

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 502**

51 Int. Cl.:

**D21C 11/12** (2006.01)

**D21C 11/00** (2006.01)

**F23G 7/04** (2006.01)

**F23G 5/027** (2006.01)

**C10B 49/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2010 E 10827958 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015 EP 2496758**

54 Título: **Método y equipo para el tratamiento de licor negro en una fábrica de pasta**

30 Prioridad:

**06.11.2009 FI 20096152**

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

**22.06.2015**

73 Titular/es:

**VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)  
Keilasatama 5  
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**HONKOLA, TIMO**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 538 502 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 equipo para el tratamiento de licor negro en una fábrica de pasta

**Antecedentes de la invención**

5 La invención se refiere a un método de tratamiento de licor negro de una fábrica de pasta para recuperar los productos químicos y la energía contenidos en su interior. La invención se refiere además a un equipo para el tratamiento de licor negro de una fábrica de pasta para recuperar los productos químicos y la energía contenidos en su interior.

10 Un proceso de fabricación de pasta trata material de madera, generalmente virutas de madera, mediante calor y productos químicos por cocción en una disolución química que contiene, entre otros, lejía. Esto se denomina cocción de la pasta. El objeto del tratamiento es retirar la lignina aglutinante de las fibras. En la cocción con sosa el producto químico para la cocción es expresamente hidróxido sódico (NaOH). Después de la cocción las fibras separadas del material de madera, es decir, la masa de fibra, se separan del producto químico para la cocción, en el que quedan diversos aglutinantes en el material de madera, tales como lignina y materia inorgánica, disueltos durante la cocción. La mezcla química separada después de la cocción, es decir, el licor negro, se evapora en una planta de evaporación para retirar el agua y proporcionar un material combustible que contiene tan poca agua como sea posible. Este material obtenido a partir de la etapa final de la planta de evaporación y alimentado para combustión puede tener un contenido de sólidos secos de hasta un 85%.

20 Convencionalmente, el licor negro se quema en una caldera de recuperación, con lo cual se produce vapor, y con el vapor electricidad, para su uso como energía en la fábrica y opcionalmente para la venta. La parte inorgánica del licor negro que queda de la combustión se retira de la caldera de recuperación como una sal fundida, que se recicla para producir productos químicos para la cocción. Esto se describe, por ejemplo, en las patentes finlandesas 82494 y 91290.

Se han hecho intentos para reemplazar la caldera de recuperación por gasificación del licor negro, por ejemplo, pero en la práctica aún no es una solución comercialmente viable.

25 La publicación WO 2004/005610 describe una solución en la que el licor negro se piroliza y el coque obtenido en la pirólisis se gasifica. Sin embargo, este proceso es engorroso en la práctica y requiere una planta de gasificación cara y separada. El documento US 2006/201641 describe un método de tratamiento de licor negro particularmente derivado de pasta que no es madera, por calentamiento con un óxido de metal alcalinotérreo en un reactor de lecho fluidizado toroidal a una temperatura por encima de 650°C. El documento WO 86/07396 describe un proceso para la recuperación de productos químicos para la cocción y energía a partir de licores residuales de celulosa obtenidos en la industria de la pasta y el papel. El documento US 6030493 describe un proceso para recuperar productos químicos y energía a partir del licor agotado obtenido cuando se produce pasta de papel por deslignificación química de un material de partida fibroso. El documento US 5174860 describe un sistema de recuperación de licor negro kraft que utiliza tres reactores diferentes para la pirólisis del licor, reducción de sulfato y combustión de carbono más compuestos orgánicos, respectivamente. El documento WO 95/08022 describe un proceso continuo mejorado para el aprovechamiento de los residuos del proceso de producción de celulosa. El documento WO 97/23687 describe un método en el que se gasifica licor negro de un proceso de fabricación de pasta kraft en un reactor de lecho fluidizado en presencia de compuestos de calcio sólidos que reaccionan con los compuestos de azufre para producir CaS sólido.

**40 Breve descripción de la invención**

El objeto de esta invención es proporcionar un método y un equipo para tratar licor negro, mediante el cual puede eliminarse una caldera de recuperación de todo el proceso, y que es sencillo y fácil de implementar principalmente con los aparatos de las fábricas de pasta existentes.

El método de la invención se caracteriza por

- 45
- introducir licor negro en un reactor de pirólisis que comprende un espacio sustancialmente libre de oxígeno,
  - alimentar al reactor de pirólisis material caustificante que consiste en óxido sódico (Na<sub>2</sub>O) y un óxido metálico (M<sub>x</sub>O<sub>y</sub>) y que se calienta en una unidad de calcinación, con lo que el licor negro se gasifica y forma componentes gaseosos y queda materia sólida,
  - transportar los componentes gaseosos formados en el reactor de pirólisis para su utilización adicional,
- 50
- transportar la materia sólida formada en el reactor de pirólisis a la unidad de calcinación, donde la materia combustible contenida en su interior se calcina por el oxígeno contenido en el aire alimentado a la unidad de calcinación y queda un material caustificante que consiste en óxido sódico (Na<sub>2</sub>O) y un óxido metálico (M<sub>x</sub>O<sub>y</sub>),
  - devolver parte del material caustificante formado en la unidad de calcinación al reactor de pirólisis y transportar parte a una cuba de disolución, donde se añade agua al mismo, con lo que se forman hidróxido sódico

(NaOH) y óxido metálico ( $M_xO_y$ ),

- devolver el hidróxido sódico (NaOH) formado de vuelta al proceso de fabricación de pasta y al menos la mayor parte del óxido metálico ( $M_xO_y$ ) que queda a la unidad de calcinación, donde este forma el material caustificante con el óxido sódico ( $Na_2O$ ).

5 El equipo de la invención se caracteriza por que comprende:

- una unidad de calcinación,

- un reactor de pirólisis, en el que se alimenta el licor negro y donde el licor negro se piroliza en un espacio sustancialmente libre de oxígeno y forma componentes gaseosos y materia sólida,

- medios para transportar los componentes gaseosos formados en el reactor de pirólisis para su utilización,

10 - medios para transportar los sólidos formados en el reactor de pirólisis a la unidad de calcinación, donde el material combustible se calcina formando gases de escape, y se forma un material caustificante que consiste en óxido sódico ( $Na_2O$ ) y un óxido metálico ( $M_xO_y$ ),

- medios para alimentar parte del material caustificante calentado en la unidad de calcinación al reactor de pirólisis y alimentar parte a un reactor de disolución, con lo que se forman hidróxido sódico (NaOH) y óxido metálico ( $M_xO_y$ ), y

15 - medios para transportar el hidróxido sódico (NaOH) de vuelta al proceso de fabricación de pasta y al menos la mayor parte del óxido metálico ( $M_xO_y$ ) que queda a la unidad de calcinación donde este forma el material caustificante con el óxido sódico ( $Na_2O$ ).

La idea básica de la invención es que se pirolice el licor negro alimentando el licor negro y el material caustificante sólido que contiene óxido metálico y se caliente en una unidad de calcinación, preferiblemente en una caldera de lecho fluidizado o una caldera de lecho fluidizado circulante, con el licor negro en un único reactor de pirólisis. En el reactor de pirólisis el licor negro se calienta a una temperatura adecuada en un espacio sustancialmente libre de oxígeno, mediante el calor en el material caustificante, de manera que las sustancias volátiles en el licor negro se transforman a un estado gaseoso. Cuando sea necesario, el reactor de pirólisis puede someterse a calentamiento o enfriamiento para disponer la temperatura en un intervalo deseado. Además, la idea básica de la invención es que los componentes gaseosos se separan de los sólidos y se transportan para su utilización en la producción de electricidad, por ejemplo, y los sólidos, a su vez, se transportan de vuelta a la unidad de calcinación, donde se calcinarán carbono y carbonato sódico formando dióxido de carbono y material caustificante, es decir, un compuesto de óxido sódico y óxido metálico, calentando al mismo tiempo el material caustificante a una temperatura deseada. Otra idea básica de la invención es que parte del material caustificante formado en la unidad de calcinación se devuelve al reactor de pirólisis y parte se transporta para disolución para mezclarlo con agua, formando así hidróxido sódico, que se devuelve al proceso de cocción, y óxido metálico, que se devuelve a la unidad de calcinación, donde se une al óxido sódico y forma así el material caustificante.

El método de la invención tiene la ventaja de que un ciclo químico permite la recuperación de energía y productos químicos. Además, pueden usarse los componentes gaseosos o el aceite de pirólisis separado de los mismos por condensación como un sustituto de un combustible fósil, o cuando sea necesario, puede refinarse adicionalmente para combustible para tráfico. Otra ventaja es que al ser rápida la pirólisis, se maximiza la formación de gases. Además, debido a que la temperatura en la pirólisis es menor que en la caldera de recuperación, se evitan los problemas de corrosión e incrustaciones de las calderas de recuperación convencionales.

#### 40 Breve descripción de las figuras

La invención se describirá con mayor detalle en conexión con los dibujos adjuntos, en los que

La Figura 1 muestra esquemáticamente un aparato para aplicar el método de la invención y

La Figura 2 muestra esquemáticamente un segundo aparato para aplicar el método de la invención.

#### Descripción detallada de la invención

45 La Figura 1 muestra un reactor 1 de pirólisis, en el que se alimenta el licor negro 2. Al reactor 2 de pirólisis se alimenta también material 3 caustificante caliente que contiene un compuesto de óxido sódico ( $Na_2O$ ) y un óxido metálico, en este caso óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ) a modo de ejemplo. El material caustificante calienta el licor negro que se gasifica en un espacio sustancialmente libre de oxígeno en un producto gaseoso y queda materia sólida.

50 Los productos 4 gaseosos formados en el reactor de pirólisis se transportan para procesamiento adicional y para otro uso. El material 5 sólido, que se forma en el reactor 1 de pirólisis y que contiene óxido metálico, en este ejemplo óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ), y carbonato sódico ( $Na_2CO_3$ ) y carbono (C), se transporta para su combustión en una unidad 6 de calcinación, preferiblemente una caldera de lecho fluidizado o una caldera de lecho fluidizado circulante.

El material combustible obtenido de la pirólisis en conexión con la calcinación en la unidad 6 de calcinación, es decir, carbono y sosa, se calcinan dando como resultado dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y un compuesto sólido ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) de óxido sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y un óxido metálico, en este ejemplo óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), compuesto que constituye el material caustificante. Este material caustificante se transporta parcialmente de vuelta al reactor 1 de pirólisis, pero parte del mismo se transporta ventajosamente a través de un intercambiador 7 de calor a una cuba 8 de disolución, El intercambiador 7 de calor calienta el agua 9 de alimentación para el vapor necesario para producción de energía antes de su vaporización real en un generador 10 de vapor que se explicará posteriormente. Cuando sea necesario, también puede omitirse el intercambiador de calor y parte del material puede transportarse directamente a la cuba 8 de disolución. En lugar de un óxido metálico también es posible usar una mezcla de dos o más óxidos metálicos.

En la cuba 8 de disolución el óxido sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) en el compuesto sólido ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) forma hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ) con agua y quedará un óxido metálico sólido, en este ejemplo óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que se transporta 13 después del lavado 11 y el secado 12 de vuelta a la unidad 6 de calcinación. El hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ), a su vez, se transporta después de la disolución 8 mediante filtración 14 de vuelta a la cocción 15.

Los gases 16 de escape que contienen dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y que se formaron en la unidad 6 de calcinación se transportan al generador 10 de vapor, al que se transporta el agua 9 de alimentación calentada del intercambiador 7 de calor para vaporizarla. Desde el generador 10 de vapor se transporta el vapor 17 formado, por ejemplo, a la producción de energía u otro punto adecuado en el proceso. El generador de vapor como tal no es necesario para la invención y, si se desea, puede omitirse.

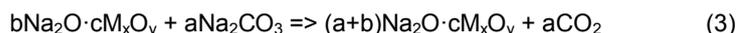
Los gases de escape se dirigen desde el generador 10 de vapor hasta un segundo intercambiador 18 de calor, al que se transporta el aire 19 de combustión alimentado a la unidad 6 de calcinación. El aire de combustión se calienta en el segundo intercambiador 18 de calor y se transporta a la unidad 6 de calcinación. Desde el segundo intercambiador 18 de calor los gases 16 de escape se transportan adicionalmente de forma ventajosa a un filtro 20, donde las cenizas 21 se separan de los mismos y los gases de escape se transportan adicionalmente a una chimenea o se procesan de otra manera. El segundo intercambiador de calor no es necesario por sí mismo para la invención, y si se desea, también puede omitirse.

Además del óxido de hierro, otros muchos óxidos metálicos se comportan y reaccionan de una manera correspondiente, de manera que el óxido de hierro puede reemplazarse en la fórmula por un óxido metálico apropiado. Estos incluyen, entre otras cosas, dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) u óxido de manganeso ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ).

Al usar óxido de hierro ocurren las reacciones de caustificación directa en el proceso de la siguiente manera:



En general, la presentación de las fórmulas tiene la forma:



donde  $\text{M}_x\text{O}_y$  es un óxido metálico.

La reacción (1) se inicia en el reactor de pirólisis y continúa aún en la unidad de calcinación. El óxido de hierro puede reemplazarse por otros óxidos metálicos adecuados, siendo las reacciones las mismas, en principio.

En el caso de que la temperatura en el material caustificante sea excesivamente alta, la temperatura del reactor de pirólisis debe controlarse por enfriamiento. En este caso es posible, por ejemplo, alimentar al reactor de pirólisis parte del óxido metálico frío que se alimentará principalmente a la unidad de calcinación, que está indicada por una línea de guiones 13' en Figura 1, con lo que enfría la temperatura del reactor de pirólisis a un nivel adecuado. El control de temperatura puede realizarse, por ejemplo, cambiando la cantidad de óxido de hierro que se va a transportar al reactor de pirólisis.

El producto 4 gaseoso formado en el reactor de pirólisis puede dirigirse hacia el uso directo o puede procesarse en la fabricación de combustible para tráfico, por ejemplo. Análogamente, pueden transportarse tal como para la condensación para formar en parte aceite y los gases no condensados que quedan pueden transportarse adicionalmente para su uso como combustible o para otro fin apropiado. Cuando sea necesario, parte de los productos gaseosos pueden transportarse como un combustible auxiliar a la unidad 6 de calcinación, como se indica mediante la línea de guiones 4'.

El reactor de pirólisis por sí mismo puede tener diversas configuraciones. Puede ser un reactor de lecho fluidizado, un tambor rotatorio u otro tipo de reactor conocido por sí mismo. Es esencial que este posibilite un contacto tan bueno como sea posible entre el licor negro y el material caustificante y, de esta manera, una transferencia de calor rápida desde el material caustificante hasta el licor negro. El reactor 1 de pirólisis es un espacio sustancialmente libre de oxígeno en sí mismo, cuya temperatura ventajosamente está dentro del intervalo de 400 a 600°C. En

consecuencia, la temperatura en el material caustificante que se va a alimentar al reactor de pirólisis tiene que ser mayor que la del reactor de pirólisis, con lo que ventajosamente la temperatura en la unidad 6 de calcinación está dentro del intervalo de 600 a 1000°C. En este caso, el material caustificante correspondientemente está dentro del mismo intervalo de temperatura, cuando este se retira de la unidad de calcinación y se alimenta al reactor de pirólisis.

En la unidad de calcinación, que lo más preferiblemente es una caldera de lecho fluidizado o similar, el carbono se calcina a dióxido de carbono y la calienta. Cuando sea necesario, es posible calcinar en la unidad de calcinación adicionalmente algún otro combustible conocido para proporcionar calor extra. De esta manera, es posible calcinar todo el carbono y utilizar la energía del carbono para el calentamiento del material caustificante. Desde la unidad de calcinación se transportan el óxido sódico y el óxido metálico ( $\text{Na}_2\text{OFe}_2\text{O}_3$ ) formados, en parte, al reactor 1 de pirólisis y, en parte, como se ha indicado anteriormente, a la cuba de disolución para formar hidróxido sódico.

En algunos casos puede ser útil emplear un reactor complementario diferente entre el reactor 1 de pirólisis y la unidad 6 de calcinación. Este reactor 22 complementario se denota mediante una línea de guiones en la Figura 1. El reactor 22 complementario permite que el material tenga un mayor tiempo de reacción, con lo que se introduce el carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sin reaccionar en la unidad de calcinación, lo que reduce los posibles problemas de bloqueo resultantes de la fusión de los mismos.

En la unidad de calcinación la combustión también puede llevarse a cabo como combustión de oxígeno y puede recuperarse el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) resultante.

La Figura 2 muestra esquemáticamente una segunda realización de la invención, en la que un reactor 1 de pirólisis y una caldera de lecho fluidizado circulante que sirve como una unidad 6 de calcinación están configurados para formar una unidad. En conexión con esta figura, la operación del proceso es por sí misma similar a la mostrada en conexión con la Figura 1, por lo que no se describirán por separado los detalles necesarios. Asimismo, los números de referencia similares se refieren a partes similares.

En esta realización la unidad de calcinación es especialmente una caldera 6' de lecho fluidizado circulante, que es conocida por sí misma para un experto en la materia y, por lo tanto, no es necesario describir en detalle su estructura y funcionamiento. En esta solución, el material del lecho fluidizado circulante circula desde la caldera 6' de lecho fluidizado circulante, junto con los gases de escape, a un ciclón 23 de separación, donde la materia sólida se separa de los gases 16 de escape, que se transportan hacia delante de la manera en que se ha descrito anteriormente. En el ciclón 23 de separación la materia sólida cae en el fondo del ciclón 23 de separación y fluye desde este adicionalmente mediante un canal 24 en el extremo inferior del ciclón 23 de separación en el reactor 1 de pirólisis. Al mismo tiempo, parte de la materia sólida se separa para transportarse mediante un canal 25 a la cuba de disolución. Desde el reactor 1 de pirólisis, a su vez, un canal 26 de alimentación de material conduce a una parte inferior de la caldera 6' de lecho fluidizado circulante, donde también se alimenta aire 18 de combustión. El compuesto ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) de óxido sódico y óxido metálico se transporta, a su vez, en parte de la manera descrita en conexión con Figura 1 a la cuba de disolución y, correspondientemente, de la cuba de disolución, después del secado y lavado, el óxido metálico seco se transporta también de vuelta a la parte inferior de la caldera 6' de lecho fluidizado circulante.

Esta solución permite que la reacción de caustificación real tenga un tiempo de permanencia, en condiciones favorables, que mejora el proceso.

La invención se ha descrito anteriormente en la memoria descriptiva y los dibujos relacionados a modo de ejemplo, y no se restringe a los mismos de ninguna manera, sino que el alcance de protección está definido según las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, las características individuales de los diversos ejemplos de trabajo pueden combinarse y aplicarse de una manera deseada a otras realizaciones. Es esencial que el licor negro se pirolice usando un material caustificante diferente que comprende uno o más óxidos metálicos y que la materia sólida formada en el reactor de pirólisis se queme para utilizar el carbono incorporado en el licor negro en el calentamiento del material caustificante y que parte del material caustificante se transporte de la combustión a la pirólisis y que parte se transporte a una cuba de disolución desde donde el hidróxido sódico obtenido se devuelve a la cocción y el material caustificante se devuelve a la combustión.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de tratamiento de licor negro de una fábrica de pasta para recuperar los productos químicos y la energía contenidos en su interior, caracterizado por
  - introducir licor negro en un reactor de pirólisis que comprende un espacio sustancialmente libre de oxígeno,
- 5
  - alimentar al reactor de pirólisis material caustificante que consiste en óxido sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y un óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ) y que se calienta en una unidad de calcinación, con lo que el licor negro se gasifica y forma componentes gaseosos y queda materia sólida,
  - transportar los componentes gaseosos formados en el reactor de pirólisis para su utilización adicional,
- 10
  - transportar la materia sólida formada en el reactor de pirólisis a la unidad de calcinación, donde la materia combustible contenida en su interior se calcina por el oxígeno contenido en el aire alimentado a la unidad de calcinación y queda un material caustificante que consiste en óxido sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y un óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ),
  - devolver parte del material caustificante formado en la unidad de calcinación al reactor de pirólisis y transportar parte a una cuba de disolución, donde se añade agua al mismo, con lo que se forman hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ) y óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ),
- 15
  - devolver el hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ) formado de vuelta al proceso de fabricación de pasta y al menos la mayor parte del óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ) que queda a la unidad de calcinación, donde este forma el material caustificante con el óxido sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ).
2. El método de la reivindicación 1, caracterizado por que parte del óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ) que queda se transporta al reactor de pirólisis.
- 20 3. El método de la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que en el material caustificante se usa al menos uno de los siguientes óxidos metálicos: óxido de titanio ( $\text{TiO}$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de manganeso ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ).
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la temperatura en el reactor de pirólisis se mantiene dentro del intervalo de 400 a 600°C.
- 25 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la temperatura en la unidad de calcinación se mantiene dentro del intervalo de 600 a 1000°C.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ) que se va a transportar a la unidad de calcinación se lava en primer lugar y, posteriormente, se seca antes de transportarlo a la unidad de calcinación.
- 30 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ) formado en la cuba de disolución se filtra de manera que se separa la materia sólida contenida en su interior antes de transportarlo al proceso de fabricación de pasta.
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la parte del material caustificante que se va a transportar a la cuba de disolución se transporta en primer lugar a un intercambiador de calor, donde este calienta el agua de alimentación usada para la producción de vapor.
- 35 9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los gases de escape formados en la unidad de calcinación se transportan a una unidad de vaporización donde estos vaporizan el agua de alimentación transportada a la misma.
10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los gases de escape formados en la unidad de calcinación se transportan a un segundo intercambiador de calor, a través del cual se transporta el aire de combustión que se va a alimentar a la unidad de calcinación, con lo que los gases de escape calientan el aire de combustión.
- 40 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se emplea una caldera de lecho fluidizado o de lecho fluidizado circulante como la unidad de calcinación.
- 45 12. Equipo para el tratamiento del licor negro de una fábrica de pasta para recuperar los productos químicos y la energía contenidos en su interior, caracterizado por que comprende:
  - una unidad de calcinación,
  - un reactor de pirólisis, al cual se alimenta el licor negro y donde se piroliza el licor negro en un espacio sustancialmente libre de oxígeno y forma componentes gaseosos y materia sólida,
  - medios para transportar los componentes gaseosos formados en el reactor de pirólisis para su utilización,

- medios para transportar los sólidos formados en el reactor de pirólisis a la unidad de calcinación, donde el material combustible se calcina formando gases de escape y se forma material caustificante que consiste en óxido sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y un óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ),
  - medios para alimentar parte del material caustificante calentado a la unidad de calcinación al reactor de pirólisis y alimentar parte a un reactor de disolución, con lo que se forman hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ) y óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ), y
  - medios para transportar el hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ) de vuelta al proceso de fabricación de pasta y al menos la mayor parte del óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ) que queda a la unidad de calcinación donde este forma el material caustificante con el óxido sódico ( $\text{Na}_2\text{O}$ ).
- 10 13. El equipo de la reivindicación 12, caracterizado por que comprende medios para transportar parte del óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ) que queda al reactor de pirólisis.
14. El equipo de la reivindicación 12 ó 13, caracterizado por que el material caustificante contiene al menos uno de los siguientes óxidos metálicos: óxido de titanio ( $\text{TiO}$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de manganeso ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ).
- 15 15. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado por que la temperatura en el reactor de pirólisis es 400 a 600°C.
16. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizado por que la temperatura en la unidad de calcinación es 600 a 1000°C.
17. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizado por que comprende medios para lavar y secar el óxido metálico ( $\text{M}_x\text{O}_y$ ) que se va a transportar a la unidad de calcinación antes de transportarlo a la unidad de calcinación.
- 20 18. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, caracterizado por que comprende un aparato de filtración para filtrar el hidróxido sódico ( $\text{NaOH}$ ) formado en la cuba de disolución para separar la materia sólida que hay en su interior antes de transportarlo al proceso de fabricación de pasta.
19. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18, caracterizado por que comprende un intercambiador de calor a través del cual se transporta parte del material caustificante que se va a transportar a la cuba de disolución y el agua de alimentación que se va a usar en la producción de vapor, de manera que el material caustificante calienta el agua de alimentación.
- 25 20. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19, caracterizado por que comprende una unidad de vaporización, a través de la cual se transportan los gases de escape formados en la unidad de calcinación y el agua de alimentación, de manera que los gases de escape vaporizan el agua de alimentación a vapor.
- 30 21. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 20, caracterizado por que comprende un segundo intercambiador de calor, a través del cual se transportan los gases de escape y el aire de combustión de manera que los gases de escape calientan el aire de combustión.
22. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 21, caracterizado por que la unidad de calcinación es una caldera de lecho fluidizado.
- 35 23. El equipo de una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 22, caracterizado por que la unidad de calcinación es una caldera de lecho fluidizado circulante.
24. El equipo de la reivindicación 23, caracterizado por que la caldera de lecho fluidizado circulante incluye un ciclón de separación, donde los gases de escape y el material caustificante junto con ellos se transportan para separarse los unos de los otros, por que el ciclón de separación está conectado en su extremo inferior para comunicarse con el reactor de pirólisis que tiene debajo, de manera que el material caustificante separado se transfiere al reactor de pirólisis para calentar el licor negro y por que el reactor de pirólisis está conectado para comunicarse con la parte inferior del reactor de lecho fluidizado circulante de manera que los sólidos formados en el reactor de pirólisis se transfieren a la caldera de lecho fluidizado circulante.

45

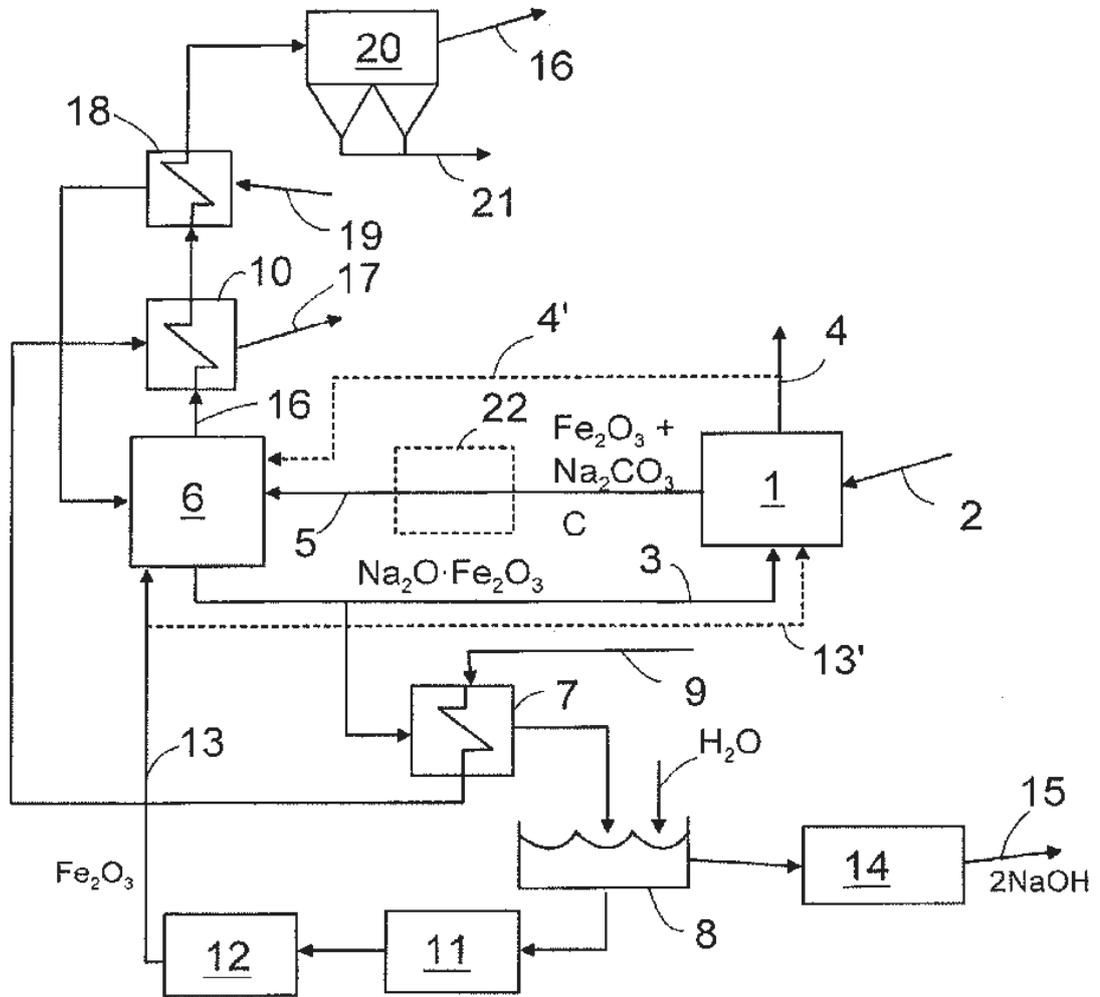


Fig. 1

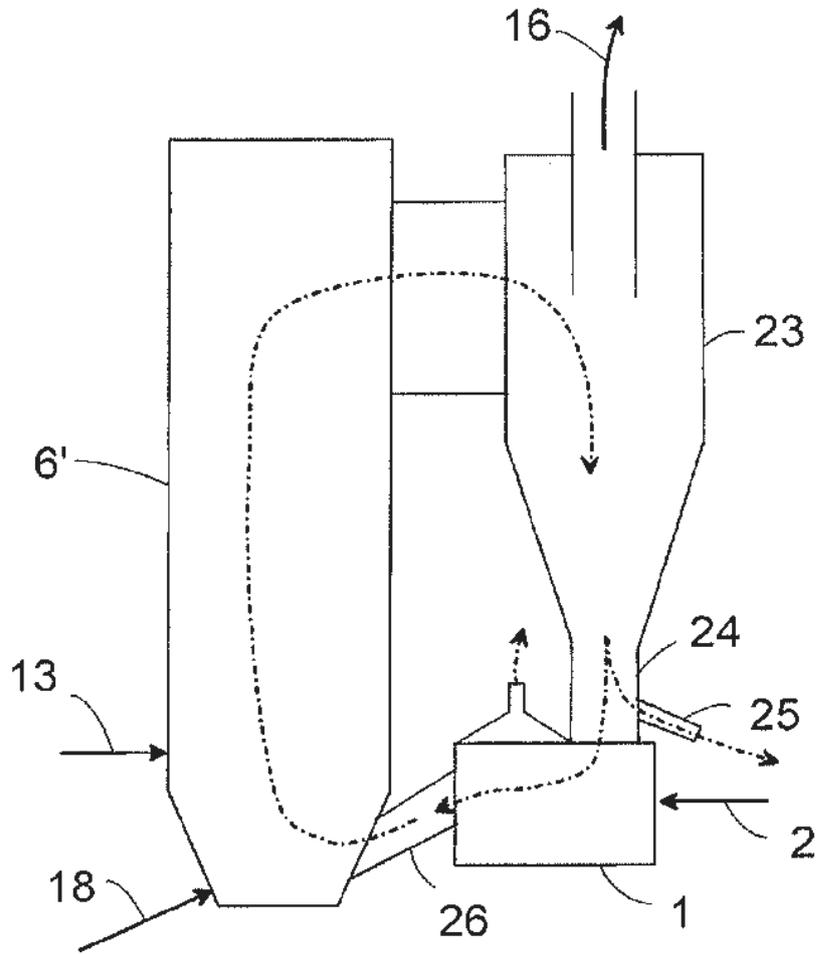


Fig. 2