lịch trình cho quá trình tinh luyện trong thùng rót.

[3] Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo mục [1] hoặc [2] nêu trên, trong đó lượng xỉ trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót là 10 kg hoặc lớn hơn và 30 kg hoặc ít hơn trên một tấn khối lượng thép nóng chảy chứa trong thùng rót.

[4] Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3] ở trên, trong đó, khi diện tích cần kiểm tra của thép có độ sạch cao là 3000 mm^2 , hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc MgO- Al_2O_3 trong đó hàm lượng MgO từ 5% khối lượng hoặc lớn hơn nhỏ hơn 10% khối lượng trong các tạp chất gốc MgO- Al_2O_3 được phát hiện trong thép có độ sạch.

[5] Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4] nêu trên, trong đó thép có độ sạch cao là vật liệu để làm thép chịu lực có thành phần hóa học có hàm lượng cacbon từ 0,60% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,20% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic từ 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,70% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan từ 0,20% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,80% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho từ 0,020% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh từ 0,0050% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng nhôm từ

0,005% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,040% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng crom từ 0,50% khối lượng hoặc lớn hơn và 2,00% khối lượng hoặc nhỏ hơn và hàm lượng nitơ từ 0,0080% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

[6] Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo mục bất kỳ mục trong số các mục từ [1] đến [4] nêu trên, trong đó thép có độ sạch cao là vật liệu để sản xuất thép chịu lực phù hợp với các thông số kỹ thuật của ít nhất một trong số 100Cr6 được quy định trong ISO 683-17, SUJ2 được quy định trong JIS G 4805, GCr15 được quy định trong GB, 52100 được quy định trong ASTM A 295 và 100Cr6 được quy định trong DIN.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, do thành phần hóa học của xỉ và điều kiện khuấy đối với thép nóng chảy khi thực hiện tinh luyện trong thùng rót được kiểm soát để nằm trong phạm vi tối ưu trong trường hợp thép có độ sạch cao được sản xuất bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót và thiết bị khử khí chân không nên có thể sản xuất thép có độ sạch cao chứa lượng tạp chất giảm xuống, đặc biệt, cụ thể là tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, điều này giúp sản xuất thép chịu lực hoặc loại tương tự ưu việt về độ bền thọ môi tiếp xúc lẫn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là giản đồ của thiết bị tinh luyện trong thùng rót thông thường.

Fig.2 là giản đồ minh họa kết quả tính toán ảnh hưởng của tỷ lệ (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al_2O_3) trong thành phần hóa học của xỉ đối với hoạt tính của MgO trong xỉ khi tinh luyện trong thùng rót.

Fig.3 là giản đồ minh họa kết quả tính toán ảnh hưởng của tỷ lệ (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(khối lượng% Al_2O_3) trong thành phần hóa học của xỉ đối với lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ được hình thành khi thực hiện quá trình tinh luyện trong thùng rót.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần dưới đây, phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Các tác giả của sáng chế đã tiến hành các thử nghiệm nghiên cứu khác nhau liên

quan đến độ bền mỗi tiếp xúc lăn của thép có độ sạch cao được đặc trưng bởi thép chịu lực, mà được sản xuất bằng cách thực hiện tinh luyện trong thùng rót bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót trên thép nóng chảy được tháo ra từ lò chuyển và sau đó thực hiện tinh luyện khử khí chân không bằng sử dụng thiết bị khử khí chân không. Từ kết quả quan sát vết nứt xảy ra khi tiến hành thử nghiệm độ bền mỗi tiếp xúc lăn, rõ ràng là tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ tồn tại tại điểm bắt đầu của vết nứt. Từ kết quả của các nghiên cứu bổ sung, người ta nhận thấy rằng, do các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ cứng và có khả năng biến dạng khác với vật liệu thép, nên các khoảng trống có xu hướng xuất hiện xung quanh các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, mà điều này dẫn đến sự xuất hiện của các vết nứt. Người ta cũng nhận thấy rằng, trong số các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ mà trong đó hàm lượng MgO từ 5% khối lượng hoặc lớn hơn là đặc biệt cứng. Do đó, người ta thấy rằng, để cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lăn của vật liệu thép, việc ức chế sự hình thành các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ như vậy là quan trọng.

Do đó, các tác giả của sáng chế đã xem xét cơ chế hình thành của các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ và trên cơ sở xem xét, quyết định thiết lập mô hình tính toán (mô hình dự đoán sự thay đổi ở thành phần hóa học của các tạp chất) mà có thể dự đoán sự hình thành các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$. Các tạp chất $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ được hình thành bởi các phản ứng được biểu thị bằng phương trình hóa học (3) và phương trình hóa học (4) dưới đây.



Ở đây, trong phương trình (3) và phương trình (4), (MgO) , (Al_2O_3) và $(\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$ biểu thị các thành phần cấu thành trong xỉ hoặc tạp chất, và $[\text{Al}]$ và $[\text{Mg}]$ biểu thị các thành phần cấu thành trong thép nóng chảy.

Như rõ ràng trong phương trình (3) và phương trình (4), để ngăn chặn các phản ứng như vậy tiến triển về mặt nhiệt động học, tức là, để ức chế sự hình thành các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, thì chỉ cần ức chế sự hình thành Mg trong thép nóng chảy là đủ. Với mục đích này, xem xét (A); giảm hoạt tính của MgO trong xỉ và (B); giảm hoạt tính của nhôm trong thép nóng chảy là hiệu quả. Trong số các mục này, liên quan đến hoạt tính của nhôm trong thép nóng chảy được mô tả trong mục (B), do hàm lượng nhôm được yêu cầu nằm trong phạm vi thích hợp theo quan điểm của các đặc tính vật liệu mà

vật liệu thép như một sản phẩm bắt buộc phải có, khó thay đổi quá mức hàm lượng nhôm. Do đó, các tác giả của sáng chế tập trung vào mục (A). Đây là chỉ số có thể kiểm soát được bằng cách thiết kế phù hợp thành phần hóa học của xỉ.

Khi mô hình tính toán để dự đoán sự thay đổi thành phần hóa học của các tạp chất được thiết lập, để đánh giá về mặt lý thuyết và định lượng ảnh hưởng của thành phần hóa học của xỉ đến sự hình thành của các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, các tác giả của sáng chế đã lặp lại các thử nghiệm khác nhau liên quan đến tinh luyện trong thùng rót trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót.

Ở đây, mặc dù ví dụ trong đó thép nóng chảy được tháo ra từ bộ chuyển được sử dụng được mô tả trong phần mô tả ở trên, nhưng trong phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo sáng chế, quy trình điều chế thép nóng chảy không giới hạn ở quy trình sử dụng lò chuyển, và, ví dụ, lò điện hồ quang có thể được sử dụng. Ngoài ra, thiết bị thích hợp để tinh luyện khử khí chân không như thiết bị khử khí chân không RH, lò VOD hoặc các thiết bị tương tự có thể được chọn làm thiết bị khử khí chân không.

Fig.1 là giản đồ mặt cắt dọc của thiết bị tinh luyện trong thùng rót thông thường. Trên Fig.1, ký hiệu chỉ dẫn 1 chỉ thiết bị tinh luyện trong thùng rót, 2 chỉ thùng rót, 3 chỉ nắp trên, 4 chỉ điện cực, 5 chỉ vỏ thép, 6 chỉ vật liệu chịu lửa lót, 7 chỉ vật liệu chịu lửa vĩnh viễn, 8 chỉ nút thổi ở đáy, 9 chỉ thép nóng chảy, và 10 chỉ xỉ. Thùng rót 2 chứa thép nóng chảy 9 có vật liệu chịu lửa bao gồm vỏ thép 5 làm vỏ ngoài, và vật liệu chịu lửa vĩnh viễn 7 và vật liệu chịu lửa lót 6 được bố trí theo thứ tự này ở mặt trong của vỏ thép 5, trong đó ít nhất một phần (chủ yếu là phần dòng xỉ) của vật liệu chịu lửa lót 6 được tạo thành từ vật liệu chịu lửa gốc MgO . Ngoài ra, nút thổi ở đáy 8 được bố trí ở dưới cùng của thùng rót 2.

Trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót 1, trong khi khí khuấy như khí Ar được thổi vào thép nóng chảy 9 trong thùng rót thông qua nút thổi ở đáy 8 để khuấy thép nóng chảy 9, thành phần hóa học và nhiệt độ của thép nóng chảy 9 được điều chỉnh theo đến các đích tương ứng bằng cách thêm dòng tinh luyện và vật liệu hợp kim và bằng cách thực hiện gia nhiệt Joule bằng cách sử dụng các điện cực 4. Ngoài ra, dòng tinh luyện thêm vào được nấu chảy để tạo thành xỉ 10 có thành phần hóa học mong muốn, và do phản ứng giữa xỉ 10 và thép nóng chảy 9, phản ứng kiểm soát hình thái của các tạp chất

trong thép nóng chảy và phản ứng khử lưu huỳnh của tiến trình thép nóng chảy. Lý do tại sao vật liệu chịu lửa lót 6 được tạo thành từ vật liệu chịu lửa gốc MgO trong phần đường xỉ của thùng rót 2 là do vật liệu chịu lửa gốc MgO có khả năng chống ăn mòn cao đối với xỉ 10. Ở đây, mặc dù khí khuấy được thổi qua nút thổi ở đáy 8 trên Fig.1, nhưng khí khuấy có thể được thổi qua ống phun (không được minh họa) mà được để ngập trong thép nóng chảy 9.

Trong quá trình tinh luyện trong thùng rót như vậy, các mục từ (1) đến (7) được mô tả dưới đây là các hiện tượng cần được xem xét khi dự đoán hành vi hình thành của tạp chất.

(1) rửa giải MgO thành xỉ từ vật liệu chịu lửa lót được tạo thành từ vật liệu chịu lửa gốc MgO

(2) phản ứng giữa xỉ và thép nóng chảy

(3) phản ứng giữa các tạp chất gốc xỉ trong thép nóng chảy và thép nóng chảy

(4) tạp chất (sản phẩm khử oxy) trong thép nóng chảy được hình thành khi thêm vào các hợp kim khử oxy như nhôm

(5) tạp chất trong thép nóng chảy do xỉ cuốn vào

(6) kết tập tạp chất trong thép nóng chảy

(7) sự nổi lên của nhiều tạp chất khác nhau trong thép nóng chảy.

Các tác giả của sáng chế đã xem xét một cách toàn diện các hiện tượng được mô tả trong các mục từ (1) đến (7) ở trên dựa vào nhiệt động lực học và động học, và kết quả là, đã thiết lập mô hình để tính toán sự thay đổi thành phần hóa học của các tạp chất khi thực hiện quá trình tinh luyện trong thùng rót. Ngoài ra, bằng cách điều chỉnh mô hình tính toán phù hợp với các kết quả thử nghiệm khác nhau để các kết quả tính toán phù hợp với các giá trị đo được thực tế, mô hình dự đoán sự thay đổi thành phần hóa học của các tạp chất đã được hoàn thành. Ở đây, trong phần mô tả của sáng chế, mô tả chi tiết về mô hình đã thiết lập để dự đoán sự thay đổi thành phần hóa học của các tạp chất được bỏ qua.

Sau đó, các tác giả của sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu về thành phần hóa học của xỉ để ức chế sự hình thành các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ bằng cách sử dụng mô hình đã thiết lập để dự đoán sự thay đổi thành phần hóa học của các tạp chất. Tại thời

điểm này, liên quan đến các điều kiện để ức chế sự hình thành các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, đầu tiên các nghiên cứu được tiến hành liên quan đến "giảm hoạt tính của MgO trong xỉ" được mô tả trong mục (A) ở trên. Trong các nghiên cứu như vậy, tỷ lệ (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al_2O_3) trong thành phần hóa học của xỉ đã được tập trung vào là yếu tố có ảnh hưởng đến hoạt tính của MgO trong xỉ.

Bằng cách thay đổi (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al_2O_3) trong thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện theo nhiều cách khác nhau, ảnh hưởng của các yếu tố này đến hoạt tính của MgO trong xỉ được tính toán bằng cách sử dụng mô hình đã thiết lập để dự đoán sự thay đổi thành phần hóa học của tạp chất. Ví dụ về kết quả tính toán được minh họa trên Fig.2. Như được thể hiện trên Fig.2, rõ ràng là hoạt tính của MgO trong xỉ giảm theo sự giảm ở (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al_2O_3) trong thành phần hóa học của xỉ. MgO trong xỉ được biểu thị bằng tích của hàm lượng MgO trong xỉ và hệ số hoạt độ.

Ngoài ra, Fig.3 là giản đồ minh họa kết quả tính toán ảnh hưởng của (%khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(khối lượng% Al_2O_3) trong thành phần hóa học của xỉ đối với lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ được hình thành khi thực hiện quá trình tinh luyện trong lò thùng. Như được thể hiện trên Fig.3, rõ ràng là các lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ được tạo thành giảm theo sự giảm ở (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO_2) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al_2O_3) trong thành phần hóa học của xỉ. Ở đây, trên Fig.3, trục tung thể hiện tỷ lệ (phần trăm) của lượng (số) các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ được hình thành so với tổng lượng (số) các tạp chất được tạo thành.

Dựa vào các kết quả tính toán như vậy, các hoạt động thử nghiệm được tiến hành bằng cách sử dụng các chất trợ dung có các thành phần hóa học khác nhau trong quá trình tinh luyện trong thùng rót. Từ kết quả của các hoạt động thử nghiệm, các tác giả của sáng chế phát hiện ra rằng, bằng cách kiểm soát thành phần hóa học của xỉ sao cho hoạt tính MgO trong xỉ là 0,048 hoặc nhỏ hơn, có thể giảm lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, mà có ảnh hưởng có hại đến các tính chất thử nghiệm cơ học của vật liệu thép,

và do đó, độ bền mỗi tiếp xúc lẫn của vật liệu thép được cải thiện. Cụ thể, bằng cách kiểm soát (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO₂) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al₂O₃) trong thành phần hóa học của xỉ sao cho thành phần hóa học của xỉ khi tinh luyện trong thùng rót được thực hiện thỏa mãn biểu thức quan hệ (1) dưới đây, hoạt tính của MgO trong xỉ trở nên bằng 0,048 hoặc nhỏ hơn, và do đó có thể điều chế thép nóng chảy có độ sạch cao một cách ổn định.

$$0,0059 \times (\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng SiO}_2) + 0,028 \times (\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng Al}_2\text{O}_3) \leq 0,088 \cdots (1)$$

Ngoài ra, từ kết quả của các thử nghiệm nghiên cứu bổ sung, phát hiện ra rằng cũng có khoảng thích hợp cho (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO₂) và (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al₂O₃) trong thành phần hóa học của xỉ khi tinh luyện trong thùng rót được thực hiện.

Tức là, phát hiện ra rằng, trong trường hợp (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al₂O₃) trong xỉ nhỏ hơn 1,8, do độ nhớt của xỉ tăng lên, xảy ra hiện tượng gia nhiệt Joule kém trong các điện cực, và có sự suy giảm độ sạch của thép nóng chảy do sự suy giảm ở khả năng hấp thụ tạp chất gốc Al₂O₃ của xỉ. Mặt khác, trong trường hợp (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al₂O₃) lớn hơn 2,3, rất khó để thỏa mãn biểu thức quan hệ (1) khi xét khoảng (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO₂) được mô tả dưới đây. Vì vậy, điều cần thiết là (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al₂O₃) trong thành phần hóa học của xỉ phải được kiểm soát ở mức từ 1,8 đến 2,3.

Ngoài ra, phát hiện ra rằng trong trường hợp (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO₂) trong thành phần hóa học của xỉ nhỏ hơn 4,0, thì sự rửa giải của MgO từ vật liệu chịu lửa lót gốc MgO trở nên rõ ràng, và có nguy cơ thép nóng chảy bị ô nhiễm do quá trình oxy hóa lại. Mặt khác, trong trường hợp (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO₂) lớn hơn 6,3 thì không thể thỏa mãn biểu thức quan hệ (1) khi (% khối lượng CaO)/(% khối lượng Al₂O₃) nằm trong phạm vi được mô tả ở trên. Do đó, điều cần thiết là (% khối lượng CaO)/(% khối lượng SiO₂) trong thành phần hóa học của xỉ phải được kiểm soát ở 4,0 đến 6,3.

Điều cần thiết là thành phần hóa học của xỉ được mô tả ở trên phải thỏa mãn các điều kiện được mô tả ở trên trong giai đoạn từ thời điểm nhất định trong quá trình xử lý

trình luyện trong thùng rót cho đến khi kết thúc quá trình xử lý. Ngoài ra, tốt hơn hết là thành phần hóa học của xỉ được mô tả ở trên thỏa mãn các điều kiện được mô tả ở trên trong khoảng thời gian ít nhất là 40% hoặc lớn hơn sau đó của toàn bộ thời gian xử lý được lên lịch cho quá trình tinh luyện trong thùng rót. Tức là, tốt hơn là thành phần hóa học của xỉ được kiểm soát để nằm trong phạm vi được mô tả ở trên trong ít nhất một khoảng thời gian kể từ thời điểm mà 60% của toàn bộ thời gian xử lý dự kiến cho quá trình tinh luyện trong thùng rót đã trôi qua cho đến khi kết thúc tinh luyện trong thùng rót.

Hơn nữa, các tác giả của sáng chế tập trung vào khả năng khuấy của thép nóng chảy trong quá trình tinh luyện thùng rót. Nhìn chung, trong quá trình tinh luyện trong thùng rót, trong khi khuấy khí được thực hiện trên thép nóng chảy bằng cách sử dụng khí hiếm, dòng tinh luyện và các vật liệu hợp kim được thêm vào để điều chỉnh thành phần hóa học của thép nóng chảy và để thực hiện kiểm soát hình thái đối với các tạp chất gốc oxit, và bước gia nhiệt Joule được thực hiện bằng cách sử dụng các điện cực để điều chỉnh nhiệt độ của thép nóng chảy. Công suất khuấy được áp dụng cho thép nóng chảy cũng có ảnh hưởng đến hành vi hình thành của tạp chất như sự cuốn vào của xỉ tồn tại trên thép nóng chảy, sự kết tụ và sự nổi lên của các tạp chất trong thép nóng chảy, và những thứ tương tự. Đặc biệt, liên quan đến sự cuốn theo xỉ tồn tại trên thép nóng chảy, do các giá trị đặc tính vật lý như độ nhớt và sức căng bề mặt của xỉ cũng là những yếu tố quan trọng, nên có thể coi là có công suất khuấy tối ưu phù hợp với thành phần hóa học của xỉ.

Do đó, bằng cách thay đổi tốc độ dòng khí khuấy trong các điều kiện liên quan đến thành phần hóa học của xỉ được đề xuất trong sáng chế, thử nghiệm để đánh giá độ sạch của thép nóng chảy và độ bền mỗi tiếp xúc lăn của vật liệu thép đã được tiến hành. Từ kết quả của thử nghiệm, phát hiện ra rằng, trong nửa đầu của quá trình xử lý tinh luyện trong thùng chứa, cần phải nhanh chóng tạo ra thành phần hóa học đích của xỉ bằng cách áp lực khuấy tương đối mạnh để thúc đẩy sự tan chảy của xỉ. Mặt khác, phát hiện ra rằng, trong nửa sau của quá trình xử lý, việc áp công suất khuấy tối thiểu cần thiết để ức chế sự cuốn theo của xỉ tồn tại trên thép nóng chảy có hiệu quả để cải thiện độ sạch của thép nóng chảy và cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lăn của vật liệu thép.

Cụ thể, nửa đầu tương ứng với giai đoạn kể từ khi bắt đầu xử lý tinh luyện trong thùng rót đến thời điểm nhất định trong quá trình xử lý được xác định là giai đoạn thứ nhất và nửa sau tương ứng với giai đoạn từ thời điểm nhất định được mô tả ở trên cho đến khi kết thúc quá trình xử lý được định nghĩa là giai đoạn thứ hai. Ở đây, tốt hơn là thời gian xử lý điều trị trong giai đoạn thứ nhất được mô tả ở trên là 30% hoặc lớn hơn và 60% hoặc ít hơn của toàn bộ thời gian xử lý dự kiến. Bằng cách thiết lập thời gian xử lý trong giai đoạn thứ nhất bằng 30% hoặc lớn hơn của toàn bộ thời gian xử lý dự kiến, có thể đảm bảo đủ thời gian để tạo ra thành phần hóa học mục tiêu của xỉ. Ngoài ra, bằng cách thiết lập thời gian xử lý trong giai đoạn đầu bằng 60% hoặc ít hơn của toàn bộ thời gian xử lý dự kiến, có thể đảm bảo thời gian cần thiết để cho phép xỉ bị cuốn vào thép nóng chảy trong giai đoạn thứ nhất nổi lên trên bề mặt của thép nóng chảy một lần nữa trong giai đoạn thứ hai để được kết hợp trong xỉ trên thép nóng chảy.

Trong trường hợp này, phát hiện ra rằng bằng cách kiểm soát công suất khuấy ε , được tính bằng cách sử dụng công thức (2) dưới đây, ở giá trị lớn hơn 55 W/tấn và 105 W/tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ nhất được mô tả ở trên và 25 W/tấn hoặc lớn hơn và 55 W/tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ hai được mô tả ở trên, có sự cải thiện về độ sạch của thép nóng chảy và cải thiện độ bền mỏi tiếp xúc lăn của vật liệu thép.

$$\varepsilon = 6,18 \times (Q_g \times T_L / W) \times [\ln\{1 + h / (1,46 \times 10^{-5} \times P_0)\} + 0,06 \times (1 - 298 / T_L)] \quad \dots (2)$$

Ở đây, trong phương trình (2), ε biểu thị công suất khuấy (W/tấn), Q_g biểu thị lưu lượng khí khuấy (Nm³/phút), T_L biểu thị nhiệt độ thép nóng chảy (K), W biểu thị lượng (tấn) thép nóng chảy, h biểu thị độ sâu bể (m) của thép nóng chảy trong thùng rót và P_0 biểu thị áp suất khí quyển (Pa). Nhiệt độ thép nóng chảy T_L là nhiệt độ được đo bằng cách nhúng đầu dò để đo nhiệt độ (cặp nhiệt điện) vào thép nóng chảy trong thùng rót (độ sâu ngập: 20 cm hoặc lớn hơn).

Trong trường hợp công suất khuấy ε trong giai đoạn thứ nhất là 55 W/tấn hoặc nhỏ hơn, do công suất khuấy quá nhỏ, nên không thể điều chỉnh thành phần hóa học hoặc nhiệt độ một cách hiệu quả, và đã xảy ra trường hợp trong đó sự tan chảy của xỉ bị trì hoãn. Mặt khác, trong trường hợp công suất khuấy ε trong giai đoạn thứ nhất lớn hơn 105 W/tấn, do công suất khuấy quá lớn, nên sự rung của bề mặt đường pha lỏng của

thép nóng chảy nghiêm trọng đến mức có trường hợp có sự cố an toàn vận hành. Ngoài ra, do công suất khuấy quá lớn, xỉ phủ lên trên bề mặt của thép nóng chảy phân bố không đồng đều, mà dẫn đến trường hợp tái cacbon hóa (tăng hàm lượng cacbon của thép nóng chảy) từ các điện cực do các điện cực tiếp xúc trực tiếp với thép nóng chảy hoặc trường hợp làm giảm độ sạch của thép nóng chảy do lượng xỉ cuốn vào tăng lên.

Trong trường hợp công suất khuấy ϵ trong giai đoạn thứ hai nhỏ hơn 25 W/tấn, do công suất khuấy quá nhỏ, nên có trường hợp không thể điều chỉnh thành phần hóa học hoặc nhiệt độ một cách hiệu quả. Mặt khác, trong trường hợp công suất khuấy ϵ trong giai đoạn thứ hai lớn hơn 55 W/tấn, do công suất khuấy quá lớn, nên có trường hợp làm giảm độ sạch của thép nóng chảy do làm tăng lượng xỉ bị cuốn vào.

Ngoài ra, tốt hơn hết là lượng xỉ khi tinh luyện trong thùng rót được thực hiện là 10 kg hoặc lớn hơn và 30 kg hoặc nhỏ hơn trên một tấn khối lượng thép nóng chảy chứa trong thùng rót, do điều này phù hợp với các điều kiện khuấy được mô tả ở trên. Trong trường hợp lượng xỉ nhỏ hơn 10 kg/tấn của khối lượng thép nóng chảy (10 kg/tấn), ví dụ, do bề mặt thép nóng chảy có xu hướng lộ ra do lượng xỉ giảm nên có sự suy giảm độ sạch của thép nóng chảy. Trong trường hợp lượng xỉ lớn hơn 30 kg/tấn khối lượng thép nóng chảy (30 kg/tấn), do thời gian tạo xỉ tăng lên do lượng xỉ quá lớn, nên làm tăng thời gian xử lý. Kết quả là, do sự rửa giải của MgO từ vật liệu chịu lửa của thùng rót trở nên rõ rệt, nên có sự suy giảm độ sạch của thép nóng chảy.

Hơn nữa, các tác giả của sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu tập trung vào các thành phần hóa học của các tạp chất. Trong số các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃, mà có ảnh hưởng đến độ bền mỗi tiếp xúc lăn, các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ trong đó hàm lượng MgO từ 5% khối lượng hoặc lớn hơn là cứng và do đó gây ra sự suy giảm độ bền mỗi tiếp xúc lăn.

Do đó, các nghiên cứu liên quan đến tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ trong đó hàm lượng MgO là 5% khối lượng hoặc lớn hơn đã được tiến hành trong điều kiện diện tích được kiểm tra là 3000 mm² trên vật liệu thép mà đã được sản xuất trong nhiều mẻ trong các điều kiện tinh luyện trong thùng rót khác nhau. Bằng cách chỉ xem xét tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ trong đó hàm lượng MgO là 5% khối lượng hoặc lớn hơn, mối quan hệ giữa hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ trong đó hàm lượng MgO

là 5% khối lượng hoặc lớn hơn và độ bền mỗi tiếp xúc lăn của vật liệu thép đã được khảo sát. Từ kết quả của các nghiên cứu, phát hiện ra rằng có mối tương quan giữa hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ trong đó hàm lượng MgO là 5% khối lượng hoặc lớn hơn và độ bền mỗi tiếp xúc lăn của vật liệu thép. Tức là, đã rõ ràng rằng có sự suy giảm ở độ bền mỗi tiếp xúc lăn của vật liệu thép theo sự tăng ở hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃.

Điều này được coi là do có sự gia tăng ở độ cứng của các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ với sự gia tăng hàm lượng MgO. Từ kết quả đó, để cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lăn, phát hiện ra rằng tốt hơn là hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ mà trong đó hàm lượng MgO từ 5% khối lượng hoặc lớn hơn được kiểm soát để nhỏ hơn 10% khối lượng.

Nói chung, sáng chế có thể được sử dụng để điều chế thép nóng chảy của các cấp thép được yêu cầu cao về độ sạch. Do thép chịu lực được yêu cầu đặc biệt là phải có độ bền mỗi tiếp xúc lăn nghiêm ngặt, nên có thể đạt được những lợi thế lớn bằng cách áp dụng sáng chế này để điều chế thép nóng chảy làm vật liệu cho thép chịu lực vốn được yêu cầu phải có độ sạch cao. Thành phần hóa học ưu tiên của thép chịu lực có hàm lượng cacbon 0,60% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,20% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,70% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan 0,20% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,80% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho 0,020% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh 0,0050% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng nhôm 0,005% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,040% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng crom 0,50% khối lượng hoặc lớn hơn và 2,00% khối lượng hoặc nhỏ hơn và hàm lượng nitơ 0,0080% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Lý do cho điều này là như sau.

Cacbon (C), có hiệu quả để tăng cường mactenxit, có thể được sử dụng để đảm bảo độ bền sau khi tôi và ram và để cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lăn. Trong trường hợp hàm lượng cacbon nhỏ hơn 0,60% khối lượng thì không thể thực hiện được các hiệu quả đó. Mặt khác, trong trường hợp hàm lượng cacbon lớn hơn 1,20% khối lượng, do cacbua có đường kính hạt lớn được hình thành khi thực hiện bước đúc, nên có nguy cơ làm suy giảm, thay vì cải thiện, độ bền mỗi tiếp xúc lăn.

Silic (Si), mà hòa tan trong thép và tăng độ chịu hóa mềm khi ram, có thể được sử dụng để cải thiện độ bền sau khi tôi và ram và để cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lần. Trong trường hợp hàm lượng silic nhỏ hơn 0,15% khối lượng thì không thể thu được các hiệu quả đó. Mặt khác, trong trường hợp hàm lượng silic lớn hơn 0,70% khối lượng, có nguy cơ làm giảm khả năng khử cặn.

Mangan (Mn), mà có hiệu quả để cải thiện độ cứng của thép, có thể được sử dụng để cải thiện độ dẻo dai và độ cứng của mactenxit, do đó cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lần. Để thu được những hiệu quả như vậy, chỉ cần hàm lượng mangan là 0,20% khối lượng hoặc lớn hơn là đủ. Mặt khác, trong trường hợp hàm lượng mangan lớn hơn 0,80% khối lượng, không có sự gia tăng rõ rệt về hiệu quả cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lần liên quan đến sự gia tăng hàm lượng mangan, và ngược lại, có sự suy giảm trong chi phí nguyên liệu hợp kim khi điều chế thép nóng chảy.

Tốt nhất là hàm lượng photpho (P), mà chất gây suy giảm độ dẻo dai và độ bền mỗi tiếp xúc lần của thép, nên càng thấp càng tốt. Giới hạn trên có thể chấp nhận được của hàm lượng photpho là 0,020% khối lượng hoặc tốt hơn là 0,015% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Lưu huỳnh (S) kết hợp với mangan tạo thành MnS khi quá trình đông đặc xảy ra hoặc khi xử lý nhiệt. Ngoài ra, đã biết rằng lưu huỳnh phản ứng với CaO trong các tạp chất gốc CaO-Al₂O₃ để tạo thành CaS. MnS tồn tại xung quanh các tạp chất gốc oxit và các tạp chất gốc oxit có chứa sulfua được hình thành bằng cách sử dụng các oxit làm hạt nhân chủ yếu trong quá trình làm mát khi cán phôi được thực hiện, dẫn đến hiện tượng lõm xảy ra do các lớp cặn kết mangan được hình thành xung quanh các tạp chất đó. Kết quả là, có sự giảm ở độ bền khi bi thép bị nghiền nát. Do đó, cần phải hạn chế sự kết tủa của MnS xung quanh các tạp chất như vậy càng nhiều càng tốt. Vì mục đích như vậy, nên tốt hơn là hàm lượng lưu huỳnh trong thép thấp. Giới hạn trên chấp nhận được của hàm lượng lưu huỳnh là 0,0050% khối lượng hoặc tốt hơn là 0,0020% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Nhôm (Al) là nguyên tố khử oxy và là nguyên tố quan trọng để giảm lượng tạp chất gốc oxit và tạp chất gốc oxit có chứa sulfua. Đối với những mục đích như vậy, hàm lượng nhôm cần phải là 0,005% khối lượng hoặc hơn hoặc tốt hơn là 0,010% khối lượng

hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, trong trường hợp hàm lượng nhôm lớn hơn 0,040% khối lượng, không có sự giảm rõ rệt ở hàm lượng oxy trong thép liên quan đến sự gia tăng hàm lượng nhôm, và ngược lại có nguy cơ làm giảm độ bền mỗi tiếp xúc cán do sự hình thành của AlN. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng nhôm được đặt là 0,040% khối lượng.

Crom (Cr) cải thiện độ bền và khả năng chống mài mòn bằng cách cải thiện độ cứng và bằng cách hình thành cacbit ổn định, do đó cải thiện độ bền mỗi tiếp xúc lăn. Trong trường hợp hàm lượng crom nhỏ hơn 0,50% khối lượng, thì không thể đủ để thu được hiệu quả đó. Mặt khác, trong trường hợp hàm lượng crom lớn hơn 2,00% khối lượng, thì không có sự gia tăng rõ rệt về ảnh hưởng như vậy liên quan đến sự gia tăng hàm lượng crom và có sự suy giảm giá nguyên liệu hợp kim khi thép nóng chảy được điều chế.

Nitơ (N) gây ra sự suy giảm độ bền mỗi tiếp xúc lăn bằng cách tạo thành TiN và AlN cứng. Do đó, giới hạn trên có thể chấp nhận được của hàm lượng nitơ là 0,0080% khối lượng.

Ngoài ra, thành phần hóa học thích hợp hơn của thép chịu lực có thể chứa thêm một, hai hoặc nhiều molybden (Mo), niken (Ni), đồng (Cu), vanadi (V) và niobi (Nb) với số lượng 0,30% khối lượng hoặc ít hơn mỗi phần ngoài các phần tử được mô tả ở trên. Không cần phải nói rằng những yếu tố này không cần phải được thêm vào.

Hơn nữa, tốt hơn là thành phần hóa học ưu tiên hơn của thép chịu lực có thể chứa thiếc (Sn) với số lượng từ 0,003% khối lượng hoặc nhỏ hơn và asen (As) với số lượng từ 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Trong trường hợp hàm lượng thiếc hoặc hàm lượng asen lớn hơn khoảng ưu tiên tương ứng được mô tả ở trên, do có xu hướng xuất hiện vết nứt nóng, nên có nguy cơ giảm năng suất không bị lỗi khi sản phẩm được xử lý. Bằng cách kiểm soát và lựa chọn hàm lượng thiếc và hàm lượng asen của các nguyên liệu phụ như phế liệu sắt và hợp kim sắt, mà được sử dụng trong quá trình sản xuất, có thể kiểm soát hàm lượng thiếc và hàm lượng asen sao cho mỗi trong số các hàm lượng này không vượt quá giới hạn trên tương ứng. Không cần phải nói rằng những yếu tố này không cần phải được thêm vào.

Trong mọi trường hợp, phần còn lại mà khác với các thành phần cấu thành được mô tả ở trên là sắt (Fe) và các tạp chất ngẫu nhiên.

Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo sáng chế tốt hơn là phương pháp sản xuất vật liệu để làm thép chịu lực. Ví dụ về thép chịu lực bao gồm thép chịu lực được chỉ định là 100Cr6 được quy định trong ISO (Tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế) 683-17, thép chịu lực được chỉ định là SUJ2 được quy định trong JIS (Tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản) G 4805, thép chịu lực được quy định là GCr15 được quy định trong GB (Tiêu chuẩn quốc gia của Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa), thép chịu lực được chỉ định là 52100 được quy định trong ASTM (Hiệp hội Thử nghiệm và Vật liệu Hoa Kỳ) A 295, và thép chịu lực được chỉ định là 100Cr6 được quy định trong DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) - Norm. Bằng cách sản xuất thép chịu lực này bằng phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo sáng chế, có thể sản xuất ổn định thép chịu lực ưu việt về độ bền mỏi tiếp xúc lăn.

Thành phần hóa học của thép chịu lực được chỉ định là 100Cr6 được quy định trong ISO (Tổ chức Tiêu chuẩn hóa Quốc tế) 683-17 có hàm lượng cacbon là 0,95% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,10% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic là 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,35% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan là 0,25% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,45% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho từ 0,030% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn và hàm lượng crom từ 1,35% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,65% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Ngoài ra, thành phần hóa học của thép chịu lực được chỉ định là SUJ2 được quy định trong JIS (Japanese Industrial Standards - Tiêu chuẩn Công nghiệp Nhật Bản) G 4805 có hàm lượng cacbon từ 0,95% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,10% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic từ 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,35 % khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan từ 0,50% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng crom từ 1,30% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,60% khối lượng hoặc nhỏ hơn , hàm lượng molipden từ 0,08% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng niken từ 0,25% khối lượng hoặc nhỏ hơn và hàm lượng đồng từ 0,25% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Ngoài ra, thành phần hóa học của thép chịu lực được chỉ định là GCr15 được quy

định trong GB (Tiêu chuẩn Quốc gia của Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa) có hàm lượng cacbon từ 0,95% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,05% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,35% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan từ 0,25% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,45% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng crom 1,40 khối lượng % hoặc lớn hơn và 1,65% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng molipđen từ 0,10% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng niken từ 0,30% khối lượng hoặc nhỏ hơn và hàm lượng đồng từ 0,25% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Ngoài ra, thành phần hóa học của thép chịu lực được chỉ định là 52100 được quy định trong ASTM (American Society for Testing and Materials - Hiệp hội Thử nghiệm và Vật liệu Hoa Kỳ) A 295 có hàm lượng cacbon từ 0,98% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,10% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic là 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,35% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan từ 0,25% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,45% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng crom 1,30% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,60% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng molipđen từ 0,10% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng niken từ 0,25% khối lượng hoặc nhỏ hơn và hàm lượng đồng từ 0,35% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Hơn nữa, thành phần hóa học của thép chịu lực được chỉ định là 100Cr6 được quy định trong DIN Deutsches Institut für Normung e.V.)-Norm có hàm lượng cacbon là 0,93% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,05% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic từ 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,35% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan từ 0,25% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,45% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho từ 0,025% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh từ 0,015% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng nhôm từ 0,050% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng crom từ 1,35% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,60% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và hàm lượng đồng từ 0,30% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Trong sản chế, việc điều chỉnh thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện trong thùng rót được thực hiện bằng cách thêm chất trợ tinh luyện. Trong chất trợ

trình luyện được sử dụng để điều chỉnh thành phần hóa học của xỉ, vôi sống, đá vôi, vôi hydrat, và các vật liệu tương tự được sử dụng làm nguồn CaO, đá silic oxit, cát silic oxit, và các vật liệu tương tự được sử dụng làm nguồn SiO₂ và bauxit, bauxit nung chảy bằng điện, nhôm oxit nung, và các vật liệu tương tự được sử dụng làm nguồn Al₂O₃. Sáng chế là kỹ thuật trong đó thành phần hóa học của xỉ được kiểm soát sao cho hoạt tính của MgO trong xỉ là 0,048 hoặc nhỏ hơn, và vì mục đích này, tốt hơn là hàm lượng MgO trong xỉ càng thấp càng tốt. Do đó, chất trợ không chứa MgO được sử dụng làm chất trợ trình luyện được thêm vào để điều chỉnh thành phần hóa học của xỉ, trừ khi MgO được chứa dưới dạng tạp chất ngẫu nhiên.

Như đã mô tả ở trên, theo sáng chế, do thành phần hóa học của xỉ và các điều kiện khuấy đối với thép nóng chảy khi thực hiện trình luyện trong thùng rót được kiểm soát để nằm trong các khoảng tối ưu trong trường hợp thép có độ sạch cao được sản xuất bằng cách sử dụng thiết bị trình luyện trong thùng rót và thiết bị khử khí chân không, có thể sản xuất thép có độ sạch cao có chứa lượng tạp chất giảm, đặc biệt là các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃, điều này làm cho có thể sản xuất thép chịu lực hoặc loại tương tự ưu việt về độ bền mỗi xúc lần.

Ví dụ 1

Trong dây chuyền sản xuất thực tế có công suất khoảng hạng 200 tấn về trọng lượng thép nóng chảy cho mỗi lần nạp, vật liệu làm thép chịu lực, được coi là ví dụ điển hình của thép có độ sạch cao, đã được sản xuất trong quy trình liên quan đến thiết bị trình luyện bằng lò chuyển-thùng rót-thiết bị khử khí chân không RH-thiết bị đúc liên tục phôi lớn theo thứ tự này. Thép chịu lực đích là thép phù hợp với các thông số kỹ thuật của JIS G 4805-SUJ2 (C: 1,01% khối lượng, Si: 0,20% khối lượng, Mn : 0,40% khối lượng, Al: 0,020% khối lượng, Cr: 1,55% khối lượng, Mo: 0,05 % khối lượng, P: 0,015% khối lượng, S: 0,003% khối lượng).

Thép nóng chảy được điều chế bằng cách áp dụng phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo sáng chế để trình luyện trong thiết bị trình luyện trong thùng rót và bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không RH, và thép nóng chảy đã điều chế được đúc thành phôi đúc lớn (có tiết diện có chiều dày 300 mm và chiều rộng 400 mm) bằng cách sử dụng thiết bị đúc liên tục phôi lớn (các ví dụ 1 đến 15 của sáng chế). Ngoài ra, để so

sánh, thép nóng chảy được điều chế bằng cách áp dụng phương pháp khác với phương pháp theo sáng chế để tinh luyện trong thùng rót và bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không RH, và thép nóng chảy đã điều chế được đúc thành phôi lớn (có mặt cắt ngang có độ dày 300 mm và chiều rộng 400 mm) bằng cách sử dụng thiết bị đúc liên tục phôi lớn (các ví dụ so sánh từ 1 đến 33).

Trong các ví dụ của sáng chế và các ví dụ so sánh, hàm lượng thiếc và hàm lượng arsen của phế liệu sắt, hợp kim sắt, và các loại tương tự, mà được sử dụng trong quá trình sản xuất, đã được kiểm soát và lựa chọn. Kết quả là, trong phôi lớn bất kỳ, hàm lượng thiếc nhỏ hơn giới hạn dưới phân tích (0,001% khối lượng) đến 0,003% khối lượng. Ngoài ra, hàm lượng asen là giới hạn dưới phân tích (0,001% khối lượng) đến 0,005% khối lượng.

Trong tinh luyện trong thùng rót, bằng cách nạp chất trợ tinh luyện, nhôm kim loại để khử oxy và các vật liệu hợp kim để điều chỉnh thành phần hóa học trong khi thực hiện gia nhiệt hồ quang với các điện cực, thành phần hóa học của thép nóng chảy và nhiệt độ của thép nóng chảy đã được điều chỉnh. Với lượng xỉ đích khi thực hiện quá trình tinh luyện trong thùng rót được đặt là 20 kg/tấn, lượng chất trợ tinh luyện đã nạp vào được điều chỉnh trên cơ sở xem xét lượng xỉ được giữ lại trong thùng rót trước khi bắt đầu tinh luyện trong thùng rót. Lượng xỉ được ghi nhận là 14 kg/tấn đến 26 kg/tấn. Trong quá trình tinh luyện trong thùng rót, khí khuấy, tức là khí argon (khí Ar), được thổi qua nút thổi ở đáy mà được bố trí ở đáy của thùng rót để khuấy thép nóng chảy.

Công suất khuấy ε đối với thép nóng chảy trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót được tính toán bằng cách sử dụng phương trình (2) được mô tả ở trên trong các điều kiện tốc độ dòng khí khuấy Q là 0,3 Nm³/phút đến 2,0 Nm³/phút, nhiệt độ thép nóng chảy T_L là 1840 K đến 1860 K, lượng thép nóng chảy W từ 195 tấn đến 205 tấn, độ sâu bể h của thép nóng chảy trong thùng rót 3,0 m đến 3,3 m, và áp suất khí quyển P_0 là 101325 Pa.

Phôi đúc lớn được xử lý nhiệt sau đó cán nóng để được tạo thành phôi tròn có đường kính 215 mm. Phôi tròn này tiếp tục được cán nóng để tạo thành thanh thép có đường kính 60 mm, và thanh thép thu được đưa vào xử lý ủ để được tạo thành thanh thép tròn dạng thành phẩm.

Các tạp chất được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi ở mặt cắt dọc theo hướng cán nằm ở 1/4 chiều dày của thanh thép tròn dạng thành phẩm. Diện tích cần kiểm tra của kính hiển vi là 3000 mm². Tại thời điểm này, ngoài việc quan sát tạp chất bằng cách sử dụng kính hiển vi, bằng cách sử dụng SEM (scanning electron microscope - kính hiển vi điện tử quét) và EDX (phép đo phổ tia X phân tán năng lượng - energy-dispersive X-ray spectrometry) để xác định các thành phần hóa học của tạp chất, độ sạch được đánh giá bằng cách đếm số lượng các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃. Ở đây, tạp chất có hàm lượng MgO từ 5% khối lượng hoặc lớn hơn được coi là tạp chất gốc MgO-Al₂O₃, và tạp chất có hàm lượng MgO nhỏ hơn 5% khối lượng được coi là các loại tạp chất khác gốc oxit. Ý nghĩa của cụm từ "các loại tạp chất khác gốc oxit" bao gồm các tạp chất gốc Al₂O₃. Tạp chất được đánh giá theo chiều dài tối đa của bề mặt được kiểm tra.

Ngoài ra, để đánh giá độ bền mỏi của thanh thép tròn dạng thành phẩm, thử nghiệm độ bền mỏi tiếp xúc lăn được thực hiện. Để tiến hành thử nghiệm độ bền mỏi tiếp xúc lăn, mẫu thử được chuẩn bị bằng cách cắt thanh thép tròn dạng thành phẩm được mô tả ở trên thành đĩa tròn trong quy trình xử lý thô, bằng cách thực hiện xử lý nhiệt liên quan đến tôi thông thường và ram ở nhiệt độ thấp trên đĩa, và bằng cách thực hiện hoàn thiện gia công trên bề mặt của đĩa được xử lý. Thử nghiệm độ bền mỏi tiếp xúc lăn được tiến hành bằng cách sử dụng mẫu thử. Trong thử nghiệm độ bền mỏi tiếp xúc lăn này, máy thử nghiệm độ bền mỏi tiếp xúc lăn kiểu lực đẩy Mori được sử dụng trong điều kiện ứng suất Hertz tối đa là 5260 MPa và tần số tải là 30 Hz với dầu tuabin # 68 làm chất bôi trơn. Trong thử nghiệm, số chu kỳ tải ứng suất mà tại đó xảy ra hiện tượng bong tróc trong mẫu thử nghiệm được đếm và, với giả thiết rằng các kết quả thử nghiệm tuân theo phân bố Weibull, độ bền (tuổi thọ B10) mà tại đó xảy ra đứt gãy do mỏi là 10% số lượng mẫu thử nghiệm được lấy bằng cách sử dụng giấy xác suất Weibull.

Trong Bảng 1 và Bảng 2, liên quan đến các ví dụ từ 1 đến 15 của sáng chế và các ví dụ so sánh từ 1 đến 33, điều kiện thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện trong thùng rót, tổng thời gian xử lý, thời gian xử lý trong giai đoạn thứ nhất, thời gian xử lý trong giai đoạn thứ hai, điều kiện khuấy, số lượng tạp chất gốc MgO-Al₂O₃, và tuổi thọ B10 được đưa ra. Ở đây, mặc dù thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện trong thùng rót được đưa ra trong Bảng 1 thể hiện các giá trị ở cuối quá trình xử

lý tính luyện trong thùng rót, đã xác nhận được rằng thành phần hóa học của xỉ tương đương với thành phần được cho trong Bảng 1 trong giai đoạn ít nhất là 50% hoặc lớn hơn về sau của toàn bộ thời gian xử lý trong quá trình xử lý bằng cách gia nhiệt và khuấy.

[Bảng 1]

	Thành phần hóa học của xi trong tinh luyện trong thùng rót						Đánh giá xem Biểu thức quan hệ (1) có thỏa mãn hay không* ¹			Thời gian xử lý		
	CaO (% khối lượng)	SiO ₂ (% khối lượng)	Al ₂ O ₃ (% khối lượng)	CaO /SiO ₂	CaO /Al ₂ O ₃	Giá trị của phía bên trái của biểu thức quan hệ (1)	Khoảng của biểu thức quan hệ (1)	Khoảng của CaO/Si O ₂	Khoảng của CaO/Al ₂ O ₃	Tổng thời gian xử lý (phút)	Giai đoạn thứ nhất (phút)	Giai đoạn thứ hai (phút)
Ví dụ 1	51,1	10,3	24,7	4,96	2,07	0,087	○	○	○	81	33	48
Ví dụ 2	51,8	12,9	22,6	4,02	2,29	0,088	○	○	○	73	35	38
Ví dụ 3	51,6	10,1	25,2	5,11	2,05	0,087	○	○	○	75	30	45
Ví dụ 4	52,1	10,6	26,1	4,92	2,00	0,085	○	○	○	82	25	57
Ví dụ 5	51,3	8,2	28,5	6,26	1,80	0,087	○	○	○	70	35	35
Ví dụ 6	51,4	10,9	25,1	4,72	2,05	0,085	○	○	○	65	39	26
Ví dụ 7	51,8	11,2	26,4	4,63	1,96	0,082	○	○	○	83	40	43
Ví dụ 8	51,7	9,8	26,8	5,28	1,93	0,085	○	○	○	72	25	47
Ví dụ 9	51,6	11,3	25,3	4,57	2,04	0,084	○	○	○	77	31	46
Ví dụ 10	51,5	8,9	26,9	5,79	1,91	0,088	○	○	○	80	39	41
Ví dụ 11	51,3	10,7	25,8	4,79	1,99	0,084	○	○	○	69	38	31
Ví dụ 12	51,2	8,4	27,7	6,10	1,85	0,088	○	○	○	77	21	56
Ví dụ 13	51,4	12,1	25,2	4,25	2,04	0,082	○	○	○	73	17	56
Ví dụ 14	51,7	8,7	27,5	5,94	1,88	0,088	○	○	○	75	47	28
Ví dụ 15	51,8	12,6	24,1	4,11	2,15	0,084	○	○	○	79	54	25
Ví dụ so sánh 1	55,8	7,8	22,1	7,15	2,52	0,113	×	×	×	78	-	-
Ví dụ so sánh 2	54,1	8,3	22,3	6,52	2,43	0,106	×	×	×	65	-	-
Ví dụ so sánh 3	61,1	6,8	35,3	8,99	1,73	0,101	×	×	×	71	-	-
Ví dụ so sánh 4	58,2	7,2	36,2	8,08	1,61	0,093	×	×	×	69	-	-
Ví dụ so sánh 5	53,2	13,8	22,5	3,86	2,36	0,089	×	×	×	82	-	-
Ví dụ so sánh 6	50,2	14,2	21,2	3,54	2,37	0,087	○	×	×	67	-	-
Ví dụ so sánh 7	50,5	14,1	28,4	3,58	1,78	0,071	○	×	×	81	-	-
Ví dụ so sánh 8	50,4	13,7	30,1	3,68	1,67	0,069	○	×	×	80	-	-
Ví dụ so sánh 9	53,1	8,5	23,4	6,25	2,27	0,100	×	○	○	75	-	-
Ví dụ so sánh 10	50,7	9,6	22,9	5,28	2,21	0,093	×	○	○	73	-	-
Ví dụ so sánh 11	50,3	12,1	22,0	4,16	2,29	0,089	×	○	○	70	-	-
Ví dụ so sánh 12	52,7	9,3	24,8	5,67	2,13	0,093	×	○	○	78	-	-
Ví dụ so sánh 13	53,5	8,7	27,7	6,15	1,93	0,090	×	○	○	72	-	-
Ví dụ so sánh 14	51,4	10,4	25,8	4,94	1,99	0,085	○	○	○	75	-	-
Ví dụ so sánh 15	51,6	10,3	27,1	5,01	1,90	0,083	○	○	○	65	-	-
Ví dụ so sánh 16	52,2	10,5	26,2	4,97	1,99	0,085	○	○	○	77	-	-
Ví dụ so sánh 17	52,1	10,3	26,9	5,06	1,94	0,084	○	○	○	81	-	-
Ví dụ so sánh 18	51,9	10,6	27,1	4,90	1,92	0,083	○	○	○	69	-	-
Ví dụ so sánh 19	52,0	10,2	26,8	5,10	1,94	0,084	○	○	○	73	-	-
Ví dụ so sánh 20	51,8	10,4	26,7	4,98	1,94	0,084	○	○	○	78	-	-
Ví dụ so sánh 21	52,3	10,5	26,4	4,98	1,98	0,085	○	○	○	74	-	-
Ví dụ so sánh 22	51,8	10,3	27,1	5,03	1,91	0,083	○	○	○	67	-	-
Ví dụ so sánh 23	51,7	10,3	25,9	5,02	2,00	0,086	○	○	○	79	-	-
Ví dụ so sánh 24	52,2	10,4	26,3	5,02	1,98	0,085	○	○	○	83	-	-
Ví dụ so sánh 25	52,1	10,5	26,2	4,96	1,99	0,085	○	○	○	71	-	-
Ví dụ so sánh 26	52,5	10,6	25,1	4,95	2,09	0,088	○	○	○	75	35	40
Ví dụ so sánh 27	51,8	9,4	27,3	5,51	1,90	0,086	○	○	○	74	30	44
Ví dụ so sánh 28	52,2	10,9	26,2	4,79	1,99	0,084	○	○	○	80	31	49
Ví dụ so sánh 29	51,7	10,1	27,1	5,12	1,91	0,084	○	○	○	69	25	44
Ví dụ so sánh 30	51,5	12,2	23,1	4,22	2,23	0,087	○	○	○	73	34	39
Ví dụ so sánh 31	52,1	11,5	25,3	4,53	2,06	0,084	○	○	○	81	40	41
Ví dụ so sánh 32	51,9	8,5	28,2	6,11	1,84	0,088	○	○	○	72	42	30
Ví dụ so sánh 33	52,3	11,2	26,3	4,67	1,99	0,083	○	○	○	75	35	40

*1) ○: thỏa mãn ×: không thỏa mãn

[Bảng 2]

	Tỷ lệ thời gian của giai đoạn thứ nhất (%)	Giai đoạn thứ nhất*		Giai đoạn thứ hai		Số lượng tạp chất gốc MgO-Al ₂ O ₃		Tuổi thọ B10 Life
		Tốc độ dòng khí Ar khuấy (Nm ³ /(phút·tấn))	Công suất khuấy (W/tấn)	Tốc độ dòng khí Ar khuấy (Nm ³ /(phút·tấn))	Công suất khuấy (W/tấn)	3 μm hoặc lớn hơn (trên 1000 m ²)	10μm hoặc lớn hơn (trên 1000 m ²)	Số chu kỳ
Ví dụ 1	41	0,0041	56	0,0038	52	23	0,1	9,2×10 ⁷
Ví dụ 2	48	0,0063	87	0,0027	37	25	0,1	10,4×10 ⁷
Ví dụ 3	40	0,0068	94	0,0023	32	26	0,1	9,5×10 ⁷
Ví dụ 4	30	0,0053	73	0,0031	43	24	0,1	9,3×10 ⁷
Ví dụ 5	50	0,0076	105	0,0040	55	22	0,1	10,3×10 ⁷
Ví dụ 6	60	0,0061	83	0,0035	48	23	0,1	10,1×10 ⁷
Ví dụ 7	48	0,0071	97	0,0018	25	25	0,1	9,8×10 ⁷
Ví dụ 8	35	0,0066	91	0,0029	40	24	0,1	9,7×10 ⁷
Ví dụ 9	40	0,0061	84	0,0024	33	23	0,1	9,4×10 ⁷
Ví dụ 10	49	0,0055	76	0,0030	41	25	0,1	10,5×10 ⁷
Ví dụ 11	55	0,0050	69	0,0020	27	26	0,1	10,0×10 ⁷
Ví dụ 12	27	0,0061	84	0,0025	34	29	0,2	9,1×10 ⁷
Ví dụ 13	23	0,0070	96	0,0031	43	28	0,2	9,1×10 ⁷
Ví dụ 14	63	0,0056	77	0,0033	45	29	0,2	9,0×10 ⁷
Ví dụ 15	68	0,0064	88	0,0037	51	29	0,2	9,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 1	-	0,0050	69	-	-	122	3,2	1,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 2	-	0,0050	69	-	-	114	3,8	0,7×10 ⁷
Ví dụ so sánh 3	-	0,0050	69	-	-	108	2,9	1,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 4	-	0,0050	69	-	-	92	2,7	2,0×10 ⁷
Ví dụ so sánh 5	-	0,0050	69	-	-	87	2,4	2,7×10 ⁷
Ví dụ so sánh 6	-	0,0050	69	-	-	81	2,5	2,5×10 ⁷
Ví dụ so sánh 7	-	0,0050	69	-	-	68	2,1	3,6×10 ⁷
Ví dụ so sánh 8	-	0,0050	69	-	-	71	1,9	4,4×10 ⁷
Ví dụ so sánh 9	-	0,0050	69	-	-	118	3,1	1,2×10 ⁷
Ví dụ so sánh 10	-	0,0050	69	-	-	98	3,0	1,9×10 ⁷
Ví dụ so sánh 11	-	0,0050	69	-	-	91	2,7	2,2×10 ⁷
Ví dụ so sánh 12	-	0,0050	69	-	-	102	3,3	2,4×10 ⁷
Ví dụ so sánh 13	-	0,0050	69	-	-	80	2,9	2,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 14	-	0,0020	27	-	-	54	0,7	7,0×10 ⁷
Ví dụ so sánh 15	-	0,0025	34	-	-	46	0,6	7,2×10 ⁷
Ví dụ so sánh 16	-	0,0029	40	-	-	37	0,4	8,0×10 ⁷
Ví dụ so sánh 17	-	0,0041	56	-	-	33	0,2	8,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 18	-	0,0052	72	-	-	30	0,3	8,3×10 ⁷
Ví dụ so sánh 19	-	0,0058	80	-	-	32	0,3	8,2×10 ⁷
Ví dụ so sánh 20	-	0,0065	89	-	-	31	0,3	8,4×10 ⁷
Ví dụ so sánh 21	-	0,0073	101	-	-	33	0,2	8,6×10 ⁷
Ví dụ so sánh 22	-	0,0083	114	-	-	36	0,4	8,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 23	-	0,0089	122	-	-	47	0,6	7,4×10 ⁷
Ví dụ so sánh 24	-	0,0094	129	-	-	52	0,7	7,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 25	-	0,0099	137	-	-	57	0,9	6,9×10 ⁷
Ví dụ so sánh 26	47	0,0039	54	0,0033	45	34	0,3	7,7×10 ⁷
Ví dụ so sánh 27	41	0,0035	48	0,0031	42	42	0,5	6,9×10 ⁷
Ví dụ so sánh 28	39	0,0078	107	0,0040	55	33	0,4	8,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 29	36	0,0081	111	0,0028	39	34	0,7	7,1×10 ⁷
Ví dụ so sánh 30	47	0,0055	76	0,0017	23	42	0,5	7,0×10 ⁷
Ví dụ so sánh 31	49	0,0061	84	0,0015	21	35	0,3	8,2×10 ⁷
Ví dụ so sánh 32	58	0,0065	90	0,0042	58	38	0,4	8,0×10 ⁷
Ví dụ so sánh 33	47	0,0069	95	0,0045	62	43	0,5	7,5×10 ⁷

*1) ; điều kiện khuấy cho toàn bộ quá trình xử lý trong trường hợp trong đó thời gian xử lý không được chia thành giai đoạn thứ nhất và giai đoạn thứ hai trong tinh luyện trong thùng rót

Như được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2, trong trường hợp của các ví dụ 1 đến 15 của sáng chế, số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa là 3 μm hoặc lớn hơn là bằng 22 đến 29 trên 1000 mm^2 , số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa là 10 μm hoặc lớn hơn là nhỏ bằng 0,1 đến 0,2 trên 1000 mm^2 , và tuổi thọ B10 lớn bằng $9,0 \times 10^7$ đến $10,5 \times 10^7$.

Hơn nữa, trong trường hợp của các ví dụ 1 đến 11 của sáng chế trong đó tỷ lệ thời gian của giai đoạn thứ nhất là 30% đến 60%, số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa là 3 μm hoặc lớn hơn nhỏ bằng 22 đến 25 trên 1000 mm^2 , và số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa là 10 μm hoặc lớn hơn là nhỏ bằng 0,1 trên 1000 mm^2 . Ngoài ra, tuổi thọ B10 là $9,2 \times 10^7$ đến $10,5 \times 10^7$, có nghĩa là có thể sản xuất các sản phẩm chất lượng cao một cách ổn định đáng kể.

Mặt khác, trong trường hợp các ví dụ so sánh từ 1 đến 13 trong đó thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện trong thùng rót không thỏa mãn các điều kiện của sáng chế, thì số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa từ 3 μm hoặc lớn hơn là lớn bằng 68 đến 122 trên 1000 mm^2 và số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa là 10 μm hoặc lớn hơn lớn từ 1,9 đến 3,8 trên 1000 mm^2 . Ngoài ra, tuổi thọ B10 là $0,7 \times 10^7$ đến $4,4 \times 10^7$, nhỏ hơn so với các ví dụ từ 1 đến 15 của sáng chế.

Ngoài ra, trong trường hợp của các ví dụ so sánh từ 14 đến 25 trong đó, mặc dù thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện trong thùng rót đáp ứng các điều kiện của sáng chế, nhưng tốc độ dòng của khí Ar được sử dụng làm khí khuấy là không đổi trong toàn bộ giai đoạn xử lý. số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa từ 3 μm hoặc lớn hơn là 30 đến 57 trên 1000 mm^2 , số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa từ 10 μm hoặc lớn hơn là 0,2 đến 0,9 trên 1000 mm^2 , và tuổi thọ B10 là $6,9 \times 10^7$ đến $8,6 \times 10^7$. Các ví dụ so sánh 14 đến 25 tốt hơn các ví dụ so sánh 1 đến 13 nhưng kém hơn các ví dụ 1 đến 15 của sáng chế.

Ngoài ra, trong trường hợp của các ví dụ so sánh từ 26 đến 29, các công đoạn được thực hiện trong các điều kiện mà không thỏa mãn các điều kiện của sáng chế liên quan đến công suất khuấy trong giai đoạn thứ nhất, và trong trường hợp các ví dụ so sánh từ 30 đến 33, các công đoạn được thực hiện trong các điều kiện mà không thỏa mãn các điều kiện của sáng chế liên quan đến công suất khuấy trong giai đoạn thứ hai.

Trong trường hợp của các ví dụ so sánh từ 26 đến 33, số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa từ 3 μm hoặc lớn hơn là 33 đến 43 trên 1000 mm^2 , số lượng tạp chất dựa trên $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có chiều dài tối đa là 10 μm hoặc lớn hơn là 0,3 đến 0,7 trên 1000 mm^2 , và tuổi thọ B10 là $6,9 \times 10^7$ đến $8,2 \times 10^7$. Các ví dụ so sánh từ 26 đến 33 tốt hơn các ví dụ so sánh từ 1 đến 13 nhưng kém hơn các ví dụ từ 1 đến 15 của sáng chế.

Ví dụ 2

Như trong trường hợp của Ví dụ 1, trong dây chuyền sản xuất thực tế có công suất khoảng 200 tấn về trọng lượng thép nóng chảy cho mỗi lần nạp, vật liệu làm thép chịu lực, được coi là ví dụ điển hình của thép có độ sạch cao, đã được sản xuất trong quy trình liên quan đến thiết bị tinh luyện bằng lò chuyển-thùng rót-thiết bị khử khí chân không RH-thiết bị đúc liên tục phôi lớn theo thứ tự này. Trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót, thành phần hóa học của xỉ được kiểm soát để thỏa mãn các điều kiện của sáng chế, và việc khuấy thép nóng chảy được thực hiện trong giai đoạn thứ nhất và giai đoạn thứ hai trong điều kiện khuấy thỏa mãn các điều kiện của sáng chế (ví dụ từ 16 đến 25 của sáng chế). Điều kiện khuấy của thép nóng chảy trong thiết bị tinh luyện trong thùng rót tương đương với điều kiện trong Ví dụ 1. Ngoài ra, các phương pháp đánh giá độ sạch và tuổi thọ B10 của thanh thép tròn sản phẩm cũng giống như các phương pháp trong Ví dụ 1.

Trong Ví dụ 2, cũng như trong Ví dụ 1, hàm lượng thiếc và hàm lượng arsen của phế liệu sắt, sắt thép và các loại tương tự, mà được sử dụng trong quá trình sản xuất, được kiểm soát và lựa chọn. Kết quả là, trong phôi lớn bất kỳ, hàm lượng thiếc nhỏ hơn giới hạn dưới phân tích (0,001% khối lượng) đến 0,003% khối lượng. Ngoài ra, hàm lượng arsen là giới hạn dưới phân tích (0,001% khối lượng) đến 0,005% khối lượng.

Trong Bảng 3 và Bảng 4, điều kiện thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện trong thùng rót, tổng thời gian xử lý, thời gian xử lý trong giai đoạn thứ nhất, thời gian xử lý trong giai đoạn thứ hai, điều kiện khuấy, số lượng tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, và hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ và tuổi thọ B10 được đưa ra. Ở đây, biểu thức "hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ " trong Bảng 4 biểu thị giá trị trung bình của hàm lượng MgO trong các tạp chất gốc $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ có hàm lượng MgO là 5% khối lượng hoặc nhiều hơn, mà được suy ra

trong diện tích cần kiểm tra là 3000 mm². Ngoài ra, mặc dù thành phần hóa học của xỉ trong quá trình tinh luyện trong thùng rót được đưa ra trong Bảng 3 thể hiện các điều kiện ở cuối quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót như trong trường hợp của Ví dụ 1, đã xác nhận được rằng thành phần hóa học của xỉ tương đương với thành phần được cho trong Bảng 3 trong giai đoạn ít nhất là 50% hoặc lớn hơn về sau của toàn bộ thời gian xử lý trong quá trình xử lý bằng cách gia nhiệt và khuấy.

[Bảng 3]

	Thành phần hóa học của xi trong tinh luyện trong thùng rót						Đánh giá xem Biểu thức quan hệ (1) có thỏa mãn hay không *1			Thời gian xử lý		
	CaO (% khối lượng)	SiO ₂ (% khối lượng)	Al ₂ O ₃ (% khối lượng)	CaO /SiO ₂	CaO /Al ₂ O ₃	Giá trị của phía bên trái của biểu thức quan hệ (1)	Khoảng của biểu thức quan hệ (1)	Khoảng của CaO/SiO ₂	Khoảng của CaO/Al ₂ O ₃	Tổng thời gian xử lý (phút)	Giai đoạn thứ nhất (phút)	Giai đoạn thứ hai (phút)
Ví dụ 16	51,4	10,2	24,8	5,04	2,07	0,088	○	○	○	79	34	45
Ví dụ 17	51,6	12,8	22,7	4,03	2,27	0,087	○	○	○	75	34	41
Ví dụ 18	51,5	10,3	25,5	5,00	2,02	0,086	○	○	○	77	32	45
Ví dụ 19	52,2	10,5	26,5	4,97	1,97	0,084	○	○	○	84	25	59
Ví dụ 20	51,4	8,3	28,5	6,19	1,80	0,087	○	○	○	72	36	36
Ví dụ 21	51,4	10,8	25,5	4,76	2,02	0,085	○	○	○	67	38	29
Ví dụ 22	51,7	11,4	26,3	4,54	1,97	0,082	○	○	○	81	42	39
Ví dụ 23	51,9	9,7	26,2	5,35	1,98	0,087	○	○	○	74	26	48
Ví dụ 24	51,5	11,5	25,5	4,48	2,02	0,083	○	○	○	75	32	43
Ví dụ 25	51,6	9,1	26,8	5,67	1,93	0,087	○	○	○	81	42	39

*1) ○; thỏa mãn ×; không thỏa mãn

[Bảng 4]

	Tỷ lệ thời gian của giai đoạn thứ nhất (%)	Giai đoạn thứ nhất		Giai đoạn thứ hai		Số lượng tạp chất gốc MgO-Al ₂ O ₃		Hàm lượng MgO trung bình trong tạp chất gốc MgO-Al ₂ O ₃ (% khối lượng)	Tuổi thọ B10
		Tốc độ dòng khí Ar khuấy (Nm ³ /(phút.tấn))	Công suất khuấy (W/tấn)	Tốc độ dòng khí Ar khuấy (Nm ³ /(phút.tấn))	Công suất khuấy (W/tấn)	3 μm hoặc lớn hơn (trên 1000 m ²)	10 μm hoặc lớn hơn (trên 1000 m ²)		Chu kỳ Số lượng
Ví dụ 16	43	0,0056	77	0,0032	44	23	0,1	6,1	$10,5 \times 10^7$
Ví dụ 17	45	0,0058	80	0,0030	41	25	0,1	6,4	$10,5 \times 10^7$
Ví dụ 18	42	0,0057	79	0,0035	48	26	0,1	6,6	$10,4 \times 10^7$
Ví dụ 19	30	0,0060	83	0,0034	47	24	0,1	7,1	$10,2 \times 10^7$
Ví dụ 20	50	0,0058	80	0,0031	43	22	0,2	9,8	$9,4 \times 10^7$
Ví dụ 21	57	0,0059	81	0,0035	48	23	0,1	9,4	$9,6 \times 10^7$
Ví dụ 22	52	0,0055	75	0,0032	44	25	0,1	7,5	$10,1 \times 10^7$
Ví dụ 23	35	0,0061	84	0,0031	43	24	0,1	8,6	$9,9 \times 10^7$
Ví dụ 24	43	0,0058	80	0,0036	50	23	0,2	10,8	$9,1 \times 10^7$
Ví dụ 25	52	0,0062	85	0,0035	48	25	0,2	10,5	$9,1 \times 10^7$

[0096]

Như được chỉ ra trong Bảng 3 và Bảng 4, trong trường hợp từ các ví dụ từ 16 đến 23 của sáng chế, trong đó "hàm lượng MgO trung bình trong các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃" nhỏ hơn 10% khối lượng, tuổi thọ B10 là $9,4 \times 10^7$ đến $10,5 \times 10^7$, mà là rất tốt. Mặt khác, trong trường hợp ví dụ 24 và 25 của sáng chế trong đó "hàm lượng trung bình của MgO trong tạp chất gốc MgO-Al₂O₃" là 10% khối lượng hoặc lớn hơn, tuổi thọ B10 là $9,1 \times 10^7$, nằm trong phạm vi của sản phẩm theo sáng chế, mặc dù có giảm một chút.

Danh sách ký hiệu chỉ dẫn

1 thiết bị tinh luyện trong thùng rót

2 thùng rót

3 nắp trên

4 điện cực

5 vỏ thép

6 lớp lót chịu lửa

7 vật liệu chịu lửa vĩnh viễn

8 nút thổi ở đáy

9 thép nóng chảy

10 xỉ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao, phương pháp bao gồm bước thực hiện tinh luyện trong thùng rót bằng cách sử dụng thiết bị tinh luyện trong thùng rót trên thép nóng chảy được tháo ra từ lò chuyển hoặc lò điện hồ quang và sau đó thực hiện tinh luyện khử khí chân không bằng cách sử dụng thiết bị khử khí chân không để sản xuất thép có độ sạch cao,

trong đó, về thành phần hóa học của xỉ trong và sau quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót, $(\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng SiO}_2)$ là 4,0 đến 6,3, $(\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng Al}_2\text{O}_3)$ là 1,8 đến 2,3, và $(\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng SiO}_2)$ và $(\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng Al}_2\text{O}_3)$ thỏa mãn biểu thức quan hệ (1) dưới đây,

trong đó, khi giai đoạn kể từ khi bắt đầu xử lý tinh luyện trong thùng rót đến một thời điểm nhất định trong quá trình xử lý được xác định là giai đoạn thứ nhất và giai đoạn từ thời điểm nhất định đến khi kết thúc xử lý được xác định là giai đoạn thứ hai, công suất khuấy ε mà được tính bằng cách sử dụng công thức (2) dưới đây, là lớn hơn 55 W/tấn và 105 W/tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ nhất và 25 W/tấn hoặc lớn hơn và 55 W/tấn hoặc nhỏ hơn trong giai đoạn thứ hai, và

trong đó thời gian xử lý của giai đoạn thứ nhất bằng 30% hoặc lớn hơn và 60% hoặc nhỏ hơn toàn bộ thời gian xử lý theo lịch trình cho quá trình tinh luyện trong thùng rót:

$$0,0059 \times (\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng SiO}_2) + 0,028 \times (\% \text{ khối lượng CaO})/(\% \text{ khối lượng Al}_2\text{O}_3) \leq 0,088 \quad \dots (1)$$

$$\varepsilon = 6,18 \times (Q_g \times T_L/W) \times [\ln\{1 + h/(1,46 \times 10^{-5} \times P_0)\} + 0,06 \times (1-298/T_L)] \quad \dots (2)$$

trong đó, trong phương trình (2), ε biểu thị công suất khuấy (W/tấn), Q_g biểu thị lưu lượng khí khuấy ($\text{Nm}^3/\text{phút}$), T_L biểu thị nhiệt độ thép nóng chảy (K), W biểu thị lượng (tấn) thép nóng chảy, h biểu thị độ sâu bể (m) của thép nóng chảy trong thùng rót và P_0 biểu thị áp suất khí quyển (Pa).

2. Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo điểm 1, trong đó lượng xỉ trong quá trình xử lý tinh luyện trong thùng rót là 10 kg hoặc lớn hơn và 30 kg hoặc ít hơn trên

một tấn khối lượng thép nóng chảy chứa trong thùng rót.

3. Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo điểm 1 hoặc 2, trong đó, khi diện tích cần kiểm tra của thép có độ sạch cao ở mặt cắt dọc theo hướng cán nằm ở 1/4 chiều dày của thanh thép tròn dạng thành phẩm được tạo ra bằng cách cán nóng và được đưa vào xử lý ủ là 3000 mm², nồng độ MgO trung bình trong các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ mà trong đó nồng độ MgO là 5% khối lượng hoặc lớn hơn là nhỏ hơn 10% khối lượng trong các tạp chất gốc MgO-Al₂O₃ được phát hiện trong thép có độ sạch bằng cách sử dụng SEM (scanning electron microscope - kính hiển vi điện tử quét) và EDX (phép đo phổ tia X phân tán năng lượng - energy-dispersive X-ray spectrometry) để xác định các thành phần hóa học của tạp chất.

4. Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thép có độ sạch cao là vật liệu để làm thép chịu lực có thành phần hóa học có hàm lượng cacbon là 0,60% khối lượng hoặc lớn hơn và 1,20% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng silic là 0,15% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,70% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng mangan là 0,20% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,80% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng photpho là 0,020% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng lưu huỳnh là 0,0050% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng nhôm là 0,005% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,040% khối lượng hoặc nhỏ hơn, hàm lượng crom là 0,50% khối lượng hoặc lớn hơn và 2,00% khối lượng hoặc nhỏ hơn và hàm lượng nitơ là 0,0080% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

5. Phương pháp sản xuất thép có độ sạch cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thép có độ sạch cao là vật liệu để sản xuất thép chịu lực phù hợp với các thông số kỹ thuật của ít nhất một trong số 100Cr6 được quy định trong ISO 683-17, SUJ2 được quy định trong JIS G 4805, GCr15 được quy định trong GB, 52100 được quy định trong ASTM A 295 và 100Cr6 được quy định trong DIN.

FIG. 1

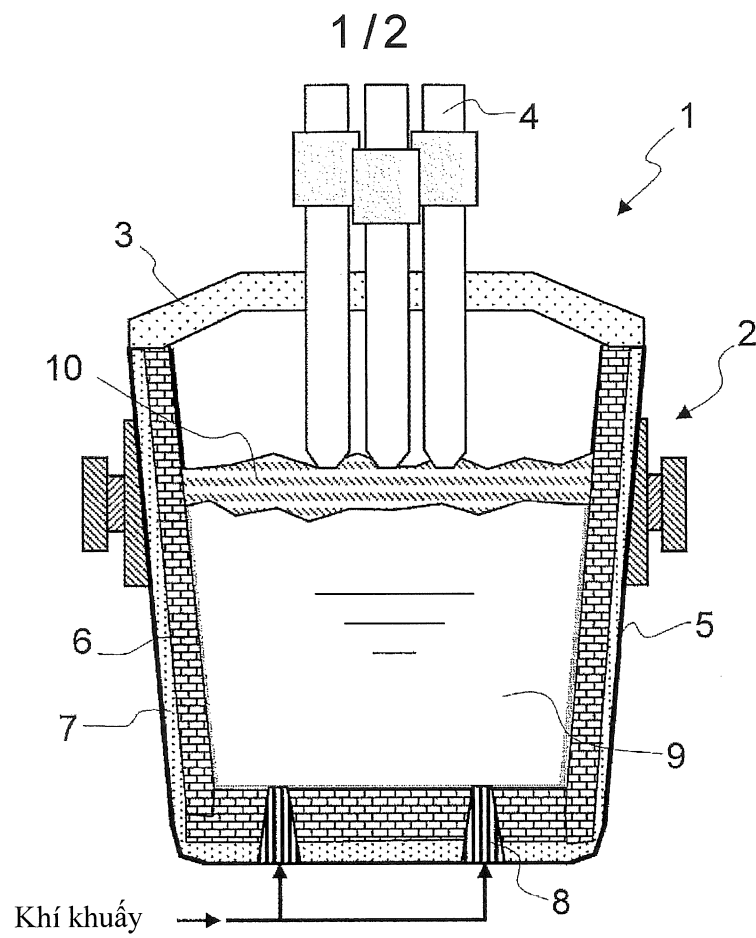
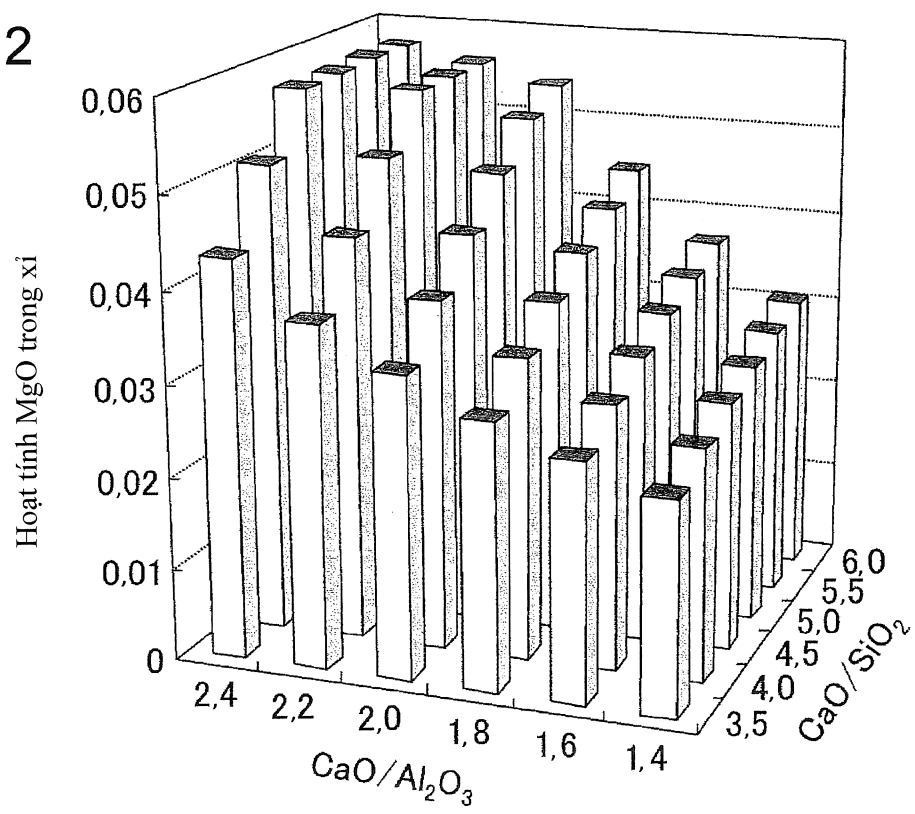


FIG. 2



2 / 2

FIG. 3

