

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 687**

51 Int. Cl.:

F01K 3/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2002 E 02724363 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013 EP 1402153**

54 Título: **Método y disposición para producir energía eléctrica en una fábrica de pasta papelera**

30 Prioridad:

29.05.2001 US 293526 P

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

12.12.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAVIHARJU, KARI y
SIMONEN, JORMA**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 433 687 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

Método y disposición para producir energía eléctrica en una fábrica de pasta papelera

5 La presente invención se refiere a un método para producir energía eléctrica adicional en una planta de calderas de una fábrica de pasta papelera. Se suministran leñas negras, preferentemente con un contenido en sólidos secos superior al 80%, y aire de combustión al horno de una caldera de recuperación química para quemar leñas negras y recuperar productos químicos a partir de las mismas. Los gases generados en la combustión se conducen a un economizador de la caldera de recuperación, en cuyo economizador se calienta el agua de alimentación para la caldera, y después de la parte del economizador a la limpieza del gas. El agua de alimentación se conduce desde la parte del economizador al banco de generación de vapor de la caldera y al sobrecalentador para producir vapor preferentemente a una presión superior a 8.000 kPa. Se conduce el vapor desde la caldera de recuperación a una turbina de vapor para producir electricidad y el vapor descargado desde la turbina se usa para precalentar el agua de alimentación que se está conduciendo al economizador. En la presente solicitud, por economizador se entiende un intercambiador de calor, o intercambiadores de calor, en los que se transfiere energía térmica de los gases de combustión al agua de alimentación. El uso de este término no limita el alcance de la invención a ningún diseño particular de un intercambiador de calor de gas a líquido.

20 El licor de desecho, denominado leñas negras, generado al producir pasta química en la industria del papel y de la pasta, normalmente se quema en una caldera con recuperación de productos químicos y calor. En una caldera de recuperación convencional, los productos químicos del proceso se recuperan mediante la pulverización de las leñas negras en el horno. Cuando se introducen en el horno, las leñas negras se secan rápido y se queman en el horno, al principio en condiciones reductoras y más tarde en condiciones oxidantes, por lo que se generan gases de combustión y sustancias fundidas, descargándose del horno las sustancias fundidas. El aire de combustión se suministra a la caldera de recuperación normalmente a múltiples niveles, de tal modo que al comienzo las condiciones prevaletientes sean reductoras y más tarde oxidantes. En el horno caliente, el agua, las partes volátiles de la materia sólida seca y las partes de gasificación se evaporan a partir de las gotas del licor. El calor contenido en los gases de combustión se recupera por medio de las superficies de transferencia de calor del interior de la caldera, es decir en el sobrecalentador, en el banco de generación de vapor y en los economizadores, en el agua que fluye por los mismos, saliendo dicha agua del sobrecalentador en forma de vapor de alta presión. Los gases de combustión de la caldera de recuperación se descargan desde la parte de economizador a la limpieza de gas. La ceniza de las pequeñas gotas de licor de desecho, es decir la materia inorgánica del licor de desecho, se acumula en el fondo de la caldera, formando un denominado lecho de escoria, en el que se reduce y se funde y desde el que fluye hasta el fondo del horno, desde el que se descarga y se introduce nuevamente en el proceso de digestión a través de diversas etapas del proceso.

35 La producción de pasta al sulfato es el método más importante de producción de pasta papelera en el mundo. Durante años, la necesidad de calor y electricidad en una fábrica de pasta al sulfato ha disminuido continuamente como consecuencia del trabajo de desarrollo y, en la actualidad, la producción de pasta al sulfato es más que autosuficiente en lo que se refiere a la energía, o al menos al calor del proceso. En una fábrica de pasta papelera la energía se produce principalmente por combustión de leñas negras en una caldera de recuperación y de desechos de corteza y madera en una caldera auxiliar y de aceite o gas en un horno de recocado de lodos de cal. La corteza del material de madera bruto y la materia orgánica de las leñas negras normalmente cubren todo el requerimiento energético. Existen plantas en las que se usa la madera o la corteza como combustible para el horno de recocado de cal, ya sea tras secado o tras secado y gasificación.

40 En la actualidad, la producción de energía se lleva a cabo tal como sigue: la caldera de recuperación y la caldera auxiliar, en las que se quema la corteza generada en la fábrica, producen vapor sobrecalentado a alta presión. El vapor producido es conducido a través de una o más turbinas de vapor de contrapresión, y el vapor de la descarga se usa para cubrir el requerimiento de calor de la fábrica. La turbina y el generador conectado a la misma producen la electricidad que precisa la fábrica. La electricidad normalmente se produce mediante una turbina de contrapresión que tiene una o más extracciones. La contrapresión usada es de 300-600 kPa y la presión de extracción es 1.000-1.600 kPa. La producción de electricidad también puede efectuarse mediante una turbina de condensación. También existen fábricas de pasta papelera que carecen de turbina de gas. En tal caso la electricidad requerida se suministra desde el exterior de la fábrica.

50 La caldera de recuperación se ha desarrollado para que sea un proceso fiable para la regeneración y la producción de energía. La proporción de calor y electricidad obtenidos por medio de la caldera de recuperación es desventajosa en las actuales fábricas de pasta al sulfato. La caldera de recuperación puede cubrir la producción de calor necesaria mejor que en el pasado, debido al descenso en el consumo de calor por parte de los procesos, pero la electricidad generada, así como la eficiencia de las soluciones de condensación, son bajas. Debido a que las partículas del gas de combustión de la caldera de recuperación que contienen álcalis, azufre y cloro son fácilmente fusibles y tienden a adherirse a las superficies de transferencia térmica, la caldera de recuperación presenta un alto riesgo de corrosión y de atascos a altas temperaturas. La principal manera de evitar la corrosión ha sido elegir la temperatura y la presión del vapor producido para que sean lo suficientemente bajas como para disminuir los efectos perjudiciales de la sal fundida. En las plantas con calderas de vapor, cuanto más puedan elevarse la presión y la

temperatura del vapor en la caldera, y cuanto más baja sea la presión del vapor tomado de la turbina que se va a usar para las necesidades de la fábrica, mayor será la eficiencia eléctrica general de la planta, es decir la relación entre la producción neta de corriente eléctrica y el consumo de calor del proceso. Existe la necesidad de elevar la eficiencia eléctrica general de las calderas de recuperación a un punto más cercano a la de las plantas eléctricas de carbón convencionales, es decir deberían elevarse la presión y la temperatura del vapor producido por las calderas de recuperación a un nivel lo más alto posible. En otras calderas industriales, la presión y la temperatura de vapor convencionales son, por ejemplo, de 13.000 kPa/540 °C. En las plantas eléctricas principales que solo producen electricidad, la presión y la temperatura de vapor son incluso claramente más elevadas, y en ellas también se practica el sobrecalentamiento intermedio. En las calderas de recuperación, la presión normal del vapor nuevo ha sido de 6.000-9.000 kPa, pero en la actualidad, debido a las muchas mejoras en los aparatos y en los procesos, así como a mejores materiales, pueden lograrse presiones y temperaturas significativamente más elevadas, incluso, por ejemplo, de 12.000 kPa y 520 °C.

En la actualidad, los gases de combustión que se descargan desde el economizador de la caldera de recuperación se refrigeran mediante agua de alimentación a una temperatura inferior a 200 °C, preferentemente 150-170 °C. Unas temperaturas finales más elevadas de los gases de combustión conducirían a una menor eficiencia debido a unas mayores pérdidas de gas de combustión dado que, debido a las impurezas contenidas en el gas de combustión, las calderas de recuperación no están provistas de precalentadores de aire calentados con el gas de combustión para disminuir la temperatura final del gas de combustión. La eficiencia de la producción de electricidad del conjunto de la caldera de recuperación y la turbina de vapor puede mejorarse mediante un uso más eficaz de los vapores extraídos de la turbina de vapor para precalentar el agua de alimentación de la caldera, para precalentar la turbina para precalentar el agua de alimentación de la caldera, para precalentar el aire de combustión y para secar el combustible que se va a quemar en el horno de recocido de cal o en la caldera para cortezas. En las plantas eléctricas convencionales, el precalentamiento del agua de alimentación se divide en una parte de baja presión (agua condensada/adicional) y una parte de alta presión, estando situado el tanque de agua de alimentación en los límites entre las mismas. En las plantas de recuperación, solo se usa el tanque de agua de alimentación para precalentar el agua de alimentación. La producción de contrapresión normalmente hace que el precalentamiento a baja presión sea inapropiado y el precalentamiento a alta presión eleve la temperatura del agua de alimentación de tal modo que conduciría a unas temperaturas más altas de los gases de combustión en la descarga, lo que a su vez disminuiría dicha eficiencia, a no ser que sea posible refrigerar los gases de combustión tras el economizador de un modo económico.

La patente EP 724683 presenta una instalación de una caldera de vapor provista de un horno y de una turbina de vapor, en la que el precalentamiento del agua de alimentación para la caldera mediante vapor de extracción de la turbina de vapor se ha efectuado ubicando el precalentador entre dos economizadores. Con esta instalación, puede aumentarse la eficiencia general de la producción de electricidad en comparación con una situación exenta de precalentamiento. En la técnica anterior se conoce también el método presentado en la patente DE 2243380 para dividir el flujo del agua de alimentación en una ramificación que va a la caldera (el economizador) y una ramificación que se va al precalentamiento a alta presión. Esta disposición también aumenta la eficiencia eléctrica general, pero menos que la disposición descrita en la patente EP 724683.

El documento US 5.201.172 describe un método para tratar lejías negras procedentes de un proceso de pasta al sulfato. El método incluye las etapas de calentamiento a presión y gasificación y/o combustión de lejías negras. Los gases formados en la gasificación/combustión se conducen a través de una etapa de purificación y luego a la turbina de gas. Desde la turbina de gas, se suministran los gases de escape a una caldera de calor residual en la que se recupera su energía residual en forma de vapor de alta presión, que se usa en una planta eléctrica de turbina a vapor. El calentamiento a presión de las lejías negras se lleva a cabo poniéndolo en contacto de intercambio de calor con vapor de recalentamiento procedente de la turbina de vapor.

El tratamiento y la refrigeración de gases de combustión tras los economizadores están esencialmente relacionados con el hecho de que los gases de combustión contienen diversas impurezas, tales como óxidos de nitrógeno. Estos compuestos de nitrógeno se generan a partir de la oxidación térmica del nitrógeno del aire de combustión o a partir del óxido producido por el denominado mecanismo inmediato, así como de la liberación del nitrógeno ligado al combustible y a la subsiguiente oxidación. Cuando se queman lejías negras, el nitrógeno contenido en las mismas se convierte, en las condiciones de reducción del horno de la caldera de recuperación, en compuestos de amoníaco y nitrógeno que penetran en la masa fundida de productos químicos. Este amoníaco forma nitrógeno molecular y óxidos de nitrógeno perjudiciales para el medioambiente, tanto en combustión convencional como en oxidación por etapas, es decir cuando se suministra el aire en múltiples etapas separadas (la denominada combustión de bajo Nox). Normalmente la mitad de dicho amoníaco se convierte en óxidos de nitrógeno y la mitad en gas nitrógeno. Mediante la denominada combustión de bajo Nox (un suministro de aire por etapas cuando las condiciones subestequiométricas se convierten en condiciones supraestequiométricas en la combustión final), dicha conversión del amoníaco en óxidos de nitrógeno puede disminuirse normalmente en aproximadamente el 20 %, dependiendo de la temperatura de operación. Aunque la liberación de óxido de nitrógeno desde la caldera de recuperación puede reducirse usando combustión por etapas, también son necesarios métodos de limpieza de gas después de la caldera, para disminuir las emisiones. Uno de tales métodos es el proceso catalítico denominado SCR, conocido en sí mismo. En este proceso, se añade amoníaco o amoníaco acuoso a los gases, después de lo cual el gas pasa por

un catalizador que cataliza la reacción de SCR. Los óxidos de nitrógeno se eliminan de los gases de combustión selectivamente, es decir sin oxidar el amoníaco, y como resultado se obtienen gas de nitrógeno y vapor de agua. Los catalizadores SCR son bien conocidos en sí mismos. La temperatura de operación del proceso de SCR es preferentemente 300-350 °C (varía dependiendo de las fuentes: US 5.853.683: 149-538 °C, preferentemente 232-427 °C; US 5.775.266: 320-350 °C; US 5.132.103: dependiendo del catalizador 340-450 °C).

El objetivo de la presente invención es mejorar el rendimiento, es decir la eficiencia eléctrica general de la caldera de recuperación y del conjunto de turbina de vapor. En especial, el objetivo es proporcionar un método en el que pueda usarse el vapor de extracción de una turbina de vapor para precalentar el agua de alimentación de la caldera sin que afecte desventajosamente a dicha eficiencia eléctrica general. Adicionalmente, el objetivo de la invención es mejorar dicha eficiencia eléctrica general de tal modo que puedan limpiarse los gases de combustión tan eficazmente como sea posible para eliminar las impurezas contenidas en los mismos, pero recuperando simultáneamente la energía térmica de los mismos tan eficazmente como sea posible.

Para lograr estos objetivos, un rasgo caracterizador de la presente invención es que la temperatura del agua de alimentación conducida a la parte de economizador se regula mediante vapor extraído de la turbina, de tal modo que los gases de combustión salen de la parte de economizador a una temperatura superior a 250 °C, normalmente de 250-400 °C, preferentemente de 300-350 °C, y tras la parte de economizador se purifican los gases en al menos un precipitador electrostático caliente y se refrigeran los gases de combustión limpios mediante el aire de combustión o el agua de alimentación.

De acuerdo con la invención, el contenido en sólidos secos de las leñas negras que se van a quemar se eleva a un valor superior al 80 por ciento en peso, normalmente del 80-95 por ciento en peso, preferentemente del 85-90 por ciento en peso y se efectúa la combustión operando con una pequeña cantidad de exceso de aire. Así, se reducen el flujo de gas de combustión de la caldera de recuperación y el flujo de capacidad térmica del gas de combustión, dado que el contenido de agua en el gas de combustión es menor en comparación con el caso en el que se queman leñas negras más débiles. La solicitud de patente Finlandesa N° 974345 presenta un método preferente para evaporar leñas negras hasta lograr un elevado contenido de sólidos secos y suministrarlas a la caldera de recuperación.

Cuanto más elevado sea el valor (presión y temperatura del vapor elevadas) del vapor que se suministra desde la caldera a la turbina de vapor, más preferente resulta para el funcionamiento de las plantas de turbina de vapor. El método de acuerdo con la invención produce vapor que tiene un valor lo más elevado posible, producido por la caldera de recuperación en cuestión, teniendo en cuenta las propiedades de construcción de la caldera.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aspecto para producir energía eléctrica en una planta de calderas de una fábrica de pasta papelera. La disposición comprende: Una caldera de recuperación que tiene un horno para quemar leñas negras, conductos para suministrar leñas negras y aire de combustión al horno. Un sobrecalentador y una tubería de descarga de vapor conectada al sobrecalentador. Un economizador para calentar agua de alimentación mediante gases de combustión y un conducto para introducir agua de alimentación en el economizador y un conducto para descargar gas de combustión desde el economizador. Una turbina de vapor conectada a la tubería de descarga de vapor de la caldera y que tiene al menos un conducto para descargar vapor de extracción. Un precalentador para agua de alimentación conectado al conducto de introducción de agua de alimentación. Un precipitador electrostático caliente que tiene conductos de suministro y de descarga para gases de combustión y un precalentador para aire conectado al conducto de suministro de aire de combustión del horno. De acuerdo con la invención, el precalentador para agua de alimentación está conectado al conducto o a los conductos de descarga para descargar vapor de extracción o vapores de extracción desde la turbina de vapor, estando conectado el conducto de suministro de gas de combustión del precipitador electrostático caliente al conducto de descarga de gas de combustión del economizador de la caldera, y el precalentador para aire está conectado al conducto de descarga de gas de combustión del precipitador electrostático caliente.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se proporciona una disposición para producir energía eléctrica en una planta de calderas de una fábrica de pasta papelera. La disposición comprende: Una caldera de recuperación que tiene un horno, unos conductos para suministrar leñas negras y aire de combustión al horno, un sobrecalentador y una tubería de descarga de vapor conectada al sobrecalentador. Al menos un primer y un segundo economizadores en la dirección de flujo del agua de alimentación de la caldera y un conducto para descargar gas de combustión desde el segundo economizador. Una turbina de vapor conectada a la tubería de descarga de vapor de la caldera y que tiene al menos un conducto para descargar vapor de extracción. Un precalentador de agua de alimentación. Un precipitador electrostático caliente que tiene conductos de suministro y de descarga para gases de combustión. De acuerdo con la invención, el precalentador para agua de alimentación está conectado al conducto a los conductos de descarga para descargar vapor de extracción o vapores de extracción desde la turbina de vapor, y está dispuesto entre el primer y el segundo economizadores de tal modo que el agua de alimentación fluya desde el primer economizador al segundo economizador. El conducto de suministro de gas de combustión del precipitador electrostático caliente está conectado al conducto de descarga de gas de combustión del segundo economizador y el primer economizador está conectado al conducto de descarga de gas de combustión del precipitador electrostático caliente.

Un rasgo caracterizador de la invención es que el agua de alimentación de la caldera se precalienta mediante vapor extraído de la turbina de vapor, de tal modo que los gases de combustión salgan de la parte de economizador a una temperatura superior a 250 °C, preferentemente a una temperatura de 300-350 °C. Esta temperatura es esencialmente superior a la temperatura de aproximadamente 150 °C a la que se descargan los gases de combustión desde el economizador al sistema de limpieza de gas de combustión, como se sabe. De este modo, se aumenta la eficiencia del proceso de la turbina de vapor, dado que pueden usarse eficazmente los vapores de contrapresión y los vapores de extracción para precalentar el agua de alimentación. La temperatura de descarga más elevada de los gases de combustión se hace posible ubicando el precipitador electrostático caliente tras el economizador, en la tubería de descarga de vapor. El precipitador electrostático caliente, en el que se eliminan las partículas de ceniza del gas de combustión, opera a una temperatura superior a 250 °C, preferentemente a 300-350 °C. Debido a dicha temperatura elevada del gas de combustión, puede instalarse un denominado proceso de SCR para eliminar los óxidos de nitrógeno, preferentemente tras el precipitador electrostático caliente. Debido al endurecimiento constante de las normativas medioambientales, los óxidos de nitrógeno deben eliminarse eficazmente de los gases de combustión de la caldera de recuperación hasta un nivel de 10-20 ppm. En la actualidad, las cantidades permitidas normales de efusión de óxido de nitrógeno son 60-120 ppm. Anteriormente, el uso económico del método de SCR no era posible debido a la baja temperatura del gas de combustión, que había sido descargado desde la caldera de recuperación y limpiado de materias en partículas. El uso del proceso de SCR en relación con la invención no es necesario si puede efectuarse la eliminación de óxidos de nitrógeno mediante cualquier otro método.

Una ventaja esencial de la invención es efectuar en un una caldera de recuperación de combustión de líquido de desecho de una fábrica de pasta papelera, una implementación en la que pueda calentarse el agua de alimentación a una temperatura relativamente elevada mediante flujos de vapor de extracción de la turbina, y así aumentar la eficiencia de la producción eléctrica (o, más exactamente, la cantidad de electricidad producida con relación a la cantidad de vapores del proceso, es decir, la eficiencia eléctrica general en la producción con contrapresión). Después, la temperatura de bajo nivel de los gases de combustión se recupera en el aire de combustión o en el agua de alimentación de la caldera. En las calderas de recuperación se ha evitado el precalentamiento del aire de combustión con los gases de combustión debido a las propiedades de incrustación de los gases de combustión que atascaban los precalentadores convencionales de gas/aire de combustión. En la presente invención, dicho problema se evita usando un precipitador electrostático caliente, con cuya ayuda también puede efectuarse una reducción de los óxidos de nitrógeno de los gases de combustión de la caldera de recuperación, lo que resulta corriente en la actualidad, dado que hasta la fecha no existe un catalizador de SCR disponible que funcione de forma fiable si no se ha limpiado la ceniza volante de los gases de combustión de la caldera de recuperación. Una solución conocida para el funcionamiento de un catalizador de SCR, cuando los gases de combustión son incrustantes, es situar un aparato purificador para óxidos de nitrógeno, que funcione en base a SCR, tras un precipitador electrostático frío (120-200 °C), de tal modo que se eleve la temperatura operativa del catalizador, que en este caso es aproximadamente de 260-330 °C, mediante un regenerador y combustión adicional. Una desventaja de esta solución es la pérdida térmica, que debe compensarse mediante la combustión de combustible. La diferencia de temperatura perdida en los gases de combustión normalmente es 20-50 °C. Y adicionalmente, el aparato resulta costoso.

La invención se describe con mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra una disposición preferente de acuerdo con la invención, en conexión con una caldera de recuperación y una turbina de vapor, y

la figura 2 ilustra otra disposición preferente de acuerdo con la invención, en conexión con una caldera de recuperación y una turbina de vapor.

La figura 1 ilustra una caldera de recuperación 10, conocida en sí misma, que comprende un horno 12 y unas superficies de recuperación de calor: un sobrecalentador 14, un banco generador de vapor 16 y una parte de economizador 18. La parte de economizador puede comprender uno o más economizadores. Se introducen lejías negras en la caldera mediante unas toberas 24. Previamente a la caldera, las lejías negras se han concentrado en la planta de evaporación hasta un contenido en sólidos secos superior al 80 por ciento en peso, normalmente de aproximadamente el 80-95 por ciento en peso de sólidos secos, preferentemente de aproximadamente el 85-90 por ciento en peso. Un método preferente para alcanzar un contenido en sólidos secos tan alto en la evaporación de las lejías negras es el método descrito en la solicitud de patente FI 974345.

También se introduce en el horno aire de combustión precalentado mediante una tubería 26. La proporción de exceso de aire en la combustión es baja, inferior al 2 por ciento en volumen, preferentemente del 1-1,5 por ciento en volumen. Durante la combustión, los productos químicos contenidos en las lejías negras forman un lecho de escorias 20 en el fondo del horno, desde el que se descarga la masa fundida de productos químicos a través de unas bocas 22 de descarga de masa fundida. Los gases de combustión generados en el flujo de combustión pasan por el sobrecalentador 14, el banco generador de vapor 16 y el economizador 18 de la caldera de recuperación, recuperándose el calor contenido en los gases de combustión en el agua que fluye por las superficies de transferencia de calor, agua que se descarga en forma de vapor sobrecalentado mediante la tubería 28. La presión

operativa de la caldera de recuperación es superior a 8.000 kPa, preferentemente de aproximadamente 10.000-12.000 kPa. Más preferentemente, la presión y la temperatura de operación son lo más elevadas posibles, determinándose para cada proceso, por ejemplo mediante las propiedades del licor que se está quemando y los límites operativos de la caldera, con relación al enfriamiento y la corrosión de las paredes de horno del sobrecalentador y a otros detalles de construcción de la caldera.

El vapor sobrecalentado producido por la caldera se conduce a través de la tubería 28 a la turbina de vapor 30, turbina a la que está conectado un generador 32 para producir electricidad por medio de la energía que libera la expansión brusca del vapor. Desde la turbina 30, se descarga vapor de extracción a través de la tubería 34 a un precalentador de agua de alimentación, es decir un intercambiador de calor 36, cuya agua de alimentación que fluye por un conducto 38 se precalienta por medio de la energía térmica obtenida del vapor extracción. Desde la turbina, un conducto de vapor conduce a través de la tubería 35 a un tanque de suministro de agua de alimentación 11. El vapor de extracción también puede liberarse de la turbina a través de otros conductos (no representados) a otros lugares de consumo de la fábrica, por ejemplo a la planta de evaporación.

El agua de alimentación precalentada en el intercambiador de calor 36 se conduce posteriormente al denominado extremo frío 19 del economizador 18 de la caldera 10, desde el que los gases de combustión, que han alcanzado una determinada temperatura final, se retiran de la caldera para limpiar el gas de combustión. Tal como es sabido, la temperatura final, debido a motivos de eficiencia, es inferior a 200 °C, normalmente de 150-170 °C. En la presente invención, la temperatura de descarga de los gases de combustión se mantiene sustancialmente más elevada, es decir es superior a 250 °C, normalmente de 250-400 °C, preferentemente superior a 300-350 °C. La temperatura final de los gases de combustión se mantiene por medio de la temperatura del agua de alimentación, que se regula en el precalentador 36 mediante la regulación de la cantidad de vapor de extracción 34 de la turbina introducido en el mismo, o disponiendo el precalentamiento para que tenga diversas etapas, por lo que la regulación puede efectuarse regulando el calentamiento en diversas etapas, ya sea por separado o en combinación, tal como se ha descrito anteriormente. La temperatura del agua de alimentación situada tras el economizador se mantiene en un valor preajustado, 5-30 °C por debajo de la temperatura de saturación para evitar la formación de tensiones perjudiciales en el economizador y perturbaciones en la circulación del agua de la caldera debido a perturbaciones en el funcionamiento del calderín. Esta diferencia de temperatura relativa a la ebullición puede regularse haciendo circular agua de alimentación desde la salida del economizador, por ejemplo, al tanque de agua de alimentación, por lo que el vapor generado debido al descenso de presión puede conducirse desde la vasija de separación hacia el tanque de agua de alimentación, un colector de vapor, la atmósfera, etc.

Tras el economizador, se conducen los gases de combustión a través de la tubería 40 hacia un precipitador electrostático caliente 42, en el que se eliminan las partículas de ceniza volante de los gases de combustión de manera conocida. En la siguiente etapa, se eliminan los óxidos de nitrógeno de los gases mediante, por ejemplo, un método de limpieza catalítico, mediante un denominado proceso de SCR de por sí conocido, en el reactor 44. En este proceso, se añade a los gases amoníaco o amoníaco acuoso, tras lo cual los flujos de gas pasan por un catalizador que cataliza la reacción de SCR. Los óxidos de nitrógeno se eliminan de los gases de combustión de manera selectiva, es decir, sin la oxidación del amoníaco. Los catalizadores de SCR son bien conocidos. La temperatura operativa del proceso de SCR es preferentemente de 300-350 °C.

La temperatura del gas de combustión limpio es aún tan elevada que, de acuerdo con la invención, puede aplicarse al precalentamiento del aire de combustión. En métodos conocidos para separar la materia en partículas de los gases de combustión, se tratan los gases de combustión de tal modo que tras la limpieza su temperatura es demasiado baja como para precalentar el aire. Anteriormente, se han usado los gases de combustión sin limpiar de la caldera para el precalentamiento del aire, pero con presencia de las desventajas tales como el atascamiento del precalentador y la necesidad adjunta de limpieza del mismo, así como una capacidad de uso reducida. En la presente invención, la limpieza de los gases de combustión se ha efectuado de tal modo que la temperatura de los gases purificados, normalmente superior a 250 °C, sea preferentemente elevada, de tal modo que el aire de combustión pueda calentarse eficazmente en el precalentador 46 de aire y que el precalentamiento del agua de alimentación cuente con espacio abundante. Un hecho limitante es la temperatura de saturación del calderín; no puede transferirse el calor al agua de alimentación de manera excesiva para evitar que hierva el agua que sale del economizador y entra en el calderín. Más exactamente, la temperatura de dicho aire deberá permanecer 5-30 °C por debajo de la temperatura de saturación. El aire precalentado se conduce a la caldera a través de la tubería 26 y el gas purificado se conduce a la atmósfera.

La figura 2 muestra otra disposición de acuerdo con la invención, disposición en la que la caldera de recuperación tiene al menos dos economizadores, el primer y el segundo economizador 46' y 18. El economizador 46' es un primer economizador en la dirección de flujo del agua de alimentación de la caldera. La refrigeración final del gas de combustión se lleva a cabo mediante el primer economizador 46', que en esta disposición reemplaza el precalentador de aire 46 de la figura 1. Desde el primer economizador 46' el agua de alimentación pasa al precalentador 36, que controla la temperatura del agua de alimentación que penetra en el segundo economizador 18. El calentamiento del agua de alimentación en el precalentador 36 es una herramienta con la que se mantiene la temperatura operativa correcta de los gases de combustión que penetran en el sistema 42 y 44 de limpieza de gas de combustión (descrito en conexión con la figura 1) a través de la tubería 40.

5 Parte del control de la temperatura de los gases de combustión en la tubería 40 puede llevarse a cabo en el tanque de agua de alimentación 11 con vapor de contrapresión, o con vapor de extracción de una turbina de vapor, o añadiendo un precalentador de agua de alimentación entre el tanque de suministro de agua 11 y el primer economizador 46'.

Las ventajas de la presente invención incluyen, por ejemplo:

10 - Aumenta la eficiencia general de la producción de electricidad, dado que el aumento de la temperatura del agua que se suministra a la caldera es elevado en los precalentadores operados por vapor.

- La temperatura de precalentamiento del aire es superior a la de las soluciones operadas por vapor, incrementando la circulación de flujos de calor a baja temperatura y aumentando así la eficiencia eléctrica general.

15 - La temperatura final del gas de combustión es baja y por lo tanto aumenta la eficiencia de la caldera de recuperación.

20 - El aparato de SCR funciona con su temperatura y gases normales, de los que se ha eliminado más del 99% de materia en partículas.

Aunque la invención se ha descrito en relación con lo que en la actualidad se considera la realización más práctica y preferente, debe comprenderse que la invención no está limitada a la realización divulgada, sino que por el contrario pretende cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del espíritu y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

- 1.- Método para la producción de energía eléctrica en una planta de calderas de una fábrica de pasta papelera, método en el que:
- 5 - se suministran lejías negras con un contenido en sólidos secos superior al 80% y aire de combustión (26) a un horno (12) de una caldera de recuperación (10), para quemar las lejías negras y recuperar los productos químicos contenidos en las mismas,
- 10 - se conducen los gases de combustión generados en la combustión a un economizador (18) de la caldera de recuperación, en cuyo economizador se calienta el agua de alimentación para la caldera, y después del economizador a la limpieza de gas,
- 15 - se conduce el agua de alimentación desde el economizador al banco de generación de vapor (16) a una temperatura inferior a la temperatura de saturación, y posteriormente a un sobrecalentador (14) para producir vapor que tenga una presión superior a 8.000 kPa,
- se conduce el vapor (28) desde la caldera de recuperación a la turbina de vapor (30) para producir electricidad,
- 20 - se usa el vapor de descarga de la turbina de vapor (30) para precalentar el agua de alimentación que se está conduciendo al economizador (18);
- caracterizado porque la temperatura del agua que se está conduciendo al economizador (18) se regula mediante vapor de extracción (34, 35) de la turbina (30), de tal modo que los gases de combustión salen del economizador a una temperatura superior a 250 °C y tras el economizador se limpian los gases de combustión en al menos un precipitador electrostático caliente (42), y se refrigeran los gases de combustión mediante el aire de combustión (46) o el agua de alimentación (46').
- 25
- 2.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque tras el precipitador electrostático caliente (42) se limpian los gases de combustión mediante un denominado proceso de SCR (44).
- 30
- 3.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los gases de combustión abandonan el economizador (18) a una temperatura de 250-400 °C, preferentemente de 300-350 °C.
- 35
- 4.- Método de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque los gases de combustión se tratan en el precipitador electrostático caliente (42) a una temperatura de 250-400 °C, preferentemente de 300-350 °C.
- 5.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el vapor que tiene una presión de 9.000-14.000 kPa, preferentemente de 10.000-12.000 kPa, se produce en la caldera (10).
- 40
- 6.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido en sólidos secos de las lejías negras es del 80-95 por ciento en peso, preferentemente de aproximadamente el 85-90 por ciento en peso.
- 7.- Disposición en la planta de calderas de una fabrica de pasta papelera, que comprende:
- 45 - una caldera de recuperación (10) que tiene un horno (12), unos conductos para suministrar lejías negras y aire (26) de combustión al horno, un sobrecalentador (14), una tubería de descarga de vapor (28) conectada al sobrecalentador, un economizador (18), un conducto para introducir agua de alimentación en el economizador y un conducto (40) para descargar gas de combustión desde el economizador,
- 50 - una turbina de vapor (30) conectada a la tubería (28) de descarga de vapor de la caldera y que tiene al menos un conducto (34) para descargar vapor de extracción,
- un precalentador (36) para agua de alimentación conectado al conducto de introducción de agua de alimentación,
- 55 - un precipitador electrostático caliente (42) que tiene conductos de suministro y de descarga para gas de combustión, y
- un precalentador (46) para aire conectado al conducto de suministro de aire de combustión del horno;
- 60 caracterizada porque el precalentador (36) para agua de alimentación está conectado al conducto o a los conductos de descarga (34) para descargar vapor de extracción o vapores de extracción desde la turbina de vapor (30), el conducto de suministro de gas de combustión del precipitador electrostático caliente (42) está conectado al conducto de descarga de gas de combustión del economizador (18) de la caldera y porque el precalentador para aire (46) está conectado al conducto de descarga de gas de combustión del precipitador electrostático caliente (42).
- 65

8.- Disposición en la planta de calderas de una fabrica de pasta papelera, que comprende:

5 - una caldera de recuperación (10) que tiene un horno (12), unos conductos para suministrar lejías negras y aire (26) de combustión al horno, un sobrecalentador (12), una tubería de descarga de vapor (28) conectada al sobrecalentador, al menos un primer y un segundo economizador en la dirección de flujo del agua de alimentación y un conducto para descargar gas de combustión desde el segundo economizador,

10 - una turbina (30) de vapor conectada a la tubería de descarga de vapor (28) de la caldera y que tiene al menos un conducto (34) para descargar vapor de extracción,

- un precalentador (36) para agua de alimentación, y

15 - un precipitador electrostático caliente (42) que tiene conductos de suministro y de descarga para gas de combustión;

20 caracterizada porque el precalentador (42) para agua de alimentación está conectado al conducto o a los conductos de descarga (34) para descargar vapor de extracción o vapores de extracción desde la turbina de vapor (30) y dispuesto entre el primer (46') y el segundo economizador (18) de tal modo que el agua fluya desde el primer economizador hasta el segundo economizador, porque el conducto de suministro de gas de combustión del precipitador electrostático caliente (42) está conectado al conducto de descarga de gas de combustión del segundo economizador (18) y porque el primer economizador (46') está conectado al conducto de descarga de gas de combustión del precipitador electrostático caliente (42).

25 9.- Disposición de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada porque un denominado dispositivo SCR (44) de limpieza de gas está conectado entre el precipitador electrostático caliente (42) y el precalentador (46) para aire en la tubería de gas de combustión.

30 10.- Disposición de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada porque un denominado dispositivo SCR de limpieza de gas está conectado entre el precipitador electrostático caliente (42) y el primer economizador (46') en la tubería de gas de combustión.

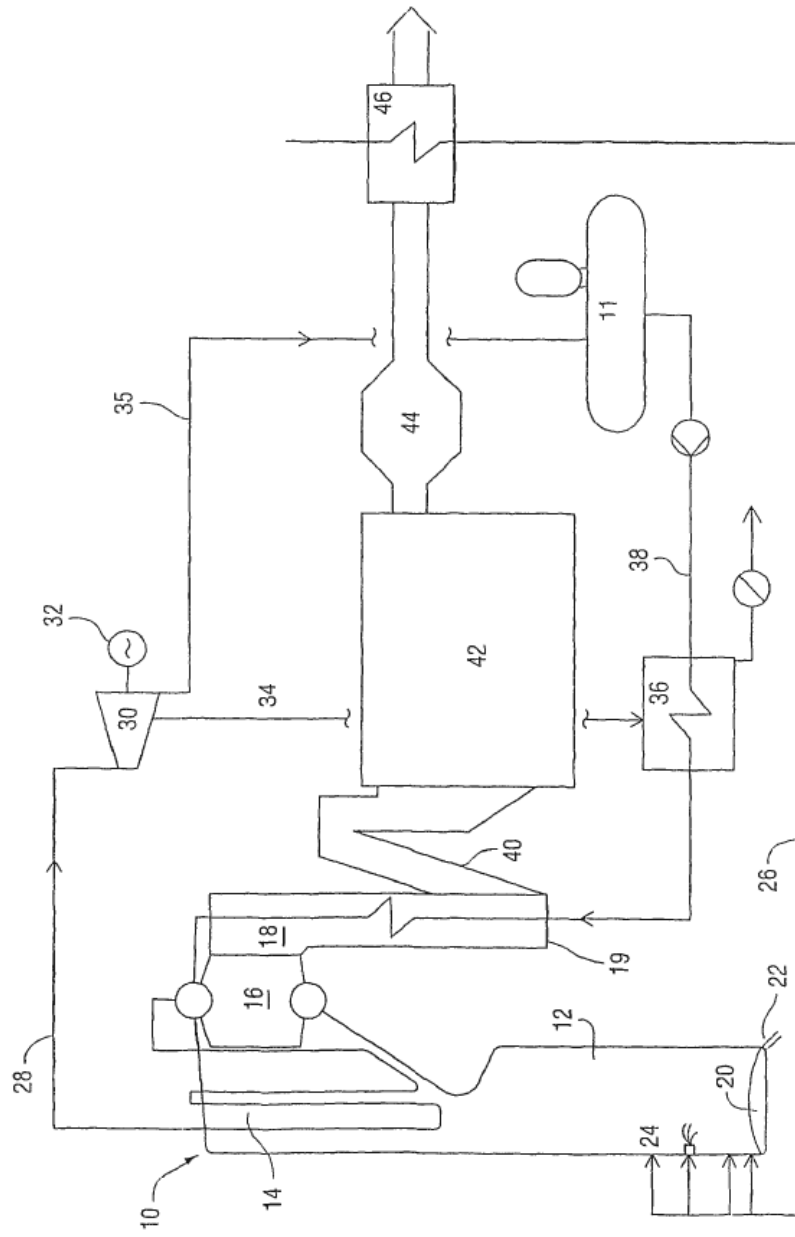


Fig. 1

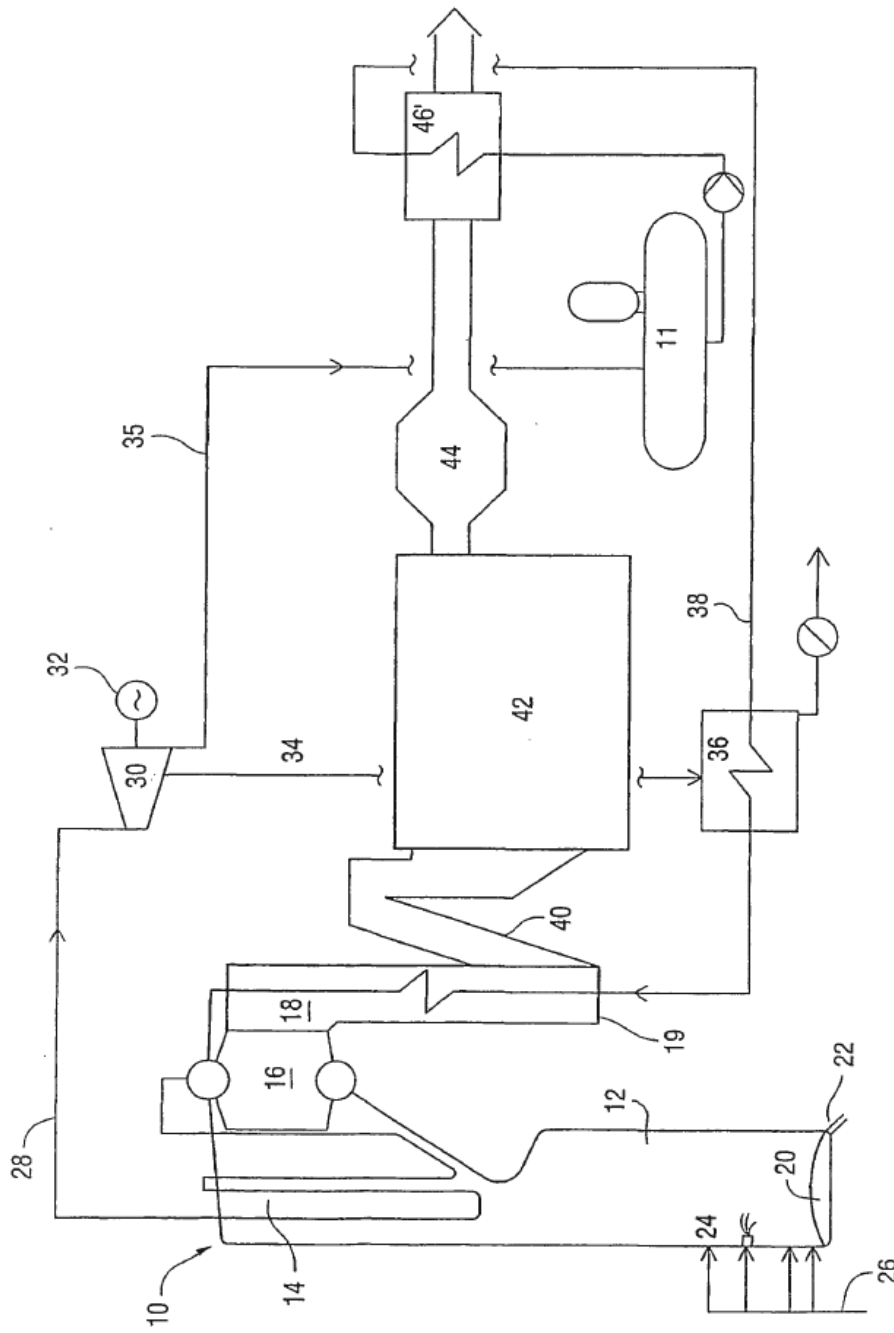


Fig. 2