

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 303 692**

21 Número de solicitud: 202331063

51 Int. Cl.:

B01J 19/06 (2006.01) **C01B 33/02** (2006.01)
B22D 30/00 (2006.01)
C30B 11/00 (2006.01)
F25D 1/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

24.02.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.10.2023

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)
Avda. Ramiro de Maeztu 7
28040 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**OÑORO LÓPEZ, Javier y
LANTERO SARASOLA, Borja**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Cámara de enfriamiento de lingotes metálicos**

ES 1 303 692 U

DESCRIPCIÓN

Cámara de enfriamiento de lingotes metálicos

Sector técnico

5

La presente invención se encuentra dentro del campo de tecnología y producción industriales, concretamente relacionado con la tecnología de producción de lingotes metálicos, en especial silicio, para su trituración.

10 Antecedentes de la invención

La trituración de metales es un paso empleado en muchos de los procesos de producción y reciclaje, independientemente del origen de este material. Uno de los metales de más interés actualmente es el silicio.

15

El silicio es un material semiconductor con numerosas aplicaciones: electrónica, industria siderúrgica, siliconas, cosméticos, adhesivos y baterías eléctricas. El silicio se obtiene por medio de la reducción de un óxido: sílice o cuarzo. La sílice se reduce con hulla, madera, caliza a alta temperatura, obteniéndose silicio en estado líquido.

20

Posteriormente, el silicio obtenido se cuela en lingotera donde se mantiene hasta que se forma una capa superficial sólida (1.200 – 1.400 °C). El silicio resultante se denomina en grado metalúrgico y tiene un 99 % de pureza, con impurezas de C, Fe, Al y B principalmente.

25

Una vez que se ha formado una costra de suficiente grosor para ser manipulado, un puente grúa desplaza el lingote con unas garras y lo deposita en un silo, dejándolo a temperatura ambiente, hasta alcanzar una temperatura inferior a 50 °C, necesaria para poder introducirlo en la trituradora.

30

Uno de los principales problemas de los equipos actuales es el elevado tiempo necesario para la completa solidificación y enfriamiento del lingote. De acuerdo con las soluciones actuales, el enfriamiento del lingote de silicio dura en torno a 24 horas, lo que se traduce en un importante impacto en la obtención del silicio triturado. Además, estos lingotes de silicio no pueden ser enfriados con agua, sistema utilizado para otros procesos, como la producción de lingotes de acero y otros metales, debido a la elevada reactividad del silicio con el agua.

35

El largo tiempo de solidificación que requieren los lingotes de silicio, conduce a que las impurezas, especialmente las de menor punto de fusión y mayor difusividad, tiendan a concentrarse en las zonas líquidas de la parte superior del lingote, que son las últimas en solidificar, produciendo heterogeneidades químicas dentro del lingote.

No existe actualmente un equipo que permita llevar a cabo un proceso de enfriamiento rápido para la obtención de lingotes metálicos de silicio.

10 Descripción de la invención

Uno de los objetivos de la industria es realizar un procedimiento de enfriamiento rápido de un lingote metálico, preferiblemente de un lingote de silicio, sólido-líquido (sólido en el exterior y aún líquido en su interior), de gran tamaño (4000 Kg de peso y de dimensiones: 1,75 x 1,25 x 0,75 m) y alta temperatura (entre 1200 y 1400 °C), hasta una temperatura en el intervalo entre 50 °C y 70 °C que permita su trituración posterior.

A diferencia con el estado de la técnica conocido, donde tradicionalmente se emplea agua para el enfriamiento y obtención del lingote sólido, la presente solución describe un equipo configurado para llevar a cabo un proceso de enfriamiento rápido de un lingote metálico, en estado sólido-líquido mediante el empleo de una corriente gaseosa. El empleo de una corriente gaseosa, como el aire, logra salvar la limitación existente en otros procesos de enfriamiento de metales, como el silicio, debido a la elevada reactividad que presente este compuesto con el agua. En este sentido, el lingote, preferiblemente de silicio, es enfriado por una corriente gaseosa, preferiblemente aire, a una presión entre 2 – 3 bar, preferiblemente a 2,5 bar (0,25 MPa), de manera que la temperatura del lingote desciende rápidamente, solidificándose completamente y alcanzando en dos horas la temperatura de 70 °C, próxima a los 50 °C necesaria para la posterior trituración.

El objeto de la presente invención es describir una cámara de enfriamiento capaz de extraer calor de lingotes, preferiblemente lingotes de silicio, rápidamente. La corriente gaseosa a presión debe vencer unas pérdidas de carga considerables del conjunto (conductos, deflector y, adicionalmente, puede ser empleada para futuras aplicaciones como, por ejemplo, un posterior intercambiador de calor a la salida de la cámara). Además, la corriente gaseosa a presión favorece sustancialmente la fenomenología de la transferencia de calor entre lingote-

gas por medio de la convección, siendo esta la forma principal de extracción de la energía térmica del lingote.

El efecto obtenido es una convección forzada que permite extraer rápidamente el calor para reducir el tiempo de enfriamiento. De este modo, la cámara de enfriamiento presenta una configuración para permitir:

- entrada de un lingote sólido-líquido metálico, preferiblemente de silicio, en una cámara de refrigeración, a elevada temperatura, entre 1.200-1.400 °C en su superficie;
- 10 - entrada de una corriente gaseosa, preferiblemente aire, con un caudal entre 450-500 l/min a temperatura ambiente y a una presión entre 2 – 3 bar, preferiblemente 2,5 bar;
- enfriamiento del lingote durante un tiempo de permanencia en la cámara entre 1,5 – 2 horas; y
- 15 - salida de lingote sólido metálico, enfriado a una temperatura de 70 °C.

De este modo, el equipo descrito en la presente invención está diseñado para lograr el enfriamiento con un tratamiento térmico rápido, en torno a 2 horas, de lingotes, especialmente de silicio, en estado sólido-líquido, enfriándolos hasta la temperatura que permita una posterior trituración.

Gracias a la presente solución, se acelera la solidificación completa del lingote, reduciendo el tiempo de enfriamiento de dichos lingotes y el cuello de botella en la fabricación que supone el tener que esperar en la actualidad 24 horas antes de seguir el procesamiento del silicio. Además, la solidificación rápida del lingote permite evitar la acumulación de impurezas en las zonas líquidas del lingote, aspecto que sí que ocurre en los equipos actuales donde el tiempo de enfriamiento requerido es superior.

Para ello, dicha cámara de enfriamiento presenta paredes construidas con ladrillos refractarios. La cámara está dotada de una puerta, de dimensiones adaptadas al tamaño del lingote, para el acceso a su interior, donde se encuentra un medio de soporte para contener el lingote a enfriar. Un ejemplo del medio soporte es una plataforma sobre la que se dispone, de manera estática, el lingote a enfriar.

La cámara dispone de una entrada y una salida para una corriente gaseosa a presión y un deflector antes de la salida, para evitar que los finos de silicio puedan ser arrastrados por la

corriente gaseosa fuera de la cámara. Al emplear una corriente gaseosa a presión, la cámara de enfriamiento está acondicionada para trabajar a estas presiones, y comprende los medios necesarios para tal fin.

- 5 Por tanto, el equipo descrito en la presente invención puede ser empleado en otras operaciones metalúrgicas donde el tiempo de enfriamiento fuera un factor clave y no pudieran utilizarse los procesos convencionales de enfriamiento por agua que se utilizan en la fabricación del acero y otros metales.
- 10 En las figuras de la presente invención, se hace referencia al siguiente conjunto de elementos:
1. Cámara de enfriamiento
 2. Entrada de corriente gaseosa
 3. Salida de corriente gaseosa

15

 4. Deflector
 5. Puerta
 6. Lingote
 7. Plataforma
 8. Ruedas

20

 9. Raíles

Breve descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de esta descripción un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La Figura 1 muestra un esquema del alzado de una realización de la cámara de enfriamiento de lingotes de la industria metalúrgica.

La Figura 2 muestra un esquema de la planta de una realización de la cámara de enfriamiento de lingotes de la industria metalúrgica.

35 La Figura 3 muestra el alzado, planta y perfil de una realización del deflector de la cámara de enfriamiento.

Descripción detallada de la invención

La presente invención divulga un equipo para llevar a cabo un proceso de obtención rápido de un lingote metálico sólido, preferentemente un lingote de silicio, a partir de un lingote en estado líquido, obtenido tras la reducción y colado en lingotera. Dado que este material no puede ser enfriado sumergiéndolo en agua como otros materiales debido a la elevada reactividad de este compuesto, se necesitan equipos alternativos. La presente invención presenta una cámara de enfriamiento (1) para la obtención de un lingote completamente sólido donde se necesita:

- 5 - disponer un lingote metálico, en estado sólido-líquido, a temperatura entre 1200 – 1400 °C;
- introducir una corriente gaseosa con un caudal de 450 – 500 l/min, preferentemente aire, a temperatura ambiente y una presión entre 2 y 3 bar, preferiblemente 2,5 bar (0,25 MPa);
- 15 - mantener y solidificar el lingote dentro de la cámara durante 1,5 – 2 horas, de modo que se consigue una solidificación rápida y completa del lingote; y
- extraer el lingote metálico sólido.

El lingote metálico producido en la cámara (1) según la presente invención es enfriado a 70 °C, temperatura próxima a su empleo posterior, en un procedimiento que dura en torno a 2 horas. De este modo, la configuración de la cámara de enfriamiento (1) logra una mejora frente a la solución actual donde el equipo empleado requiere un procedimiento que dura en torno a 24 horas. Además, al requerir un menor tiempo de enfriamiento, el lingote metálico obtenido presenta menores heterogeneidades, mejorando la solución actual donde se concentraban un gran número de impurezas en el centro superior del lingote, la parte que permanecía más tiempo líquida.

De este modo, se describe una cámara de enfriamiento (1) de lingotes (6) de la industria metalúrgica. Concretamente, la realización preferente es el enfriamiento de un lingote de silicio en estado sólido-líquido. La Figura 1 muestra un esquema del alzado de una realización de la cámara de enfriamiento (1) de lingotes (6) de la industria metalúrgica.

La cámara de enfriamiento (1) comprende un recinto interior donde se dispone un medio soporte para contener al menos un lingote de la industria metalúrgica y una puerta (5) de acceso a dicho recinto. En una realización preferente, la cámara de enfriamiento (1) presenta paredes fabricadas con un material refractario.

A diferencia con otras soluciones del estado de la técnica, la cámara de enfriamiento presenta una entrada (2) para una corriente gaseosa a baja temperatura, como la temperatura ambiente, y a una presión entre 2 – 3 bar, preferiblemente 2,5 bar, y una salida (3) para una corriente gaseosa a una temperatura de salida que va variando entre 900 °C y 50 °C a medida que se va produciendo el enfriamiento del lingote.

Esta entrada (2) y salida (3) están situadas diagonalmente respecto al medio soporte dentro de la cámara para permitir un recorrido de la corriente gaseosa más largo. De este modo, se logra crear un recorrido de la corriente gaseosa más largo y uniforme sobre la superficie del lingote. En una realización preferente, la salida (3) de la cámara de enfriamiento (1) se encuentra dispuesta en la zona más alejada de la puerta y donde el gas ha acumulado más calor antes de abandonar la cámara.

En este sentido, en una realización preferente, la salida (3) de la corriente gaseosa se encuentra localizada en la parte central del recinto interior de la cámara de enfriamiento (1), simplificando la operación y recuperación de la corriente gaseosa saliente, mientras que la entrada (2) de la corriente gaseosa, se lleva a cabo desde la parte superior, para favorecer la rápida solidificación del lingote, ya que el calor durante la solidificación tiende a concentrarse en la parte superior del mismo.

La corriente gaseosa saliente se encuentra a una temperatura superior a la temperatura de entrada. Por ello, dicha corriente puede ser empleada en un cambiador de calor para calentar agua utilizable para calefacción o como agua sanitaria. Lo que supondría una reducción del coste general de operación de la factoría.

La cámara de enfriamiento (1) presenta un deflector (4) situado antes de la salida (3) de la cámara (1). La Figura 3 muestra el alzado, planta y perfil de una realización del deflector (3). De este modo, la corriente gaseosa saliente, una vez se ha calentado, es obligado a cruzar a través de dicho deflector (4), evitándose que los finos del metal, preferentemente de silicio, puedan ser arrastrados por la corriente gaseosa fuera de la cámara.

El deflector cuenta con unos huecos en su pared (Figura 3) los cuales rompen con la continuidad del paso del gas hacia la salida de la cámara (3). Esta turbulencia local evita que las partículas finas desprendidas del lingote abandonen la cámara a través de la salida y provoca que se depositen en el suelo por gravedad. Las partículas así recuperadas pueden

ser recogidas al final de cada operación. Dada la alta temperatura en esa zona de la cámara y la acción del gas caliente, el deflector se fabrica con ladrillos refractarios.

5 La cámara de enfriamiento (1) está dotada de una puerta (5), que permite el acceso de un usuario al interior de la cámara (1). De manera similar al interior de la cámara (1), la puerta (5) está forrada interiormente con material refractario. En una realización particular, la puerta (5) es una puerta corredera debido al elevado peso que tiene que arrastrar, al estar forrada interiormente de material refractario, y a la facilidad y rapidez que supone este tipo de puertas para la operación de la cámara.

10

En una realización particular, el medio soporte del interior de la cámara enfriamiento (1) es una plataforma (7) sobre la que se depositan los lingotes (6). En una realización preferente, dicha plataforma (7) es una plataforma rodante, de modo que puede introducirse y sacarse de la cámara (1) a través de la puerta (5) por un usuario de dicha cámara (1). En una realización 15 aún más preferente, el desplazamiento de la plataforma (7) se lleva a cabo mediante ruedas (8) dispuestas sobre rieles (9).

REIVINDICACIONES

1. Una cámara de enfriamiento para lingotes de la industria metalúrgica caracterizado por que comprende:

- un recinto interior con un medio soporte para contener un lingote (6);
- 5 - una puerta (5) configurada para dar acceso al recinto interior de la cámara (1);
- una entrada (2) configurada para la entrada de una corriente gaseosa con un caudal de 450 – 500 l/min, a temperatura ambiente y a una presión entre 2-3 bar;
- y
- una salida (3) configurada para la salida de una corriente gaseosa a una
- 10 temperatura superior a la de entrada;

donde la entrada (2) y la salida (3) se encuentran dispuestas de manera diagonalmente opuesta respecto al medio soporte.

15 2. La cámara de enfriamiento para lingotes según la reivindicación 1, donde la entrada se sitúa en la parte superior del recinto y la salida (3) en la parte central del recinto de la cámara (1).

3. La cámara de enfriamiento para lingotes según una cualquiera de las reivindicaciones

20 1 a 2, donde la cámara comprende además un deflector (4) previo a la salida (3).

4. La cámara de enfriamiento para lingotes según la reivindicación 3, donde el deflector (4) comprende al menos un hueco configurado para modificar la turbulencia de la corriente gaseosa de salida.

25 5. La cámara de enfriamiento para lingotes según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el recinto interior está forrado de un material refractario.

6. La cámara de enfriamiento para lingotes según una cualquiera de las reivindicaciones

30 1 a 5, donde el medio soporte comprende una plataforma (7) sobre la que se dispone el lingote.

7. La cámara de enfriamiento para lingotes según la reivindicación 6, donde la plataforma (7) es rodante.

35

8. La cámara de enfriamiento para lingotes según la reivindicación 7, el recinto interior de la cámara comprende además unos rieles (9) sobre los que se puede desplazar la plataforma (7).
- 5 9. La cámara de enfriamiento para lingotes según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la puerta (5) es una puerta corredera.

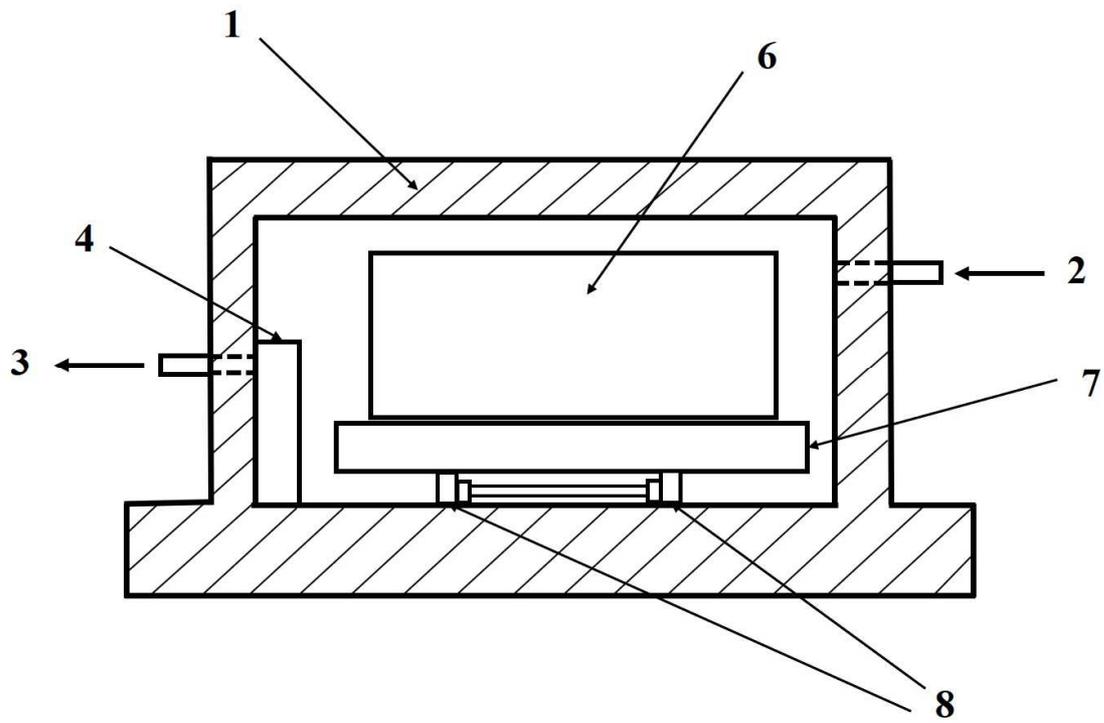


Figura 1

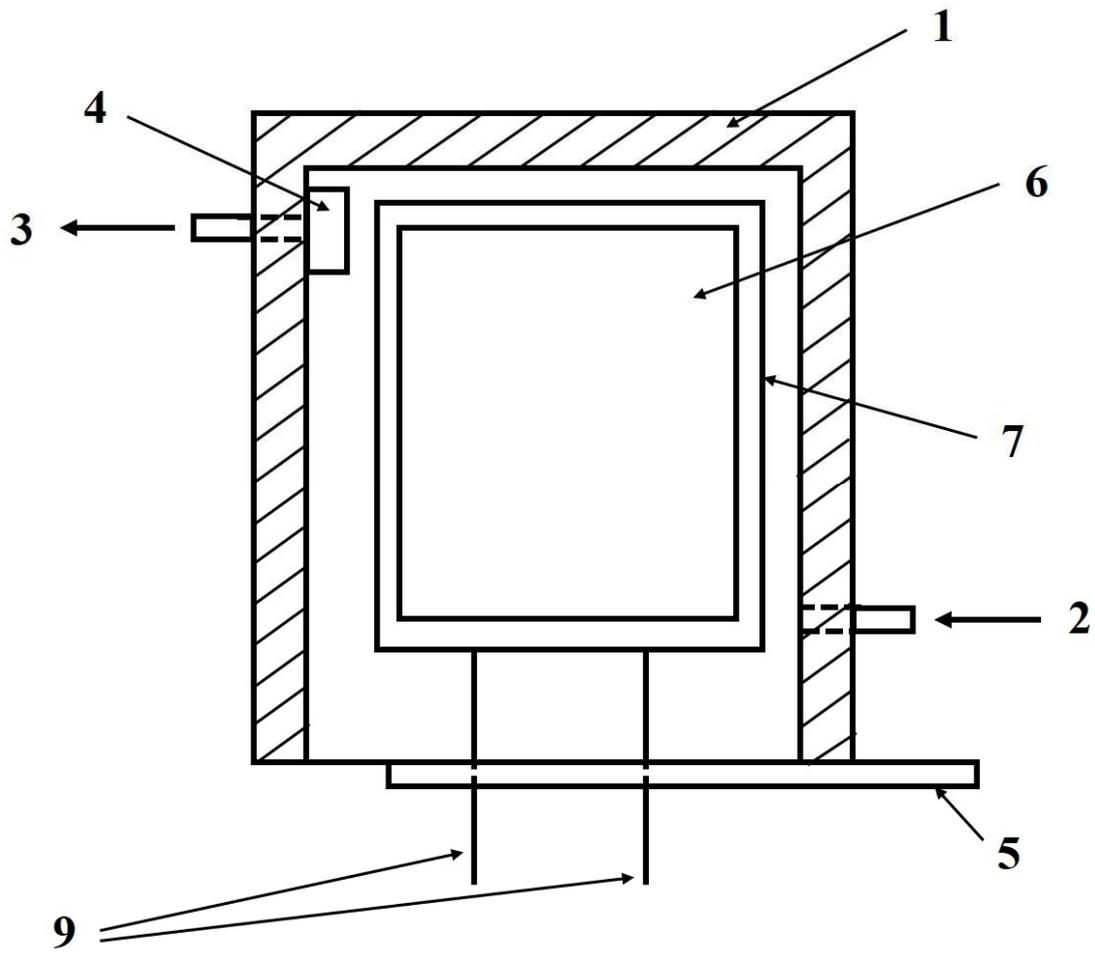


Figura 2

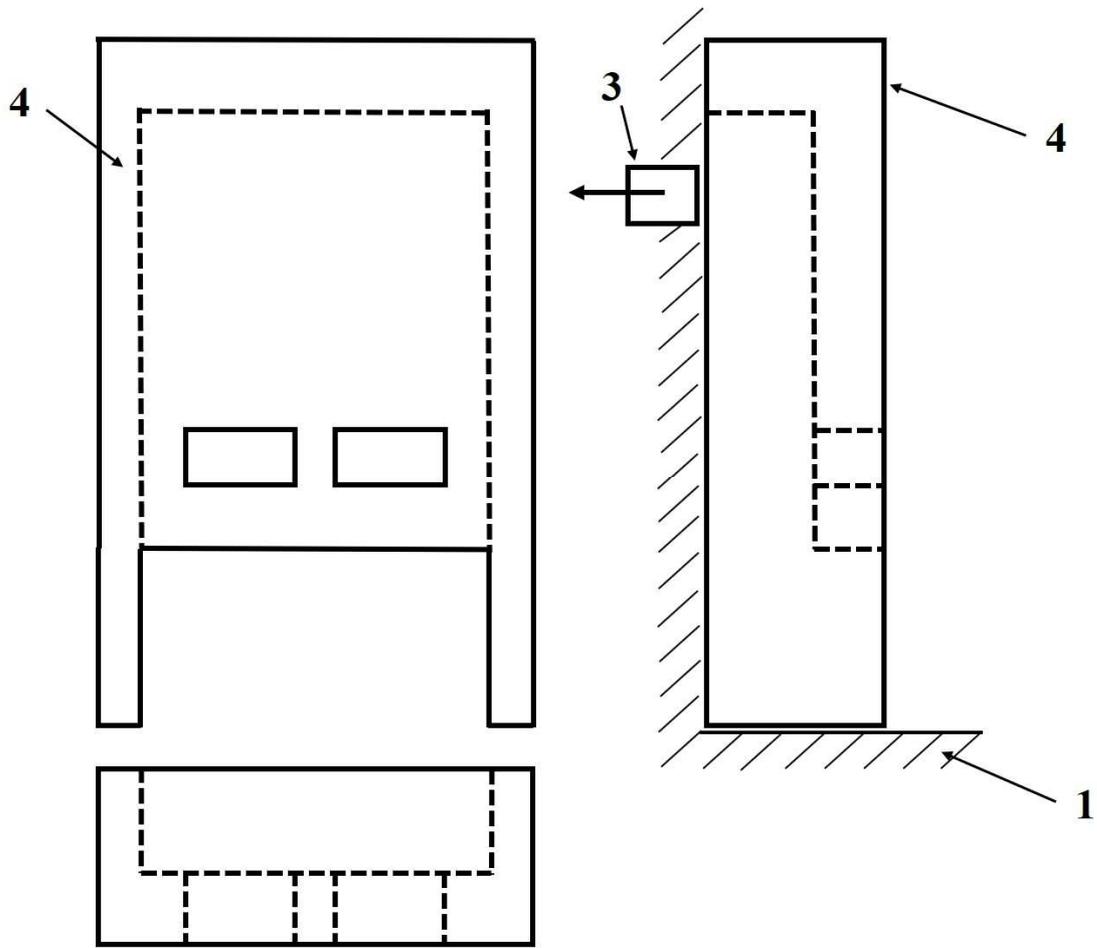


Figura 3