



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0049896
(51)^{2022.01} C21B 5/00; C21B 7/24; F27D 21/00; (13) B
C21B 7/14

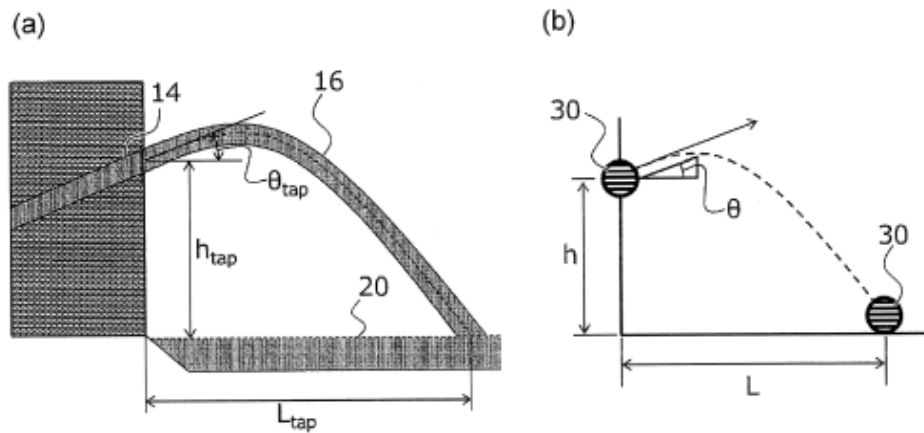
(21) 1-2023-06020 (22) 27/12/2021
(86) PCT/JP2021/048667 27/12/2021 (87) WO 2022/201721 29/09/2022
(30) 2021-052876 26/03/2021 JP
(45) 25/08/2025 449 (43) 26/02/2024 431
(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan
(72) MATSUNAGA Ryotaro (JP); MORIYA Kota (JP); ICHIKAWA Kazuhira (JP).
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP DÒ CHIỀU CAO CỦA VẬT LIỆU NÓNG CHẢY

(21) 1-2023-06020

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy để dò chiều cao của vật liệu nóng chảy trong lò nấu luyện có lỗ xả mà vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả này trong phần dưới của lò nấu luyện bao gồm các bước đo khoảng cách xả của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả; tính toán tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả bằng cách sử dụng khoảng cách xả, chiều cao của lỗ xả, và góc xả của vật liệu nóng chảy; và dò chiều cao của vật liệu nóng chảy bằng cách sử dụng tốc độ xả.

FIG. 2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy để dò chiều cao của vật liệu nóng chảy trong lò nấu luyện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Lò cao là một trong những số lò nấu luyện mà phía bên trong của nó không thể quan sát trực tiếp được. Lò cao là lò nấu luyện mà tạo ra sắt nóng chảy bằng cách nạp quặng giàu sắt và than cốc qua đỉnh lò và thổi khí hỗn hợp gồm không khí, oxy tinh khiết, và tương tự qua phần dưới của lò. Xi sắt nóng chảy tạo ra được tích tụ trong phần đáy của lò cao, và xi sắt nóng chảy được xả ra khỏi lò qua lỗ được gọi là lỗ xả trước khi đến thiết bị phụ trợ cho lò cao. Trong trường hợp mà phương pháp sản xuất như vậy được thực hiện, thì cần phải vận hành ổn định lò cao mà không gặp sự cố để đạt được sản lượng theo kế hoạch.

Tuy nhiên, xi sắt nóng chảy đôi khi bị tích tụ quá mức trong phần đáy của lò cao do lỗi thiết bị mở lỗ xả, độ lưu động của xi sắt nóng chảy kém, hoặc tương tự. Điều này làm thu hẹp vùng chảy của khí và do đó làm suy giảm khả năng thấm khí hoặc gây tắc nghẽn ống bể do xi nóng chảy. Trong trường hợp xấu nhất, quá trình sản xuất cần phải dừng lại. Do đó, cần phải nắm bắt được chiều cao của vật liệu nóng chảy để lò nấu luyện hoạt động ổn định.

Có các kỹ thuật để nắm bắt chiều cao của vật liệu nóng chảy trong lò nấu luyện. Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ việc chụp hai hoặc nhiều hình ảnh mô hình bề mặt vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả của lò nấu luyện trong thời gian ngắn, tính toán tốc độ xả của vật liệu nóng chảy từ sự thay đổi của mô hình, và sau đó tính toán chiều cao của vật liệu nóng chảy từ tốc độ xả và áp suất trong lò.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2017-160498

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế 1: Takashi SUGIYAMA và ba cộng sự khác, "Analysis on Liquid Flow in the Dripping Zone of Blast Furnace", Tetsu-to-Hagane, Vol. 73 (1987), No. 15, pp. 2044-2051

Tài liệu phi sáng chế 2: Masaki SAWAMOTO, "Nagare-No-Rikigaku (hydrodynamics)", KYORITSU SHUPPAN CO., LTD., 2005 edition, pp. 58-59

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, vật liệu nóng chảy chảy qua lỗ xả nhận trở lực của thành trong của lỗ xả, và do đó tốc độ của vật liệu nóng chảy mà chảy tiếp xúc với thành trong thấp hơn tốc độ của vật liệu nóng chảy mà chảy tại tâm của lỗ xả. Theo đó, tốc độ của vật liệu nóng chảy bên ngoài mà chảy tiếp xúc với thành trong của lỗ xả khi được xả qua lỗ xả thấp hơn tốc độ của vật liệu nóng chảy bên trong mà chảy tại tâm của lỗ xả. Vì mẫu hình ở phần bên ngoài của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả được chụp ảnh, nên tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được tính toán bằng cách chụp ảnh thấp hơn tốc độ xả thực tế. Như vừa mới được mô tả, theo phương pháp được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1, không thể biết tốc độ xả chính xác của vật liệu nóng chảy, và do đó độ chính xác của phép tính chiều cao của vật liệu nóng chảy được tính toán từ tốc độ xả là thấp. Sáng chế được thực hiện khi xét đến các vấn đề như vậy của tình trạng kỹ thuật hiện tại, và mục đích của sáng chế là đề xuất ra phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy mà có thể đo chính xác tốc độ xả của vật liệu nóng chảy và dò chiều cao của vật liệu nóng chảy với độ chính xác cao.

Giải pháp cho vấn đề

Các biện pháp để giải quyết các vấn đề nêu trên là như sau.

(1) Phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy để dò chiều cao của vật liệu nóng chảy trong lò nấu luyện có lỗ xả mà vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả này ở trong phần dưới của lò nấu luyện, phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy bao gồm các bước: đo khoảng cách xả của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả; tính toán tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả bằng cách sử dụng khoảng cách xả,

chiều cao của lỗ xả, và góc xả của vật liệu nóng chảy; và dò chiều cao của vật liệu nóng chảy bằng cách sử dụng tốc độ xả.

(2) Phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo (1), còn bao gồm bước đo chiều cao của lỗ xả.

(3) Phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo (1) hoặc (2), mà trong đó chiều cao của vật liệu nóng chảy được dò bằng cách sử dụng lực cản mà vật liệu nóng chảy nhận được từ lỗ xả trong khi đang được xả qua lỗ xả và tốc độ xả.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo sáng chế, tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả được tính toán bằng cách sử dụng khoảng cách xả của vật liệu nóng chảy, chiều cao của lỗ xả, và góc xả của vật liệu nóng chảy. Điều này giúp cho có thể tính toán tốc độ xả của vật liệu nóng chảy chính xác hơn so với phương pháp tính toán tốc độ xả của vật liệu nóng chảy bằng cách chụp hình ảnh. Bằng cách dò chiều cao của vật liệu nóng chảy bằng cách sử dụng tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được tính toán như vậy, có thể dò được chiều cao của vật liệu nóng chảy với độ chính xác cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt riêng phần của phần dưới của lò cao 10.

Fig.2 là hình vẽ sơ đồ minh họa tình huống mà trong đó vật liệu nóng chảy 12 được xả qua lỗ xả 14.

Fig.3 là hình vẽ sơ đồ mặt cắt ngang của lỗ xả 14 mà vật liệu nóng chảy 12 đi qua đó.

Fig.4 minh họa các hình ảnh của các dòng xả của ví dụ sáng chế 1 và ví dụ sáng chế 2.

Fig.5 là đồ thị minh họa kết quả dò chiều cao của vật liệu nóng chảy H trong ví dụ sáng chế 1 và ví dụ sáng chế 2.

Fig.6 là đồ thị minh họa sự thay đổi theo thời gian của cân bằng xỉ sắt nóng chảy.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả dưới đây trên cơ sở phương án của sáng chế. Theo phương án này, lò cao được sử dụng là lò nấu luyện, và phương án của phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy để dò chiều cao của vật liệu nóng chảy trong lò cao được mô tả. Tuy nhiên, phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo sáng chế có thể áp dụng được không chỉ cho lò cao, mà còn lò nấu luyện mà có lỗ xả mà vật liệu nóng chảy sẽ được xả ra khỏi lò qua lỗ xả này ở trong phần dưới của nó.

Theo phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này, tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được xả ra khỏi lò qua lỗ xả được tính toán, và chiều cao của vật liệu nóng chảy bị tích tụ trong phần dưới của lò cao được dò bằng cách sử dụng tốc độ xả. Trước tiên, phương pháp tính toán tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được xả ra khỏi lò qua lỗ xả được mô tả với sự tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.3.

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt riêng phần của phần dưới của lò cao 10. Lò cao 10 có nhiều lỗ xả 14 mà vật liệu nóng chảy 12 bị tích tụ trong phần dưới được xả qua lỗ xả này ở trong phần dưới của nó. Vật liệu nóng chảy 12 là sắt nóng chảy, xỉ nóng chảy, hoặc hỗn hợp của chúng tồn tại dưới dạng lỏng ở trong lò. Vật liệu nóng chảy 12 được xả ra khỏi lò qua bất kỳ lỗ xả 14 nào để trở thành dòng xả hình parabol 16 và sau đó rơi lên trên bề mặt lỏng 20 của vật liệu nóng chảy 12 trong đường dẫn 18. Theo phương án này, lỗ xả 14 là ví dụ về lỗ xả mà vật liệu nóng chảy 12 bị tích tụ trong phần dưới của lò được xả ra ngoài lò qua lỗ xả này.

Fig.2 là hình vẽ sơ đồ minh họa tình huống mà trong đó vật liệu nóng chảy 12 được xả qua lỗ xả 14. Theo phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này, tốc độ xả của vật liệu nóng chảy 12 được tính toán bằng cách sử dụng khoảng cách xả L_{tap} của vật liệu nóng chảy 12, chiều cao h_{tap} của lỗ xả 14, và góc xả θ_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 được minh họa trên Fig.2(a). Khoảng cách xả L_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 là khoảng cách từ vị trí mà ở đó vật liệu nóng chảy 12 được xả qua lỗ xả 14 đến vị trí mà ở đó vật liệu nóng chảy đã xả ra 12 rơi lên trên bề mặt lỏng của vật liệu nóng chảy 12. Khoảng cách xả L_{tap} có thể, ví dụ, được đo bằng cách sử dụng hình ảnh thu được bằng cách chụp ảnh dòng xả 16 cùng với đối tượng được sử dụng làm tiêu

chuẩn về chiều dài.

Chiều cao h_{tap} của lỗ xả 14 là chiều cao từ tâm của lỗ xả 14 đến bề mặt lỏng 20 mà vật liệu nóng chảy 12 rơi lên trên đó. Chiều cao từ tâm của lỗ xả 14 đến bề mặt lỏng 20 mà vật liệu nóng chảy 12 rơi lên trên đó có thể được đo bằng cách sử dụng hình ảnh thu được bằng cách chụp ảnh dòng xả 16 cùng với đối tượng được sử dụng làm tiêu chuẩn về chiều dài hoặc có thể là giá trị thiết kế của lỗ xả 14. Lưu ý rằng vị trí tâm của lỗ xả 14 thay đổi vì vật liệu chịu lửa bị xói mòn khi vật liệu nóng chảy 12 được xả qua lỗ xả 14. Hơn nữa, chiều cao của bề mặt lỏng 20 cũng có thể thay đổi. Do đó tốt hơn là đo chiều cao từ tâm của lỗ xả 14 đến bề mặt lỏng 20 mà vật liệu nóng chảy 12 rơi lên trên đó bằng cách sử dụng hình ảnh thu được bằng cách chụp ảnh dòng xả 16.

Góc xả θ_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 là góc được tạo thành giữa dòng xả 16 được tạo thành khi vật liệu nóng chảy 12 được xả qua lỗ xả 14 và mặt phẳng nằm ngang. Góc xả θ_{tap} có thể được đo bằng cách sử dụng hình ảnh thu được bằng cách chụp ảnh dòng xả 16 hoặc có thể giống hệt với giá trị thiết kế của góc nghiêng của trục tâm của lỗ xả 14 so với mặt phẳng nằm ngang. Nghĩa là, không nhất thiết phải đo chiều cao h_{tap} của lỗ xả 14 và góc xả θ_{tap} của vật liệu nóng chảy 12.

Fig.2(b) minh họa cách vật thể 30 được ném xiên di chuyển theo quỹ đạo parabol. Ví dụ, giả định rằng vật thể 30 được ném xiên từ chiều cao h tại góc ném θ và tiếp đất sau khi bay được khoảng cách L , như được minh họa trên Fig.2(b). Vì chỉ có trọng lực tác dụng lên vật thể 30, nên phương trình chuyển động của vật thể 30 được biểu thị bằng các công thức (1) và (2) sau đây trong đó x là hướng trái-phải và z là hướng trên-dưới.

[Biểu thức toán học 1]

$$m \times \frac{dv_x}{dt} = 0 \cdots (1)$$

[Biểu thức toán học 2]

$$m \times \frac{dv_z}{dt} = -m \times g \cdots (2)$$

Trong công thức (1) nêu trên, v_x là vận tốc ban đầu (m/s) theo hướng x , và trong

công thức (2), v_z là vận tốc ban đầu (m/s) theo hướng z. Hơn nữa, m là khối lượng (kg) của vật thể 30, và g là gia tốc trọng trường ($9,8 \text{ m/s}^2$).

Trước tiên, khoảng cách di chuyển theo hướng z được nghiên cứu. Giả định rằng khoảng thời gian từ lúc vật thể 30 được ném đến lúc vật thể 30 tiếp đất là Δt giây, vật thể 30 rơi theo chiều cao h trong Δt giây. Do đó, công thức (3) sau đây được thiết lập cho khoảng cách di chuyển theo hướng z.

[Biểu thức toán học 3]

$$-h = -\frac{1}{2} \times g \times (\Delta t)^2 + v^{\text{ini}} \times \sin\theta \times \Delta t \cdots (3)$$

Trong công thức (3) nêu trên, v^{ini} là vận tốc ban đầu (m/s) của vật thể 30, θ là góc ném (rad), và h là chiều cao (m). Trong số hạng thứ hai của vế phải của công thức (3), vận tốc ban đầu theo hướng z được nhân với Δt .

Tiếp theo, khoảng cách di chuyển theo hướng x được nghiên cứu. Vì không có lực tác dụng theo hướng x trong trường hợp ném xiên, nên vận tốc ban đầu theo hướng x được duy trì cho đến khi tiếp đất. Theo đó, giả định rằng khoảng thời gian từ lúc vật thể 30 được ném đến lúc vật thể 30 tiếp đất là Δt , vật thể 30 di chuyển được khoảng cách bay L trong Δt giây. Do đó, công thức (4) sau đây được thiết lập cho khoảng cách di chuyển theo hướng x.

[Biểu thức toán học 4]

$$L = v^{\text{ini}} \times \cos\theta \times \Delta t \cdots (4)$$

Trong công thức (4) nêu trên, L là khoảng cách bay (M) của vật thể 30 theo hướng x. v^{ini} là vận tốc ban đầu (m/s) của vật thể 30, và θ là góc ném (rad).

Công thức (5) sau đây liên quan đến vận tốc ban đầu v^{ini} của vật thể 30 được suy ra từ các công thức (3) và (4) nêu trên. Lưu ý rằng tiêu chuẩn của chiều cao h là vị trí tiếp đất của vật thể 30 trong công thức (5) nêu trên.

[Biểu thức toán học 5]

$$v_{ini} = \sqrt{\frac{g \times L^2}{2 \times \cos^2 \theta \times (L \times \tan \theta + h)}} \dots (5)$$

Khi công thức (5) nêu trên được áp dụng để tính toán tốc độ xả V_{tap} của vật liệu nóng chảy 12, V_{ini} là tốc độ xả V_{tap} (m/s) của vật liệu nóng chảy 12, L là khoảng cách xả L_{tap} (m) của vật liệu nóng chảy 12, h là chiều cao h_{tap} (m) của lỗ xả 14, và θ là góc xả θ_{tap} (rad) của vật liệu nóng chảy 12. Do đó, tốc độ xả của vật liệu nóng chảy 12 có thể được tính toán bằng cách sử dụng công thức (5) nêu trên, khoảng cách xả L_{tap} của vật liệu nóng chảy 12, chiều cao h_{tap} của lỗ xả 14, và góc xả θ_{tap} của vật liệu nóng chảy 12. Nghĩa là, đây là phương pháp ước tính tốc độ của vật liệu nóng chảy bằng cách chụp ảnh hình dạng của dòng xả và kết hợp với hình ảnh được chụp với công thức ước tính dựa trên cơ học, và điều này giúp cho có thể giảm sai số của phép đo tốc độ do lực cản của thành trong của lỗ xả và tính toán chính xác tốc độ xả của vật liệu nóng chảy.

Tiếp theo, phương pháp để dò chiều cao của vật liệu nóng chảy 12 từ tốc độ xả V_{tap} được mô tả. Theo phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này, chiều cao của vật liệu nóng chảy 12 được tính toán bằng cách sử dụng tốc độ xả V_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 và công thức (6) sau đây.

[Biểu thức toán học 6]

$$\left(\frac{1}{2} \times \rho_l \times v_{tap}^2 + P_1 + \rho_l \times g \times H \right) - \left(\frac{1}{2} \times \rho_l \times v_{tap}^2 + P_2 + \rho_l \times g \times h_{tap} \right) = 0 \dots (6)$$

Trong công thức (6) nêu trên, ρ_l là tỷ trọng (kg/m^3) của vật liệu nóng chảy 12, v_{tap} là tốc độ xả (m/s) của vật liệu nóng chảy 12, P_1 là áp suất khí (Pa) trong lò, g là gia tốc trọng trường ($9,8 \text{ m/s}^2$), H là chiều cao (m) của vật liệu nóng chảy 12 bị tích tụ trong phần dưới của lò, P_2 là áp suất khí (Pa) tại chỗ ra của lỗ xả 14, và h_{tap} là chiều cao (m) của lỗ xả 14.

Tỷ trọng ρ_l của vật liệu nóng chảy 12 có thể là giá trị của bản ghi trong quá khứ. Trong trường hợp mà vật liệu nóng chảy 12 bao gồm xỉ sắt nóng chảy, tỷ trọng ρ_l của vật liệu nóng chảy 12 có thể được tính toán bằng cách kết hợp tỷ trọng sắt nóng chảy và tỷ trọng xỉ nóng chảy trong tỷ lệ hỗn hợp của nó. Tốc độ xả v_{tap} của vật liệu nóng chảy

12 là v_{ini} được tính toán bằng công thức (5) nêu trên. Áp suất khí P_1 trong lò được tìm thấy từ giá trị đo của đồng hồ đo áp suất được gắn ở phần dưới của lò cao 10. Áp suất khí P_2 tại chỗ ra của lỗ xả 14 có thể là áp suất khí quyển. Mức tham chiếu cho chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12 và chiều cao h_{tap} của lỗ xả 14 trong công thức (6) nêu trên là vị trí đáy của lò cao 10.

Số hạng thứ nhất ở vế trái của công thức (6) nêu trên là số hạng biểu thị năng lượng cơ học của vật liệu nóng chảy 12 được tích lũy trong phần dưới của lò cao 10. Số hạng thứ hai của vế trái của công thức (6) nêu trên là số hạng biểu thị năng lượng cơ học của vật liệu nóng chảy 12 mà vừa được xả qua lỗ xả 14. Lưu ý rằng số hạng động năng của vật liệu nóng chảy 12 bị tích tụ trong phần dưới của lò đủ nhỏ hơn các số hạng khác và do đó có thể được bỏ qua. Công thức (6) nêu trên là công thức thể hiện rằng các loại năng lượng cơ học bằng nhau (hiệu giữa số hạng thứ nhất và số hạng thứ hai bằng 0), và chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12 bị tích tụ trong phần dưới của lò có thể được dò bằng cách sử dụng công thức (6).

Fig.3 là hình vẽ sơ đồ mặt cắt ngang của lỗ xả 14 mà vật liệu nóng chảy 12 đi qua. Vật liệu nóng chảy 12 nhận lực cản từ lỗ xả 14 khi vật liệu nóng chảy 12 bị tích tụ trong phần dưới của lò cao 10 được xả ra khỏi lò. Do đó tốt hơn là tính chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12 bằng cách sử dụng công thức (7) sau đây có tính đến ảnh hưởng của lực cản trong công thức (6) nêu trên.

[Biểu thức toán học 7]

$$\left(\frac{1}{2} \times \rho_l \times v_{tap}^2 + P_1 + \rho_l \times g \times H \right) - \left(\frac{1}{2} \times \rho_l \times v_{tap}^2 + P_2 + \rho_l \times g \times h_{tap} \right) \\ = \left(\frac{1}{2} \times f_{tap} \times \frac{W_{tap}}{D_{tap}} \times \rho_l \times v_{tap}^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times K_e \times \rho_l \times v_{tap}^2 \right) \dots (7)$$

Trong công thức (7) nêu trên, $f_{xá}$ là hệ số ma sát đường ống (-) của lỗ xả 14, $W_{xá}$ là chiều dài (m) của lỗ xả 14, D_{tap} là đường kính trong (m) của lỗ xả 14, và K_e là hệ số tổn ở thất đầu vào cho đường ống (-). Lưu ý rằng (-) có nghĩa là không thứ nguyên.

Chiều dài $W_{xá}$ của lỗ xả 14 thu được từ chiều dài xuyên vào của mũi khoan tạo hình lỗ xả 14. Đường kính trong D_{tap} của lỗ xả 14 được tìm thấy từ đường kính của

khoan được sử dụng để tạo ra lỗ xả 14. Hệ số ma sát đường ống $f_{x\grave{a}}$ của lỗ xả 14 có thể được tính toán bằng phương trình Swamee-Jain được biểu thị bằng công thức (8) sau đây.

[Biểu thức toán học 8]

$$f_{\text{tap}} = 4 \times \frac{0.0626}{\left[\log\left(\frac{e_{\text{tap}}}{3.7 \times D_{\text{tap}}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right) \right]^2} \cdot \cdot \cdot \quad (8)$$

Trong công thức (8) nêu trên, $e_{x\grave{a}}$ là độ nhám bề mặt lỗ xả (m), D_{tap} là đường kính trong (m) của lỗ xả 14, và Re là chuẩn số Reynolds (-) của chất lưu chảy qua lỗ xả 14.

Mặc dù độ nhám bề mặt lỗ xả $e_{x\grave{a}}$ thay đổi phụ thuộc vào phương pháp mở lỗ, vật liệu dính vào lỗ xả, khoảng thời gian trôi qua kể từ khi bắt đầu xả, hoặc tương tự, điều đã được xác nhận từ phân tích hoạt động là sử dụng giá trị trong phạm vi từ 0,0001 m đến 0,01 m là phù hợp. Chuẩn số Reynolds Re có thể được tính toán bằng công thức (9) sau đây.

[Biểu thức toán học 9]

$$Re = \frac{\rho_l \times v_{\text{tap}} \times D_{\text{tap}}}{\mu} \cdot \cdot \cdot \quad (9)$$

Trong công thức (9) nêu trên, μ là độ nhớt (Pa·s) của vật liệu nóng chảy 12. Độ nhớt μ của vật liệu nóng chảy 12 được tính toán bằng cách kết hợp độ nhớt của sắt nóng chảy và độ nhớt của xỉ theo tỷ lệ hỗn hợp của chúng. Độ nhớt của sắt nóng chảy và độ nhớt của xỉ nóng chảy có thể là các giá trị đã ghi lại trong quá khứ hoặc độ nhớt của xỉ nóng chảy có thể được ước tính bằng phương pháp được mô tả trong tài liệu phi sáng chế 1 để ước tính độ nhớt từ nồng độ của các thành phần chẳng hạn như CaO, MgO, Al₂O₃, SiO₂, và FeO và nhiệt độ.

Hệ số tổn thất đầu vào cho đường ống Ke có thể được tính toán bằng cách sử dụng công thức (10) sau đây được mô tả trong tài liệu phi sáng chế 2.

[Biểu thức toán học 10]

$$Ke = 0.5 + 0.3 \times \sin(\theta_{\text{tap}}) + 0.2 \times \sin^2(\theta_{\text{tap}}) \cdot \cdot \cdot \quad (10)$$

Trong công thức (10) nêu trên, θ_{tap} là góc xả (rad) của vật liệu nóng chảy 12.

Như được mô tả ở trên, theo phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này, tốc độ xả v_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 được xả ra khỏi lò qua lỗ xả 14 được tính toán bằng cách sử dụng khoảng cách xả L_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 được xả qua lỗ xả, chiều cao h_{tap} của lỗ xả 14, và góc xả θ_{tap} của vật liệu nóng chảy 12. Điều này giúp cho có thể tính toán tốc độ xả v_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 chính xác hơn phương pháp tìm tốc độ xả của vật liệu nóng chảy 12 bằng cách chụp ảnh mẫu hình trên vật liệu nóng chảy 12.

Sau đó, chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12 được tính toán bằng cách sử dụng tốc độ xả được tính toán v_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 và công thức (6) nêu trên thể hiện rằng năng lượng cơ học của vật liệu nóng chảy 12 bị tích tụ trong phần dưới của lò và năng lượng cơ học của vật liệu nóng chảy 12 vừa được xả ra khỏi lò qua lỗ xả 14 là bằng nhau. Theo phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này, chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12 được tính toán bằng cách sử dụng tốc độ xả v_{tap} của vật liệu nóng chảy 12 mà được tính toán chính xác hơn so với phương pháp tìm tốc độ xả của vật liệu nóng chảy 12 bằng cách chụp ảnh mẫu hình lên vật liệu nóng chảy 12, và do đó độ chính xác của phương pháp dò chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12 cũng được cải thiện.

Hơn nữa, tốt hơn là sử dụng công thức (7) nêu trên có tính đến lực cản mà vật liệu nóng chảy 12 nhận được từ lỗ xả 14 thay vì công thức (6) nêu trên trong trường hợp mà chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12 được dò ra. Điều này có thể đạt được sự cải thiện hơn nữa về độ chính xác của phương pháp dò chiều cao H của vật liệu nóng chảy 12.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, ví dụ mà trong đó tính phù hợp của phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này được kiểm tra bằng cách sử dụng lò cao cỡ lớn có công suất xấp xỉ 5000 m³ được mô tả. Trong ví dụ này, dòng xả của vật liệu nóng chảy ngay sau khi mở lỗ được chụp ảnh, và khoảng cách xả L_{tap} và chiều cao h_{tap} của lỗ xả được đo từ hình ảnh được tạo ra bằng cách chụp ảnh. Dòng xả được chụp ảnh bằng cách

sử dụng camera ghi hình mà hoạt động của nó được đảm bảo ở nhiệt độ 70°C và có thể thu được dữ liệu hình ảnh có kích thước hình ảnh là 2064×1544 . Trong ví dụ này, dòng xả được chụp ảnh hai lần tại các thời điểm khác nhau bằng cách sử dụng camera ghi hình. Ví dụ mà trong đó tốc độ xả v_{tap} và chiều cao của vật liệu nóng chảy H được phát hiện từ hình ảnh thu được bởi lần chụp ảnh thứ nhất được gọi là ví dụ sáng chế 1, và ví dụ mà trong đó tốc độ xả v_{tap} và chiều cao của vật liệu nóng chảy H được dò từ hình ảnh thu được bởi lần chụp ảnh thứ hai được gọi là ví dụ sáng chế 2.

Fig.4 minh họa các hình ảnh của các dòng xả của ví dụ sáng chế 1 và ví dụ sáng chế 2. Fig.4(a) minh họa hình ảnh của dòng xả của ví dụ sáng chế 1, và Fig.4(b) minh họa hình ảnh của dòng xả của ví dụ sáng chế 2. Như được minh họa trong các hình vẽ Fig.4(a) và Fig.4(b), phần bề mặt của mỗi dòng xả, nghĩa là, mặt phẳng ranh giới giữa dòng xả và không khí xung quanh không phải là bề mặt nhẵn mà có dạng sóng không đều.. Điều này biểu thị rằng phần bề mặt của dòng xả nhận được trở lực nhót mạnh từ thành trong của lỗ xả và không khí xung quanh và do đó dòng xả chỉ bị xáo trộn ở vùng lân cận lớp bề mặt của dòng xả. Điều đã được xác nhận là phương pháp tính toán theo sáng chế có độ chính xác vượt trội hơn, ví dụ, so với phương pháp ước tính tốc độ dòng thông thường từ sự thay đổi vị trí trong hình ảnh vì tốc độ dòng của dòng xả trong vùng lân cận của lớp bề mặt dao động dao động không đều do dòng chảy bị nhiễu loạn. Trong ví dụ sáng chế 1 và ví dụ sáng chế 2, khoảng cách xả L_{tap} và chiều cao h_{tap} của lỗ xả được đo từ các hình ảnh, và tốc độ xả v_{tap} được tính toán bằng cách sử dụng khoảng cách xả L_{tap} và chiều cao h_{tap} của lỗ xả. Bảng 1 dưới đây thể hiện các kết quả đo của khoảng cách xả L_{tap} và chiều cao h_{tap} của lỗ xả, góc nghiêng θ_{tap} của lỗ xả, và tốc độ xả v_{tap} .

Bảng 1

	Ví dụ sáng chế 1	Ví dụ sáng chế 2
Khoảng cách xả (L_{tap}) (m)	2,5	2,2
Chiều cao lỗ xả (h_{tap}) (m)	0,6	0,3
Góc nghiêng của lỗ xả (θ_{tap}) ($^{\circ}$)	7	7
Tốc độ xả (v_{tap}) (m/s)	5,86	6,50

Hơn nữa, chiều cao của vật liệu nóng chảy H trong ví dụ sáng chế 1 và ví dụ sáng chế 2 được tính toán bằng cách sử dụng tốc độ xả v_{tap} . Bảng 2 dưới đây thể hiện các thông số được sử dụng để tính toán chiều cao của vật liệu nóng chảy H.

Bảng 2

		Ví dụ sáng chế 1	Ví dụ sáng chế 2
Tốc độ xả	(m/s)	5,86	6,50
Áp suất trong lò (Phần dưới của lò)	(Pa)	$4,56 \times 10^5$	
Áp suất khí quyển	(Pa)	$1,01 \times 10^5$	
Lỗ xả đường kính	(m)	0,065	
Độ nhám bề mặt lỗ xả	(m)	0,001	
Chiều dài lỗ xả	(m)	3,8	3,7
Tỷ trọng sắt nóng chảy	(kg/m ³)	6700	
Tỷ trọng xỉ nóng chảy	(kg/m ³)	2650	
Độ nhớt của sắt nóng chảy	(Pa·s)	0,006	
Độ nhớt của xỉ nóng chảy	(Pa·s)	0,435	
Tỷ lệ thể tích sắt nóng chảy	(sắt nóng chảy/ sắt nóng chảy + xỉ)	0,41	0,42

Fig.5 là đồ thị minh họa kết quả dò chiều cao của vật liệu nóng chảy H trong ví dụ sáng chế 1 và ví dụ sáng chế 2. Cả chiều cao của vật liệu nóng chảy H được dò trong ví dụ sáng chế 1 và chiều cao của vật liệu nóng chảy H được dò trong ví dụ sáng chế 2 đều nằm trong khoảng giữa chiều cao của lỗ xả và chiều cao ống bể. Chiều cao của vật liệu nóng chảy H được dò trong ví dụ sáng chế 2, mà trong đó tốc độ xả cao hơn so với trong ví dụ sáng chế 1, cao hơn so với trong ví dụ sáng chế 1.

Tiếp theo, độ phù hợp của kết quả đo của chiều cao của vật liệu nóng chảy H được minh họa trên Fig.5 được kiểm tra bằng cách sử dụng cân bằng xỉ sắt nóng chảy, mà là dữ liệu vận hành lò cao. Cân bằng xỉ sắt nóng chảy là giá trị thu được bằng cách trừ đi lượng xỉ sắt nóng chảy được tạo ra từ lượng được xả xỉ sắt nóng chảy xét theo thể tích. cân bằng xỉ sắt nóng chảy 0 có nghĩa là lượng được xả xỉ sắt nóng chảy và lượng xỉ sắt nóng chảy được tạo ra là bằng nhau. cân bằng xỉ sắt nóng chảy lớn hơn 0 có nghĩa là lượng được xả xỉ sắt nóng chảy lớn hơn lượng xỉ sắt nóng chảy được tạo ra, và do đó lượng vật liệu nóng chảy bị tích tụ trong phần dưới của lò giảm xuống, và theo đó chiều cao của vật liệu nóng chảy H giảm xuống. Mặt khác, cân bằng xỉ sắt nóng chảy nhỏ hơn

0 nghĩa là lượng được xả xỉ sắt nóng chảy nhỏ hơn so với lượng xỉ sắt nóng chảy được tạo ra, và do đó lượng vật liệu nóng chảy bị tích tụ trong phần dưới của lò tăng lên, và theo đó chiều cao của vật liệu nóng chảy H tăng lên.

Lượng xỉ sắt nóng chảy được tạo ra được tính toán từ quỹ oxy của lò cao trên một đơn vị thời gian, tỷ phần của oxygen chứa trong oxit sắt trong các nguyên liệu thô được nạp qua đỉnh lò, và tỷ phần của đá mạch trong các nguyên liệu thô được nạp vào. Cụ thể, lượng sắt nóng chảy được tạo ra được tính toán bằng cách sử dụng công thức (11) sau đây, và lượng xỉ nóng chảy được tạo ra được tính toán bằng cách sử dụng công thức (12) sau đây, và lượng xỉ sắt nóng chảy được tạo ra được tính toán bằng cách cộng tổng những lượng này.

$$W_p = (N_{top} - N_{tuy}) \times (R_{Fe/O}) \times M_{Fe} \div R_{FeHM} \dots (11)$$

$$W_s = W_p \times R_{G/Fe} \dots (12)$$

Trong các công thức (11) và (12) nêu trên, W_p là lượng sắt nóng chảy được tạo ra (tấn/lần), và W_s là lượng xỉ nóng chảy được tạo ra (tấn/lần). N_{top} là lượng chất (mol/lần) của các nguyên tử oxy trong khí đỉnh lò trên một lần, N_{tuy} là lượng chất (mol/lần) của các nguyên tử oxy được thổi qua ống bể trên một lần, $R_{Fe/O}$ là số trung bình (-) của nguyên tử sắt trên mỗi nguyên tử oxy trong oxit sắt trong các nguyên liệu thô được nạp qua đỉnh lò, M_{Fe} là khối lượng mol (tấn/mol) của sắt, R_{FeHM} là phần khối lượng (-) của sắt trong sắt nóng chảy, và $R_{G/Fe}$ là khối lượng (tấn/sắt nóng chảy) của đá mạch được nạp vào trên 1 tấn sắt nóng chảy.

N_{top} được tìm thấy bằng cách phân tích thành phần của khí đỉnh lò. N_{tuy} được tìm thấy bằng cách phân tích thành phần của khí được thổi qua ống bể. $R_{Fe/O}$ và $R_{G/Fe}$ được tìm thấy bằng cách phân tích thành phần của các nguyên liệu thô được nạp qua đỉnh lò. R_{FeHM} được tìm thấy bằng cách phân tích thành phần của sắt nóng chảy được xả qua lỗ xả.

Fig.6 là đồ thị minh họa sự thay đổi theo thời gian của cân bằng xỉ sắt nóng chảy. Thời điểm của ví dụ sáng chế 1 được minh họa trên Fig.6 là thời điểm mà tại đó việc chụp ảnh dòng xả được thực hiện như ví dụ sáng chế 1. Thời điểm của ví dụ sáng chế 2

là thời điểm mà tại đó việc chụp ảnh dòng xả được thực hiện như ví dụ sáng chế 2.

Rõ ràng là từ sự thay đổi theo thời gian cân bằng xỉ sắt nóng chảy, lượng vật liệu nóng chảy bị tích tụ trong phần dưới của lò tăng lên từ thời điểm của ví dụ sáng chế 1 đến thời điểm của ví dụ sáng chế 2. Theo đó, chiều cao H của vật liệu nóng chảy bị tích tụ trong phần dưới của lò cao hơn tại thời điểm của ví dụ sáng chế 2 so với tại thời điểm của ví dụ sáng chế 1. Chiều cao của vật liệu nóng chảy H được dò bằng phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này cũng cao hơn trong ví dụ sáng chế 2 so với trong ví dụ sáng chế 1, như được minh họa trên Fig.5, và do đó quan sát thấy xu hướng tương tự.

Tiếp theo, kết quả dò chiều cao của vật liệu nóng chảy H được minh họa trên Fig.5 được kiểm tra bằng cách sử dụng cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy, và kết quả kiểm tra được mô tả dưới đây. Cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy được tính toán từ cân bằng sắt nóng chảy và cân bằng xỉ nóng chảy. Cân bằng sắt nóng chảy là giá trị thu được bằng cách trừ lượng sắt nóng chảy được tạo ra (t) từ lượng sắt nóng chảy được xả (t) trong quá trình xả mục tiêu, và cân bằng xỉ nóng chảy là giá trị thu được bằng cách trừ lượng xỉ nóng chảy được tạo ra (t) từ lượng xỉ nóng chảy được xả (t). Trong trường hợp mà các giá trị của các cân bằng này là âm, thì lượng xỉ sắt nóng chảy trong lò tăng lên, và trong trường hợp mà các giá trị của các cân bằng này là dương, thì lượng xỉ sắt nóng chảy trong lò giảm xuống. Vì các cân bằng này được biểu thị theo trọng lượng (tấn), các cân bằng này có thể được chuyển đổi thành cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy bằng cách chia các giá trị cân bằng này cho tỷ trọng và diện tích mặt cắt ngang của lò. Cụ thể, cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy được tính toán bằng cách sử dụng cân bằng sắt nóng chảy, cân bằng xỉ nóng chảy, và công thức (13) sau đây.

cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy = [cân bằng sắt nóng chảy (t) / tỷ trọng sắt nóng chảy (kg/m^3) + cân bằng xỉ nóng chảy (t) / tỷ trọng xỉ nóng chảy (kg/m^3)] / diện tích mặt cắt ngang hiệu dụng của lò (m^2) ... (13)

Bảng 3 dưới đây thể hiện cân bằng sắt nóng chảy, cân bằng xỉ nóng chảy, và chiều cao của vật liệu nóng chảy được tính toán bằng cách sử dụng các cân bằng này tại thời điểm của ví dụ sáng chế 1 và tại thời điểm của ví dụ sáng chế 2 được minh họa trên

Fig.6. Lưu ý rằng diện tích mặt cắt ngang hiệu dụng của lò (m^2) trong công thức (13) nêu trên được tính toán bằng cách nhân diện tích mặt cắt ngang của phần dưới của lò với độ rỗng của phần dưới của lò, mà được thiết lập đến 0,35 trên cơ sở các bản ghi trong quá khứ.

Bảng 3

	Ví dụ sáng chế 1	Ví dụ sáng chế 2
Cân bằng sắt nóng chảy (t)	-285	-693
Cân bằng xỉ nóng chảy (t)	351	707
Cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy (m)	-0,89	-2,52

Như được minh họa trong bảng 3, sự chênh lệch về chiều cao của vật liệu nóng chảy giữa thời điểm của ví dụ sáng chế 1 và thời điểm của ví dụ sáng chế 2 được tính toán từ cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy là 1,63m ($-0,89 - (-2,52) = 1,63$). Do đó, điều đã được bộc lộ là sự chênh lệch giữa chiều cao của vật liệu nóng chảy của ví dụ sáng chế 1 và chiều cao của vật liệu nóng chảy của ví dụ sáng chế 2 được minh họa trên Fig.5 gần giống như sự chênh lệch 1,63 m này về chiều cao của vật liệu nóng chảy được tính toán từ cân bằng chiều cao vật liệu nóng chảy. Các kết quả này đã xác nhận rằng chiều cao của vật liệu nóng chảy trong lò cao có thể được dò với độ chính xác cao bằng cách sử dụng phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo phương án này.

Danh sách số chỉ dẫn

10 lò cao

12 vật liệu nóng chảy

14 lỗ xả

16 dòng xả

18 đường dẫn

20 bề mặt lỏng

30 vật thể

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy để dò chiều cao của vật liệu nóng chảy trong lò nấu luyện có lỗ xả mà vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả này ở trong phần dưới của lò nấu luyện, phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy bao gồm các bước:

đo khoảng cách xả của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả;

tính toán tốc độ xả của vật liệu nóng chảy được xả qua lỗ xả bằng cách sử dụng khoảng cách xả, chiều cao của lỗ xả, và góc xả của vật liệu nóng chảy; và

dò chiều cao của vật liệu nóng chảy bằng cách sử dụng tốc độ xả.

2. Phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo điểm 1, còn bao gồm bước đo chiều cao của lỗ xả.

3. Phương pháp dò chiều cao của vật liệu nóng chảy theo điểm 1 hoặc 2, trong đó chiều cao của vật liệu nóng chảy được dò bằng cách sử dụng lực cản mà vật liệu nóng chảy nhận được từ lỗ xả trong khi đang được xả qua lỗ xả và tốc độ xả.

FIG. 1

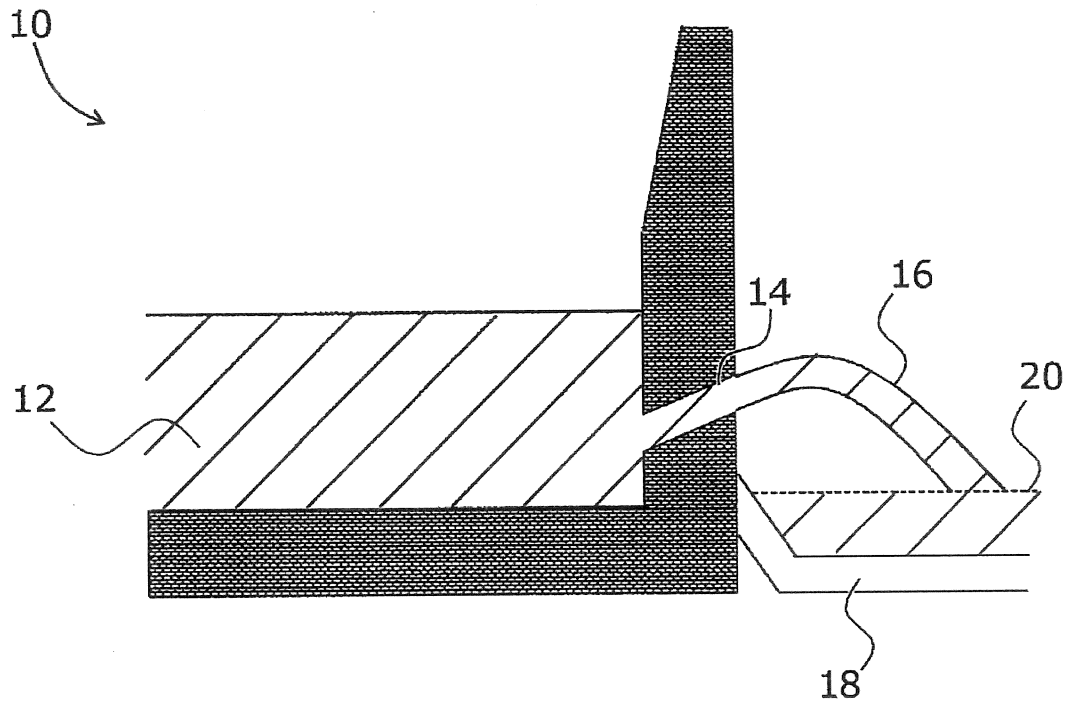
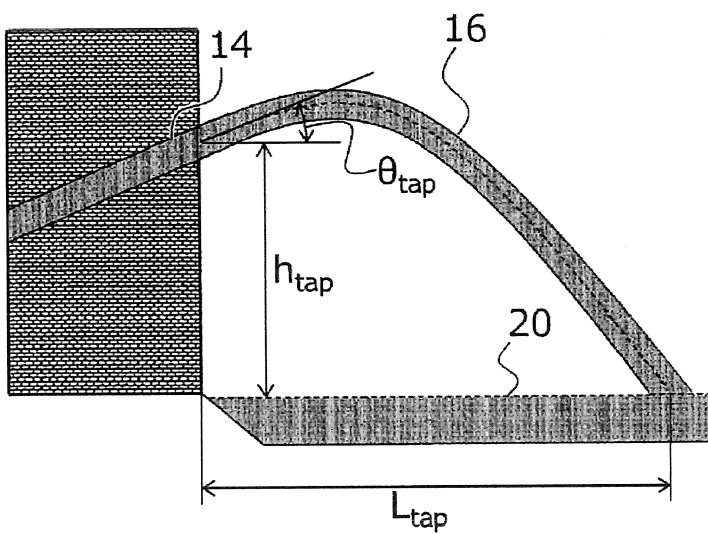


FIG. 2

(a)



(b)

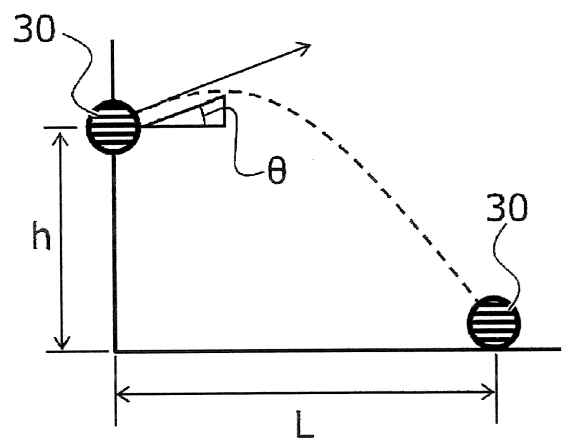


FIG. 3

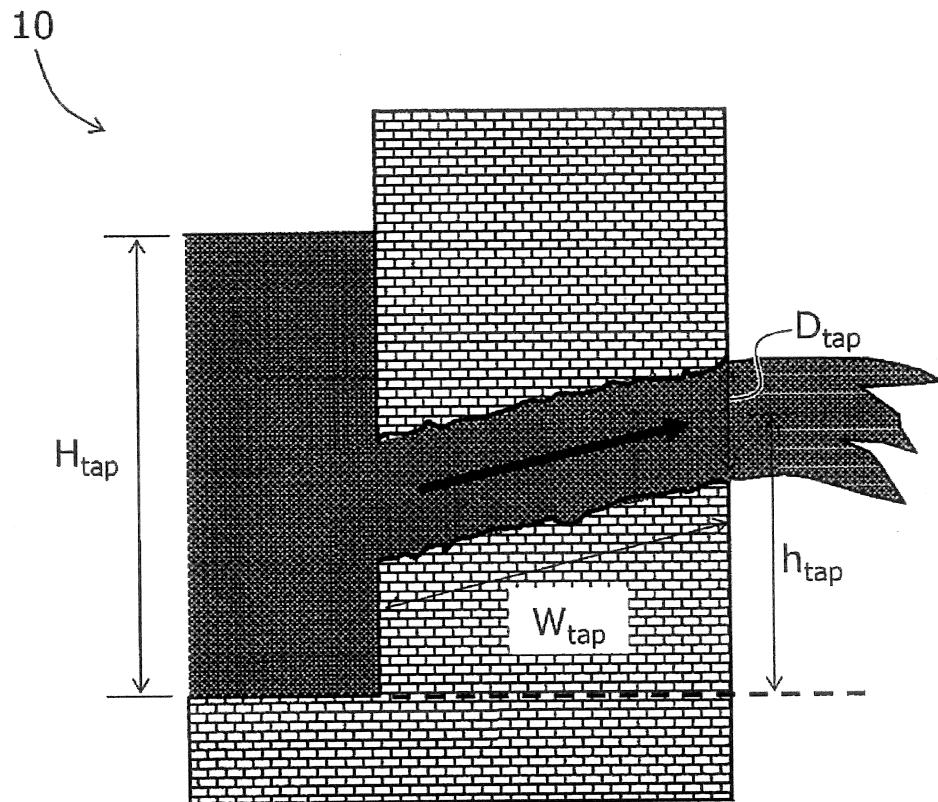
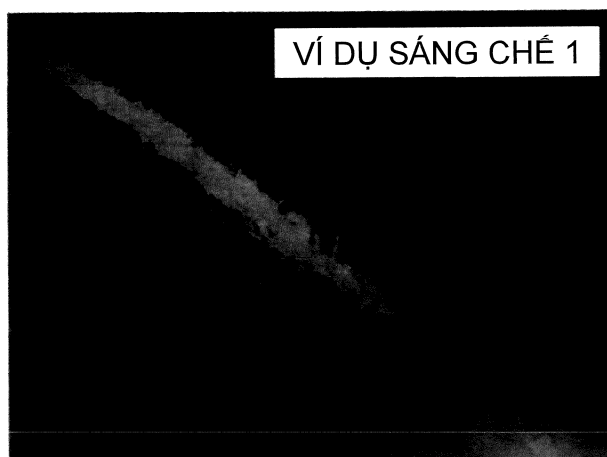


FIG. 4

(a)



(b)

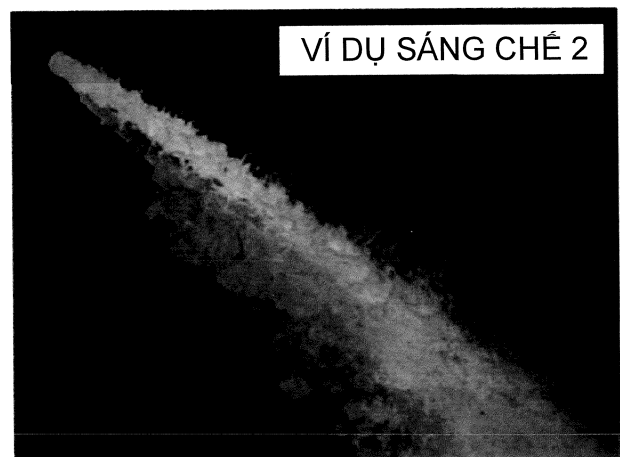


FIG. 5

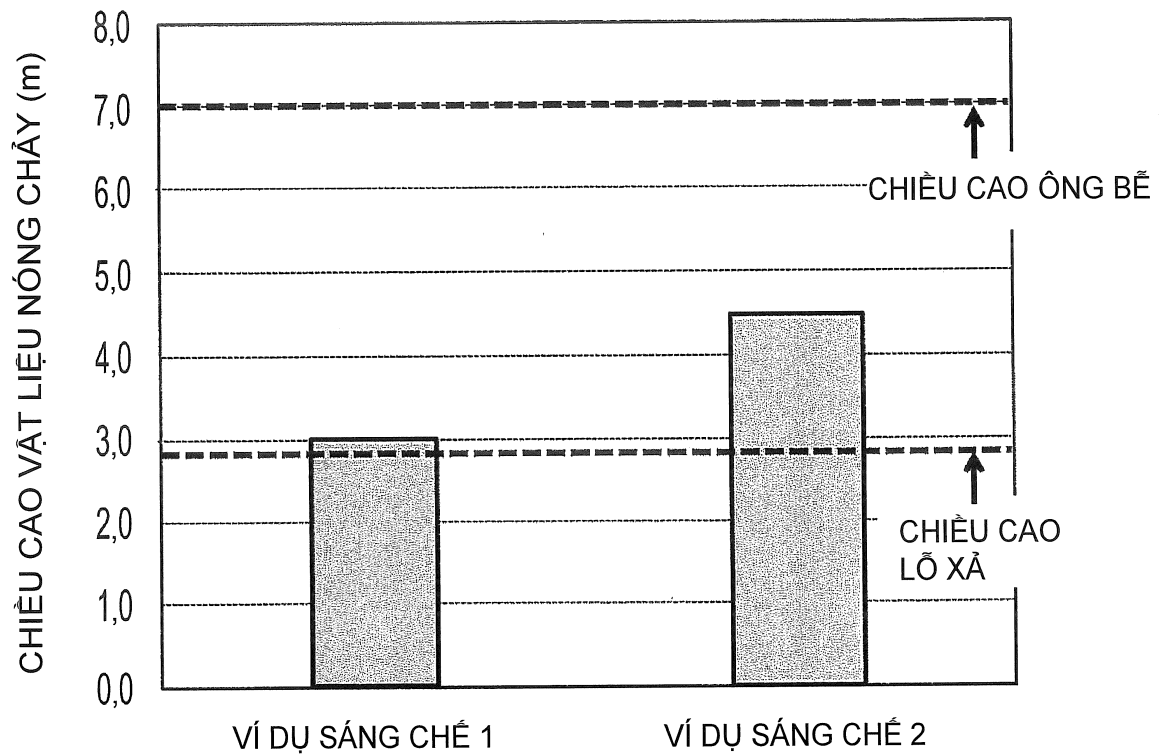


FIG. 6

