

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 111**

51 Int. Cl.:
C21B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06706162 .2**
96 Fecha de presentación: **04.01.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1920075**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.05.2008**

54 Título: **Procedimiento para precalentar aglomerados de hierro**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.05.2012

73 Titular/es:
Saarstahl AG
Bismarckstrasse 57-59
66333 Völklingen, DE

72 Inventor/es:
KARL, Brotzmann

74 Agente/Representante:
Durán Moya, Luis Alfonso

ES 2 380 111 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para precalentar aglomerados de hierro

5 En la producción de acero se utilizan cada vez más aglomerados de hierro, los cuales se obtienen a partir del mineral de hierro a través del denominado proceso de reducción directa. En la actualidad, se trata habitualmente de los denominados pellets o gránulos de hierro de reducción directa (DRI) (también denominado esponja de hierro) y de briquetas HBI o hierro briquetado en caliente. Los pellets de DRI tienen forma cónica y presentan un diámetro de unos 15 mm, las briquetas HBI son alargadas con dimensiones de aproximadamente 30 x 50 x 100 mm.

10 Durante la fundición, los aglomerados presentan, sin embargo, bastantes inconvenientes en comparación con la chatarra. Esto se debe a que, por razones de procedimiento, aproximadamente entre el 5 y el 8 % del hierro está presente en forma de óxido como wustita. Pero también su naturaleza física dificulta la fundición, ya que deja menos espacios vacíos que la chatarra. Por esto se necesitan, por ejemplo, en el horno de arco eléctrico, unos 600 kWh/t de acero para la fundición de los aglomerados frente a los 400 kWh/t de acero que son necesarios para la fundición de la chatarra.

15 Para paliar este inconveniente se cargan, por ejemplo, pellets de DRI directamente del proceso de reducción directa con una temperatura de aproximadamente 650°C en el horno de fundición, pudiendo ahorrar de esta manera unos 170 kWh/t de acero. Naturalmente, esta comunicación directa sólo se puede aplicar cuando la planta de reducción directa y la unidad de fusión se encuentran en el mismo espacio. Las instalaciones para ello resultan muy costosas.

20 Por el documento WO 00/47780 se da a conocer un procedimiento y un aparato para precalentar los pellets de DRI antes de introducirlos en un horno metalúrgico con un gas no oxidante, reductor o carbonizante a altas temperaturas. El objetivo del procedimiento es reducir el tiempo de precalentamiento de los pellets de DRI.

25 Por la patente EP 1 160 337 se da a conocer un procedimiento para precalentar y carbonizar pellets de DRI con los gases procedentes del horno de fundición que destacan por su alta temperatura y su contenido en CO.

30 En "Transactions" (p.11, Vol. 28, 1988) también se ha descrito un procedimiento en el que se precalientan briquetas HBI haciendo pasar los gases de escape del horno a través de un lecho de briquetas HBI amontonadas. Debido a la fuerte oxidación a temperaturas más elevadas, la temperatura de precalentamiento no debería alcanzar los 700°C. La parte de wustita que se indica con el 8% sólo se reduce ligeramente a esta temperatura y provoca una espumación descontrolada de la escoria al introducirla en un baño de hierro que contiene carbono. De la descripción y de los dibujos se desprende además que los gases de escape salen del lecho de briquetas HBI amontonadas a alta temperatura. Como tiempos de precalentamiento efectivos se indican 5-10 minutos.

35 El objetivo de la presente invención consiste en evitar los grandes inconvenientes que presenta la fundición de aglomerados de hierro y mostrar un nuevo camino para aprovechar la naturaleza física de estos aglomerados, que en otras circunstancias resulta desventajosa para un procedimiento de precalentamiento y reducir considerablemente, de esta manera, la energía para la fundición.

40 El objetivo se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1. Los desarrollos ventajosos de este procedimiento están indicados en las reivindicaciones dependientes.

45 La base para la presente invención es el descubrimiento sorprendente de que, en determinadas circunstancias, un gas caliente no pierde su temperatura de forma lineal al pasar por un lecho de aglomerados de hierro, sino que el gas de calentamiento es enfriado prácticamente por completo dentro de una capa delgada. El grosor de esta capa depende del aglomerado de hierro. De esta manera, el grosor de la capa es de aproximadamente 20 hasta 30 cm en el caso de los pellets y de unos 50 cm en el de las briquetas. Durante el proceso de calentamiento, un frente de temperatura se desplaza a través del lecho de material y los gases de calentamiento que salen del mismo se mantienen a baja temperatura hasta poco antes del calentamiento total de toda la carga. Debido a ello, es posible hacer circular un gas inerte para el calentamiento sin enfriamiento adicional. En especial, con una temperatura de entrada de entre unos 800 y 1100°C, la temperatura del gas de calentamiento que sale del lecho de material presenta al inicio del proceso de calentamiento más o menos una temperatura ambiente o un poco más elevada, por ejemplo unos diez grados más. Sólo cuando el frente de temperatura se ha desplazado a través de casi todo el lecho de material, la temperatura del gas de calentamiento que sale del mismo empieza a subir y, hacia el final del proceso de calentamiento, alcanzará aproximadamente 180 hasta 220°C.

50 El efecto, según la invención, sobre la distribución de la temperatura en los lechos de aglomerados se alcanza cuando el flujo medio del gas de calentamiento en circulación es inferior a 6.000 Nm³/hm² en el caso de los pellets de DRI, e inferior a 12.000 Nm³/hm² referido a la superficie libre del lecho de aglomerados en el caso de las briquetas HBI. Preferentemente, el flujo medio de gas se sitúa aproximadamente entre 1.000 y 4.000 Nm³/h y más preferentemente entre aproximadamente 1.500 y 3.000 Nm³/h por 1 m² de superficie libre de los lechos de aglomerados, en el caso de los pellets de DRI, y en el caso de las briquetas HBI entre aproximadamente 2.000 y 7.000 Nm³/h y más preferentemente entre aproximadamente 2.500 y 5.000 Nm³/h por 1 m² de superficie libre del

lecho de aglomerados. Esta medida puede parecer absurda a primera vista. Debido a ello, los tiempos de precalentamiento son tan elevados que se tendrán que utilizar varias unidades de precalentamiento para un crisol, si se ha de precalentar toda la producción. Además, el tiempo de precalentamiento más largo produce correspondientemente pérdidas de calor más altas. Sin embargo, para el proceso de calentamiento existen más ventajas, dado que el gas inerte en circulación no ha de ser enfriado tras salir de los aglomerados a granel a calentar y, por lo tanto, todo el efecto térmico es mucho más grande que si se calentara más rápidamente. Además, los dispositivos para el calentamiento serán más sencillos.

El valor límite indicado para el flujo de gas inerte ha de entenderse como un valor medio a lo largo de todo el período de calentamiento. Durante el calentamiento de pellets de DRI, por ejemplo, el flujo de gas puede ser inferior a 8.000 Nm³/hm² durante la primera mitad del ciclo de calentamiento. En la segunda mitad, el caudal de gas se reducirá de forma continua hasta 1.000 Nm³/hm². Se puede empezar también con 6.000 Nm³/hm², por ejemplo, y reducir el caudal total de forma continua hasta 1.000 Nm³/hm². Al calentar briquetas HBI, el flujo de gas de calentamiento puede estar, por ejemplo, en 14.000 Nm³/hm² durante la primera mitad del ciclo de calentamiento, y durante la segunda mitad se reducirá el caudal de gas de forma continua hasta 2.000 Nm³/hm². Pero también se puede empezar, por ejemplo, con 12.000 Nm³/hm² y reducir luego el caudal de gas de calentamiento de forma continua hasta 2.000 Nm³/hm². La forma de proceder indicada en ambos ejemplos conlleva que la caída de presión en el recipiente de calentamiento se mantiene más o menos constante a lo largo de todo el tiempo de calentamiento.

Para cumplir las condiciones de la invención, la forma geométrica del recipiente de calentamiento ha de ser adaptada adecuadamente. De esta manera, en el recipiente de precalentamiento para el calentamiento de los pellets de DRI la relación entre diámetro interior del recipiente y altura interior del recipiente ha de situarse entre 0,5 y 1,5. De media, el diámetro interior del recipiente ha de tener aproximadamente el mismo tamaño que la altura de la capa del pellet.

En el recipiente de precalentamiento para calentar briquetas HBI la relación entre diámetro y altura del recipiente se situará entre 1 y 3. De media, el diámetro interior debería corresponder más o menos a la mitad del grosor de la capa de aglomerado.

Las condiciones indicadas se aplican a recipientes con una sección circular. Naturalmente, se pueden transferir de forma análoga a cualquier otra forma geométrica.

De acuerdo con la invención, resulta ventajoso que el flujo de calentamiento sea dirigido desde arriba sobre el lecho de material amontonado fluyendo a través del lecho de arriba abajo. Además, resulta ventajoso que con este modo de funcionamiento se disponga un estrechamiento cónico en la parte inferior. Sin embargo, en las condiciones geométricas indicadas anteriormente, estas condiciones no han de tenerse en cuenta para el dispositivo de calentamiento.

Se ha demostrado que, debido al diseño en la zona inferior, se puede conseguir un efecto ventajoso sobre el calentamiento casi totalmente uniforme del material DRI amontonado a granel. Si se reduce el diámetro en la zona inferior a aproximadamente 1/3 de la sección transversal, entonces la última parte del material a granel se calentará mejor, por ejemplo la última parte del material a granel será calentada mejor que con una sección transversal constante.

Se ha mostrado de forma sorprendente que como "gas inerte" se puede hacer circular el aire. Debido al oxígeno en el aire, al principio del proceso de calentamiento se oxida aproximadamente un 0,1% de la cantidad de hierro, que más adelante vuelve a ser reducida. Al cabo de poco tiempo, la cantidad de oxígeno presente en el aire ya está ligada al hierro y el gas que está circulando para el proceso de calentamiento entonces está formado sólo por un gas no oxidante.

La amplia reducción del contenido de wustita es de vital importancia para el precalentamiento de los aglomerados de hierro. Debido a ello, el consumo de energía para la fundición se reduce aproximadamente en un 25%. Pero también la adición de un baño de hierro que contiene carbono, lo que viene siendo una práctica habitual, resultará más fácil porque con ello se evita la espumación de la escoria que se produce a veces.

Sorprendentemente, se ha mostrado que en el procedimiento de la invención la porción de wustita en los aglomerados queda casi totalmente reducida. Parece ser que esto se explica porque nada más empezar la reducción de wustita, el contenido en CO del gas inerte que está circulando aumenta muy rápidamente, debido a lo cual se crean las condiciones óptimas para la reducción de wustita. Este efecto podrá ser incrementado si se cambia la presión del gas de calentamiento a modo de pulsaciones. Para ello son suficiente cambios de presión de hasta 20%.

La reducción, según la invención, del caudal de gas en circulación y el estrechamiento cónico de la sección transversal en la parte inferior del recipiente de calentamiento favorecen la amplia reducción del contenido en wustita del aglomerado, incluso en la parte inferior del recipiente.

Debido a la reducción de wustita se forman cantidades considerables de CO que son quemadas, o bien son recogidas y utilizadas como gas de combustión para el intercambiador de calor, pudiéndose cubrir más o menos la mitad de la necesidad de energía.

- 5 El procedimiento, según la invención, favorece de esta manera por partida doble la importante reducción del contenido en wustita. Una vez por el alto contenido en CO del gas en circulación y otra vez por el tiempo de calentamiento relativamente largo.

10 Se ha mostrado que las condiciones para un calentamiento, según la invención, de la esponja de hierro pueden ser controladas, de forma sencilla, midiendo la temperatura de los gases de escape cuando salen del recipiente de precalentamiento. Si la temperatura del gas de escape sobrepasa los 200°C se reducirá el flujo de gas de calentamiento. En general, las condiciones para un calentamiento óptimo son bien reproducibles. Sin embargo, se necesitan adaptaciones eventuales porque la porción de aglomerados de granulometría más pequeña o también la parte fina puede variar tanto en lo que se refiere a la cantidad, como también en cuanto a su distribución en el
15 recipiente de calentamiento.

La temperatura de precalentamiento del aglomerado oscilará entre 800° C y 1.100°C. Además, resulta ventajoso que el contenido en carbono del aglomerado sea, como mínimo, del 2%. Estas dos condiciones favorecen la total
20 reducción de la parte de wustita.

También forma parte de la naturaleza de la presente invención tratar la superficie de los pellets de tal manera que no se aglutinen por sinterizado a altas temperaturas de precalentamiento. Este tratamiento se conoce por los procesos de reducción directa en el horno de cuba. Los polvos que se echan sobre los pellets consisten en general en MgO, CaO, o sus compuestos. Con este tratamiento se pueden aplicar temperaturas de precalentamiento de hasta
25 1.100°C.

Debido a la aplicación del procedimiento, según la invención, se reduce la necesidad de energía para la fundición de los aglomerados en el horno de arco eléctrico a menos de 200 kWh/t de acero. Debido a la alta temperatura de precalentamiento también se puede tolerar más fácilmente un contenido más elevado en ganga de los minerales metálicos durante el proceso de fusión.
30

En el dibujo que se acompaña se muestra, a título de ejemplo, un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento, según la invención. Consta de un recipiente de calentamiento, un equipo regenerador para calentar el gas inerte, un ventilador y un filtro de tela. El equipo regenerador puede ser un regenerador de material a granel. Pero, en lugar del regenerador, también se puede utilizar un recuperador. El equipo se vuelve más sencillo, pero se reducen la temperatura máxima posible y el grado de acción térmico.
35

El polvo retenido en el filtro de tela es metálico y, por lo tanto, piróforo. Por esto se han de tomar las medidas adecuadas para que el filtro esté siempre lleno de gas inerte. El polvo podrá ser oxidado, sin embargo, de forma sencilla si el gas es enriquecido con un poco de vapor de agua, siendo suficiente una temperatura de saturación de
40 20°C.

Una realización muy ventajosa consiste en la combinación de un regenerador de material a granel modificado para el presente procedimiento. En este caso, se hace funcionar el regenerador con un grosor de capa del material a granel mucho más elevado. Mientras que, habitualmente, el grosor de la capa de material a granel por la que pasa el flujo radialmente es de unos 60 cm, éste se dobla para la aplicación, según la invención. De esta manera, el calor almacenado es suficiente para calentar toda la carga de DRI. De ello resulta también una combinación ventajosa de la presión necesaria para la circulación del gas inerte. Mientras que la caída de presión se reduce continuamente en el regenerador de material a granel, la misma aumenta en el recipiente de precalentamiento. De esta manera, se produce una cierta nivelación de la caída de presión durante el proceso de calentamiento.
45
50

Resulta importante darle una forma al recipiente de calentamiento. A título de ejemplo, se cita el calentamiento de una carga de 50 t de esponja de hierro. Para 50 t de pellets de DRI el recipiente tendrá que tener un volumen interior de unos 30 m³. El recipiente presenta un diámetro interior de 3,3 m y una altura de 4 m para la parte cilíndrica, de los que aproximadamente 3,5 m están llenos de pellets. Encima de los pellets queda un espacio libre a través del que se introduce el gas inerte. El gas caliente fluye a través del relleno de arriba abajo. La parte inferior del recipiente está formada por un cono que se estrecha y en cuya parte inferior se encuentran orificios para el escape del gas inerte enfriado.
55

Para calentar la carga se hace pasar una cantidad de gas inerte de 40.000 Nm³ en total a través de los pellets a calentar. De acuerdo con la invención, se empieza con un flujo de gas inerte de 8.000 Nm³/hm². Si el recipiente de calentamiento presenta un diámetro de 3,3 m, la sección transversal mide 8,6 m² y el caudal de gas es de 68.800 Nm³/h. Transcurridos 10 minutos, se reduce el caudal de gas en un lapso de tiempo de 40 minutos de forma continua hasta llegar a 1.000 Nm³/hm². El tiempo de calentamiento total es de unos 50 minutos. La temperatura del gas de escape al final del ciclo de calefacción se eleva a 180°C. No hace falta enfriar el gas inerte que está en circulación.
60
65

5 El segundo ejemplo que se muestra es el calentamiento de una carga de 50 t de HBI. Para 50 t de HBI el recipiente necesita un volumen interior de aproximadamente 20 m³. El recipiente presenta un diámetro interior de 2 m y una altura de 6 m para la parte cilíndrica, de los cuales unos 5,5 m están llenos de HBI. Por encima del lecho de material queda un espacio libre a través del que se introduce el gas inerte caliente. El gas caliente fluye a través del relleno de arriba abajo. La parte inferior del recipiente está formado por un cono que se estrecha y en cuya parte inferior se encuentran orificios para el escape del gas inerte enfriado.

10 Para calentar la carga se hace pasar una cantidad de gas inerte de 40.000 Nm³ en total a través del lecho de material a calentar. De acuerdo con la invención, se empieza con un flujo de gas inerte de 7.000 Nm³/hm². Si el recipiente de calentamiento presenta un diámetro de 2 m, la sección transversal mide 3,1 m² y el caudal de gas es de 21.700 Nm³/h. Transcurridos 20 minutos, se reduce el caudal de gas en un lapso de tiempo de 2 horas de forma continua hasta llegar a 3.000 Nm³/hm². El tiempo de calentamiento total está en aproximadamente 2,3 horas. La temperatura del gas de escape al final del ciclo de calefacción se eleva a 180°C. No hace falta enfriar el gas inerte que está en circulación.

20 Una vez calentados los pellets pueden ser introducidos en un crisol a través de un cierre de corredera dispuesto en el fondo del recipiente de calentamiento. Pero también puede resultar oportuno conformar el recipiente de tal manera que la forma presente una tolva para la chatarra, siendo la limitación superior una tapa desmontable o abatible. Los aglomerados se vierten entonces, una vez precalentados, del mismo modo que se carga la chatarra, por volteo al crisol.

25 Resulta casi inconcebible un precalentamiento continuo en combinación con un crisol. Para 50 t de pellets que han de ser cargados de forma continua en un período de 20 minutos se tendría que aplicar un flujo de gas de calentamiento de 120.000 Nm³/h, lo cual requeriría equipos regeneradores muy costosos y una alta presión. Para el recipiente de calentamiento esto también significaría condiciones no realizables.

30 La invención se ha descrito en relación con un horno de arco eléctrico como unidad de fusión. Ahí es donde presenta ventajas especiales tal como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, no está limitada a esta combinación. Se puede aplicar en combinación con cualquier unidad de fusión. La unidad de fusión también puede ser, por ejemplo, un cambiador. Debido al precalentamiento del DRI es posible aumentar considerablemente la adición del mismo. Resulta muy ventajoso utilizar el procedimiento junto con un cambiador con ventilador de suelo y post-combustión de aire caliente de los gases de reacción. Con un contenido en carbono de aproximadamente el 4% en los pellets, aplicando el procedimiento, según la invención, se puede fabricar acero líquido en un cambiador de este tipo sin más suministro de energía y sin hierro crudo líquido.

40 El procedimiento, según la invención, no está limitado al calentamiento de los mencionados aglomerados de hierro. Las aleaciones ferrosas presentan a menudo un tamaño similar que las briquetas HBI, pero con una variación mucho mayor en cuanto al tamaño de las piezas. Estas sustancias también se dejan calentar en un dispositivo, de acuerdo con la presente invención. Cuando la porción de piezas más pequeñas es mayor, resulta ventajoso trabajar en el límite inferior de las zonas de la invención, es decir que la relación entre diámetro y altura del recipiente de calentamiento debería ser entonces de aproximadamente 1 y el caudal de gas debería quedar por debajo de 5.000 Nm³/hm². En función del espectro del grano, los valores óptimos han de ser detectados a través de la experimentación. Esta enseñanza de la invención conlleva un ahorro considerable de energía para la fundición y el correspondiente aumento de la productividad.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para precalentar aglomerados de hierro mediante un flujo de gas caliente, que comprende las siguientes etapas:
- 5 disposición de los aglomerados de hierro en un lecho de aglomerados de hierro;
- calentamiento del gas a la temperatura de precalentamiento en un cambiador de calor, y
- 10 conducción del gas caliente a través del lecho de aglomerados de hierro en el que el flujo de gas es de tal manera que la caída de temperatura del gas caliente se lleva a cabo a través de una capa relativamente delgada en dicho lecho, de manera que en el transcurso del calentamiento un frente de temperatura se desplaza a través del lecho de material amontonado, que para el precalentamiento de los pellets de DRI el valor medio del flujo de gas de calentamiento esté por debajo de los 6.000 Nm³/hm² y que para el precalentamiento de briquetas HBI el valor medio
- 15 del flujo de gas de calentamiento esté situado debajo de los 12.000 Nm³/hm².
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, que además presenta la etapa de la reutilización del gas que sale del lecho de aglomerados de hierro siendo el mismo nuevamente calentado y conducido otra vez a través del lecho de aglomerados de hierro.
- 20 3. Procedimiento, según la reivindicación 1 ó 2, en el que un gas caliente en circulación fluye a través del lecho de aglomerados de hierro, transmitiendo este gas ampliamente su energía térmica a los aglomerados y siendo el mismo calentado otra vez a la temperatura de precalentamiento en un intercambiador de calor.
- 25 4. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que a lo largo de todo el tiempo de calentamiento, el valor medio del caudal de gas de calentamiento es inferior a 4.000 Nm³/h multiplicado por el diámetro de los aglomerados medidos en cm y referidos a 1 m² de superficie del lecho de aglomerados.
- 30 5. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 4, dar el caso de calentamiento es conducido al lecho de aglomerados a través de un espacio libre desde arriba.
6. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los aglomerados de hierro con un contenido en carbono del 2-5% son calentados por un gas inerte de calentamiento con una temperatura de entre 800°C y 1.100°C.
- 35 7. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la presión del gas de calentamiento se cambia a modo de pulsaciones.
8. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la presión se varía hasta un 20% referido a la presión media.
- 40 9. Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el caudal del gas se controla mediante la temperatura de los gases de escape.
- 45 10. Procedimiento para el precalentamiento, según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque al precalentar pellets de DRI la relación entre altura y sección transversal del lecho de DRI se ajusta entre 0,5 y 1,5.
- 50 11. Procedimiento para el precalentamiento, según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque al precalentar briquetas HBI la relación entre altura y sección transversal del lecho de briquetas HBI se ajusta entre 1 y 3.
12. Procedimiento para el precalentamiento, según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la salida del gas de calentamiento en circulación se lleva a cabo a través de una tubuladura cónica en la que la sección transversal se reduce, como mínimo, a 1/3 de la sección transversal del recipiente de calentamiento.
- 55

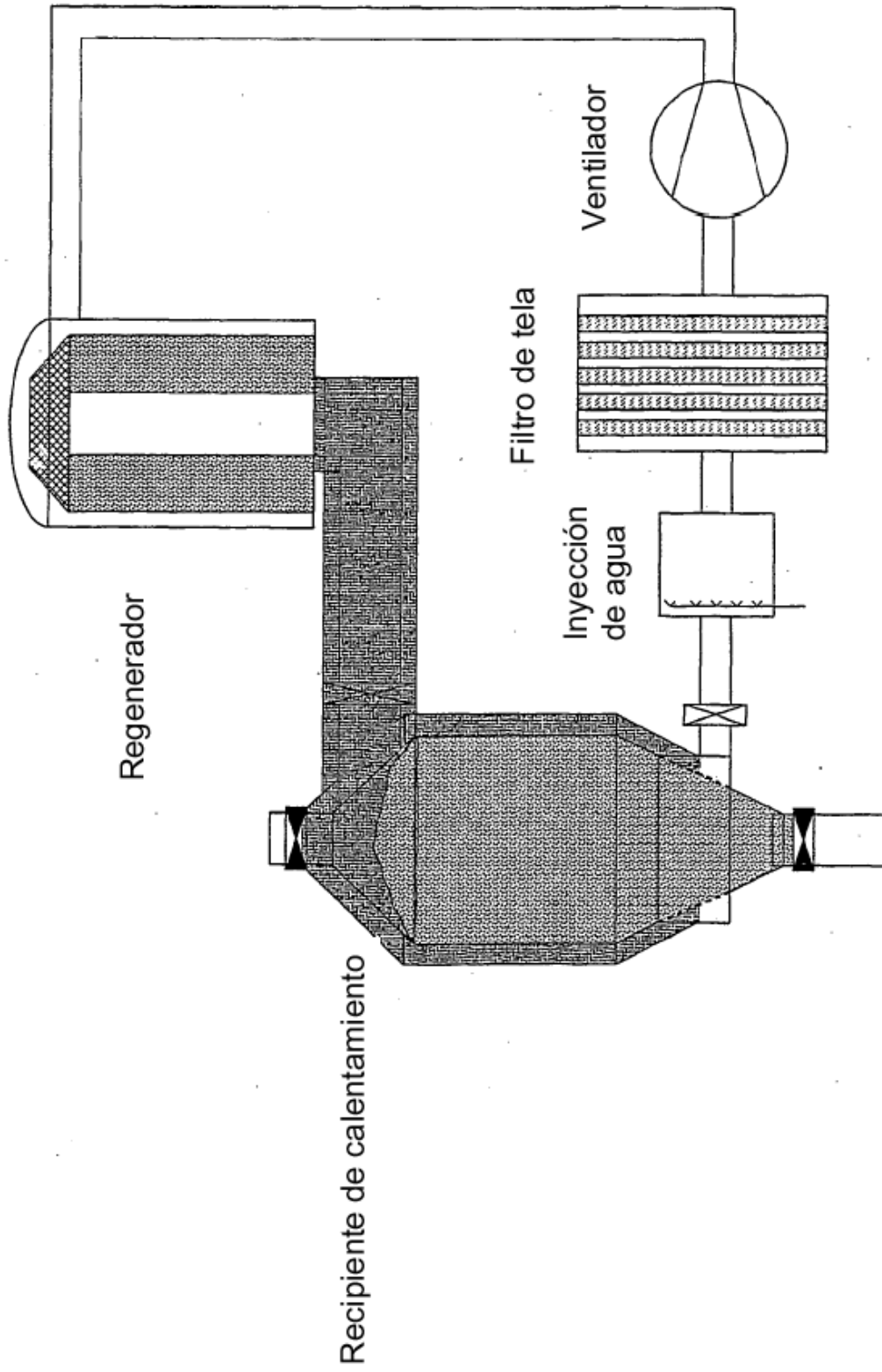


Figura 1