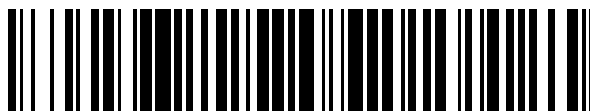


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 879**

51 Int. Cl.:

**D21C 11/00** (2006.01)

**B01D 29/37** (2006.01)

**B01D 69/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2010 PCT/SE2010/050348**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2010 WO10114468**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2010 E 10759123 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2414585**

54 Título: **Procedimiento y disposición para la clarificación de licor verde**

30 Prioridad:

**02.04.2009 SE 0950213**

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

**18.03.2020**

73 Titular/es:

**CLEANFLOW AB (100.0%)  
Framgårdsvägen 14  
667 31 Forshaga, SE**

72 Inventor/es:

**LINDSTRÖM, MIKAEL;  
LINDGREN, CHRISTOFER;  
BÖRJESON, LENNART y  
KÄLLÉN, LENNART**

74 Agente/Representante:

**DE CASTRO HERMIDA, José Luis**

**ES 2 748 879 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**

Procedimiento y disposición para la clarificación de licor verde

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a la industria de la pulpa, más específicamente a la recuperación química del proceso químico de fabricación de pulpa. La invención describe un procedimiento de filtrado y una disposición para clarificar el licor verde.

10

**Información de antecedentes**

Durante la fabricación de pulpa de las virutas, la lignina y otras sustancias en las virutas se disuelven en el líquido de fabricación de la pulpa.

15

Con el fin de recuperar los productos químicos de la fabricación de pulpa (así como para producir energía), el licor negro se concentra y luego se envía a una caldera de recuperación. El licor negro concentrado se quema en la caldera de recuperación y se extrae el calor de los gases de combustión calientes. Los compuestos de sodio y azufre se recuperan como carbonato de sodio y sulfuro de sodio. El carbonato de sodio y el sulfuro de sodio salen de la caldera de recuperación en estado fundido y se disuelven en una solución de agua (licor blanco débil) formando así licor verde.

20

El licor verde formado también contiene pequeñas cantidades de material sólido, conocidas como sedimentos de licor verde o lodo de licor verde. Debido al contenido de sedimentos en el licor verde, el licor verde debe ser clarificado con respecto a estos sedimentos. Una forma de clarificar el licor verde es por sedimentación y otra es por filtración.

25

La recuperación química es muy a menudo un cuello de botella en la producción de pulpa de celulosa y cuando las fábricas aumentan la producción, existe la necesidad de aumentar la capacidad del proceso de recuperación química. La construcción de aparatos más grandes para la sedimentación del licor verde es, sin embargo, una opción costosa y complicada, ya que el diámetro del tanque se vuelve grande. En general, la clarificación por sedimentación da como resultado sustancias químicas de cocción regeneradas con un alto contenido de lodo. Es de gran importancia mantener el contenido de lodos en un nivel bajo en los productos químicos de cocción, de lo contrario, los lodos causarán incrustaciones y taponamientos en la planta de fabricación de pulpa y en la planta de evaporación, lo que conlleva costosas paradas de funcionamiento no deseadas y no planificadas.

30

35

Un problema general con la filtración de licor verde es la baja capacidad de filtrado debido a la mala capacidad de filtrado del licor verde. Los sedimentos del licor verde forman una torta densa en la capa de filtrado y ciegan el medio de filtrado, lo que reduce aún más la capacidad de filtrado. Se hace necesario eliminar la torta del filtro, lo que provoca que la producción se detenga, reduciendo la productividad y aumentando los costes operativos.

40

El documento US 5.3618.443 se refiere a la clarificación de licor verde por filtración de película descendente. El material de filtrado está hecho de tela textil. El aparato descrito comprende un recipiente presurizado en el que varios elementos de filtro están montados en una posición vertical, o en una posición generalmente vertical, y el líquido que se va a filtrar fluye debido a la fuerza gravitatoria a lo largo de las capas de filtrado en el exterior de los elementos de filtro. Debido a la diferencia de presión, causada por el gas presurizado, entre las superficies exterior e interior de los elementos de filtro el filtrado penetra en la superficie de filtro desde el lado exterior hacia el lado interior de la superficie de filtro de los elementos y alcanza el canal de filtrado rodeado por las capas de filtrado.

45

50

Un problema con el estado de la técnica descrito anteriormente es la baja eficiencia de filtrado que conlleva grandes equipos con altos costes de inversión y un consumo de energía relativamente alto.

Con el fin de resolver los problemas relacionados con la clarificación del licor verde, se ha investigado una técnica de filtrado que utiliza un nuevo tipo de filtro. La técnica de filtrado, en lo sucesivo denominada filtración de flujo cruzado, se describe en una tesis final presentada en el Royal Institute of Technology, Estocolmo, por Fredrik Broström, 2007, informe TRITA-CHE 2007: 66 ISSN 1654-1081.

55

El filtro de flujo cruzado comprende un elemento tubular largo de membrana de cerámica perforado con varios canales en su dirección longitudinal. El licor verde se lleva a los canales y, mientras fluye a través de los canales, el filtrado pasa a través de las paredes del canal de membrana porosa y fluye en una dirección radial desde el interior hacia el exterior de los canales. El tamaño de poro de la membrana cerámica utilizada era de 45 µm.

60

Sin embargo, en el trabajo de tesis el flujo de filtrado de licor verde disminuyó rápidamente, siendo en 1 día el 1/6 del flujo inicial. Según el autor, esto debería resolverse controlando el flujo de entrada al filtro de flujo cruzado.

**Sumario de la invención**

5 Un objeto de la presente invención es superar los inconvenientes y desventajas de los procedimientos de filtrado y las disposiciones para la clarificación de licor verde descritos anteriormente mediante una disposición tal como se define en la reivindicación 1 y un procedimiento tal como se define en la reivindicación 4.

10 De manera sorprendente, se ha descubierto que un tamaño de poro de filtro  $>0,10 \mu\text{m}$  pero significativamente más bajo que los  $45 \mu\text{m}$  utilizados en el trabajo de tesis, preferiblemente un tamaño de poro de filtro de  $0,1-10 \mu\text{m}$ , más preferiblemente de  $0,1$  a  $5 \mu\text{m}$  y más preferiblemente de  $0,2-1,0 \mu\text{m}$  y el control del flujo de filtrado de licor verde evita la disminución de la capacidad observada. El uso del área de sección transversal convergente de los canales de filtro facilita la velocidad de flujo constante o el número de Reynold constante a través del canal de filtro.

15 Puesto que la suspensión que fluye es forzada a fluir, una característica importante de la invención es la posibilidad de colocar los elementos de filtrado en cualquier dirección y cualquier inclinación respecto de la fuerza gravitatoria, ya que es una fuente de energía y no una fuerza gravitatoria la que fuerza a la suspensión a fluir. Si la disposición de filtrado se va a montar en un sistema existente y el espacio es limitado, la posibilidad de colocar los elementos de filtrado en cualquier dirección/inclinación es una gran ventaja. Como se muestra en la Figura 1, la suspensión que se va a filtrar es forzada a fluir corriente arriba en contra de la dirección de la fuerza gravitatoria.

20 El flujo de filtrado se regula mediante el control de la presión del licor verde que fluye hacia el filtro y el número de Reynolds se regula mediante el control del flujo del lodo que sale del filtro.

25 De acuerdo con un aspecto de la invención, el número de Reynolds es preferiblemente mayor que 10.000, pero menor que 45.000, más preferiblemente 10.000- 25.000 y más preferiblemente 12.000-17.000.

De acuerdo con otro aspecto más de la invención, el flujo de filtrado de licor verde debe ser inferior al 50 % de la suspensión que fluye, preferiblemente inferior al 40 % y más preferiblemente inferior al 30 %, pero no inferior al 5 %.

30 De acuerdo con otro aspecto más de la invención, el filtro de flujo cruzado está conectado en serie con al menos un filtro de flujo cruzado adicional de tal manera que un flujo parcial del lodo de la primera unidad de filtro es conducido a una entrada de la unidad de filtro adicional para una filtración adicional.

35 De acuerdo con otro aspecto más de la invención, el filtro de flujo cruzado está conectado en paralelo con al menos un filtro de flujo cruzado adicional.

40 De acuerdo con otro aspecto más de la invención, el filtro de flujo cruzado está conectado a una unidad de limpieza ya existente para el licor verde con el fin de aumentar la capacidad de la planta de limpieza existente. La unidad de filtro se dispone como un primer paso de filtrado antes de la limpieza final en la unidad de limpieza ya existente.

De acuerdo con otro aspecto más de la invención, el filtro de flujo cruzado está conectado a una unidad de limpieza ya existente para el licor verde para aumentar el grado de pureza del licor verde ya limpiado. La unidad de filtrado está dispuesta para filtrar licor verde ya limpiado.

45 De acuerdo con otro aspecto más de la invención, el filtro de flujo cruzado es un sustituto de una unidad de limpieza existente para el licor verde.

**Breve descripción de los dibujos**

50 La invención se describirá con más detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La Figura 1 muestra esquemáticamente una realización preferida de una disposición para limpiar licor verde usando filtración de flujo cruzado para poner en práctica la invención;

La Figura 2 muestra una disposición alternativa con dos filtros de flujo cruzado conectados en serie;

55 La Figura 3 muestra una disposición en la que el filtro de flujo cruzado se utiliza como un refuerzo de capacidad de una unidad de limpieza de licor verde existente;

La Fig. 4 muestra una disposición en la que una unidad de limpieza de licor verde existente se complementa con un filtro de flujo cruzado para aumentar el grado de purificación del licor verde ya limpio;

60 La Figura 5 muestra una vista lateral en sección transversal de A) un cuerpo de filtro con un canal de filtro cilíndrico y B) un cuerpo de filtro con un canal de filtro convergente;

La Figura 6 muestra una vista frontal de un elemento de filtro que tiene varios cuerpos de filtro con canales de filtro, así como la placa final; y

La Figura 7 muestra una vista frontal en sección transversal de un elemento de filtro relleno con una estructura de soporte que tiene varios canales de filtro.

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

5 El filtro de flujo cruzado consiste en una unidad de filtro que comprende uno o varios elementos de filtro. Estos elementos de filtro están provistos de una pluralidad de cuerpos de filtro, comprendiendo cada cuerpo de filtro un canal de filtro.

10 El cuerpo de filtro también comprende paredes de filtro porosas que rodean los canales. Cada cuerpo de filtro comprende una estructura de soporte y en conjunción con las paredes del filtro, que pueden estar integradas en el mismo. En una realización preferida, la capa de filtrado se aplica como un recubrimiento en el interior de la estructura de soporte. El recubrimiento puede tener, en algunas instalaciones preferidas, poros de filtro con un tamaño de poro de 0,2 a 1,0 micrómetro. En otras instalaciones, otros tamaños de poro pueden ser más ventajosos, pero normalmente estarían dentro del rango de 0,1 a 10 micrómetros.

15 Las paredes de filtro en esta realización pueden estar hechas de un material cerámico. El diámetro interior de los canales de filtro provistos dentro de los elementos de filtro es de 1 a 10 mm y la longitud de los canales de filtro es preferiblemente de 0,5 a 3 m, más preferiblemente de 0,7 a 2,2 m y más preferiblemente de 0,8 a 1,5 m.

20 El licor verde es forzado a fluir por los canales del filtro de la unidad de filtrado. El paso del licor verde a través de la capa de filtrado (la membrana) se ve forzado por una diferencia de presión entre el interior y el exterior de las paredes del filtro. La presión dentro de los canales es de 0,2-2 bares más alta que la presión fuera de las paredes del filtro, lo que obliga a parte del licor verde a pasar por el interior de las paredes del canal hacia el exterior de las paredes en una dirección radial y perpendicular a la dirección de los canales.

25 Dado que el tamaño de los poros de la membrana es de escala micrométrica, se evita el paso de los sedimentos a través de la membrana y los sedimentos continúan su flujo en la suspensión restante a través de los canales hasta el extremo opuesto a la entrada y salen del cuerpo del filtro como un lodo.

30 La disposición de filtrado a modo de ejemplo de acuerdo con la invención ilustrada en la **Figura 1** comprende una unidad de filtro 4 que comprende un alojamiento de filtro 10, en el que se montan uno o más elementos de filtro 12. El elemento de filtro 12 comprende cuerpos de filtro longitudinales, que preferiblemente tienen forma de tubos y que tienen canales de filtro dentro de los cuerpos de filtro. Los canales de filtro tienen una primera superficie en el interior de las paredes de filtro que rodean los canales de filtro y una segunda superficie en el exterior de las paredes de filtro que rodean los canales de filtro.

35 Los productos químicos que se van a recuperar de la caldera de licor de soda se conducen a través del conducto 25 al tanque 40 y se disuelven en licor débil, formando licor verde. El licor verde es conducido a través de un conducto 26 a una bomba 61 y se bombea a través del conducto 27 al tanque 41. Desde el tanque 41 a través del conducto 20, la suspensión que se va a filtrar pasa por la bomba 62 y se bombea a través de un conducto 30 a una entrada 13 y luego a los canales de filtro dentro del elemento de filtro 12. Una parte de la suspensión es forzada a pasar la capa de filtrado desde una superficie interior/primer/interna a una superficie exterior/segunda/externa de la capa de filtrado y formar un filtrado mientras que los sólidos permanecen sustancialmente en una parte residual de la suspensión, formando un lodo. El filtrado limpio se recoge en el alojamiento del filtro 10 y el filtrado se conduce desde el alojamiento del filtro 10 a través del conducto 21 a un tanque de recolección 42. El filtrado limpio (licor verde limpio) es conducido luego a través del conducto 28 a una bomba 63 y se bombea a través del conducto 29 a la preparación de licor blanco (no mostrado).

50 El lodo, que contiene los sedimentos, pasa por la salida 14 y una parte del flujo del lodo pasa por la válvula 50 y se recircula a través del conducto 24 al tanque 41 mientras que otra parte del flujo del lodo pasa por la válvula 51 y se conduce a través del conducto 23 a un filtro de lodo 70 para la deshidratación y, posteriormente, a través del conducto 24 a un vertedero 80.

55 La **Figura 2** es una alternativa a la disposición mostrada en la Figura 1 y muestra dos unidades de filtro 4, 4' conectadas en serie. Una parte del flujo del lodo recibida de la primera unidad de filtro 4 pasa por la válvula de control 51 y se dirige a través del conducto 23 a un tanque 43. En el tanque 43, el lodo entrante de la primera etapa del filtro se recoge y se mezcla con el lodo recirculado de la segunda etapa de filtrado. El lodo se lleva luego a través del conducto 200 a la bomba 620 y se bombea a través de la entrada 130 a la segunda unidad de filtro 4' y se fuerza a fluir a través de los canales del filtro. El filtrado se recoge en el alojamiento del filtro 100 y se conduce desde el alojamiento del filtro 100 a través de un conducto 210 al tanque de recolección 42. El filtrado se dirige luego a través del conducto 28 a una bomba 63 y se bombea a través del conducto 29 a la preparación de licor blanco (no mostrado).

60 El lodo de alta concentración pasa a la salida 140 y una parte del flujo del lodo pasa por la válvula 500 y se recircula a través del conducto 240 al tanque 43 y se mezcla con el lodo recibido de la primera etapa de filtrado a través del conducto 23.

Otra parte del flujo del lodo de alta concentración pasa por la válvula 510 y se conduce a través del conducto 230 a un filtro de lodo 70 para la deshidratación y luego se conduce a través del conducto 24 al vertedero 80.

5 La primera unidad de filtro 4 se puede usar, por ejemplo, en condiciones más suaves, es decir, a un número de Reynolds más bajo, lo que significa una menor cavitación dentro de los canales del filtro, lo que implica un menor desgaste de los cuerpos del filtro para aumentar su vida útil. Debido a que la concentración del lodo es más baja, este filtro será menos propenso a la obstrucción y, por lo tanto, un filtro con un diámetro de poro más grande puede, en algunas aplicaciones, usarse de manera beneficiosa en esta posición. Además, se reduce la necesidad de  
10 detener la filtración para limpiar el filtro, lo que conduce a una mayor disponibilidad y producción. La segunda unidad de filtro 4' podría utilizarse en condiciones más exigentes debido a la mayor concentración de sedimentos, con velocidades de flujo más altas, diámetros de poros más pequeños y una limpieza más frecuente, en comparación con la primera unidad de filtro 4.

15 De manera alternativa, ambas unidades de filtro pueden usarse en las mismas condiciones.

Otra ventaja de las dos unidades de filtro en serie puede ser el ahorro de espacio. A veces puede ser más fácil instalar dos carcasas de filtro más pequeñas que una grande en una unidad de recuperación química ya existente en la fábrica. Por supuesto, se pueden conectar más de dos unidades de filtro en serie para obtener suficiente  
20 capacidad o para obtener un grado de purificación suficiente o por razones de espacio limitado donde una o dos unidades de filtro más grandes son reemplazadas por varias unidades de filtro más pequeñas que son más fáciles de instalar en la unidad de recuperación química existente.

Por supuesto, es posible conectar una o más unidades de filtro en paralelo a la primera unidad de filtro, lo que resulta en un "primer conjunto de unidades de filtro en paralelo", y recircular una parte del flujo de la suspensión de sedimentos de este "primer conjunto de unidades de filtro en paralelo", mientras que otra parte del flujo de la suspensión de sedimentos del "primer conjunto de unidades de filtro en paralelo" se dirige a una unidad de filtro conectada en serie con el "primer conjunto de unidades de filtro en paralelo". Esta alternativa no se muestra.  
25

30 Una alternativa a tener solo una unidad de filtro para filtrar aún más la suspensión de sedimentos del "primer conjunto de unidades de filtro en paralelo" es tener dos o varias unidades de filtro conectadas en paralelo, lo que resulta en un "segundo conjunto de unidades de filtro en paralelo". La conexión de un "primer conjunto de unidades de filtro en paralelo" con el "segundo conjunto de unidades de filtro en paralelo" resulta en una mayor capacidad del proceso de clarificación, así como en un licor verde muy bien purificado. También puede ser más fácil colocar varios  
35 filtros pequeños que uno o dos filtros grandes en una planta de recuperación química existente, como se mencionó anteriormente. Esta alternativa no se muestra.

La **Figura 3** muestra una disposición del potenciador de capacidad. La unidad de filtro 4 se utiliza como potenciador de capacidad de una planta de limpieza de licor verde existente y los productos químicos que se recuperan de la caldera de licor de soda se conducen a través del conducto 25 al tanque 40 y se disuelven en licor débil, formando licor verde. Una parte del flujo del licor verde es conducido a través del conducto 26 a una bomba 61 y se bombea a través del conducto 30 a la entrada 13 de los elementos de filtro 12 de la unidad de filtro 4. El filtrado limpio se conduce a través del conducto 21 a la preparación de licor blanco mientras el lodo pasa por la salida 14 y se conduce a través del conducto 22 a una purificación adicional en el clarificador de licor verde 90.  
40

Otra parte del flujo del licor verde es conducido desde el tanque de disolución 40 a través del conducto 260 hasta una bomba 611 y el licor verde se bombea a través del conducto 270 al clarificador de licor verde 90. El licor verde clarificado es evacuado por el conducto 210. La suspensión de sedimentos sale del clarificador de licor verde 90 a través del conducto 220.  
45

50 La Figura 3 muestra esquemáticamente una manera de disminuir la carga del clarificador del licor verde mediante la filtración de flujo cruzado de una parte del flujo del licor verde o una forma de aumentar la capacidad de la unidad de recuperación química mediante la introducción de una etapa de filtración de flujo cruzado para encargarse de una parte del flujo de las cantidades crecientes de licor verde que se necesitan limpiar cuando el clarificador ya está funcionando a su capacidad máxima. El flujo combinado del licor verde en los conductos 21 y 220 se dirige a la preparación del licor blanco y tendrá un contenido sustancialmente reducido de sedimentos debido al hecho de que el licor en el conducto 21 está virtualmente libre de sedimentos, mientras que la carga reducida en el clarificador 90 disminuirá también el contenido de sedimentos en el conducto 220.  
55

60 De manera alternativa, todo el licor verde del tanque 40 puede hacerse pasar a través del conducto 26 a la unidad de filtro 4 para mantener un flujo adecuado de licor a través de los canales del filtro antes de pasar el exceso de licor al clarificador 90 a través del conducto 22.

La **Figura 4** muestra una disposición para el refinado de licor verde clarificado. Una planta de limpieza de licor verde existente se complementa con una unidad de filtro 4 para aumentar el grado de purificación del licor verde ya limpiado. El licor verde clarificado del clarificador 90 es conducido a través del conducto 210 a un tanque de recolección 41 y es forzado por la bomba 62 a fluir a través del conducto 30 a la entrada 13 de los elementos de filtro 12 de la unidad de filtro 4 y más adelante a los canales de filtro donde se filtra el licor verde clarificado para la separación final de los sólidos. El filtrado limpiado es evacuado por el conducto 21 y tiene un grado de purificación muy alto.

La recirculación de parte del flujo del lodo (correspondiente al conducto 24 en la Figura 1, los conductos 24 y 240 en la Figura 2 y el conducto 22 en la Figura 4) asegura que el número de Reynolds del flujo se mantenga durante el flujo a lo largo de los canales de filtro. De lo contrario, en el caso de que no haya recirculación, la velocidad de la suspensión disminuirá a lo largo del paso de los canales de filtro, lo que conducirá a la acumulación de una torta de filtro en las capas de filtrado, lo que a su vez disminuirá la eficiencia de filtrado. La recirculación también asegura que la relación deseada entre el flujo de entrada y el flujo de filtrado se mantenga en el nivel predeterminado.

La **Figura 5A** muestra una vista lateral en sección transversal de un cuerpo de filtro 3 en su dirección longitudinal. El cuerpo de filtro 3 tiene una forma cilíndrica y comprende una estructura de soporte 31 y un canal de filtro 33. La superficie interior de la estructura de soporte 31 tiene una capa de filtrado 32 que cubre toda la superficie interior de la estructura de soporte 31. La capa de filtrado 32 tiene una superficie primera/interior 32A y una superficie segunda/externa 32B y está provista de poros en el rango de aproximadamente 0,2 a 1,0 micrómetros.

La flecha 1 muestra la dirección del flujo de lodo entrante. La flecha 2 muestra la dirección de una parte del flujo del lodo que fluye a través de, en primer lugar, la superficie primera/interior de la capa de filtro 32A de la capa de filtrado 32, luego a través de la capa de filtración 32 y adicionalmente a través de la superficie segunda/externa 32B de la capa de filtrado 32 y aún más a través de la estructura de soporte 31 hacia el exterior de la estructura de soporte 31. La porción del flujo del lodo se ha filtrado ahora formando así un filtrado que consiste en licor verde limpio.

La **Figura 5B** muestra una vista lateral en sección transversal de un cuerpo de filtro 3 con un canal de filtro convergente 33 de una realización preferida de la invención. Una alternativa a los canales de filtro cilíndricos conocidos 33 con un área de sección transversal circular sería utilizar canales de filtro 33 que tengan un área de sección transversal convergente. Las suspensiones que fluyen por los canales de filtro 33 con un área de sección transversal convergente mantendrán su número de Reynolds o caudal durante el flujo en toda la longitud de los canales de filtro a pesar del hecho de que el caudal volumétrico dentro de los canales disminuya como resultado de la penetración de la suspensión a través de las superficies del filtro. La suspensión mantendrá su velocidad o número de Reynolds y no se acumulará una torta de filtro en la superficie de filtro gracias a la velocidad mantenida.

La **Figura 6** muestra una vista frontal de un elemento de filtro 12 que tiene varios cuerpos de filtro 3. El cuerpo de filtro 3 comprende una estructura de soporte 31 y un canal de filtro 33. La superficie interior de la estructura de soporte 31 tiene una capa de filtro 32 que cubre la totalidad de la superficie interior de la estructura de soporte 31. La capa de filtración 32 tiene una primera superficie interna 32A y una segunda superficie externa 32B.

La Figura 6 también muestra una placa final 34 que cubre toda el área final del elemento de filtro 12, excepto por los canales de filtro 33. La placa final 34 está fijada al extremo de los cuerpos de filtro 3 y tiene orificios pasantes del mismo diámetro que el diámetro de los canales de filtro 33. La suspensión que fluye para ser filtrada alcanza la placa final 34 y pasa a través de los orificios pasantes de la placa final 34 y fluye hacia los canales de filtro 33, por lo que se filtra una parte del flujo de la suspensión mientras que otra parte del flujo de la suspensión continúa fluyendo por los canales de filtro 33. La placa final 34 dirige el flujo de la suspensión entrante hacia los canales del filtro 33. Otra característica de la placa final 34 es que sostiene los cuerpos del filtro 3 y los mantiene fijos en sus posiciones.

En la Figura 6, los cuerpos de filtro 3 están colocados tan apretados entre sí que cada cuerpo de filtro 3 está en contacto con los cuerpos de filtro vecinos 3. Los cuerpos de filtro 3 pueden colocarse tan cerca entre sí que la pared 31 de un canal del filtro también forme parte de la pared de los cuerpos de filtro vecinos.

Los cuerpos de filtro mostrados en la Figura 6 son cilíndricos, dando lugar así a espacios vacíos entre los cuerpos de filtro.

Se entiende que los cuerpos de filtro 3 no necesitan ser colocados tan apretados entre sí que cada cuerpo de filtro 3 esté en contacto con los cuerpos de filtro vecinos 3. Gracias a la placa final 34 que soporta y fija los cuerpos de filtro 3 los cuerpos de filtro dentro del elemento de filtro 12 podrían colocarse de forma separada, por lo que no estarían en contacto entre sí.

La **Figura 7** muestra una vista frontal en sección transversal de un elemento de filtro 12. El elemento de filtro 12 tiene una forma cilíndrica y un área de sección transversal circular. En esta realización, el elemento de filtro 12 se llena homogéneamente con la estructura de soporte 31. La estructura de soporte 31 está perforada en su dirección

longitudinal con los cuerpos de filtro 3. El cuerpo de filtro 3 comprende un canal de filtro 33. La superficie interior del cuerpo de filtro 3 está cubierta en toda su extensión con una capa de filtrado 32 que tiene una primera capa de filtrado 32A y una segunda capa de filtrado 32B. El flujo de la suspensión que se va a filtrar fluye dentro de los canales de filtro 33 y una porción del flujo de la suspensión atraviesa, en primer lugar, la superficie primera/interior de la capa de filtro 32A de la capa de filtrado 32, luego pasa a través de la capa de filtrado 32 y luego a través de la superficie segunda/exterior 32B de la capa de filtrado 32 y, aún más, a través de la estructura de soporte 31 hacia el exterior de la estructura de soporte 31 y hacia el exterior del elemento de filtro 12 para ser recogido en el alojamiento de filtro 10, 100, mostrado en las Figuras 1 y 2.

De acuerdo con una realización de la invención, el flujo de filtrado de licor verde debería ser una cierta fracción predeterminada del flujo total de licor verde a través de los canales del filtro, al mismo tiempo que el flujo total de licor verde a través del filtro debe ser controlado para mantener el número de Reynolds deseado. Con referencia a la Figura 3, el flujo y la presión del filtrado en el conducto 21 se miden junto con la presión en el conducto 30 y el flujo en el conducto 22. El flujo de filtrado se establece según las condiciones de la fábrica que requiere una cierta producción de licor verde purificado, la bomba 61 se controla para proporcionar tal presión en el conducto 30 como para que se cumpla este requerimiento. Al mismo tiempo, el flujo en el conducto 22 se establece con una válvula (no se muestra), de modo que el número de Reynolds deseado se mantiene en los cuerpos del filtro. La diferencia de presión entre los conductos 21 y 30 proporciona información sobre el estado de los elementos de filtro y se utiliza para determinar cuándo se debe apagar la unidad para la limpieza.

El número de Reynolds se utiliza para caracterizar diferentes regímenes de flujo, como el flujo laminar o turbulento: el flujo laminar se produce a números de Reynolds bajos, donde dominan las fuerzas viscosas, y se caracteriza por un movimiento fluido suave y constante, mientras que el flujo turbulento ocurre a números de Reynolds altos y está dominado por fuerzas inerciales, que tienden a producir remolinos, vórtices y otras fluctuaciones de flujo al azar.

Para el flujo en una tubería o tubo, el número de Reynolds se define generalmente como:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} = \frac{Q D}{\nu A}$$

donde:

- V es la velocidad media del fluido en (unidades SI: m/s)
- D es el diámetro (m)
- $\mu$  es la viscosidad dinámica del fluido (Pa·s o N·s/m<sup>2</sup>)
- $\nu$  es la viscosidad cinemática ( $\nu = \mu/\rho$ ) (m<sup>2</sup>/s)
- $\rho$  es la densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)
- Q es el caudal volumétrico (m<sup>3</sup>/s)
- A es el área de la sección transversal del canal (m<sup>2</sup>)

Como entenderán los expertos en el presente campo de la técnica, pueden realizarse numerosos cambios y modificaciones a las realizaciones anteriormente descritas y otras realizaciones de la presente invención, sin apartarse de su alcance tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, la filtración del flujo de la suspensión podría, por supuesto, disponerse para tener lugar en la dirección opuesta, lo que significa que la suspensión fluye en el exterior de los elementos de filtro y que el filtrado pasa la pared de filtro de los elementos desde el exterior hacia el interior, lo que significa que el filtrado fluiría dentro de los canales del filtro en el interior de los elementos del filtro.

En lugar de una bomba 61, 62 o 620 para hacer que la suspensión fluya al filtro a la fuerza, se podría usar otra disposición, como una bomba para eliminar el filtrado del filtro y otra bomba para eliminar el lodo, o el tanque podría presurizarse haciendo que el licor fluya a través del filtro o el tanque 40 puede elevarse de manera que la gravedad proporcione el diferencial de presión necesario. La bomba puede ser hidráulica o eléctricamente accionada.

Los elementos de filtro 12, pueden tener otras formas tales como placas y marcos, capilares, tubos, láminas o discos, etc.

Como se muestra en la Figura 5B, el cuerpo de filtro 3 tiene una forma convergente, pero el cuerpo de filtro 3 podría tener, por supuesto, un alargamiento cilíndrico mientras que el canal de filtro podría converger, teniendo así un área de sección transversal convergente.

El área de la sección transversal de los cuerpos de filtro y de los canales de filtro podría tener, por supuesto, otras formas tales como formas triangulares o rectangulares. Si se utilizan cuerpos de filtro con formas distintas a las cilíndricas, el volumen de los espacios vacíos entre los cuerpos de filtro en los elementos de filtro variará y dependerá de la forma de los cuerpos de filtro.

5 Se podrían usar otros materiales porosos además de los materiales cerámicos como estructura de soporte 31, por ejemplo, diferentes polímeros y grafito.

10 Con respecto a la capa de filtración 32, podrían usarse otros materiales porosos, por ejemplo, polímeros.

Se entiende que la estructura de soporte 31 del cuerpo de filtro 3 en otra realización podría tener las funciones tanto de ser una estructura de soporte como de ser la propia capa de filtrado. Entonces no es necesario un recubrimiento adicional con propiedades de filtrado en la superficie interior de la estructura de soporte 31.

15 Las Figuras 3 y 4 muestran una planta de limpieza de licor verde existente complementada con un filtro de flujo cruzado. El clarificador 90 en la planta de limpieza de licor verde existente es un ejemplo de la técnica común del estado de la técnica para clarificar licor verde. Se entiende que las plantas de limpieza de licor verde ya existentes que comprenden otra técnica de la técnica anterior, tales como los filtros de licor verde convencionales, también pueden complementarse con un filtro de flujo cruzado.

20 También se entiende que, por supuesto, pueden existir otras soluciones dentro del alcance de la invención sobre cómo regular el flujo del filtrado y el número de Reynolds.

25 El filtro de flujo cruzado se puede usar para purificar otras suspensiones dentro de las fábricas de pulpa kraft, por ejemplo, licor blanco.

El filtro de flujo cruzado puede ser un reemplazo para una unidad de limpieza existente para licor verde.

30 Se consiguen las siguientes ventajas con la presente invención cuando se aplica a la filtración de licor verde o suspensiones similares:

El proceso de filtrado es un proceso continuo sin que se acumule una torta de filtro que son características deseables.

También es un proceso muy efectivo que conduce a un grado muy alto de separación de sedimentos, hasta casi el 100 %.

35 El licor verde filtrado está casi libre de lodo.

En condiciones normales de funcionamiento, el color verde característico del licor verde se elimina con los sedimentos, lo que simplifica la identificación de las perturbaciones tanto en el proceso de filtración como en el horno de recuperación.

40 Los costes de inversión para los equipos de filtración de flujo cruzado son solo una fracción de los costes de inversión para los sistemas de limpieza convencionales.

El espacio requerido es mucho más pequeño que el espacio requerido para los tanques de sedimentación. No hay contacto con el aire circundante, ni se utiliza aire presurizado en el equipo, lo que minimiza la oxidación/degradación del valioso contenido de sulfuro del licor verde.

45 El sistema cerrado sin contacto con el aire circundante o el uso de vacío significa que la temperatura del licor verde se mantiene en un nivel alto.

El diseño modular de los filtros facilita un aumento incremental de la capacidad con un costo de inversión mínimo.

El sistema simple con pocas piezas móviles significa que se necesita menos mano de obra para la supervisión y el mantenimiento.

50 Beneficios debidos a la disminución de partículas en el licor verde:

- Menos reposición de cal o disminución de contenido de inertes en la cal a la misma velocidad de reposición.
- El menor arrastre de sedimentos mejora la clarificación del licor blanco y mejora la deshidratación del lodo y reduce el consumo de energía.
- 55 • Eliminación eficiente de elementos no procesados para un mínimo coste de operación y bajos volúmenes de vertido.



## REIVINDICACIONES

1. Disposición de clarificación de licor verde que comprende al menos una unidad de filtro (4) para filtrar un flujo de suspensión de licor verde que contiene sólidos en donde la suspensión se pone en contacto con dicha al menos una unidad de filtro (4), comprendiendo dicha unidad de filtro (4) uno o varios elementos de filtro (12), cada uno de los cuales comprende uno o varios cuerpos de filtro (3) provistos de canales de filtro (33) dentro de los cuerpos de filtro (3) con una capa de filtrado (32), en donde una parte de la suspensión es forzada a pasar a través de la capa de filtrado desde una superficie primera/interior (32A) hasta una superficie segunda/ exterior (32B) de la capa de filtrado (32) formando un filtrado, mientras que los sólidos permanecen sustancialmente en una parte residual de la suspensión formando un lodo **caracterizada por que** dichos canales de filtro tienen un área de sección transversal convergente para facilitar la velocidad de flujo constante a través de los canales de filtro, de modo que el Número de Reynolds se puede mantener dentro de la longitud total de los canales de filtro durante el flujo de la suspensión del licor verde, **por que** la capa de filtrado (32) está constituida por un material de membrana con poros, y dichos poros tienen un tamaño de poro de 0,1-10 micrómetros, y **por que** la disposición comprende además
- un tanque (41, 43) para la suspensión de licor verde que se va a filtrar dispuesto corriente arriba y conectado a dicha al menos una unidad de filtro (4);
  - una bomba (62, 620) para bombear la suspensión que se va a filtrar desde dicho tanque (41, 43) a través de un conducto (20, 200) a una entrada (13, 130) de dicha unidad de filtro (4) a través de otro conducto (30, 300);
  - conductos (22, 24) y una válvula (50, 500) dispuesta para recircular una parte del flujo del lodo desde una salida (14, 140) de la unidad de filtro (4) a dicho tanque (41, 43); y
  - otra válvula (51, 510) para pasar otra parte del flujo de dicho lodo desde dicha salida (14, 140) de la unidad de filtro (4).
2. Disposición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** dicho tamaño de poro es preferiblemente de 0,1 a 5 micrómetros y más preferiblemente de 0,2 a 1,0 micrómetros.
3. Disposición de acuerdo con 1 o 2, **caracterizada por que** dicho material de membrana es cerámico.
4. Procedimiento de clarificación de licor verde que comprende el filtrado de un flujo de suspensión de licor verde que contiene sólidos utilizando una disposición de clarificación de licor verde de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.
5. Procedimiento de clarificación de licor verde de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** dicha suspensión es obligada a fluir dentro de dicho cuerpo de filtro (3).
6. Procedimiento de clarificación de licor verde de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, **caracterizado por** controlar el flujo total de licor verde a través del filtro para mantener el hecho de que el flujo de la suspensión tenga un número de Reynolds comprendido entre 10.000-45.000, preferiblemente entre 10.000-25.000 y más preferiblemente entre 12.000-17.000.
7. Procedimiento de clarificación de licor verde de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado por que** dicha unidad de filtro (4) está conectada a una unidad de limpieza ya existente para licor verde.
8. Procedimiento de clarificación de licor verde de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** dicha unidad de filtro (4) está dispuesta como una primera etapa de filtrado antes de la limpieza final del lodo restante en la unidad de limpieza ya existente.
9. Procedimiento de clarificación de licor verde de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** la unidad de filtro (4) está dispuesta para filtrar el licor verde ya limpiado.

Fig. 1

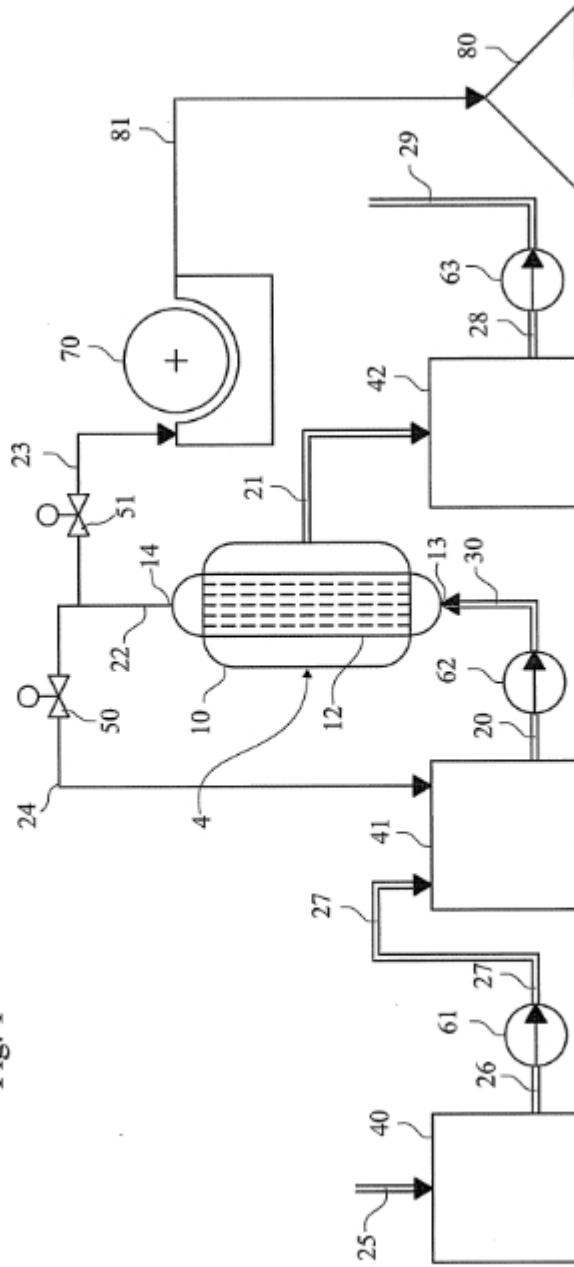
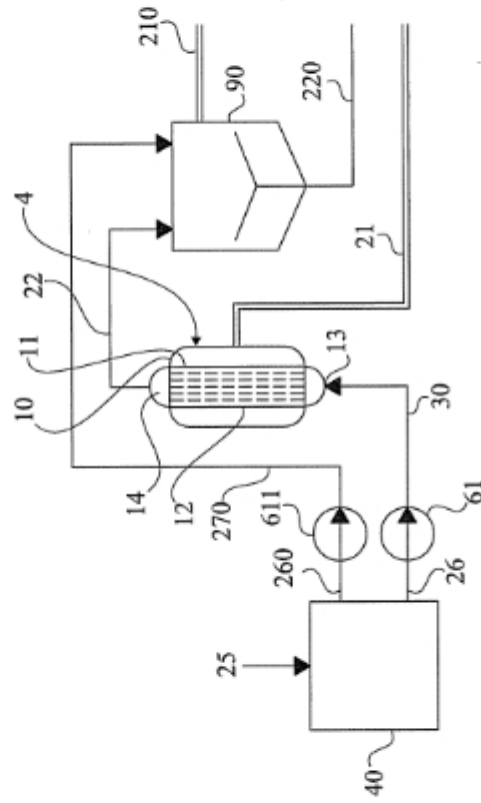




Fig. 3



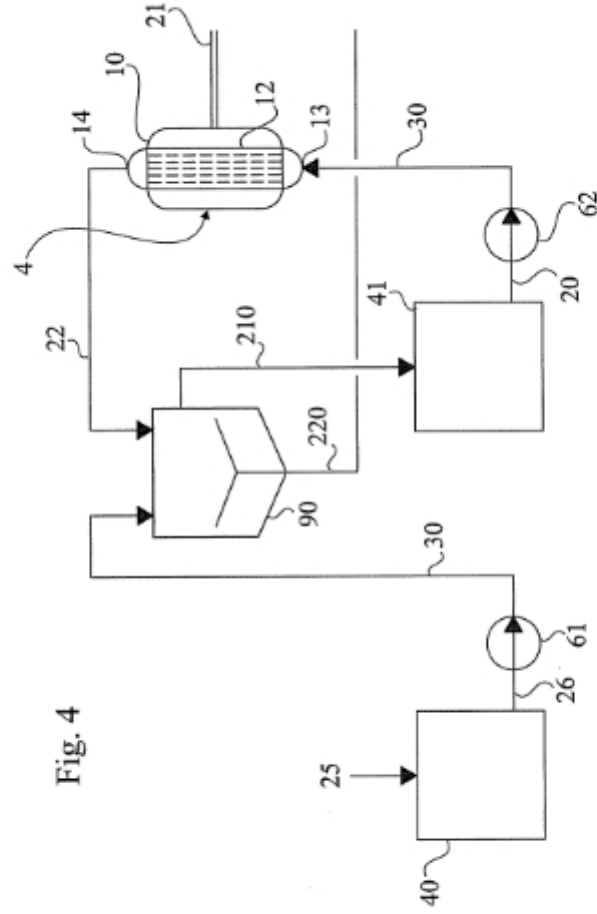


Fig. 4

Fig. 5A

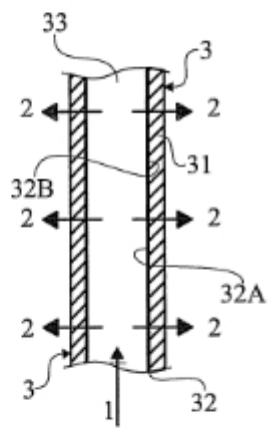


Fig. 5B

