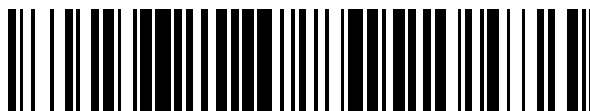


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 090**

51 Int. Cl.:
D21C 11/12 (2006.01)
F23L 9/00 (2006.01)
F23G 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05799501 .1**
96 Fecha de presentación: **14.10.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1828473**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2007**

54 Título: **Sistema de aire de combustión para calderas de recuperación, que queman licores residuales de procesos de formación de pasta de madera**

30 Prioridad:
14.10.2004 US 618180 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.10.2012

73 Titular/es:
**ANDRITZ OY
TAMMASAARENKATU 1
00180 HELSINKI, FI**

72 Inventor/es:
**SAVIHARJU, Kari;
SIMONEN, Jorma;
PAJU, Raimo;
SAVOLAINEN, Jukka y
VIHAVAINEN, Esa**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 388 090 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

Sistema de aire de combustión para calderas de recuperación, que queman licores residuales de procesos de formación de pasta de madera.

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a una disposición para suministrar aire en forma de chorro de aire al horno de una caldera de recuperación. El horno tiene una pared delantera, una pared trasera y unas paredes laterales. En estas paredes hay dispuestos unos dispositivos de pulverización de licor negro a uno o varios niveles. Una pluralidad de bocas de aire está situada a varios niveles horizontales en dichas paredes para introducir aire dentro del horno desde una fuente de aire. Específicamente, la invención se refiere a una disposición para organizar los flujos de aire
10 secundarios por debajo de los dispositivos de pulverización de licor negro.

Antecedentes de la invención

Un suministro óptimo de aire de combustión en el fondo del horno de una caldera de recuperación de licor negro juega un papel considerable en el control de un proceso de combustión en la caldera.

- 15 Dado que las reacciones químicas en la caldera de recuperación de kraft son muy rápidas, la velocidad del proceso se vuelve sustancialmente dependiente del mezclado de aire de combustión y licor negro. Este paso de mezclado determina la tasa de combustión y también tiene un efecto sobre la eficiencia del proceso. Típicamente el aire y el licor negro se introducen dentro de la caldera a través de unas bocas individuales, y es particularmente importante que el suministro de aire efectúe un mezclado rápido en la caldera sin generar grandes diferencias en el perfil de flujo ascendente. La "elevación" a alta velocidad en el centro del horno es especialmente dañina dado que resulta en
20 un arrastre de las gotas de licor pulverizado. La simetría de combustión debe ser controlada a través de todo el área de sección transversal de la caldera y el suministro de aire debe ser ajustado cuando sea requerido.

- El licor negro es generalmente introducido en la forma de gotas considerablemente grandes dentro de una caldera de recuperación de kraft para facilitar el flujo descendente de las gotas, y para evitar que fluyan, sin reaccionar (como vapor fino), hacia arriba junto con los gases de flujo ascendente hasta la parte superior de la caldera. El gran
25 tamaño de las gotas, que resulta en que las gotas se separen adicionalmente entre sí más de lo que lo harían en una pulverización fina de licor negro, significa que un mezclado apropiado es aún más importante en una caldera de recuperación. La pirólisis de los sólidos de licor negro produce carbón así como gases combustibles. El carbón cae a el fondo del horno y forma un lecho de carbón, que debe ser quemado.

- Una cantidad estequiométrica de aire, relativa a la cantidad de licor negro, se introduce dentro de la caldera de recuperación y, adicionalmente, se suministra una cantidad excedente de aire para asegurar la combustión completa. Demasiado exceso de aire, sin embargo, causa una pérdida en la eficiencia de la caldera y un aumento en los
30 costes. El aire se introduce usualmente dentro de la caldera a tres niveles diferentes: aire primario en el fondo del horno, aire secundario por encima del nivel de aire primario pero por debajo de las boquillas de licor, y aire terciario por encima de las boquillas de licor para asegurar una completa combustión. Usualmente se introduce aire a través de varias bocas de aire situadas en las cuatro paredes del horno, o únicamente en dos paredes opuestas del horno.
35

- El aire primario típicamente supone el 20-35% del aire total suministrado dentro del horno, dependiendo del contenido en licor y sólidos secos del licor. La función del aire primario es evitar que el lecho de carbón se eleve hacia las bocas de aire del horno. El aire secundario típicamente supone el 35-60% del aire total, y el aire terciario, que puede estar distribuido a varios niveles en la dirección vertical, típicamente supone el 10-40% del aire total.
40 Pueden disponerse más de tres niveles de aire para introducir aire dentro del horno en la caldera.

- El mezclado del licor negro y el aire es difícil debido al flujo ascendente de gas, que se forma en la parte central de la caldera, a través del cual es difícil penetrar para el débil flujo de aire secundario. Más específicamente, los flujos de aire primario, suministrados desde los lados en el fondo de la caldera, colisionan entre sí en la parte central de la caldera y forman, con el patrón de flujo de aire secundario, en la parte central de la caldera, un flujo de aire que fluye
45 muy rápidamente hacia arriba, captando gases de combustión y otros gases o material de polvo incompletamente quemados de el fondo del horno. Este flujo de gas, también denominado "elevación de gotas", también capta partículas de licor negro que fluyen contra corriente hacia abajo y las transporta hasta la parte superior de la caldera, en donde se adhieren a las superficies de calor de la caldera, causando así incrustaciones y atascos. En la parte central de la caldera, la velocidad del gas que fluye hacia arriba puede llegar a ser cuatro veces superior a la
50 velocidad media de los gases como resultado de un mezclado incompleto o débil. Por lo tanto, en la parte central de la caldera se forma una zona de flujo rápido, y esto hace que el mezclado de los gases de combustión de los lados del flujo sea muy difícil de conseguir.

La "elevación de gotas" mencionada anteriormente resulta en una situación tal que el/los aire/s terciario/s tiene/n que

quemar no sólo los gases inquemados de combustión (CO, H₂S, NH₃, etc.) sino también el carbón inquemado de las gotas. Dado que la tasa de combustión del carbón es mucho más lenta que la de los gases inquemados, tiene que utilizarse una cantidad mayor de exceso de oxígeno para asegurar una combustión completa. Entonces el gas de combustión que abandona el horno contiene mayores cantidades de CO y H₂S residuales y la utilización del horno es menos efectiva de lo que sería posible.

Las disposiciones actuales de aire secundario también están caracterizadas por al menos un nivel secundario de aire en el que unas bocas secundarias de aire están situadas cercanas entre sí en una dirección horizontal. Esto lleva a patrones de mezclado en los que los gases del horno circulan en dirección vertical, con la anteriormente mencionada "elevación", es decir fluyen hacia las paredes y luego giran hacia arriba (o abajo) y siguen la dirección principal del gas de combustión.

Otra variación del diseño de aire secundario es la utilización de chorros parcialmente entrecruzados (p. ej. las Patentes Estadounidenses 5.121.700, 5.305.698), en la cual un chorro grande está opuesto a un chorro pequeño. Los chorros grandes y pequeños son alternados entre las dos paredes opuestas utilizadas.

La Patente Estadounidense 5.724.895 da a conocer una disposición para suministrar aire de combustión. En este sistema, puede conseguirse un patrón de flujo más favorable en los hornos reemplazando el mezclado vertical por el mezclado horizontal, con el que puede evitarse un canal de "elevación" con un fuerte flujo central. Este mezclado horizontal se aplica a todo el horno. El mezclado horizontal se mejora disponiendo unas bocas adicionales de entrada, p. ej., en más de seis elevaciones diferentes en un patrón de filas verticalmente separadas por encima de los niveles de aire más bajos.

En el procedimiento de la Patente Estadounidense 5.454.908 se introduce una porción de aire de combustión dentro de una caldera de recuperación a una distancia por encima de la entrada de licor negro para proporcionar una atmósfera de reducción con un tiempo de residencia de al menos tres segundos entre la entrada de licor negro y la introducción de dicha porción de aire de combustión. Un problema de la disposición descrita es un área de combustión vertical elevada, que en casos extremos alcanza la nariz del horno. Dado que esta área de combustión tiene una atmósfera de reducción, al menos localmente, tienen que utilizarse en el horno materiales más costosos y en una posición más elevada de lo que sería necesario si la combustión se produjera a una altura menor del horno. Otras desventajas de los sistemas de aire, en los que la combustión se produce en un punto elevado del horno, incluyen una elevada temperatura de salida del horno que resulta en unas grandes superficies de transferencia por convección de calor en la caldera, una temperatura más baja en el fondo del horno, y un diseño más costoso. La temperatura más baja en el fondo del horno no permite una elevada concentración de sulfuro sódico sin emisiones de SO₂ como permite un sistema de combustión con una temperatura más elevada de el fondo del horno.

El documento WO 02/081971 da a conocer una disposición para suministrar un aire secundario en forma de chorro de aire al horno de una caldera de recuperación. El horno tiene una pared delantera, una pared trasera y unas paredes laterales, unos dispositivos de pulverización de licor negro dispuestos en dichas paredes a un nivel y una pluralidad de bocas de aire situada a varios niveles horizontales en dichas paredes para introducir aire dentro del horno desde una fuente de aire. La disposición comprende dos niveles horizontales de aire a diferentes elevaciones, cuyos niveles de aire están dispuestos por encima del nivel o niveles de aire inferiores y por debajo del nivel o niveles de pulverización de licor negro. Se suministra aire desde dos paredes opuestas a dos niveles y las bocas de aire están situadas de manera que los chorros de aire sean introducidos según un patrón entrelazado. Los chorros de aire de dichos al menos dos niveles de aire están situados sustancialmente uno por encima del otro en filas sustancialmente verticales.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un sistema mejorado de suministro de aire de combustión a un horno de una caldera de recuperación. Se proporciona un suministro de aire de combustión secundario en el que se evitan eficazmente los flujos de gas ascendentes ya sean locales y/o centrales con una velocidad elevada en comparación con la velocidad media del gas ascendente. Otra característica de la invención es que permite una penetración constante de aire de combustión dentro de la caldera a distintos niveles de carga. Una característica adicional de la invención es que produce un mejor mezclado del licor negro y el aire de combustión en el horno. Adicionalmente, un chorro de aire proyectado desde una pared hacia la pared opuesta puede contribuir a la formación de depósitos de licor negro en una pared del horno, y de acuerdo con una característica adicional de la invención se evita el lanzamiento de gotas de licor negro hacia las paredes del horno. La disposición mejorada de suministro de aire de esta invención también está diseñada para reducir la cantidad de emisiones dañinas del horno de la caldera. En conexión con la presente invención, el aire puede ser otro gas que contenga oxígeno, tal como un gas de combustión.

La presente invención puede ser realizada en una caldera de recuperación con un horno que comprenda:

una primera elevación de bocas de aire secundario dispuestas en unas paredes opuestas de dicho horno;

una segunda elevación de bocas de aire secundario en dichas paredes opuestas, y

en la cual dichas primera y segunda elevaciones horizontales de bocas de aire secundario están situadas más abajo en dichas paredes que la elevación de pulverización horizontal de licor negro y están situadas verticalmente por encima de las bocas de aire primario, y

las bocas de aire secundario en cada una de dichas primera y segunda elevaciones horizontales en dichas paredes opuestas comprenden unas bocas de aire para cada elevación horizontal que proyectan un patrón de chorros de aire grandes dentro del horno desde dichas paredes opuestas en la cual los chorros de aire grandes de dichas primera y segunda elevaciones horizontales están situados sustancialmente uno encima del otro en unas columnas sustancialmente verticales de bocas de aire y el patrón de chorros de aire grandes es un patrón entrelazado, y dichas bocas de aire secundario comprenden adicionalmente una pluralidad de bocas de aire secundario que proyectan unos chorros de aire más pequeños dentro del horno, en la cual la elevación con los chorros de aire más pequeños consiste en la elevación inferior que comprende la alternancia de chorros grandes y chorros más pequeños.

De acuerdo con una realización de la invención, el aire secundario en dos niveles de aire se introduce únicamente desde las dos paredes opuestas, preferiblemente desde las paredes delantera y trasera. Preferiblemente, no se suministra sustancialmente aire secundario desde las dos paredes restantes, es decir, las paredes laterales. Preferiblemente, se introduce el aire según un patrón entrelazado. El patrón entrelazado de chorros de aire puede lograrse disponiendo las bocas en el mismo nivel de elevación de manera que en una pared haya un número impar de bocas y en la pared opuesta del horno haya un número par de bocas, o para que haya un número igual de chorros de aire en las paredes opuestas de manera que un flujo de aire que entra desde una boca de aire situada en la primera pared esté dirigido entre las dos bocas de aire adyacentes de la pared opuesta. Correspondientemente, los chorros de aire provenientes de la pared opuesta están dirigidos de manera sustancialmente directa en un plano horizontal hacia la primera pared. Los chorros de aire provenientes de las paredes opuestas se circunvalan entre sí sin chocar realmente entre sí.

Por lo tanto, en los dos niveles secundarios, la disposición lateral de los chorros en un nivel lateral puede ser simétrica. En la pared con un número impar de chorros de aire, p. ej. tres, el chorro de aire medio está situado sustancialmente en la línea central de la pared, y los otros chorros están situados dentro de una distancia igual a ambos lados del chorro medio. En la pared opuesta con un número par de chorros, dos en este ejemplo, los chorros están situados lateralmente a medio camino entre los chorros de la pared opuesta. Por lo tanto, la disposición de los chorros es simétrica en relación con el plano vertical paralelo de las paredes restantes (es decir, las paredes sin chorros de aire secundarios) y pasa a través de las líneas centrales de las paredes que tienen los chorros de aire secundarios.

La presente invención emplea los siguientes principios para evitar fuertes flujos verticales de gas, pero también para obtener un mezclado efectivo en el horno entre el aire de combustión y las gotas de licor inquemadas/en combustión:

- fuertes chorros de aire secundarios (fuertes chorros de aire por debajo de los dispositivos de pulverización de licor negro);
- disponer estos chorros de manera que no choquen entre sí, lo que genera fácilmente unos fuertes chorros de flujo ascendente y un perfil de flujo ascendente no deseado para los gases del horno. En su lugar, deberán generarse unos fuertes flujos cortantes para obtener un buen mezclado;
- minimizar la succión de gases en la dirección vertical hacia estos chorros situados por encima de los dispositivos de pulverización de licor dado que esto aumenta el flujo ascendente de gas;
- evitar que las gotas de licor negro sean lanzadas hacia las paredes del horno;
- minimizar la succión de las gotas de licor de los pulverizadores de licor hacia los chorros de aire terciario;
- cubrir la/s etapa/s de aire terciario con varios chorros, que cubran la sección transversal del horno uniforme y correctamente para evitar la formación de chorros verticales que pudieran impactar en el área de combustión final, por lo que la combustión final de los gases inquemados podría no tener lugar. Además, en este caso los chorros no deberían chocar entre sí sino generar unos fuertes flujos cortantes y un buen mezclado.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, existe una distancia V , en la dirección vertical entre los niveles horizontales de aire, medida desde las líneas centrales laterales de las bocas de aire de los niveles de aire. Esta distancia V cumple la siguiente fórmula: $V/L \leq 0,5$, en donde L es la distancia entre las bocas de aire

adyacentes en el mismo nivel de aire, medida desde las líneas centrales longitudinales de las bocas de aire adyacentes. Preferiblemente, V/L es de 0,25-0,5. Típicamente, la distancia vertical V es de 1-2 metros.

Preferiblemente, las bocas de aire situadas una encima de otra están posicionadas en una fila vertical de manera que estén situadas en la misma línea recta vertical. La invención cubre también una realización en la que las bocas de aire se desvían lateralmente de manera que exista una distancia transversal D entre las bocas de aire situadas una encima de otra. La distancia transversal es una distancia entre las líneas centrales longitudinales de las bocas de aire situadas una encima de otra. D es menor de $1,5 \times H$ o menor de $1,5 \times W$ dependiendo de qué número sea mayor. H es la altura de la boca de aire más elevada y W es la anchura de la boca de aire más ancha.

De acuerdo con una realización de la invención sólo hay un nivel de aire por debajo de los niveles de aire secundario. De acuerdo con otra realización, el número de los niveles de aire más bajos situados por debajo de los niveles de aire secundarios es dos. Los chorros de aire del nivel de aire más elevado en la dirección vertical por debajo de los dos niveles de aire secundario están dispuestos según un patrón entrelazado en dos paredes opuestas, preferiblemente en las paredes delantera y trasera, de manera que el número de chorros de aire supere en uno al número de chorros de aire de los dos niveles de aire secundario en la misma pared. Por ejemplo, si el nivel de aire secundario tiene un chorro de aire en la pared delantera y los dos chorros en la pared trasera, el nivel de aire inferior mencionado anteriormente tendrá dos chorros de aire en la pared delantera y tres chorros en la pared trasera. Sin embargo, la velocidad del aire es menor en este nivel de aire inferior. En este nivel de aire que, por lo tanto, está situado por encima del nivel de aire más inferior y por debajo de los dos niveles de aire secundario, y que puede ser denominado nivel de aire secundario bajo o primario alto, los chorros de aire están dispuestos también en las paredes opuestas restantes, es decir, preferiblemente en las paredes laterales. Los chorros de aire de las paredes laterales son más pequeños que los chorros de aire de las paredes delantera y trasera.

Sumario de los dibujos

La invención será descrita en mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales

La FIG. 1 ilustra una vista esquemática en sección transversal de una caldera de recuperación,

La FIG. 2 ilustra una vista lateral del horno inferior de una caldera de recuperación con una disposición de bocas de aire de acuerdo con una realización de la invención, y

La FIG. 3 ilustra una vista en planta del horno inferior de una caldera de recuperación con una disposición de chorros de aire de acuerdo con una realización de la invención.

La FIG. 4 ilustra una vista en planta del interior de los quemadores de recuperación en un nivel horizontal inferior de bocas de aire secundario.

La FIG. 5 ilustra una vista en planta del interior de la caldera de recuperación en un nivel superior de bocas de aire secundario.

La FIG. 6 ilustra una vista lateral que muestra las disposiciones de las bocas de aire secundario superiores e inferiores ilustradas en las Figuras 4 y 5.

Descripción detallada de una realización de la invención

La FIGURA 1 ilustra una caldera de recuperación convencional. La caldera 1 comprende un horno 2 provisto de un fondo, unas paredes 4 de la caldera, y un sobrecalentador 5. En el proceso de combustión, se forma un lecho de licor negro seco y parcialmente quemado en el fondo del horno. Los productos químicos fundidos fluyen a través del lecho poroso hasta el fondo del horno, desde donde son transferidos como un rebose por unos vertederos de material fundido hasta un tanque 7 de disolución. El licor negro se introduce en el horno a través de unas aberturas en la zona 8. El aire se introduce desde tres niveles diferentes: las bocas 9 de aire primario, las bocas 10 de aire secundario y las bocas 11 de aire terciario.

Tal como es sabido, el horno de una caldera de recuperación tiene una pared delantera, una pared trasera y unas paredes laterales. Unos dispositivos de pulverización de licor negro están dispuestos en estas paredes a uno o varios niveles. Una pluralidad de bocas de aire está situada a varios niveles horizontales en dichas paredes para introducir aire dentro del horno desde una fuente de suministro de aire.

Las bocas de aire del horno para suministrar aire secundario están dispuestas de manera específica. En conexión con esta invención, el término "aire secundario" se utiliza para referirse al aire que es introducido entre el nivel inferior de aire, es decir, el nivel de aire primario, y el nivel o niveles de pulverización de licor negro. En la disposición de la invención el aire secundario se suministra como chorros entrelazados de aire proyectados desde unas paredes opuestas a al menos dos niveles, preferiblemente a dos niveles.

Cada nivel de aire secundario tiene un número par de bocas para chorros en una pared opuesta y un número impar de bocas para chorros en la otra pared opuesta, tal como se muestra en la FIG. 3. Según este patrón entrelazado, un flujo de aire proveniente de una boca de aire situada en una pared con un número par de bocas de aire es dirigido entre dos bocas de aire adyacentes de la pared opuesta que tiene un número impar de bocas de aire. Los flujos de aire provenientes de las paredes opuestas se circunvalan entre sí sin chocar realmente entre sí. Las bocas de aire de los diferentes niveles de aire están situadas en las mismas paredes, p. ej., en las paredes delantera y trasera.

La FIG. 2 es una vista lateral esquemática de una porción inferior de una pared 12 de la caldera 1, tal como una pared trasera que es opuesta a una pared delantera 14 (véase la FIG. 3). La pared 12 muestra las bocas 10 de aire para el aire secundario. Las bocas de aire para el aire primario están situadas por debajo de las bocas 10 de aire, pero no se muestran en la FIGURA 2. La sección de pared mostrada en la FIGURA 2 está situada por debajo de las boquillas de inyección de licor negro y por encima de las bocas 9 de aire primario. Los bordes laterales 13 de la pared hacen contacto con otras paredes laterales 4 del horno. Las bocas 10 de aire secundario mostradas en la FIGURA 2 también pueden estar dispuestas en una pared opuesta 14 del horno (tal como se muestra en la FIG. 3) y también pueden estar dispuestas en más de dos paredes del horno. Las bocas 10 de aire secundario son alimentadas con aire secundario por una fuente de suministro 18 de aire, que proporciona aire para la combustión desde el aire atmosférico, recirculando gases de combustión recuperados de la caldera, y/o desde una fuente de gases olorosos procedentes de otros procesos de la planta.

Las bocas de aire secundario están dispuestas en una primera fila a un primer nivel horizontal 15 y una segunda fila a un segundo nivel horizontal 16. Las bocas 10 de aire secundario están alineadas en los niveles de elevación una encima de la otra. Las bocas de aire de cada nivel 15, 16 están situadas en filas de manera que haya una distancia transversal L en una dirección horizontal entre las bocas 10 de aire secundario del mismo nivel. Adicionalmente, las bocas de aire secundario pueden o no estar alineadas verticalmente entre las dos filas 16, 15. Tal como se muestra en la FIGURA 2, las bocas de aire de una primera elevación 15 están decaladas con respecto a sus bocas verticalmente adyacentes de la segunda elevación 16 por una distancia de decalaje horizontal D_x . La distancia D_x es una distancia de decalaje entre las líneas centrales longitudinales de dos bocas de aire verticalmente adyacentes. Esta distancia D_x es cero en las bocas de aire que están alineadas verticalmente entre las dos filas.

En la FIGURA 2, D_1 es una distancia entre las líneas centrales longitudinales a y b, que corresponden respectivamente a las bocas 10 de aire secundario verticalmente adyacentes una encima de la otra. Similarmente, D_2 y D_3 son las distancias entre las líneas centrales de las otras parejas de bocas de aire secundario verticalmente adyacentes. D_1 es generalmente menor de $1,5 \times H$ o menor de $1,5 \times W$ dependiendo de qué número sea mayor. H es la altura de la boca 10 de aire secundario más elevada y W es la anchura de la boca de aire más ancha de cada pareja de bocas de aire verticalmente adyacentes. Preferiblemente la distancia transversal (D_x) es menor de $1,0 \times H$ o menor de $1,0 \times W$, según cuál sea mayor. Típicamente la distancia transversal D_x entre las dos bocas de aire verticalmente adyacentes está en el rango de 0,075 a 0,16 metros. Debido a la circulación de agua por los tubos de refrigeración que forman las paredes 4, 12, 14 del horno, puede resultar ventajoso mantener la distancia transversal (D_x) entre las bocas de aire verticalmente adyacentes dentro de los rangos mencionados en el presente documento.

Adicionalmente, los dos niveles 15, 16 de aire secundario están situados de manera que haya una distancia vertical (V) entre los niveles 15, 16 de aire secundario. La distancia vertical V se mide como una distancia en una separación vertical entre las líneas centrales laterales (d, e en la Fig. 2) de las filas de las bocas 15, 16 de aire secundario. Esta distancia V deberá preferiblemente cumplir la siguiente fórmula: $V/L \leq 0,5$, en donde L es la distancia entre dos bocas de aire adyacentes de la misma fila 15, 16, medida desde las líneas centrales longitudinales de las bocas de aire adyacentes. Típicamente, V/L es 0,05-0,5, y preferiblemente 0,25-0,5. Típicamente, la distancia vertical V es 1-2 metros.

El valor de la distancia L entre las bocas de aire secundario de la misma fila depende de, por ejemplo, el número de bocas de aire secundario de esa fila en la pared del horno. Puede haber un número par de bocas en una fila de una pared y un número impar de bocas en la misma fila de la pared opuesta. Cuando hay un número par de bocas en una fila de una pared y un número impar de bocas en la fila opuesta de la pared opuesta, el valor de L utilizado en la fórmula anterior puede ser el valor mínimo de L en las dos filas opuestas.

Preferiblemente, la forma de las bocas 10 de aire secundario está cercana a una forma de hexaedro para minimizar el área de aletas no refrigeradas. Las bocas de aire tienen un área (A) y una anchura W. Preferiblemente la relación entre el área (A) de las bocas y el cuadrado de la anchura (W) es mayor de 4, cuya relación puede expresarse como $A/W^2 \geq 4$, pero esta relación también puede ser mayor de 4. Por ejemplo, la relación de A/W^2 puede variar de 5 a 10. Una característica de la invención es que cada boca de aire está más cercana a la boca de aire situada por encima de la misma que a una boca de aire adyacente en el mismo nivel. En el caso extremo de que la distancia vertical V sea cercana a 0, dos bocas de aire situadas una encima de otra deberán ser reemplazadas por una boca de aire que sea muy alta y estrecha. Típicamente, el nivel de la boca de aire primario más inferior está situado entre 0,7 y 1,0 metros aproximadamente del suelo del horno (desde el nivel del material fundido). La distancia entre el nivel primario

y los niveles secundarios 15, 16 más inferiores, que únicamente tienen chorros de aire en las dos paredes, es de 0,8-1,5 metros aproximadamente, en cuyo caso el nivel secundario 15 más inferior es de 1,5-2,5 metros aproximadamente desde el suelo del horno (desde el material fundido).

5 Las bocas de aire del mismo nivel de aire secundario no tienen por qué estar situadas exactamente en la misma elevación en las paredes opuestas. Esto significa que los chorros de aire en las paredes opuestas en el mismo nivel de aire no están situados en el mismo plano horizontal. Sin embargo, la diferencia entre las elevaciones de las bocas de aire del mismo nivel en las paredes opuestas es menos del 10% de la profundidad del horno.

10 De acuerdo con una realización preferida, los chorros de aire de los niveles de aire secundario están situados en las paredes delantera y trasera del horno, pero la disposición de la invención puede ser aplicada también a las paredes laterales del horno.

El número de chorros en los niveles de aire secundario está caracterizado por los siguientes números, dependiendo de la capacidad de combustión de los sólidos secos de licor fermentado de una caldera de recuperación:

cuando la capacidad de la caldera es menor de 500 toneladas métricas de sólidos secos por día (Ds/d): 1 + 2 chorros por nivel de aire secundario (6 chorros juntos en el caso de dos niveles de aire).

15 capacidad de 500 - 1500 toneladas métricas Ds/d: 1 + 2 ó 2 + 3 chorros por nivel.

capacidad de 1500 - 2500 toneladas métricas Ds/d: 2 + 3 ó 3 + 4 chorros por nivel.

capacidad de 2500 - 4000 toneladas métricas Ds/d: 2 + 3, 3 + 4 ó 4 + 5 chorros por nivel.

capacidad mayor de (>) 4000 toneladas métricas Ds/d: 3 + 4, 4 + 5, 5 + 6 ó 6 + 7 chorros por nivel.

20 En donde "1+2 chorros por nivel" significa que una boca de aire que proporciona un chorro de aire está situada en una de las paredes opuestas y dos bocas de chorro están en la otra de las paredes opuestas. La FIGURA 3 muestra una disposición 2 + 3 de chorros de aire en un nivel que proporciona chorros de aire entrelazados.

25 Tal como se muestra en el nivel de boca de aire secundario individual mostrado en la vista superior de la FIGURA 3, las bocas 10 (y por lo tanto los chorros 17 de aire) están dispuestas de tal manera que existe un patrón entrelazado de chorros de aire que se proyectan hacia el centro del horno. En una primera pared, tal como la pared trasera 12, del horno hay tres bocas de aire dispuestas en un nivel de elevación, tal como las bocas de aire secundario que proporcionan los tres chorros mostrados en la FIGURA 3. La pared opuesta, tal como la pared delantera 14, tiene dos bocas 10 de aire. Las bocas de aire en un nivel no están directamente encaradas entre sí en las paredes opuestas. En su lugar, las bocas de aire del mismo nivel de elevación, p. ej., los niveles de aire secundario, pero de paredes opuestas están decalados los unos con respecto a los otros. El decalaje de las bocas de aire opuestas en
30 paredes opuestas promueve un patrón entrelazado de chorros de aire que se proyectan hacia el centro del horno. El patrón entrelazado de chorros de aire puede llevarse a cabo disponiendo las bocas del mismo nivel de manera que en una pared haya un número impar de bocas y en la pared opuesta del horno haya un número par de bocas o para que tengan un número igual de chorros de aire en las paredes opuestas.

35 La velocidad del aire secundario suministrado a través de las bocas de aire dentro del horno es preferiblemente al menos 40 m/s (metros por segundo). Para evitar la formación de chorros verticales que puedan impactar sobre el área de combustión final, en donde se llevaría a cabo la combustión final de los gases inquemados, el número de chorros de aire de cada nivel de aire terciario en la disposición es mayor que el número de los chorros de aire de los niveles de aire secundario. Preferiblemente, la distancia vertical entre el nivel de aire terciario más inferior y el nivel de pulverización de licor negro es más de dos veces superior a la distancia vertical entre cada nivel de aire
40 secundario.

La fuente de suministro 18 de aire de combustión puede estar conectada a un medio para transportar gas de combustión desde la caldera de recuperación para recircular una porción del gas de combustión hacia el horno. El suministro 18 de aire también puede estar conectado a una línea para gases olorosos para introducir los gases dentro del horno.

45 Las FIGURAS 4, 5, y 6 ilustran una disposición alternativa de bocas de aire secundario para una caldera de recuperación. La Figura 4 es una vista en planta del interior de la caldera de recuperación en un nivel horizontal inferior de bocas de aire secundario. La Figura 5 es una vista en planta del interior de la caldera de recuperación en un nivel superior de bocas de aire secundario. La Figura 6 es una vista lateral que muestra las disposiciones de las bocas de aire secundario superior e inferior ilustradas en las Figuras 4 y 5.

50 En la Figura 4, una caldera de recuperación 30 de aire incluye una pared delantera 32 y una pared trasera 34 con unos chorros de aire secundario opuestos. Excepto por las disposiciones de los chorros de aire secundario, la

caldera de recuperación 30 mostrada en las Figuras 4, 5 y 6 es sustancialmente similar a la caldera de recuperación mostrada en las Figuras 1, 2 y 3. Por ejemplo, la forma y el tamaño de las bocas 30 de aire secundario más grandes, mostradas en las Figuras 4, 5 y 6, pueden ser los mismos que en las bocas de aire secundario mostradas en la Figura 2.

5 Tal como se muestra en la Figura 4, el nivel horizontal inferior 36 de bocas de aire secundario comprende la alternancia de unas bocas 38 para chorros grandes y unas bocas 40 para chorros pequeños. Las bocas para chorros grandes proyectan los chorros de aire a través de la anchura de la caldera de recuperación más lejos de lo que lo hacen las bocas 40 para chorros más pequeños. Por ejemplo, las bocas 38 pueden proyectar unas corrientes 44 de chorro grande que se extiendan más allá de la línea media 42 de la anchura de la caldera de recuperación. Por
10 contraste, las corrientes 46 de chorro pequeño de las bocas 40 pueden extenderse hasta sustancialmente menos de la línea media 42.

Las corrientes 44, 46 de aire que entran a través de las bocas de aire secundario entran en el flujo de gases de combustión y gases fluidos que fluyen hacia arriba a través de la caldera de recuperación. A medida que las corrientes de aire secundario entran en la caldera de recuperación, se mezclan con los gases de combustión que
15 fluyen a través de la caldera. Al aumentar la abertura de la boca de aire secundario, las bocas 38 de aire secundario forman unos chorros 44 de aire secundario más grandes y definidos que se extienden relativamente lejos dentro de la caldera de recuperación. Al reducir el área de abertura, las bocas 40 de aire secundario más pequeñas forman unas corrientes 46 de chorro pequeño de aire secundario que no se extienden muy lejos dentro de la caldera de recuperación como corrientes de chorro grande. Las corrientes 46 de pequeño volumen contribuyen a controlar las
20 zonas entre los chorros grandes adyacentes. Evitan que las gotas de licor negro sean lanzadas hacia las paredes del horno. En el nivel inferior 36 los chorros pequeños completan la cobertura del flujo de aire sobre el lecho de carbón para facilitar el control del lecho de carbón. La combinación de corrientes 44, 46 de aire secundario de gran volumen y bajo volumen en múltiples niveles horizontales forma un patrón de flujo de aire secundario que tiene un componente sustancialmente horizontal a un nivel de la caldera por encima de la porción inferior de la caldera en el
25 que se produce la mayor parte de la combustión y por debajo de las bocas 8 de inyección de licor negro. El patrón de aire secundario tiende a evitar la formación de fuertes corrientes de gas ascendentes y por lo tanto minimiza la elevación de las gotas de licor negro.

Las bocas 38 de aire secundario más grandes pueden tener sustancialmente el mismo tamaño y forma que las bocas de aire mostradas en las Figuras 2, 3. Adicionalmente, la alineación vertical de las bocas secundarias 38 más
30 grandes del nivel (elevación) superior 48 y el nivel inferior 36 puede ser sustancialmente la misma que la alineación de las bocas de aire secundario superiores e inferiores mostradas en la Figura 2. Las bocas de aire secundario grandes de cada uno de los dos niveles horizontales están alineadas verticalmente y decaladas con respecto al nivel horizontal. En cada nivel horizontal, las bocas de aire secundario grandes están emparejadas con otra boca secundaria grande de otro nivel. En los niveles horizontales, una boca de aire secundario grande de una pared de la caldera preferiblemente no está encarada directamente con una boca de aire secundario grande de la pared
35 opuesta. Por consiguiente, unas parejas de grandes corrientes 44 de aire secundario verticalmente alineadas de una pared de la caldera forman un patrón entrelazado con unas parejas de grandes corrientes 44 de aire secundario de la pared opuesta de la caldera.

El nivel horizontal 36 inferior está provisto de unas bocas 40 de aire secundario pequeñas que están dispuestas
40 entre las bocas 38 de aire secundario grandes. El nivel inferior 36 de bocas de aire secundario se muestra con un unas bocas de aire secundario con un diámetro grande 38 de boca y un diámetro pequeño 40 de boca alternados. Preferiblemente, las bocas 40 de aire pequeñas están alineadas generalmente opuestas a una boca 38 de aire secundario grande de una pared opuesta de la caldera. Las bocas 40 de aire secundario pequeñas proyectan una corriente 46 de aire secundario que está encarada con una corriente 44 de aire secundario grande de una boca 38
45 de aire secundario grande. El volumen de las corrientes 46 de aire secundario pequeñas puede ser aproximadamente el 25% del volumen de una corriente 44 de aire secundario grande.

En la realización dada a conocer en el presente documento, únicamente el nivel horizontal inferior 36 tiene bocas 40 de aire secundario pequeñas y las bocas más pequeñas están situadas entre cada una de las bocas más grandes. En una realización alternativa, la sección media de las paredes delantera o trasera 32, 34 de la caldera de
50 recuperación, p. ej., el 50% medio de la pared, puede no tener chorros 46 de aire secundario. Dirigir los chorros 46 de aire secundario únicamente cerca de, o sustancialmente en, las esquinas de las calderas da lugar a fuertes flujos de aire secundario en las esquinas. Adicionalmente, la disposición de bocas de aire secundario pequeñas en los niveles superior y/o inferior es una cuestión de diseño.

El flujo de aire de los chorros pequeños 46 es sustancialmente menor en volumen que el flujo de aire de las corrientes 44 de aire secundario grandes. Por ejemplo, los chorros pequeños 46 pueden tener un momento (el producto de multiplicar el flujo de la masa del aire por la velocidad del aire) de flujo de aire de aproximadamente
55 menos del 50%, preferiblemente el 25-40% del momento de flujo de aire de los chorros grandes 44. La diferencia

relativa entre el volumen de flujo de aire de los chorros grandes y de los chorros pequeños puede ser formada seleccionando los tamaños de las aberturas de las bocas 38, 40 de aire secundario pequeñas y/o proporcionando un suministro 48 de aire a las bocas 38 de aire secundario para chorros grandes a una presión sustancialmente mayor que el suministro de aire a las bocas 40 de aire secundario para chorros pequeños. En la realización mostrada en las Figuras 4 y 5, el suministro 48 de aire es común tanto para las bocas de aire secundario pequeñas como grandes. En estas realizaciones, ajustando el tamaño de las bocas 38 y 40 de aire, puede determinarse el volumen de flujo de aire a través de cada boca y por lo tanto el volumen de aire en la corriente 44, 46 de aire secundario para las corrientes de aire secundario pequeñas y grandes. En una realización alternativa, las bocas 38 para chorros grandes tienen un suministro de aire a alta presión y las bocas 40 para chorros pequeños pueden tener un suministro de aire a baja presión, en cuyo caso el tamaño de la abertura de las bocas 38 y 40 puede ser sustancialmente igual.

La Figura 4 muestra una disposición entrelazada de las bocas 38 de aire secundario grandes que genera unas correspondientes corrientes 44 de aire secundario grandes entrelazadas. La adición de las bocas 40 de aire secundario pequeñas proporciona un medio para introducir aire secundario adicional dentro de la caldera, sin interferir sustancialmente con el entrelazado de las bocas grandes. Los chorros pequeños pueden tener un suministro de aire diferente. En una realización la fuente de suministro de aire/gas de las bocas de aire secundario para chorros pequeños está en comunicación fluida con el gas de combustión de la caldera de recuperación para recircular una porción del gas de combustión al horno. En otra realización la fuente de suministro de aire para los chorros de aire secundario pequeños está en comunicación fluida con una fuente de suministro de gases no condensables, p. ej. gases no condensables diluidos, para introducir los gases no condensables al horno. En una realización adicional la fuente de suministro de gas para los chorros de aire secundario pequeños está en comunicación fluida con una fuente de suministro de aire primario o secundario.

El nivel superior de las bocas 48 de aire secundario mostradas en las Figuras 5 y 6 está formado enteramente por corrientes grandes 44 provistas por las bocas 38 de aire secundario grandes. En el nivel superior 48 no hay bocas 40 de aire secundario pequeñas. Los chorros grandes 44 tienen un patrón entrelazado. Las bocas 38 de aire secundario grandes del nivel superior están sustancialmente alineadas verticalmente con las bocas 38 de aire secundario grandes del nivel inferior 36. Sólo puede haber dos bocas 38 de aire secundario grandes alineadas verticalmente entre sí en la disposición de bocas de aire secundario.

El número de bocas 38 de aire secundario grandes se muestra en las Figuras 4 y 5 como un número impar de bocas en un lado de la caldera y un número par de bocas en el otro lado de la caldera. Sin embargo, ambos lados de la caldera pueden tener un número igual de bocas tal como muestran las líneas discontinuas 50, de manera que se forme un patrón entrelazado. El número de bocas 38 de aire secundario grandes y pequeñas de la pared delantera y la pared trasera de la caldera es una cuestión de elección de diseño.

El número de niveles de elevación de las bocas de aire secundario puede ser dos o más. La Figura 6 muestra tres niveles de bocas de aire secundario. Los niveles de bocas de aire secundario están dispuestos verticalmente entre las bocas de aire primario y secundario y por debajo de los inyectores de licor negro. En el nivel horizontal de los inyectores de licor negro no hay bocas de inyección de aire. Por ejemplo, pueden añadirse dos niveles de bocas 36, 48 de aire secundario a una caldera existente que tenga un nivel 52 de elevación existente de bocas 38 de aire secundario. Los nuevos niveles de bocas de aire secundario pueden ser añadidos encima, debajo, entre, o incluir, las elevaciones de bocas de aire secundario existentes.

40

REIVINDICACIONES

- 1.- Un horno de una caldera de recuperación (1), que comprende:
- una pared delantera (14, 32), una pared trasera (12, 34) y unas paredes laterales del horno,
- al menos un dispositivo de pulverización de licor negro dispuesto en, o por encima de, una elevación (8) de pulverización de licor negro en al menos una de dichas paredes (4);
- una pluralidad de bocas (9) de aire primario en al menos una de dichas paredes;
- una primera elevación (15) de bocas (10, 38) de aire secundario dispuestas en unas paredes opuestas de dicho horno;
- una segunda elevación (16) de bocas (10, 38) de aire secundario dispuestas en dichas paredes opuestas, y
- en el cual dicha primera y segunda elevaciones horizontales de bocas (10, 38) de aire secundario están dispuestas verticalmente más abajo que la elevación (8) de pulverización de licor negro y están situadas verticalmente por encima de las bocas (9) de aire primario, y
- las bocas (38) de aire secundario de cada una de dichas primera y segunda elevaciones horizontales (16, 18, 36, 48) de dichas paredes opuestas comprenden unas bocas (38) de aire para cada elevación horizontal que proyectan un patrón de chorros grandes (17, 44) de aire dentro del horno desde dichas paredes opuestas, en el cual los chorros grandes (44) de aire de dichas primera y segunda elevaciones horizontales (16, 18, 36, 48) están situados sustancialmente uno encima de otro en columnas sustancialmente verticales de bocas de aire, y el patrón de chorros grandes (44) de aire es un patrón entrelazado, y dichas bocas de aire secundario comprenden adicionalmente una pluralidad de bocas (38) de aire secundario que proyectan unos chorros pequeños (46) de aire dentro del horno, en el cual la elevación con chorros pequeños consiste en la elevación inferior que comprende la alternancia de chorros más grandes y chorros más pequeños.
2. Un horno de la reivindicación 1, en el cual los chorros pequeños (46) de aire tienen un momento no mayor del 50% del momento de los chorros grandes (44) de aire.
3. Un horno de la reivindicación 1, en el cual los chorros pequeños (46) de aire tienen un momento comprendido entre el 25% y el 40% del momento de los chorros grandes (44) de aire.
4. Un horno de cualquiera de las reivindicaciones 1 – 3, en el cual el horno comprende una tercera elevación (52) de bocas de aire secundario por encima de la elevación inferior (36) de bocas (38) de aire secundario, en el cual sustancialmente todo el aire secundario entra en el horno a través de dichas bocas de la primera, segunda y tercera elevaciones de bocas de aire secundario.
5. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 4, en el cual dichas paredes opuestas son las paredes delantera (32) y trasera (34) del horno y las paredes laterales opuestas del horno no tienen chorros de aire secundario.
6. Un horno de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual la elevación inferior (36) y la elevación media (48) de las bocas de aire secundario tienen unos chorros grandes (44) de aire que están alineados verticalmente.
7. Un horno de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual cada una de las bocas (40) de aire secundario pequeñas tienen un área menor del 50% del área de una boca (38) de aire secundario.
8. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual las bocas (9) de aire primario incluyen una elevación superior de las bocas de aire primario, teniendo cada una de las mismas una línea central vertical que está decalada horizontalmente con respecto a una línea central vertical (b, c) de las bocas (10) de aire secundario en la primera elevación (15) de bocas de aire.
9. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la velocidad de los chorros (17, 44) de aire que pasan a través de las bocas de aire secundario de dichas al menos primera y segunda elevaciones horizontales (15, 16, 36, 48, 52) de aire es al menos 40 metros por segundo (m/s).
10. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el horno tiene al menos una elevación terciaria de bocas (11) de aire terciario dispuestas por encima de la elevación (8) de pulverización de licor negro.
11. Un horno de la reivindicación 14, en el cual la distancia vertical entre la más baja de las al menos una elevación (11) de aire terciario y la elevación (8) de pulverizado de licor negro es al menos dos metros.

12. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 11, en el cual una fuente de suministro de aire para las bocas de aire secundario para chorros pequeños (46) está en comunicación fluida con el gas de combustión de la caldera de recuperación para recircular una porción del gas de combustible al horno.
- 5 13. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 11, en el cual una fuente de suministro de aire para los chorros grandes (44) y pequeños (46) de aire está en comunicación fluida con una fuente de suministro de gases no condensables para introducir los gases no condensables en el horno.
14. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 11, en el cual una fuente de suministro de aire para las bocas (40) de aire secundario para chorros pequeños (46) está en comunicación fluida con una fuente de suministro de gases no condensables diluidos para introducir los gases no condensables diluidos en el horno.
- 10 15. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 11, en el cual una fuente de suministro de gas para los chorros pequeños (46) de aire secundario está en comunicación fluida con una fuente de suministro de aire primario.
16. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 11, en el cual una fuente de suministro de aire para los chorros pequeños (46) de aire secundario está en comunicación fluida con una fuente de suministro de aire secundario.
- 15 17. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual los chorros pequeños (46) de aire secundario se utilizan para evitar que las gotas de licor negro sean lanzadas hacia las paredes del horno.
18. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 17, en el cual el número de chorros grandes (44) que se proyectan desde las bocas (38) de aire secundario de dicha primera elevación (36) es tres, de los cuales un chorro grande se proyecta desde una de las paredes opuestas y dos chorros grandes se proyectan desde la otra de las paredes opuestas.
- 20 19. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 17, en el cual el número de chorros grandes (44) que se proyectan desde las bocas de aire secundario de cada una de dichas primera y segunda elevaciones (36, 48) es tres, de los cuales un chorro grande de cada elevación se proyecta desde una de las paredes opuestas y dos chorros grandes de cada elevación se proyectan desde la otra de las paredes opuestas.
- 25 20. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 17, en el cual el número de chorros grandes (44) que se proyectan desde las bocas (38) de aire secundario de dicha primera elevación (36) es cinco, de los cuales dos chorros grandes se proyectan desde una de las paredes opuestas y tres chorros grandes se proyectan desde la otra de las paredes opuestas.
- 30 21. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 17, en el cual el número de chorros grandes (44) que se proyectan desde las bocas (38) de aire secundario de dicha primera y segunda elevaciones (36, 48) es cinco, de los cuales dos chorros grandes se proyectan en cada elevación desde una de las paredes opuestas y tres chorros grandes de cada elevación se proyectan desde la otra de las paredes opuestas.
- 35 22. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 17, en el cual el número de chorros grandes (44) que se proyectan desde las bocas (38) de aire secundario de dichas primera elevación (36) es siete, de los cuales tres chorros grandes se proyectan desde una de las paredes opuestas y cuatro chorros grandes se proyectan desde la otra de las paredes opuestas.
- 40 23. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 17, en el cual el número de chorros grandes (44) que se proyectan desde las bocas (38) de aire secundario de dichas primera y segunda elevaciones (36, 48) es siete, de los cuales tres chorros grandes se proyectan en cada elevación desde una de las paredes opuestas y cuatro chorros grandes en cada elevación se proyectan desde la otra de las paredes opuestas.
24. Un horno de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual dicha elevación (8) de pulverización de licor negro está sustancialmente desprovista de bocas de aire.

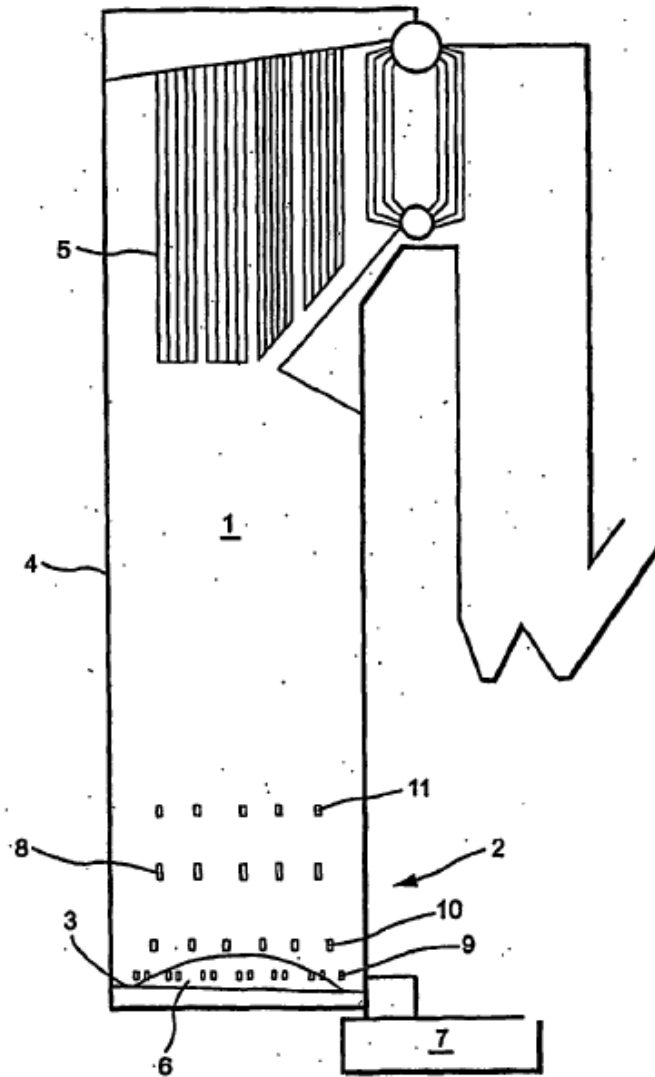


Fig. 1

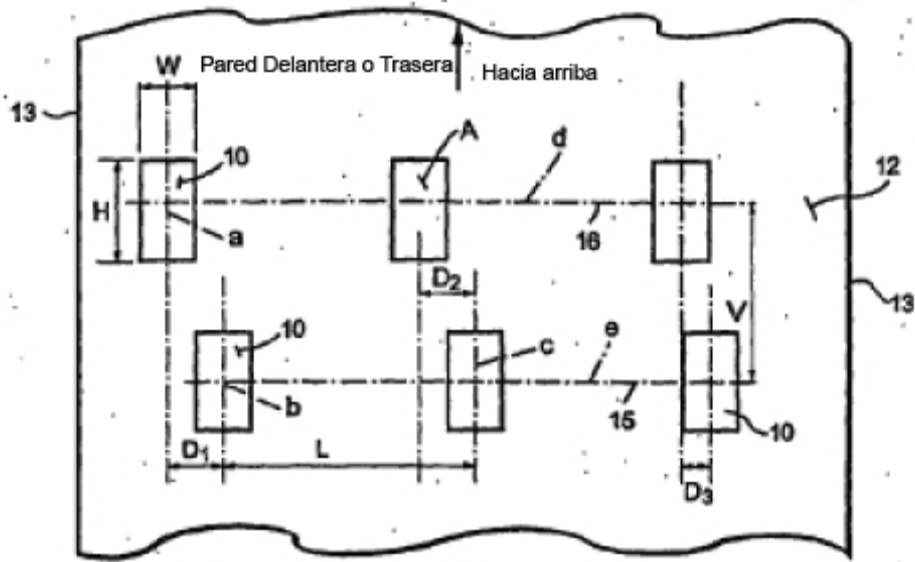


Fig. 2

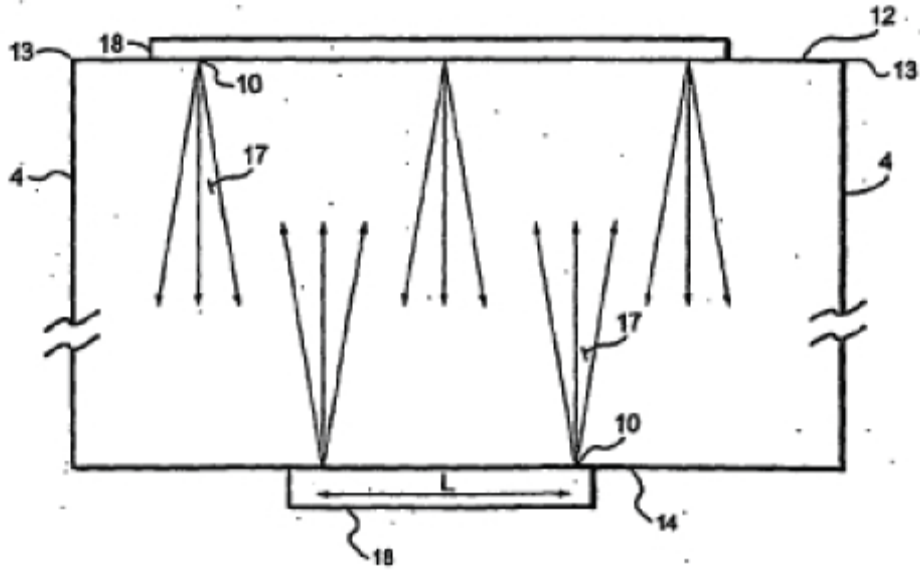


Fig. 3

