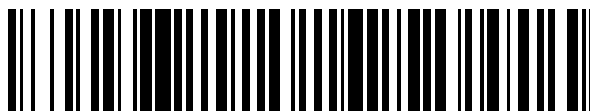


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 452 024**

51 Int. Cl.:

F01K 3/24 (2006.01)

F22B 31/04 (2006.01)

D21C 11/12 (2006.01)

F01K 7/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2006 E 06725885 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 1924739**

54 Título: **Aparato y método para producir energía en una fábrica de pasta de celulosa**

30 Prioridad:

22.04.2005 US 673779 P

25.04.2005 US 674288 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.03.2014

73 Titular/es:

**ANDRITZ OY (100.0%)
TAMMASAARENKATU 1
00180 HELSINKI, FI**

72 Inventor/es:

**SAVIHARJU, KARI;
SIMONEN, JORMA;
ARPALAHTI, OLLI y
KOIVISTO, LASSE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 452 024 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

Aparato y método para producir energía en una fábrica de pasta de celulosa

- 5 La invención se refiere a una caldera de recuperación de licor residual que comprende un sistema de circulación de agua/vapor que tiene sobrecalentadores y recalentadores, y a un horno para quemar licor residual con el fin de producir gases de combustión calientes, e incluye una parte superior a través de la cual fluyen los gases de combustión. El sistema de circulación de agua/vapor está conectado a una turbina de vapor que comprende una etapa de alta presión y una etapa de presión media. Se lleva a cabo sobrecalentamiento de vapor vivo y
10 recalentamiento de vapor utilizando una disposición con la que puede reducirse la corrosión.

- En las fábricas químicas de pasta de celulosa, los componentes químicos de cocción de un proceso de fabricación de pasta son recuperados del licor residual, por ejemplo, licor negro en la fabricación de pasta al sulfato, mediante cocer el licor en una caldera de recuperación ya sea en solitario o junto con otros flujos de "desecho". El proceso de
15 cocción es exotérmico y la energía liberada se recupera como vapor sobrecalentado a presión. La energía del vapor se recupera en una turbina de vapor en forma de energía eléctrica y vapor de diferentes presiones por requisitos del proceso. La fabricación de pasta al sulfato, que produce licor negro, es el método dominante de fabricación de pasta y se utiliza en el presente documento para describir la invención. La invención puede aplicarse a varios tipos de fábricas químicas de pasta de celulosa y a otros procesos. Si bien el término "licor negro" se utiliza normalmente en
20 el contexto de la fabricación de pasta al sulfato, en el presente documento se utiliza asimismo para hacer referencia a todos los tipos de licores residuales.

- Habitualmente, se produce energía en una fábrica de pasta de celulosa mediante quemar licor negro en una caldera de recuperación, y residuos de madera y corteza en una caldera auxiliar. La corteza del material de madera en bruto
25 y la sustancia orgánica del licor negro generado, normalmente satisfacen juntas toda la demanda de energía de la fábrica de pasta de celulosa. Si se necesita más energía en la fábrica de pasta de celulosa, puede comprarse combustible adicional. El combustible adicional se quema con la corteza de madera en la caldera auxiliar. Por ejemplo, un horno de cal puede encenderse con petróleo o con gas natural. Actualmente, la producción de energía tiene lugar a menudo como sigue: (i) la caldera de recuperación y la caldera auxiliar, en las que se quema la corteza
30 generada en la fábrica, producen vapor sobrecalentado a alta presión; (ii) el vapor producido es alimentado a una o varias turbinas de vapor de contrapresión y el vapor procedente de la descarga de la turbina proporciona calor para la fábrica, y (iii) la turbina y el generador conectado a la misma producen la electricidad necesaria para la fábrica. Normalmente, se produce electricidad mediante una turbina de contrapresión que tiene uno o varios sangrados: la contrapresión utilizada es de 300 a 600 kPa (abs.) y la presión de sangrado de 800 a 1600 kPa (abs.). La producción
35 de electricidad puede efectuarse asimismo por medio de una turbina de condensación o por medio de una etapa de condensación en la turbina de vapor, a continuación de la etapa de contrapresión.

- La madera contiene pequeñas cantidades de potasio (K) y cloro (Cl). Estos elementos permanecen en el licor negro durante la cocción. Pueden entrar al licor negro asimismo a través de productos químicos suplementarios, o
40 mediante conexiones internas en el interior de la fábrica. En la caldera de recuperación, estos elementos se enriquecen en las cenizas volantes y aumentan el carácter corrosivo del gas de combustión, especialmente en el sobrecalentador.

- El carácter corrosivo de Cl y K aumenta con la temperatura. El carácter corrosivo de Cl y K impone un límite superior
45 de temperatura sobre el vapor generado en la caldera de recuperación. Este límite para la temperatura del vapor sobrecalentado es habitualmente de 400 °C a 490 °C, dependiendo del contenido de cloro y de potasio. Con materiales especiales o con licores que tienen un contenido de Cl y K muy bajo, ya sea naturalmente o mediante vertido de cenizas volantes o mediante procesos de extracción de Cl y K, se han utilizado temperaturas de vapor de hasta 520 °C. Dado que el carácter corrosivo de Cl y K requiere normalmente que la temperatura del vapor
50 sobrecalentado se mantenga relativamente baja, la presión del vapor es asimismo baja. Estas limitaciones en la temperatura tienen como resultado un rendimiento reducido respecto del calor generado en la caldera de recuperación, en comparación con las calderas normales alimentadas con carbón, gas natural o petróleo.

- Las limitaciones de temperatura de 400 °C a 490 °C y 520 °C sobre el vapor en una caldera de recuperación no son
55 estrictamente válidas con la corteza que se origina en los troncos, pero la ceniza volante procedente de la combustión de la corteza en una caldera para corteza puede contener asimismo cloro y potasio. Dado que el contenido en azufre de la corteza es muy bajo, el cloro reacciona en la caldera de corteza con metales, lo cual puede tener como resultado, a su vez, corrosión del sobrecalentador. El flujo calorimétrico en la corteza es asimismo mucho menor que en el flujo de licor negro ("desecho"), debido a un flujo de masa mucho menor. Esto depende de la
60 producción de pasta de celulosa en la fabricación de pasta, y de la cantidad de corteza en la madera a partir de la cual se fabrica la pasta de celulosa.

- El documento WO 03/104547 y la correspondiente solicitud publicada de EE.UU. número 2005/0252458 dan a
65 conocer un sistema para aumentar la temperatura y la presión del vapor sobrecalentado producido en una planta de caldera de recuperación de una fábrica de pasta de celulosa, de tal modo que no se produce corrosión o la tasa de corrosión está a niveles aceptables. El documento WO 03/104547 y la correspondiente solicitud publicada de

EE.UU. número 2005/0252458 dan a conocer un sistema en el que la caldera de recuperación está dotada por lo menos de una cavidad que tiene paredes formadas de tubos refrigerados por agua conectados al sistema de circulación de agua/vapor de la caldera de recuperación. El interior de la cavidad está dotado de un intercambiador de calor para el sobrecalentamiento final del vapor generado en la caldera de recuperación, de modo que el intercambiador de calor está conectado a los sobrecalentadores de la caldera. La cavidad es calentada quemando combustibles de tal modo que se garantizan condiciones no corrosivas en la cavidad del sobrecalentador. El combustible puede ser un gas producido mediante la gasificación de biomasa. La característica básica de este sistema es que por lo menos una cavidad de combustión está dispuesta en conexión con una caldera de recuperación para el sobrecalentamiento final del vapor producido en la sección del sobrecalentador de la caldera de recuperación.

Sumario de la invención

En el presente documento se da a conocer un sistema para aumentar el rendimiento en la producción energética en una fábrica de pasta de celulosa, de tal modo que pueden minimizarse los problemas de corrosión. El sistema dado a conocer debería mejorar el rendimiento, por ejemplo, la eficiencia eléctrica global del conjunto de la caldera de recuperación y la turbina de vapor.

Una característica del sistema dado a conocer es que el sistema de circulación de vapor/agua de la caldera de recuperación está dotado de un recalentador para recalentar vapor procedente de la parte de alta presión de la turbina.

El recalentador comprende una primera parte y una segunda parte, donde la primera parte está situada en el flujo de gas de combustión producido en el horno de la caldera de recuperación y la primera parte está conectada a la salida de vapor de la parte de alta presión de la turbina.

Preferentemente, la caldera de recuperación está dotada, por lo menos, de una cavidad tal como se describe en la publicación mencionada anteriormente de número WO 03/104547, a nombre de los mismos inventores.

El número de cavidades puede ser mayor que una, por ejemplo de dos. La segunda parte del recalentador o recalentadores está situada en el interior de la cavidad. La segunda parte del recalentador o recalentadores está conectada a la primera etapa del recalentador y a la turbina, preferentemente a una entrada de vapor de la parte de presión media de la turbina. La cavidad comprende medios para quemar un combustible y por lo menos una salida para descargar gases de combustión a la caldera de recuperación. Los gases de combustión procedentes de la cavidad pueden mezclarse con gases de combustión procedentes del horno principal, a alta temperatura, o bien los gases de combustión de la cavidad pueden tener un trayecto propio a la atmósfera. Si el trayecto es independiente del trayecto de flujo de gas de combustión principal, los gases de combustión de la cavidad pueden ser utilizados después de su limpieza, tal como para secar pasta de celulosa, etc., básicamente con la misma finalidad que los gases que se originan en la combustión de gas natural.

El interior de la cavidad puede estar dotado asimismo del sobrecalentador para el sobrecalentamiento final del vapor generado en la caldera de recuperación. De acuerdo con otra realización, el sobrecalentamiento final y el recalentamiento se llevan a cabo en diferentes cavidades. Con propósitos ilustrativos, a continuación se describe solamente una cavidad, pero la cavidad puede implementarse como una serie de cavidades.

De acuerdo con el sistema dado a conocer en el presente documento, un recalentador para recalentar vapor procedente de la turbina está dispuesto en conexión con una caldera de recuperación. Se produce vapor vivo en la sección del sobrecalentador de la caldera de recuperación y a continuación éste se expande en la etapa de alta presión (HPT, high-pressure stage) de la turbina, a 250-400 °C. El vapor es expulsado de la etapa de alta presión de la turbina, y devuelto a la caldera donde su temperatura se incrementa en el recalentador hasta 450-600 °C, preferentemente hasta 520-560 °C. Preferentemente, el vapor es recalentado en dos etapas. La primera etapa del recalentador está situada en la sección de sobrecalentador convencional de la caldera de recuperación. En esta primera etapa, el vapor expandido en la turbina es recalentado mediante los gases de combustión generados en el horno de la caldera de recuperación, habitualmente hasta 450-540 °C, preferentemente hasta 450-500 °C. El vapor recalentado parcialmente es conducido a la segunda etapa del recalentador, en la que es recalentado finalmente hasta 480-600 °C, preferentemente hasta 490-560 °C.

El sistema puede ser asimismo tal que el vapor vivo procedente de una caldera auxiliar de presión inferior, o procedente de la recuperación de calor, es alimentado a la etapa de alta presión de la turbina de vapor entre la alimentación del vapor vivo y la salida de la turbina, o bien mezclado con vapor procedente de la etapa de alta presión de la turbina antes de que el vapor entre al recalentador. Para esta parte del vapor, el recalentador es una etapa de sobrecalentamiento final. Puede tener asimismo mezclado en el recalentador, si las temperaturas de los vapores a mezclar son aproximadamente iguales.

El vapor recalentado es conducido desde la segunda etapa del recalentador a una etapa de presión media (MPT, medium-pressure stage) de la turbina, en la que se expande a contrapresión. Si la turbina tiene una parte de

condensación, entonces el vapor se expande a la presión de condensación, parcial o totalmente.

De acuerdo con una realización del sistema dado a conocer en el presente documento, la caldera de recuperación está dotada de dos recalentadores, uno para recalentar vapor procedente de la parte de alta presión de la turbina, y el otro para recalentar vapor procedente de la primera parte intermedia de la turbina. Por lo tanto, el ciclo de vapor tiene que comprender dos recalentadores. Esto requiere una presión de vapor elevada, tal como en los ciclos de vapor de plantas eléctricas. Las calderas de recuperación difieren de las calderas de plantas eléctricas en la disposición necesaria para impedir la corrosión en las partes calientes del sobrecalentador y del recalentador o recalentadores. Si existen dos recalentadores en el mismo ciclo de vapor, cada recalentador tiene preferentemente dos etapas, tal como se ha descrito anteriormente. También en este caso, el vapor procedente de una caldera auxiliar, o procedente de la recuperación de calor, puede mezclarse con vapor frío que entra al recalentador.

El sistema permite que el vapor extraído de la etapa de alta presión de la turbina sea calentado en primer lugar en la parte de recalentador situada en la sección de sobrecalentador convencional de la caldera de recuperación, en tal medida que sustancialmente no tenga lugar corrosión a alta temperatura, por debajo de 500 °C, y después que el vapor sea recalentado finalmente hasta 480-600 °C, óptimamente hasta 490-560 °C en la cavidad de combustión, que sirve como recalentador final. El combustible quemado para el recalentador o recalentadores finales es tal que no causa corrosión a alta temperatura.

La cavidad del sobrecalentador para el recalentamiento final del vapor de escape en la turbina de alta temperatura se calienta, preferentemente, mediante quemar combustible de tal modo que se garantizan condiciones no corrosivas en la cavidad del sobrecalentador. El combustible puede ser un gas producido mediante la gasificación de biomasa. La corrosión de las superficies de calor puede evitarse mediante la combustión adicional de combustible sulfuroso. Asimismo, la limpieza del gas antes de la combustión en la cavidad del sobrecalentador garantiza condiciones no corrosivas a temperaturas superiores. En lugar de gas producido a partir de biomasa, pueden utilizarse otros combustibles, por ejemplo gas natural, biomasa licuada, LPG, metanol, etc. El criterio para el combustible es su naturaleza no corrosiva bajo las condiciones de la cavidad.

La combustión del combustible en la cavidad se completa normalmente con una cantidad optimizada de exceso de aire, pero son posibles asimismo condiciones estequiométricas o de reducción, si se prefiere. Una realización preferida consiste en quemar el combustible con un gran exceso de aire para generar aire de combustión de alta temperatura para el horno principal. La propia combustión puede ser por etapas, pero el flujo de gas de combustión generado en la cavidad tiene un factor elevado de exceso de aire. En esta opción, el flujo de gas de combustión es conducido al horno principal mediante varias aberturas, que pueden estar situadas a diferentes alturas.

Las paredes de la cavidad del sobrecalentador están diseñadas como superficies de transferencia de calor refrigeradas por agua, que están conectadas al sistema de circulación de vapor/agua de la caldera de recuperación a través de tuberías de conexión para la mezcla entrante de agua/vapor-agua y la mezcla saliente de agua/vapor-agua. Por lo tanto, las superficies de calor forman una parte del sistema de agua principal de la caldera de recuperación. El sistema de agua principal y por consiguiente el sistema de agua de la cavidad de sobrecalentador pueden ser de tipo de circulación natural o de circulación forzada, o el denominado de toma directa, siendo el último de los mencionados habitual para las presiones más elevadas de vapor/agua. En calderas de circulación natural, esto significa que el agua de enfriamiento es alimentada a través de tubos de flujo descendente desde un bidón bajando hasta calentadores que alimentan las paredes de la cavidad o cavidades, y la mezcla de agua/vapor procedente de estas paredes es recogida y alimentada al bidón. La cavidad puede tener sus propias paredes independientes, pero parte de las paredes de la cavidad o parte de las paredes de las cavidades pueden ser comunes con la parte "convencional" de la caldera de recuperación.

De acuerdo con otra realización del sistema dado a conocer en el presente documento, el interior de la cavidad está dotado además de medios para transferencia de calor, desde los gases de combustión producidos en la cavidad al vapor que fluye en los medios de intercambio de calor. Los medios de intercambio de calor sirven como un sobrecalentador final para el vapor generado en la sección de sobrecalentador de la caldera de recuperación. El vapor final sobrecalentado es alimentado a la turbina.

El sistema permite que el vapor producido en la caldera de recuperación sea calentado en las secciones convencionales de transferencia de calor, por ejemplo, en economizadores, bancos de caldera y sobrecalentadores de la caldera de recuperación, en un grado tal que sustancialmente no tiene lugar corrosión a alta temperatura, es decir por debajo de 540 °C, óptimamente a 480-520 °C, y después de esto el vapor es sobrecalentado finalmente a 500-600 °C, óptimamente a 520-560 °C en la cavidad de combustión, que sirve como sobrecalentador final. El sistema de caldera de recuperación puede estar dotado de uno o varios sobrecalentadores (cavidades) finales.

El licor quemado en la caldera de recuperación puede originarse a partir de todos los tipos de procesos de fabricación de pasta, utilizando todos los tipos de material de fibra en bruto. El licor de desecho sin azufre, o el licor con contenido casi cero de Cl y K proporciona una ventaja especial, debido a que permitiría utilizar alta presión en el sistema de refrigeración de agua del horno y la utilización de una alta temperatura del vapor vivo y del vapor de recalentamiento, ya en el flujo de gas de combustión principal. Por ejemplo, cuando se quema licor sin azufre, las

temperaturas máximas de vapor podrían ser en el flujo de gas de combustión principal. El licor residual sin azufre se forma, por ejemplo, en un proceso de fabricación de pasta a la soda y en un proceso de fabricación de pasta a la soda-antraquinona.

5 Una posición preferible para la cavidad es la pared frontal, que es opuesta a la pared en "voladizo", pero la cavidad puede construirse asimismo en paredes laterales, bien como una cavidad o como varias cavidades. La posición o posiciones de la cavidad o cavidades pueden ser en cualquier lugar en la dirección vertical, en relación con la parte convencional de la caldera, limitadas solamente por la circulación de agua de refrigeración.

10 La cavidad del sobrecalentador para el sobrecalentamiento final del vapor de la caldera de recuperación es calentada quemando combustible. Uno o varios quemadores para el combustible están situados en la parte superior de la cavidad, en la parte inferior de la cavidad o en las paredes de la cavidad. La cavidad puede estar situada asimismo en una posición horizontal, cuando la posición más preferible para el quemador o los quemadores es en una pared extrema de la cavidad.

15 El sistema de aire de combustión de la cavidad del sobrecalentador es una parte del sistema de aire de combustión de la caldera de recuperación. Éste puede tener asimismo un sistema de aire independiente con un ventilador de aire propio, conductos de conexión entre el ventilador y el quemador o quemadores y cualquier equipamiento necesario para el control del aire de la combustión.

20 Los gases de combustión procedentes de la cavidad del sobrecalentador son conducidos a la caldera de recuperación, preferentemente a la entrada del sobrecalentador principal, donde son mezclados con el flujo de gas de combustión principal procedente del horno. Son posibles asimismo otras ubicaciones para la conexión de gas, tal como toda el área de la parte inferior del horno hasta la entrada del economizador. La conexión de descarga de gas a través de la pared de la caldera comprende preferentemente más de una abertura, y una posibilidad es diseñar el sistema de combustión de la cavidad de tal modo que el exceso de aire de combustión es alimentado a la cavidad. Este aire es calentado en la cavidad, y a continuación fluye junto con los gases de combustión de la cavidad al horno principal para su utilización en el sistema de combustión del horno principal. En esta opción, la solución preferida requiere dos cavidades en paredes opuestas, preferentemente en las paredes frontal y posterior. El primer sobrecalentador y el recalentador final podrían entonces estar situados en cavidades independientes. Los flujos de gas desde las cavidades pueden tener lugar a través de varias aberturas, que están dispuestas a varias alturas. Las aberturas pueden tener dispositivos de control para controlar la posición de la mezcla de salida de gas de combustión/aire, lo que permite controlar si los gases de combustión de la cavidad son utilizados para calentar vapor vivo o vapor del recalentador. Si el sobrecalentador final y el recalentador final están situados en la misma cavidad, el sistema de control podría utilizarse para controlar temperaturas de vapor, como tal o como parte de todo el sistema de control.

40 Con el sistema dado a conocer, la presión y la temperatura operativa del vapor extraído desde una parte de alta presión de la turbina son incrementadas mediante un recalentador de dos etapas, y el vapor recalentado de este modo se expande en la parte o partes de presión media de la turbina, de manera que se genera más electricidad, es decir se genera más energía mediante el calor recuperado en el vapor.

Sumario del dibujo

45 A continuación se describirá la invención en mayor detalle haciendo referencia al dibujo adjunto, en el que se muestra una realización de la invención.

La figura 1 es un diagrama esquemático de una caldera de recuperación en una fábrica química de pasta de celulosa al sulfato.

50

Números de referencia	Descripción
1	Caldera de recuperación
2	Cavidad
3	Horno de la caldera de recuperación
4	Aire de combustión
5	Tubería de alimentación de licor
6	Paredes del horno refrigeradas por agua
7	Voladizo
8	Sobrecalentadores
9	Banco de caldera

10	Economizadores
11	Descarga de gas de combustión
12	Tubería de agua de alimentación
13	Sobrecalentador
14	Turbina
15	Turbina de alta presión
16	Turbina de presión media
17	Generador
18	Conducto de vapor
19	Conducto de vapor
20	Sección del primer recalentador
21	Sección del segundo recalentador
22	Conducto de vapor
23	Conducto de vapor
24	Conducto de vapor
25	Quemador
26	Gas de combustión
27	Gases de combustión adicionales
28	Aire de combustión
29	Gasificador
30	Conducto de suministro de gas
31	Gas de distribución
32	Tratamiento de gas
33	Precipitador electrostático
34	Precalentamiento
35, 36	Calentadores de agua de alimentación
37	Depósito de agua de alimentación
38, 39, 40	Vapor expulsado
41	Vapor de contrapresión
42	Vapor Mp
43	Tratamiento de emisiones
44	Chimenea
114	Fuente de aire de combustión
116	Turbina de baja presión

Descripción detallada de los dibujos

- 5 La figura 1 muestra un horno 3 de una caldera de recuperación 1 habitual, tal como una caldera de recuperación al sulfato, utilizada para la combustión de licor negro, que tiene una estructura formada por paredes de tubos de agua refrigerada 6. La mezcla de agua-vapor generada de este modo es sobrecalentada en sobrecalentadores 8 convencionales situados parcialmente en la cubierta protectora de un "morro" sobre el horno. En los sobrecalentadores 8, se recupera el calor de los gases de combustión 26 generados durante la combustión del licor negro. Habitualmente, un banco de caldera 9 y economizadores 10 sirven como superficie posterior al calentamiento en la caldera. Después del sobrecalentador, los gases de combustión son dirigidos al banco de caldera 9 y a los economizadores 10.

La caldera de recuperación 1 incluye una cavidad 2 que puede estar dispuesta junto a una sección superior de una pared de la caldera. Un horno 3 de la caldera de recuperación genera gases de combustión 26 que fluyen hacia arriba y más allá de una entrada de flujo desde la cavidad 2. El aire de combustión 4 es alimentado al horno para fomentar la combustión, habitualmente en varias alturas, de las que se muestra solamente una. Una tubería de alimentación de licor 5 proporciona licor negro que es alimentado al horno, preferentemente a una altura por encima de la zona de combustión principal del horno. Las paredes 6 del horno están preferentemente refrigeradas por agua. Un voladizo 7 en la caldera define, en general, las regiones superiores de la zona de combustión y la transición en el horno a los sobrecalentadores 8. La cavidad 2 es opuesta al voladizo y, en general, tiene la misma altura que el mismo. Más abajo de los sobrecalentadores, los gases de combustión pasan por un banco de caldera 9 y economizadores 10, estos tres elementos recuperando calor desde los gases de combustión. Un conducto de escape 11 permite que los gases de combustión salgan de la caldera.

Una tubería de fluido 12 proporciona a agua de alimentación para la caldera, por ejemplo, para el banco de caldera 9 y los economizadores 10.

La cavidad 2 puede comprender una sola cámara o una serie de cavidades que están dispuestas en paralelo y/o en serie. La cavidad puede compartir una pared con el horno y las paredes de la cavidad pueden estar refrigeradas por agua. Los gases de combustión generados en la cavidad 2 fluyen al horno como gases de combustión 27 adicionales. La cavidad puede incluir un sobrecalentador 13. El vapor sobrecalentado fluye a través del conducto de vapor 23 desde los sobrecalentadores convencionales 8 en la caldera hasta el sobrecalentador o sobrecalentadores 13 en la cavidad (o cavidades).

El vapor sobrecalentado procedente de los sobrecalentadores 13 de la cavidad fluye a través del conducto de vapor 18 hasta una turbina de vapor 14 que puede incluir una etapa de alta presión 15, una etapa de presión media 16 y una etapa de baja presión 116. La turbina de vapor 14 puede ser una turbina de alta presión (HPT) 15 independiente respecto de una turbina de dos etapas que tiene la etapa de turbina de presión media (MPT, medium-pressure turbine) 16 y la etapa de turbina de baja presión (LPT, low-pressure turbine) 116. La turbina 14 acciona un generador 17 que puede producir energía eléctrica y/o mecánica para la planta. El sobrecalentador 13 entrega vapor a través de un conducto 18 que acciona la turbina de alta presión 15.

El vapor procedente de la turbina de alta presión fluye a través del conducto 19 a una primera sección de un recalentador 20 en el flujo de gas de combustión, y entre el sobrecalentador 8 y el banco de caldera 9. Una segunda sección 21 del recalentador recibe vapor a través del conducto de vapor 22 procedente de la primera etapa del recalentador 20. La segunda sección del recalentador 21 está en la cavidad 2. Preferentemente, el segundo recalentador está por debajo del sobrecalentador 13 y está más abajo en el trayecto del gas de combustión 27 que pasa por la cavidad. El vapor procedente de la segunda sección del recalentador 21 fluye a través del conducto 24 a la turbina de la etapa intermedia 16.

La cavidad 2 puede incluir uno o varios quemadores 25. Los gases de combustión (que pueden incluir aire caliente de combustión) 27 formados en la cavidad entran en el horno y se combinan con los gases de combustión 26 en el horno de la caldera de recuperación. El aire de combustión 28 es inyectado al interior de la cavidad 2 para fomentar la combustión de los quemadores 25. Generalmente, los quemadores 25 queman combustible gaseoso generado en un gasificador 29 y que fluye a través del conducto de suministro de gas 30. El gas generado por el gasificador 29 puede ser distribuido 31 con otros propósitos además de proporcionar combustible para los quemadores de la cavidad 25. El gas procedente del gasificador puede ser limpiado o tratado de otro modo en un dispositivo de tratamiento de gas 32 antes de fluir a los quemadores.

El conducto de escape de la caldera 11 permite que los gases de combustión salgan de la caldera y entren en el precipitador electrostático 33 y a continuación a un dispositivo de tratamiento de emisiones de NOx 43, por ejemplo, un catalizador selectivo para reducir y/o oxidar óxidos nitrosos (de-NOx). Los gases de combustión de escape pueden pasar por un precalentador 34 que calienta aire de combustión 114, con vapor o bien con gases de combustión (en este caso se muestra esta opción). Desde el precalentador 34, el gas de combustión puede expulsarse a una chimenea 44.

Los calentadores de agua de alimentación 35, 36 reciben agua de alimentación desde un depósito de agua de alimentación 37. El vapor expulsado de la turbina de alta presión (HPT) proporciona energía calorífica al calentador de agua de alimentación 36, que proporciona agua para la caldera. El vapor expulsado 38, 39 desde la turbina de presión media (MPT) y el vapor expulsado 40 desde la turbina de baja presión (LPT) proporcionan energía calorífica para las sucesivas etapas de los calentadores 35.

Puede proporcionarse el vapor de contrapresión 41, por ejemplo, vapor a baja presión, expulsado de la turbina 14, a la fábrica y al ciclo de vapor. Análogamente, el vapor de extracción 42, por ejemplo vapor a presión media, puede ser expulsado de la turbina para la fábrica.

En la caldera de recuperación 1, la presión de vapor es tal que no tiene lugar una corrosión excesiva en las paredes de los tubos refrigerados por agua del horno. La temperatura de saturación en la emulsión de agua-vapor más la

diferencia de temperatura debida al flujo de calor entrante desde la superficie del tubo al agua, es menor de 400-500 °C, habitualmente menor de 400 °C, que es la temperatura superficial de los tubos. La temperatura del vapor se incrementa por encima de las cifras habituales mediante integrar en la caldera de recuperación 1 convencional una cámara de combustión especial o cavidad 2. El vapor es sobrecalentado en el sobrecalentador convencional 8 hasta tal punto que la corrosión de alta temperatura no tiene lugar, por ejemplo a 480-540 °C, óptimamente a 480-520 °C. A continuación, el vapor 23 procedente de los sobrecalentadores 8 es conducido a un sobrecalentador 13 situado en la cavidad de combustión especial 2 integrada en la caldera de recuperación, cavidad en la que tiene lugar el resto del sobrecalentamiento a 500-600 °C, óptimamente a 520-560 °C. El número de cavidades puede ser de más de una. Habitualmente, el vapor de alta presión 18 generado es dirigido a continuación a la etapa de alta presión 15 de una turbina de vapor 14 para producir electricidad y vapores de proceso necesarios en la fábrica. La turbina de vapor tiene una parte de alta presión 15 y una parte de presión media/baja 16.

En la cavidad 2, se quema un combustible para producir calor para sobrecalentar el vapor. El combustible a quemar en uno o varios quemadores 25 con la llama es lo suficientemente limpio, o tiene una composición tal como para que no cause corrosión de alta temperatura. Los gases de combustión y el exceso de aire de combustión 27 procedente de la cavidad 2 son introducidos en la corriente de gas de combustión 26 de la caldera de recuperación. Preferentemente, los gases de combustión procedentes de la cavidad son dirigidos a través de varias alturas en la pared de la caldera de recuperación, aberturas que pueden estar a diversas alturas, y situadas en la dirección de la anchura en diversas posiciones.

La cavidad 2 está incluida como parte de una caldera de recuperación convencional, de manera que las paredes de la cavidad son refrigeradas por agua tal como en la parte convencional del horno, en el banco de la caldera y en otras áreas calientes, y esta refrigeración está integrada en uno o varios bidones de la caldera convencional con circulación natural. En las calderas del tipo de toma directa esta integración significa que las paredes de la cavidad son refrigeradas por los flujos de agua o de vapor del sistema de toma directa. El mismo tipo de integración con agua de circulación es válido asimismo para calderas de recuperación de tipo circulación forzada, si se utiliza esta disposición. La ventaja principal es la introducción de calor procedente de la refrigeración de la cavidad, al mismo flujo o flujos de agua o vapor a presión que el flujo principal de la parte "convencional" de la caldera de recuperación. Puede tomarse aire 28 para la combustión desde la parte "convencional" de la caldera de recuperación, o la cavidad puede estar equipada con ventiladores o compresores propios.

Preferentemente, un gas de combustión 30 para la cavidad se produce en un gasificador 29 gasificando material de biomasa. Preferentemente, el combustible consiste en combustibles sólidos basados en madera, tales como madera, astillas de madera, astillas de corteza, desperdicios de madera, virutas, serrín y residuos forestales basados en madera. Cuando se utiliza biomasa como combustible, el proceso puede ser mejorado significativamente cuando el combustible está lo suficientemente seco. La eficiencia total de la producción de energía puede aumentarse cuando el secado se basa en la utilización de calor procedente de los gases de combustión de la caldera de recuperación, de la producción "smelt" o de las pérdidas por convección o radiación de la caldera de recuperación. La eficiencia se mejora asimismo cuando el aire de combustión necesario se calienta utilizando las fuentes de calor mencionadas.

Una parte de los gases procedente de la gasificación se utiliza en la cavidad 2 como combustible limpio 30 en el quemador 25 para sobrecalentar el vapor en el sobrecalentador 13 y asimismo con propósitos de recalentamiento en el recalentador 21. La parte 31 de los gases puede utilizarse con otros propósitos en la fábrica de pasta de celulosa, tal como en un horno de cal. Si este tipo de combustible no está disponible, puede utilizarse otro combustible tal como gas natural, LPG, petróleo, metanol, biomasa licuada, etc. El criterio para el combustible es una naturaleza no corrosiva bajo las condiciones de la cavidad. Esta naturaleza no corrosiva puede generarse en el gas procedente de la gasificación 29 mediante limpiar el gas en un tratamiento 32. Este tratamiento puede incluir filtrado especial, procesos catalíticos, refrigeración del gas, etc.

El vapor vivo 18 procedente de la cavidad 2 se expande a una temperatura de 250-400 °C en la parte de alta presión de la turbina. La caldera de recuperación 1 está dotada de un recalentador 20, 21 para recalentar el vapor expandido en la turbina. Preferentemente, el recalentador tiene dos etapas o partes. La primera etapa 20 está situada en la sección de sobrecalentador convencional de la caldera de recuperación, donde se calienta mediante el calor de los gases de combustión generados en el horno de la caldera de recuperación. Habitualmente, la primera etapa está dispuesta entre los sobrecalentadores 8 y el banco de caldera 9. En la primera etapa, el vapor es recalentado habitualmente a 450-540 °C, preferentemente a 450-500 °C.

La segunda etapa del recalentador está formada por medios de intercambiador de calor situados en la cavidad 2. El vapor recalentado en la primera etapa 20 es conducido o a través de la tubería 22 hasta la segunda etapa 21 en la cavidad. El vapor es recalentado adicionalmente hasta una temperatura de 480-600 °C, preferentemente hasta 490-560 °C. El vapor procedente del recalentador es descargado desde la cavidad a la parte de presión media 16 de la turbina 14, donde el vapor se expande a contrapresión. El vapor se expande, parcial o totalmente, hasta la presión de condensación, si la turbina 14 tiene una parte de condensación. El número de cavidades puede ser de una o más. De acuerdo con una realización, se requieren por lo menos dos cavidades independientes cuando el sobrecalentamiento final del vapor vivo y el recalentamiento tienen lugar en lugares separados.

Pueden extraerse vapores de presiones diferentes de la turbina 14 a través de las tuberías 38 a 42 y utilizarse con diferentes propósitos del ciclo de vapor, por ejemplo para precalentar agua de alimentación de la caldera en calentadores 35-36, y para las necesidades de la fábrica.

- 5 La utilización del sistema o el método dados a conocer en la presente memoria no se limita a la combustión de un licor residual dado, sino que puede aplicarse en relación con diversos licores residuales, tales como licores residuales procedentes de un proceso de fabricación de pasta al sulfato y de un proceso de fabricación de pasta a la soda. El perfil básico de la caldera de recuperación no tiene que ser según el mostrado en la figura 1. Por ejemplo, el
- 10 número de conductos en los que están situadas las superficies de transferencia de calor, puede ser de uno a varios en la parte principal de la caldera de recuperación. El perfil de la cavidad puede variar asimismo. Además, la disposición para el precalentamiento de agua de alimentación y el precalentamiento de aire de combustión mostrada en la figura puede asimismo modificarse y variarse.
- 15 No se prevé que la invención esté limitada a la realización mostrada y descrita anteriormente, sino que puede modificarse y variarse dentro del alcance de la invención, tal como se define mediante las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una caldera de recuperación de licor residual en la industria de pasta de celulosa y papel, que comprende:
 - 5 un sistema de circulación de agua/vapor con sobrecalentadores, estando conectado dicho sistema de circulación a una turbina de vapor que comprende una etapa de alta presión, y
un horno para quemar licor residual para producir gases de combustión, y que incluye una parte superior a través de la cual fluyen los gases de combustión;
10 en la que el sistema de circulación de agua/vapor está dotado de un recalentador para recalentar vapor procedente de la etapa de alta presión de la turbina, y
el recalentador comprende además una primera parte y una segunda parte, donde la primera parte está situada en un flujo de gas de combustión producido en el horno, y estando conectada dicha primera parte a una salida de vapor de la etapa de alta presión de la turbina.
2. Una caldera de recuperación de licor residual según la reivindicación 1, en la que la caldera de recuperación está dotada de al menos una cavidad que tiene paredes formadas de tubos refrigerados por agua, comprendiendo dicha por lo menos una cavidad un quemador que genera gases de combustión en la cavidad, en la que la segunda parte del recalentador está situada en la cavidad y está conectada a la primera parte del recalentador.
3. Una caldera de recuperación de licor residual según la reivindicación 2, en la que la turbina está dotada de una etapa de presión media, y la segunda parte del recalentador está conectada a la entrada de vapor de la etapa de presión media de la turbina.
4. Una caldera de recuperación de licor residual según la reivindicación 2, en la que un interior de dicha por lo menos una cavidad está dotado de un sobrecalentador final para el sobrecalentamiento final del vapor generado en la caldera, en la que el sobrecalentador final y el recalentador final están situados en la cavidad.
5. Una caldera de recuperación de licor residual según la reivindicación 1, en la que la caldera de recuperación está dotada de al menos dos cavidades, una primera y la segunda cavidad, teniendo cada cavidad paredes formadas de tubos de agua refrigerada y comprendiendo un quemador para quemar un combustible a efectos de generar gases de combustión en la cavidad, en la que la segunda parte del recalentador está situada en el interior de la primera cavidad y está conectada a la primera parte del recalentador.
6. Una caldera de recuperación de licor residual según la reivindicación 5, en la que el interior de la segunda cavidad está dotado de un sobrecalentador para el sobrecalentamiento final del vapor generado en la caldera.
7. Una caldera de recuperación de licor residual según la reivindicación 5, en la que la primera cavidad y la segunda cavidad están situadas en paredes opuestas de la caldera de recuperación.
8. Un método de producción de energía en una fábrica de pasta de celulosa que tiene una caldera de recuperación y una turbina con una parte de alta presión, comprendiendo dicho método:
 - a) quemar licor residual procedente de un proceso de fabricación de pasta en un horno de la caldera de recuperación para generar gases de combustión,
 - b) recuperar calor de los gases de combustión para producir vapor en la caldera de recuperación,
 - c) sobrecalentar el vapor de la etapa b),
 - d) expandir el vapor de la etapa c) a una temperatura de 250-400 °C en la parte de alta presión de la turbina;
- en el que la caldera de recuperación está dotada de un recalentador, y el vapor procedente de la etapa d) es recalentado a una temperatura de 450-600 °C en el recalentador,
en el que el vapor expandido es recalentado en dos etapas, en la primera etapa mediante los gases de combustión de la etapa a), y en la segunda etapa mediante calor generado en la combustión de un combustible.
9. Un método según la reivindicación 8, en el que la caldera de recuperación está dotada de al menos una cavidad, en la que el combustible se quema para generar calor y gases de combustión, y la segunda etapa se lleva a cabo en una cavidad.
10. Un método según la reivindicación 8, en el que el vapor es recalentado en la segunda etapa a una temperatura de 480-600 °C.

11. Un método según la reivindicación 8, en el que el vapor es recalentado en la segunda etapa a una temperatura de 490-560 °C.
- 5 12. Un método según la reivindicación 10, en el que el vapor recalentado es conducido a una parte de presión media de la turbina, en la que éste se expande a contrapresión.
13. Un método según la reivindicación 10, en el que el vapor recalentado es conducido a una parte de condensación de la turbina, en la que éste se expande a la presión de condensación.
- 10 14. Un método según la reivindicación 9, en el que la madera u otro combustible de biomasa es gasificado para producir un gas combustible, que es limpiado y utilizado como combustible en la cavidad, en el que el gas limpiado se quema para producir calor y gases de combustión.
- 15 15. Un método según la reivindicación 9, en el que el exceso de aire de combustión se alimenta a la cavidad y se forma una mezcla de aire caliente y gases de combustión en la combustión en la cavidad.
16. Un método según la reivindicación 15, en el que la mezcla de aire caliente y gases de combustión es conducida al horno de la caldera de recuperación para su utilización en la etapa a).
- 20 17. Un método según la reivindicación 9, en el que los gases de combustión generados en la cavidad se mezclan con gases de la etapa a).
18. Un método según la reivindicación 9, en el que la etapa c) se lleva a cabo parcialmente en la cavidad.
- 25 19. Un método según la reivindicación 8, en el que el vapor de la etapa d) es recalentado a una temperatura de 520-560 °C.

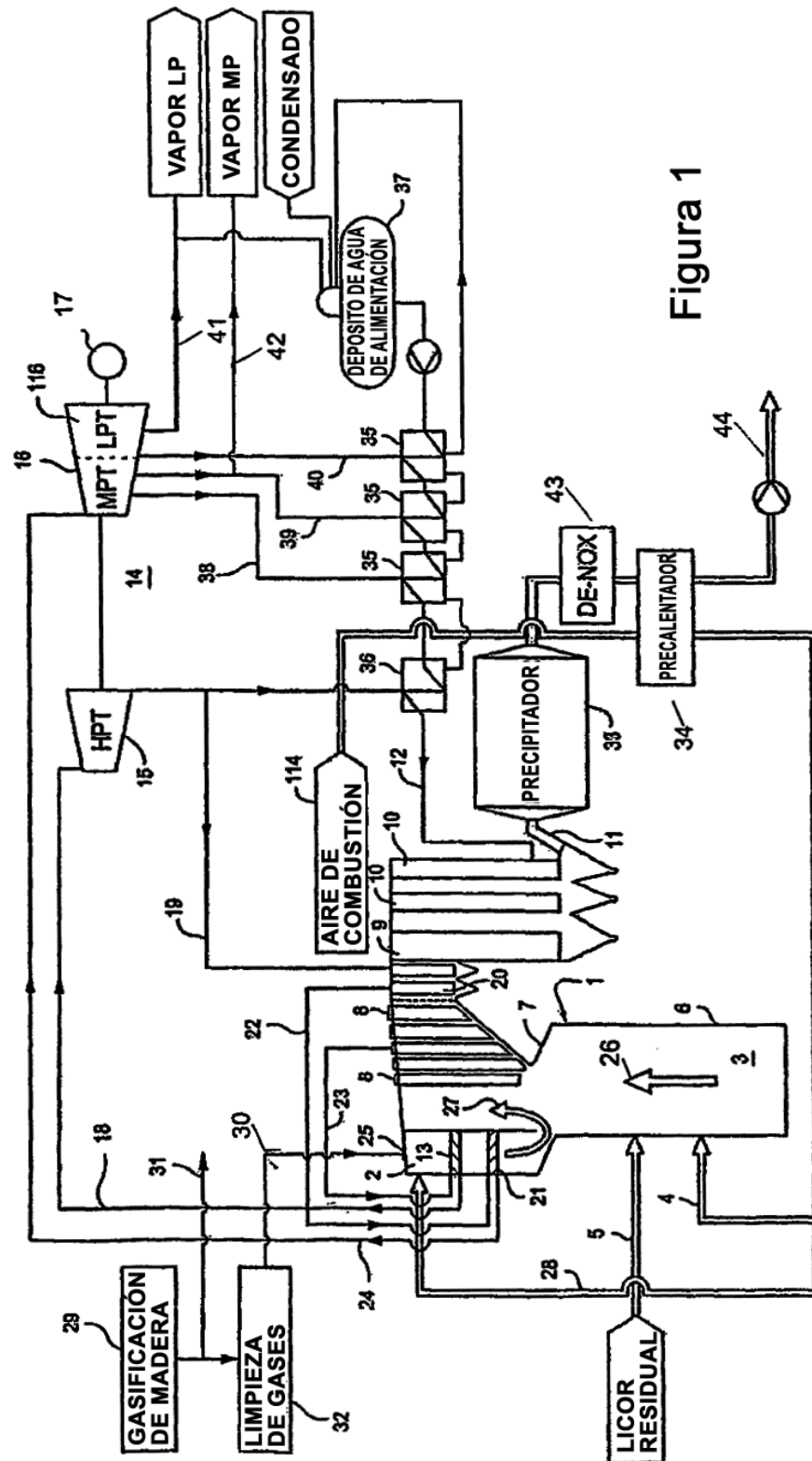


Figura 1