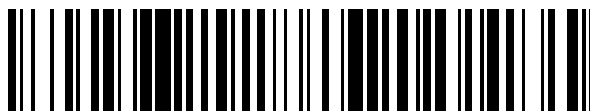


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 332**

51 Int. Cl.:

D21C 11/12 (2006.01)

D21C 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2003** **E 03725232 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013** **EP 1504154**

54 Título: **Método para producir energía en un molino de pulpa**

30 Prioridad:

13.05.2002 US 379406 P

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

26.06.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 409 332 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 para producir energía en un molino de pulpa

5 En los molinos de pulpa químicos, primero se extrae la corteza de la madera de los troncos, tras lo cual la madera restante se corta en astillas y se procesan químicamente (cocinan) en fibras. La lignina y algún material de hidratos de carbono se disuelven de las astillas de madera durante la cocción en licor de cocción alcalino. La lignina y el material de hidratos de carbono y los componentes del licor de cocción forman un licor residual denominado licor negro. El rendimiento de la madera a fibra es, generalmente, menos del 50 % y, habitualmente, del 46 al 48 %.

10 Después de la cocción, los productos químicos se recuperan del licor negro mediante ignición del licor negro en un hervidor de recuperación solo o junto con otras corrientes "residuales". El proceso de ignición en el hervidor es exotérmico y la energía liberada se recupera como vapor supercalentado presurizado. La energía del vapor se recupera en una turbina de vapor para producir potencia eléctrica y vapor de baja presión para otras necesidades del proceso de la pulpa.

15 El licor negro y otras corrientes "residuales" se han reconocido como combustibles de biomasa, que son fuentes alternativas de combustible. Dichas fuentes alternativas de combustible reducen la necesidad en un molino de pulpa para combustibles convencionales, tales como carbón y aceite, y, de este modo, reducen la cantidad de gases de invernadero producidos por la producción de energía usando combustibles convencionales. Los combustibles de biomasa se pueden usar para proporcionar vapor a una presión y temperaturas vivas altas, que es una ventaja para la eficiencia de generación de energía.

25 Tradicionalmente, la energía se produce en un molino de pulpa mediante la combustión del licor negro en una caldera de recuperación y los residuos de madera y la corteza en una caldera auxiliar (véase, por ejemplo, el documento US 5 509 997). La corteza del material bruto de la madera y la sustancia orgánica del licor negro generado, junto, normalmente suministran toda la demanda de energía del molino de pulpa. Si se necesita más energía en el molino de pulpa se puede adquirir combustible adicional. El combustible adicional se combustiona con la corteza de madera en la caldera auxiliar. Convencionalmente, la energía se produce en un molino de pulpa del siguiente modo: una caldera de recuperación y una caldera auxiliar, en las que la corteza de la madera residual del

30 molino combustiona para generar vapor supercalentado a alta presión. El vapor generado se hace pasar por una(s) turbina(s) de vapor a retopresión y el vapor liberado se usa para proporcionar calor para el molino. La turbina y un generador conectado a la misma producen la electricidad necesaria para alimentar el molino.

35 La madera contiene cantidades pequeñas de potasio (K) y cloro (Cl). Estos elementos permanecen en el licor negro durante la cocción. En la caldera de recuperación, estos elementos están enriquecidos en las cenizas volantes e incrementan la corrosividad del gas de combustión especialmente en el supercalentador. La corrosividad del Cl y el K aumentan con la temperatura. La corrosividad del Cl y el K imponen un límite superior de temperatura en el vapor generado en la caldera de recuperación. Este límite para el vapor supercalentado normalmente es de 400 a 490 °C según el contenido de cloro y potasio. Con materiales especiales o con licores que tienen un contenido muy bajo de Cl y K, se han usado temperaturas del vapor hasta 520 °C. Dado que la corrosividad del Cl y el K suelen requerir mantener la temperatura del vapor supercalentado relativamente baja, la presión del vapor también es baja. Estas limitaciones de temperatura dan lugar a un rendimiento bajo de energía a partir del calor generado en la caldera de recuperación, en comparación con las calderas de energía normales impulsadas por carbón, gas natural o petróleo.

45 Estas limitaciones de temperatura en el vapor en una caldera de recuperación so son tan estrictamente válidas con la corteza que se origina de troncos, pero las cenizas volantes de la combustión de la corteza en una caldera para corteza también pueden contener cloro y potasio. Dado que el contenido en azufre es muy bajo, el potasio reacciona en la caldera para corteza con el cloro y forma KCl, que, a su vez, puede tener como resultado la corrosión del supercalentador. El flujo calorimétrico en la corteza es también muy inferior en el flujo de licor negro ("residual"), debido al muy inferior flujo de masa.

50 Se desarrollaron nuevos ciclos de potencia para reemplazar la caldera de recuperación tradicional y se ha estudiado el ciclo de vapor de la turbina y la gasificación presurizada del licor "residual" y la corteza parece tener prometedoras posibilidades. No obstante parece necesario mucho más desarrollo antes que estas tecnologías tienen la fiabilidad y el rendimiento necesarios. La gasificación atmosférica de la madera y la corteza en gasificadores de lecho fluidificado ha estado comercializada desde 1983 en los molinos de pulpa para producir gas combustible para usar en hornos de recocido de cal como sustitutos de los combustibles fósiles. No obstante, en la medida que conocemos, no se han desarrollado métodos eficientes para aumentar la temperatura y la presión de vapor supercalentado producido en una planta de caldera de recuperación de un molino de pulpa de un modo tal que no se produce corrosión o la tasa de corrosión está a niveles aceptables. De acuerdo con esto existe desde hace tiempo existe una necesidad de un método para incrementar el rendimiento de energía en la producción de energía en un molino de pulpa sin problemas de corrosión y, al mismo tiempo, minimizar la necesidad de combustibles fósiles en los molinos de pulpa.

65 En una primera realización de la invención, el vapor se calienta en una caldera de recuperación a un grado tal que no se produce la corrosión a alta temperatura. El vapor se calienta a una temperatura inferior a 520 °C y,

óptimamente, entre 480 y 500 °C. Después, el vapor se sobrecalienta hasta de 500 a 600 °C (y, óptimamente a de 520 a 560 °) en un(os) supercalentador(es) en un proceso de combustión especial en el que se quema el combustible limpio para evitar la corrosión a temperatura elevada. El combustible limpio se genera mediante gasificación usando un combustible a base de madera.

5 La presente invención es, en un ejemplo, un método para producir energía en un molino de pulpa que comprende las etapas siguientes: a) combustión de un licor residual del proceso de pulpeo (tal como un licor negro procedente del pulpeo kraft) en el horno de una caldera de recuperación para generar gases de combustión, b) recuperación de calor de los gases de combustión produciendo vapor en la caldera de recuperación, c) gasificación de madera,
10 corteza o residuos de madera en un gasificador para generar un gas combustible, d) quemado de al menos parte del gas combustible en una caldera de sobrecalentamiento y e) sobrecalentamiento del vapor saturado y parcialmente supercalentado en la caldera de sobrecalentamiento usando energía térmica de la quema del gas combustible.

15 La invención puede gasificar atmosféricamente combustibles sólidos a base de madera, tales como madera, astillas de madera, astillas de corteza, madera triturada, virutas de carpintería, serrín, residuos forestales a base de madera, usando un método de gasificación que se sabe que produce un gas combustible. Estos gases combustibles se queman, al menos en parte, en una caldera de sobrecalentamiento aparte y se usan para sobrecalentar el vapor producido en una caldera de recuperación.

20 En una realización adicional de la invención, la temperatura del vapor saturado y/o parcialmente supercalentado producido por el supercalentador de la caldera de recuperación está limitada a un nivel al cual no tiene lugar la corrosión de la caldera o la tasa de corrosión es aceptablemente baja. La temperatura límite depende de las condiciones de corrosión en la caldera de recuperación. En condiciones escandinavas, el límite de temperatura está en un intervalo de, normalmente, 480 a 500 °C. En la práctica, el intervalo del límite de temperatura de corrosión es
25 amplio, por ejemplo de 400 a 520 °C, por las variaciones de los niveles de Cl y K en el licor negro y las cenizas volantes resultantes y el denominado "arrastre", que es un tipo de ceniza volante que contiene hollín. La etapa de sobrecalentamiento final se produce en un supercalentador aparte, en el que la temperatura del vapor alcanza el nivel final habitualmente a 450 a 600 °C, preferentemente de 500 a 560 °C y, más preferentemente, de 530 a 560 °C. Dependiendo del desarrollo de los materiales del supercalentador, una temperatura tan elevada como de 600 °C
30 puede ser un límite aceptable.

El gas combustible generado del material de madera contiene compuestos alcalinos, tales como compuestos de sodio y de potasio, y compuestos que contienen cloro, que pueden formar compuestos de cloro alcalino tales como NaCl y KCl. Los compuestos de cloro alcalino pueden producir corrosión a las temperaturas elevadas que
35 prevalecen en el supercalentador. El gas combustible de la gasificación de la corteza o de la madera se puede hacer no corrosivo añadiendo azufre o gas que contiene azufre, tal como gases no condensables de la cocción o extracción del condensado de desecho, y mediante la inyección de petróleo que contiene azufre en el flujo del gas combustible del gasificador. Otra técnica para reducir la corrosividad del gas combustible es quemar los combustibles que contienen azufre mencionados anteriormente en quemadores de gas de la caldera de
40 sobrecalentamiento. La limpieza para eliminar el polvo alcalino de gas combustible antes de la combustión en el supercalentador también debería proporcionar condiciones no corrosivas a temperaturas del metal más altas en el supercalentador. Parte del gas combustible se puede usar en un horno de cal para sustituir los combustibles fósiles como petróleo y gas, lo que tiene como resultado una mejora en el equilibrio de los gases de invernadero del molino.

45 De acuerdo con otra realización de la invención se proporciona un sistema para producir energía en un molino de pulpa. El sistema comprende: una caldera de recuperación que tiene un horno para la combustión de licor negro para producir gases de combustión; superficies térmicas en la caldera de recuperación para recuperar calor de los gases de combustión para generar vapor; una caldera de sobrecalentamiento conectada a las superficies térmicas de la caldera de recuperación para introducir el vapor en la caldera de sobrecalentamiento; un gasificador para
50 gasificar el combustible sólido de madera, tal como corteza, para producir un gas combustible, y un conducto para suministrar el gas combustible desde el gasificador a la caldera de sobrecalentamiento para quemar el gas en la misma.

Por medio de la invención se pueden alcanzar varias ventajas, incluidas (sin limitaciones) las siguientes:

55 A. Aumentando la presión y la temperatura de operación del vapor recuperado del proceso de recuperación de licor residual por medio de la caldera de sobrecalentamiento, se mejora la eficiencia eléctrica global de la planta y se genera más electricidad mediante el calor recuperado en el vapor; y

60 B. Al usar corteza u otros residuos de la madera como fuente de calor no se generan emisiones de dióxido de carbono, al contrario que en las situaciones en las que se usan combustibles fósiles, como gas natural o petróleo de combustible pesado. Como se sabe, un molino de pulpa moderno se autoabastece con respecto a la energía, incluso cuando no se usan corteza y los correspondientes residuos de madera. La presente invención permite el uso de toda o parte de la corteza de madera producida en un molino de pulpa.

65 A continuación, la invención se describe con más detalle con referencia a la Figura 1 adjunta, que es un diagrama

esquemático de una unidad para recuperar energía de licor residual en un molino de pulpa.

La FIGURA 1 ilustra una unidad para recuperar energía a partir de licor residual que comprende un gasificador 10, una caldera de recuperación de licor residual 14, una sección de recuperación de calor 16 conectado a la misma, una caldera de sobrecalentamiento aparte 18, una turbina de vapor 20, un generador 22 y un horno de recocido de cal 24. El licor negro se rocía a través de boquillas 26 en la caldera de recuperación 14. El aire de combustión se suministra a la caldera de recuperación a través de las líneas 28 a varios niveles de la caldera. La materia inorgánica fundida (un producto de la combustión del licor negro) fluye a través de un lecho de carbón 30 acumulado sobre la parte inferior de la caldera de recuperación y hacia una salida 32 que descarga en un tanque de disolución (no mostrado).

En la caldera de recuperación 14 y en la sección de recuperación de calor 16, el calor se recupera de los gases de combustión vaporizando las superficies 34 y los precalentadores de agua 36. Los gases de combustión se descargan de la caldera a través de un conducto 38. El vapor puede calentarse parcialmente en la caldera de recuperación mediante las superficies de sobrecalentamiento 40.

Es preferible secar el material de madera que se va a gasificar. Los gases generados de la madera seca contienen más componentes combustibles que los gases producidos a partir de madera húmeda. Una porción más alta de combustibles en los gases aumenta la eficiencia de la combustión. La madera puede secarse mediante los gases combustibles de la caldera de recuperación o un horno de recocido de cal. Por ejemplo, la corteza de madera se puede secar con gases combustibles de un horno de recocido de cal. Dicho proceso de secado se describe en la patente de EE.UU. nº 5.103.743, que se incorpora en el presente documento por referencia.

El combustible de madera seca, tal como la corteza, se suministra a través de una línea 12 a la etapa de gasificación 10, que puede ser un gasificador de lecho fluido circulante (GLF). También pueden ser aplicables otros gasificadores bien conocidos. El gas combustible generado en el flujo del gasificador a través de una línea 44 a la caldera de sobrecalentamiento 18. No obstante, una porción de gas combustible puede fluir a través de la línea 46 al horno de recocido de cal 24.

La corrosión de las superficies térmicas 48 en la caldera de sobrecalentamiento se reduce mediante la combustión adicional de combustible sulfuroso, preferentemente gases no condensables de la planta de cocción y/o del proceso de extracción del condensado de desecho. El combustible sulfuroso se suministra a través de la línea 54 y se añade al flujo de gas combustible en la línea 44 o en los quemadores 56. El azufre reacciona con álcali en el gas combustible para prevenir o reducir la formación de los compuestos de cloro alcalino, que podría, si se pueden formar, producir corrosión en la caldera de sobrecalentamiento, especialmente a temperaturas altas.

La adición de azufre a los combustibles para inhibir la corrosión es un método barato, sencillo y, por tanto, puede ser un método usado principalmente para reducir la corrosión en la caldera. Aunque se pueden usar otros métodos de inhibición de la corrosión conocidos y más eficientes, dichos métodos generalmente requieren la purificación del gas de combustión. Los dispositivos de purificación aumentan los costes de capital de la planta de pulpeo. El gas combustible del gasificador 10 se puede purificar en una unidad de purificación 42 y, después, fluir a la caldera de sobrecalentamiento 18 o al horno de recocido de cal 24. La unidad de purificación extrae del gas los componentes alcalinos, que son perjudiciales en los posteriores procesos de reducción de la corrosión. El aire de combustión se suministra a la caldera de sobrecalentamiento a través de una línea 46. La combustión en el supercalentador 18 normalmente se completa con exceso de aire optimizado, pero también es posible la combustión estequiométrica o reductora, y puede ser preferible en algunas aplicaciones.

Las superficies de sobrecalentamiento 48 se disponen en la caldera de sobrecalentamiento para sobrecalentar el vapor saturado y/o parcialmente supercalentado procedente de la caldera de recuperación a través de los conductos de vapor 52. El vapor supercalentado se conduce a través de una línea 50 a la planta de turbina de vapor. Una turbina 20 y el generador 22 en la planta producen energía eléctrica.

Los gases emitidos de la caldera de sobrecalentamiento 18 se introducen en la caldera de recuperación, preferentemente en la entrada del supercalentador 40, en el que se mezclan con la corriente principal de gas de combustión procedente del horno de la caldera. Otras localizaciones posibles de las entradas para los gases emitidos incluyen toda el área desde la parte inferior del horno hasta la entrada del economizador 16. Los gases emitidos se pueden introducir a través de las líneas 58 y 28 en el horno.

Los gases de combustión de la caldera de sobrecalentamiento 18 se pueden usar para conformar un patrón de flujo del gas de combustión, desde el horno 15 de la caldera de recuperación sobre la "nariz de toro" 17 para mejorar la distribución del gas y la transferencia de calor a los supercalentadores, o para generar condiciones requeridas para el control de las emisiones, de un modo tal que la ventana de temperatura óptima para una reducción no catalítica selectiva (SNCR) para reducir las emisiones de NO_x, o para reducir el tamaño de las partículas a partículas finas (tamaño inferior a 2,5 micrómetros). Otra posibilidad es usar estos gases de combustión para conformar el patrón de flujo en el horno 15 para mejorar la mezcla, introduciendo, por ejemplo, estos gases a través de puertos localizados en vertical, como se describe en la patente europea 668.983 (incorporada en el presente documento por referencia),

en lugar de aire o de mezclarse con aire.

La combustión en la caldera de sobrecalentamiento 18 también se puede realizar en condiciones subestequiométricas. Los gases reducidos generados de este modo se pueden introducir en los gases de combustión desde el horno 15 para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno en los gases de combustión procedentes del horno. Se sabe que ciertos combustibles son más eficaces que otros en el recocido para reducir el contenido de óxidos de nitrógeno en los gases de combustión procedentes del horno de una caldera de recuperación. Los combustibles de recocido también se pueden introducir en el(los) flujos de gases de combustión desde la caldera de sobrecalentamiento para mejorar la mezcla de gases.

No se pretende que la invención esté limitada a la realización ilustrada y descrita con anterioridad, pero se puede modificar y variar dentro del alcance y el espíritu de la invención, como se define en las reivindicaciones siguientes. Por ejemplo, tanto la gasificación como el sobrecalentamiento se pueden llevar a cabo a una presión elevada, de modo que se alcanzan las ventajas generales de una planta presurizada.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir energía en un molino de pulpa que tiene un gasificador, una caldera de recuperación y una caldera de sobrecalentamiento, comprendiendo dicho método:
5 a) la combustión del licor residual procedente de un proceso de pulpeo 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;
10 c) gasificar un material sólido a base de madera en un gasificador para producir un gas combustible,
d) quemar al menos parte del gas combustible en la caldera de sobrecalentamiento, y
15 e) alimentar el vapor de la caldera de recuperación a la caldera de sobrecalentamiento y sobrecalentar el vapor el en la caldera de sobrecalentamiento para producir vapor supercalentado.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el vapor se sobrecalienta hasta una temperatura en un intervalo de 450 a 600 grados centígrados.
20
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el vapor se sobrecalienta hasta una temperatura en un intervalo de 500 a 560 grados centígrados.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el vapor se sobrecalienta hasta una temperatura en un intervalo de 530 a 560 grados centígrados.
25
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que además comprende la limpieza del gas combustible de la etapa (c) antes que la etapa (d).
- 30 6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el combustible que contiene azufre se quema con el gas combustible de la etapa (d).
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el combustible que contiene azufre es un gas no condensable generado por el molino de pulpa.
35
8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que quemar el gas combustible se efectúa en condiciones supraestequiométricas.
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los gases combustibles se generan en la etapa d) y los gases de combustión fluyen hacia un horno de la caldera de recuperación.
40
10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los gases de combustión fluyen al horno de la caldera de recuperación para aumentar la mezcla de gases en el horno.
- 45 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que quemar los gases combustibles se realiza en condiciones subestequiométricas y los gases de combustión se generan y fluyen hacia un horno de la caldera de recuperación.
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los gases de combustión generados en la etapa d) se mezclan con los gases de combustión generados en la etapa a).
50
13. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una porción del gas combustible se quema en un proceso de recocido con cal.
- 55 14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material sólido a base de madera se seca antes de la gasificación.
15. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material sólido a base de madera es corteza.

Fig. 1

