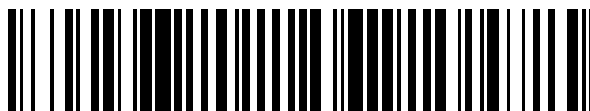


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 502 528**

51 Int. Cl.:

C02F 3/28	(2006.01) C02F 1/56	(2006.01)
C02F 1/20	(2006.01) C02F 103/28	(2006.01)
C02F 1/24	(2006.01)	
C02F 5/00	(2006.01)	
C02F 9/00	(2006.01)	
C02F 1/52	(2006.01)	
C02F 1/66	(2006.01)	
D21C 5/00	(2006.01)	
D21C 11/00	(2006.01)	
D21C 11/06	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2009 E 09776728 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014 EP 2443069**

54 Título: **Instalación y procedimiento para el tratamiento de agua de proceso con separación por separado de gases y sólido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.10.2014

73 Titular/es:

**MERI ENVIRONMENTAL SOLUTIONS GMBH
(100.0%)
Levelingstrasse 18
81673 München, DE**

72 Inventor/es:

**TROUBOUNIS, GEORGE;
EFINGER, DIETER;
NIEMCZYK, BERNHARD y
MENKE, LUCAS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 502 528 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

Instalación y procedimiento para el tratamiento de agua de proceso con separación por separado de gases y sólido

5 La presente invención se refiere a un procedimiento que comprende al menos una etapa de tratamiento de agua de proceso para la depuración de agua de proceso, en particular para la depuración continua de agua de proceso en la industria papelera, así como a una instalación particular adecuada para llevar a cabo este procedimiento para la depuración de agua de proceso, en particular para la depuración continua de agua de proceso en la industria papelera.

10 En muchos campos técnicos es necesario un tratamiento de agua de proceso, en particular en los casos en los que se conduce el agua de proceso en la correspondiente instalación en un circuito para evitar un enriquecimiento del agua de proceso con sustancias perjudiciales. Esto se aplica, en particular, también al agua de proceso durante la fabricación de papel y, de hecho, tanto durante la fabricación de papel a partir de fibras frescas como en particular durante la fabricación de papel a partir de papel usado.

15 En las últimas décadas, el papel se obtiene cada vez más a partir de papel usado para disminuir el consumo energético durante la fabricación de papel y, en particular, para evitar el consumo de recursos naturales. Mientras que para la fabricación de una tonelada de papel de fibra primaria se necesitan alrededor de 2,2 toneladas de madera, la necesidad de madera durante el reciclaje de papel se puede reducir espectacularmente, o disminuirse hasta cero, dependiendo de la parte de fibras secundarias procedentes de papel usado en relación con la cantidad total de fibras en el papel reciclado. Además, durante la fabricación de papel reciclado en comparación con la fabricación de papel a partir de fibras primarias se necesita solo la mitad de energía y solo un tercio de agua fresca. A pesar de esto, la calidad del papel reciclado, por ejemplo, en relación con la resistencia a tinta, el comportamiento a la compresión, el grado de blanco y la resistencia al envejecimiento, actualmente es tan elevada como la de papeles de fibras primarias.

20 Durante la fabricación de papel a partir de papel usado se mezcla, en primer lugar, el papel usado con agua y se tritura en un desintegrador (pulper) o disgregador de pasta con agitación y mezcla para disolver los compuestos de fibras individuales. A continuación se realiza una limpieza de las fibras para retirar cuerpos extraños no fibrosos de la pasta de fibras antes de que opcionalmente se decoloren las fibras y finalmente, dado el caso después de la adición de una reducida parte de fibras primarias, se procesen hasta dar papel en una máquina papelera. Una instalación correspondiente comprende, por lo tanto, un dispositivo para el tratamiento de papel usado y una máquina papelera, presentando el dispositivo de tratamiento de papel usado una unidad de disgregación de papel usado o un desintegrador en el que se suministra al papel usado agua de proceso para disgregar y triturar las fibras, un dispositivo de clasificación para eliminar suciedades y una unidad de deshidratación para la eliminación de agua de proceso. También es sabido cómo prever en la instalación dos o más dispositivos de tratamiento de papel usado o niveles, los denominados bucles, para aumentar la calidad de las fibras tratadas a partir del papel usado. Cada bucle del dispositivo de tratamiento de papel usado y la máquina papelera a este respecto comprenden, preferentemente, una unidad de tratamiento de agua de proceso propia, pudiendo estar desacopladas las unidades de tratamiento de agua de proceso individuales unas de otras por un equipo de deshidratación previsto entre los bucles individuales.

45 Para poder conducir en el circuito el agua de proceso en cada bucle y poder minimizar así la adición de agua fresca, el agua de proceso se tiene que depurar en un grado necesario en las unidades de tratamiento de agua de proceso individuales. Para esto, las unidades de tratamiento de agua de proceso comprenden, habitualmente, una unidad de recuperación de pasta y/o una unidad de retirada de pasta en la que se separan del agua de proceso mecánicamente las fibras contenidas en el agua de proceso para devolverse completa o parcialmente al dispositivo de tratamiento de papel usado. Estas unidades de recuperación de pasta o unidades de retirada de pasta están configuradas habitualmente como instalaciones de cribado y/o de flotación por expansión.

50 Por el documento DE 40 42 224 A1 se conoce una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado que comprende un dispositivo de tratamiento de papel usado que comprende un bucle así como una máquina papelera. El dispositivo de tratamiento de papel usado comprende un desintegrador en el que se introduce el papel usado y se mezcla con agua de proceso para disgregar el papel usado, un nivel de clasificación previsto aguas abajo del desintegrador en el que se separan las impurezas de la sustancia fibrosa suspendida, producida en el desintegrador, una unidad de espesado para eliminar sustancialmente el agua de proceso de la sustancia fibrosa suspendida así como una unidad de tratamiento de agua de proceso para la depuración del agua de proceso. La unidad de tratamiento de agua de proceso, a su vez, está compuesta esencialmente de un dispositivo de depuración general, un nivel de depuración anaerobio que comprende, por ejemplo, un reactor UASB así como un nivel de depuración aerobio. El agua de proceso depurada en la unidad de tratamiento de agua de proceso se puede desechar como agua residual o se puede devolver, de acuerdo con otra forma de realización, parcialmente como agua de disgregación al desintegrador y parcialmente a la máquina papelera, añadiéndose en este caso al agua de proceso conducida a través de la unidad de tratamiento de agua de proceso del dispositivo de tratamiento de papel usado una subcorriente de agua de retorno de la máquina papelera.

65

Los circuitos de agua de proceso de la máquina papelera y de la unidad de tratamiento de agua de proceso en esta instalación, por tanto, no están desacoplados por completo uno de otro, de tal manera que la calidad del agua de proceso en la máquina papelera y la calidad del agua de proceso en el dispositivo de tratamiento de papel usado no se pueden controlar de forma eficaz e independiente una de otra. Otra desventaja de la forma de realización mencionada en último lugar es que en el agua de proceso debido a la conducción en circuito parcial se ajusta una elevada dureza del agua, que puede alterar el funcionamiento del reactor de UASB anaerobio. En reactores anaerobios, de hecho, se emplean pellas de microorganismos para cuya función es importante que las mismas presenten un peso específico definido para, durante la degradación de los compuestos orgánicos del agua de proceso debido al biogás formado a este respecto, que se adhiere a las pellas de microorganismos, poder subir hacia arriba en el reactor para separar en un separador de gas el biogás formado. Después de la separación del biogás, el peso específico en particular no se debe hacer tan grande que las pellas de microorganismos desciendan hasta el fondo del reactor, ya que las mismas entonces ya no pueden participar en el proceso de depuración. Sin embargo, a causa de su estructura y su tamaño, las pellas de microorganismos actúan como gérmenes de cristalización para deposiciones de cal, de tal manera que con una cierta dureza del agua y con valores de pH correspondientes se deposita cal sobre las pellas de microorganismos, llevando estas deposiciones a un desplazamiento incalculable del peso específico de las pellas, por lo que estas ya no pueden realizar su función. También la actividad metabólica de los microorganismos anaerobios causa un desplazamiento del equilibrio cal-ácido carbónico debido a la generación de, entre otros, hidrogenocarbonato (HCO_3^-), lo que favorece adicionalmente una precipitación de cal sobre las pellas de microorganismos. Para asegurar, a pesar de la precipitación de cal sobre las pellas de microorganismos, su función, se tienen que aumentar las cantidades de recirculación en el reactor anaerobio para mantener suspendidas las pellas a pesar de su mayor peso específico en el reactor. Pero a la cantidad de recirculación se plantean límites, por un lado, debido a la capacidad hidráulica de los separadores y, por otro lado, debido a la necesidad de mantener laminar el flujo en el reactor. Además, mayores cantidades de recirculación causan, debido a la generación de gradientes de presión, en el lado de aspiración y presión de la bomba en la conducción de recirculación el escape de dióxido de carbono y, por ello, un desplazamiento adicional del equilibrio de cal-ácido carbónico en dirección a una precipitación de cal.

Para abordar estas desventajas, en el documento WO 2007/076943 se propuso un procedimiento que comprende al menos una etapa de tratamiento de agua de proceso para el tratamiento de agua de proceso conducida en un circuito, en particular para el tratamiento de agua de proceso durante la fabricación de papel, en el que al menos una parte del agua de proceso suministrada de forma continua a la etapa de tratamiento de agua de proceso se somete a una etapa de depuración en un reactor anaerobio mezclado con microorganismos anaerobios, así como a una etapa de descalcificación, sometiéndose el agua de proceso en la etapa de descalcificación a una etapa de flotación por expansión de presión. A causa de la depuración del agua de proceso en un reactor anaerobio se pueden eliminar de forma eficaz las impurezas contenidas en el agua de proceso, de tal manera que a causa de la pureza conseguida por ello, el agua de proceso se puede conducir al menos prácticamente por completo en un circuito sin que se acumulen las impurezas a través de la conducción en circuito. Además, la dureza de agua del agua de proceso conducida en el circuito a causa del endurecimiento o la descalcificación en la etapa de flotación por expansión de presión se puede controlar, de tal manera que en el reactor anaerobio no se producen las deposiciones de cal que alteran las pellas de microorganismos contenidas en su interior, por lo que se optimiza la eficacia del reactor anaerobio. Para conseguir una descalcificación suficiente, sin embargo, este procedimiento requiere el empleo de grandes cantidades de agentes de precipitación y coadyuvantes de floculación caros. Pero incluso con el empleo de grandes cantidades de agente de precipitación y coadyuvante de floculación, el grado de descalcificación conseguido por volumen de reactor y por unidad de tiempo en este procedimiento necesita mejoras.

En el documento KR 2001-0038791 se desvela un procedimiento para la depuración de agua de proceso, en el que en primer lugar se trata agua residual o agua de proceso en un reactor anaerobio, el agua residual o agua de proceso tratada de este modo se somete a una etapa de desgasificación y a continuación se conduce a un recipiente de sedimentación en el que se separan los sólidos contenidos en el agua residual o agua de proceso, tales como cal.

Por el documento KR 2006-0125981 A es conocido un procedimiento para el tratamiento de agua residual en la industria papelera, en el que en primer lugar se suministra el agua residual a tratar a un reactor anaerobio, antes de que el agua residual tratada de este modo se suministre a un dispositivo de desgasificación y, a continuación, a un equipo de retirada de sólidos.

En el documento WO 2008/108599 A1 se desvela un procedimiento para el tratamiento de agua residual que contiene fósforo y/o nitrógeno, en el que el agua residual se pone en contacto en un reactor anaerobio con microorganismos, antes de que se someta el agua residual evacuada del reactor anaerobio a una reextracción de dióxido de carbono.

En el documento WO 2007/076943 A2 se desvela una instalación y un procedimiento para el tratamiento de agua de proceso durante la fabricación de papel, en el que al menos una parte del agua de proceso se somete a una etapa de depuración en un reactor anaerobio mezclado con microorganismos anaerobios así como a una etapa de descalcificación. A este respecto, la etapa de descalcificación se puede llevar a cabo, de acuerdo con una forma de realización, como etapa de flotación por expansión de presión. Por el documento DE 10 2006 060 426 A1 es

conocido un procedimiento similar a esto.

Por tanto, el objetivo de la presente invención es facilitar un procedimiento para el tratamiento de agua de proceso en el que se depure de forma eficaz el agua de proceso, en el que se puedan controlar de forma dirigida en particular la dureza del agua y la calidad del agua de proceso y que sea adecuado, en particular, también para el tratamiento de agua de proceso con una elevada dureza del agua, tal como agua de proceso en una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado, que se caracterice por un elevado grado de depuración por volumen de reactor y por unidad de tiempo y que requiera, en particular, cantidades comparativamente reducidas de agente de precipitación y/o coadyuvante de floculación. En particular, el agua de proceso tratada debe haberse depurado de tal manera que se evite, de forma fiable, una alteración del funcionamiento de un reactor anaerobio por precipitaciones de cal.

De acuerdo con la invención se consigue este objetivo mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y, en particular, por un procedimiento para la depuración de agua de proceso, en particular para la depuración continua de agua de proceso en la industria papelera, que comprende al menos un etapa de tratamiento de agua de proceso que comprende las siguientes etapas:

- a) una etapa de depuración anaerobia, en la que se pone en contacto agua de proceso a depurar en un reactor anaerobio con microorganismos anaerobios para degradar las impurezas contenidas en el agua residual,
- b) una primera etapa de separación en la que se separan el gas o los gases contenidos en el agua de proceso de forma selectiva del agua de proceso obtenida en la etapa a), llevándose a cabo la primera etapa de separación b) en un recipiente de reextracción, en el que se conduce el agua de proceso en corriente en paralelo o a contracorriente con aire a través del recipiente de reextracción y en el que se mezclan entre sí mediante un equipo de mezclado (126) el agua de proceso y el aire y separándose en la primera etapa de separación b) al menos el 80 % del gas o los gases contenidos en el agua de proceso y
- c) una segunda etapa de separación en la que se separan mediante flotación por expansión de presión los sólidos contenidos en el agua de proceso del agua de proceso obtenida en la etapa b), ajustándose en la flotación de expansión por presión la diferencia de presión entre la presión aplicada y la expansión a al menos 0,2 MPa (2 bar).

En el caso del agua de proceso retirada de la etapa de depuración anaerobia se trata de una mezcla trifásica que contiene agua con iones contenidos en su interior de forma disuelta, tales como iones carbonato e hidrogenocarbonato, sólidos y gases formados en el reactor anaerobio, en particular CO₂ formado por los microorganismos. En la primera etapa de separación b), de esta mezcla trifásica se separan en primer lugar de forma selectiva los gases, mientras que los sólidos no se separan hasta la segunda etapa de separación c) del agua de proceso. La separación selectiva de gases del agua de proceso (es decir, de la mezcla trifásica mencionada anteriormente) significa en el sentido de la presente invención que en la primera etapa de separación b) se separan porcentualmente más del gas o los gases contenidos en el agua de proceso que de los sólidos contenidos en el agua de proceso. Por consiguiente, la separación selectiva de gases del agua de proceso en el sentido de la presente invención significa que en la primera etapa de separación b) se separan al menos el 80 %, preferentemente al menos el 90 % y, de forma particularmente preferente, al menos el 95 % del gas o los gases contenidos en el agua de proceso, mientras que en esta primera etapa de separación b) se separa como máximo el 30 %, preferentemente como máximo el 20 %, en particular de forma preferente como máximo el 10 %, de forma particularmente preferente como máximo el 5 % y, de forma muy particularmente preferente, como máximo el 1 % de los sólidos contenidos (de forma suspendida) en el agua de proceso. Gracias a la separación del/de los gases se consigue que una parte considerable de los iones contenidos en el agua de proceso configure sólidos, de tal manera que el agua de proceso después de la primera etapa de separación b), en relación con el peso total del agua de proceso (junto con las sustancias extrañas contenidas en su interior) presenta una mayor parte de sólidos que antes de la primera etapa de separación b). Esto está motivado en que a causa de la eliminación de gas del agua de proceso durante la primera etapa de separación b) se desplaza el equilibrio entre iones disueltos y sólido a favor del sólido, en concreto que se desplaza, por ejemplo, debido a la eliminación de los gases, en particular del dióxido de carbono contenido en el agua de proceso, el equilibrio cal-ácido carbónico a favor del sólido, es decir, la cal. El sólido que se produce de este modo se elimina junto con el sólido contenido en el agua de proceso dado el caso ya antes de la primera etapa de separación b) en la segunda etapa de separación c) del agua de proceso.

Gracias a esta realización del procedimiento se consigue en total una mejor depuración del agua de proceso y, en particular, un mejor desendurecimiento del agua de proceso por volumen de los dispositivos empleados para la primera y la segunda etapa de separación y por unidad de tiempo. A causa de la pureza conseguida por ello se puede conducir el agua de proceso por completo o al menos prácticamente por completo en un circuito sin que se acumulen las impurezas debido a la conducción del circuito, lo que permite una minimización de la necesidad de agua fresca de la instalación. Además, en el procedimiento de acuerdo con la invención se puede controlar la dureza de agua del agua de proceso conducida en el circuito, de tal manera que en el reactor anaerobio no se produzcan cantidades significativas de deposiciones de cal que alteren las pellas de microorganismos contenidas en su interior, por lo que se optimiza la eficacia del reactor anaerobio. En total, por tanto, la instalación de acuerdo con la invención posibilita una conducción en circuito al menos prácticamente por completo del agua de proceso y el control eficaz de la calidad del agua de proceso. Otra ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención frente al procedimiento

conocido por el documento WO 2007/076943 radica en que en el procedimiento de acuerdo con la invención para un grado de depuración a conseguir del agua de proceso se necesitan menos agente de precipitación y coadyuvante de floculación que en el procedimiento conocido por el documento WO 2007/076943. Por ello se reducen los costes de funcionamiento significativamente y, de hecho, al menos el 30 %. Además, a causa del menor empleo de agente de precipitación y coadyuvante de floculación se aumenta la seguridad de funcionamiento del procedimiento, debido a que las posteriores etapas no se ven cargadas debido al agente de precipitación y coadyuvante de floculación.

De acuerdo con la presente invención, la primera etapa de separación b) se lleva a cabo en un recipiente de reextracción en el que se conduce el agua de proceso en corriente en paralelo o a contracorriente con aire a través del recipiente de reextracción. En esta forma de realización se puede conducir el agua de proceso, por ejemplo, con aire en corriente en paralelo desde abajo hacia arriba a través del recipiente de reextracción y se puede retirar el gas en la zona superior del recipiente de reextracción. Como alternativa a esto también es posible conducir el agua de proceso desde arriba hacia abajo a través del recipiente de reextracción, conducir aire a contracorriente desde abajo hacia arriba a través del recipiente de reextracción y retirar el gas en la zona superior del recipiente de reextracción.

Para conseguir en la primera etapa de separación b) una retirada eficaz de gas o gases del agua de proceso ha resultado ventajoso aplicar en el recipiente de reextracción al pasar el agua de proceso y al pasar el aire una presión negativa. Preferentemente, esta presión negativa es, frente a la presión atmosférica, de 1 a 5 kPa (10 a 50 mbar), de forma particularmente preferente de 1,5 a 2,5 kPa (15 a 25 mbar) y, de forma muy particularmente preferente, aproximadamente 2 kPa (20 mbar). Como alternativa a esto, sin embargo, también es posible, aunque menos preferente, hacer funcionar la primera etapa de separación b) a presión atmosférica o, aunque aún menos preferente, con una ligera sobrepresión.

Con el fin de alcanzar una retirada eficaz de gas o gases y evitar la separación de sólidos del agua de proceso, de acuerdo con la presente invención se mezcla el agua de proceso y el aire en la primera etapa de separación b) en el recipiente de reextracción mediante un equipo de agitación entre sí. A este respecto, como equipo de agitación se puede emplear cualquier equipo de mezclado conocido por el experto, en particular una mezcladora dinámica tal como, por ejemplo, un agitador de hélice o una mezcladora estática. A causa de la energía aportada por el equipo de agitación al agua de proceso (es decir, la mezcla trifásica), se favorece la expulsión de gas o gases. Además, debido al intenso entremezclado del agua de proceso que contiene el sólido se consigue una suspensión homogénea, de tal manera que se evita de forma fiable que se separen los sólidos contenidos de forma suspendida en el agua de proceso en el recipiente de reextracción del agua, por ejemplo, por sedimentación.

La forma de realización que se ha mencionado anteriormente se puede llevar a cabo, por ejemplo, de tal manera que se conduzca el agua de proceso en la primera etapa de separación b) desde abajo hacia arriba a través del recipiente de reextracción, se suministre al recipiente de reextracción en su zona inferior aire, de tal manera que el aire atraviese el agua de proceso en forma de burbujas de aire y se mezclen entre sí el agua de proceso y las burbujas de aire en el recipiente de reextracción mediante un equipo de agitación.

En la forma de realización que se ha mencionado anteriormente ha resultado en particular ventajoso suministrar al recipiente de reextracción el aire de tal manera que las burbujas de aire que atraviesan el agua de proceso presenten un tamaño promedio de 150 a 600 μm y, preferentemente, de 200 a 400 μm .

Como ya se ha expuesto, gracias a la eliminación o la expulsión del gas del agua de proceso se consigue que durante la primera etapa de separación b) en el agua de proceso a partir de los iones contenidos disueltos en su interior se formen sólidos que permanecen presentes de forma suspendida en el agua de proceso. Para favorecer la formación de sólidos durante la etapa del procedimiento b) se puede añadir al agua de proceso durante la primera etapa de separación b) un agente de precipitación y/o al menos un coadyuvante de floculación. En esta forma de realización se pueden emplear todos los agentes de precipitación y/o coadyuvantes de floculación conocidos por el experto. Se consiguen buenos resultados, en particular, cuando el agente de precipitación es una base, tal como hidróxido sódico o una solución acuosa de hidróxido sódico, es decir, lejía de sosa. Como alternativa a esto o adicionalmente a esto se puede emplear como agente de precipitación también una sal de aluminio, preferentemente sulfato de aluminio, una sal de hierro, preferentemente sulfato de hierro, cloruro de polialuminio o aluminato sódico. Un ejemplo de un coadyuvante de floculación adecuado es poliacrilamida.

Preferentemente el valor del pH del agua de proceso se ajusta en la primera etapa de separación b) para favorecer la formación de sólidos a de 6,5 a 10, preferentemente de 6,8 a 9 y, de forma particularmente preferente, de 7,2 a 8,2. Un valor de pH en uno de los intervalos que se han mencionado anteriormente favorece en particular la formación de cal a partir de los iones hidrogenocarbonato y carbonato contenidos en el agua de proceso.

De acuerdo con la invención se realiza la separación de los sólidos en la segunda etapa de separación c) debido a flotación por expansión de presión (de burbujas finas).

En la flotación por expansión de presión empleada en la segunda etapa de separación c) se añade al agua de proceso a tratar, siempre que esto no se haya realizado ya en la anterior primera etapa de separación b), preferentemente en primer lugar al menos un agente de precipitación y/o al menos un coadyuvante de floculación,

ajustándose gracias a la adición del agente de precipitación el valor del pH del agua de proceso a un valor de 6,5 a 10, preferentemente de 6,8 a 9 y, de forma particularmente preferente, de 7,2 a 8,2. A continuación, a la mezcla generada de este modo se añade gas comprimido, preferentemente aire comprimido y esta mezcla se somete a presión antes de que la mezcla expuesta a presión se expanda en un reactor de flotación por expansión de presión o a una presión reducida, por lo que el gas comprimido añadido anteriormente sale en forma de perlas al menos esencialmente en forma de burbujas de gas del agua y fluye hacia arriba. Como alternativa a esto se puede añadir al agua de proceso también agua mezclada con gas comprimido que se expande después de la adición al agua de proceso, de tal manera que el gas comprimido sale en forma de perlas al menos esencialmente en forma de burbujas de gas del agua y fluye hacia arriba. A este respecto, las burbujas de gas arrastran los copos de sólidos contenidos en el agua, de tal manera que los mismos se separan del agua de proceso.

Para conseguir una separación eficaz de sólidos, de acuerdo con la presente invención se diseña el dispositivo de flotación por expansión de presión de tal manera que la diferencia de presión entre la presión aplicada y la expansión asciende al menos a 0,2 MPa (2 bar), preferentemente al menos a 0,3 MPa (3 bar), de forma particularmente preferente al menos a 0,4 MPa (4 bar) y, de forma muy particularmente preferente, al menos a 0,5 MPa (5 bar). Cuando mayor sea la diferencia de presión que se ha mencionado anteriormente, menores son las perlas de gas que se producen durante la expansión, de tal manera que a causa de la mayor proporción de superficie a volumen de las burbujas de gas se consigue una mayor separación de cal.

De acuerdo con otra forma de realización preferente se extrae del agua de proceso después de la segunda etapa de separación c) una subcorriente, esta subcorriente se mezcla con el agua de proceso después de la etapa de depuración anaerobia a) y se somete la mezcla obtenida de este modo a la primera etapa de separación b).

Como alternativa a esto o adicionalmente a esto también es posible mezclar una parte del sólido que se produce en la segunda etapa de separación c) con el agua de proceso después de la etapa de depuración anaerobia a) y someter la mezcla obtenida de este modo a la primera etapa de separación b). A este respecto, la parte de los sólidos devueltos en la etapa del procedimiento b) sirven de gérmenes de cristalización para los sólidos a formar a partir de los iones contenidos en el agua de proceso.

Básicamente, el procedimiento de acuerdo con la invención se puede emplear para la depuración de cualquier tipo de agua de proceso conducida en un circuito en una instalación. En particular durante la fabricación de papel el agua de proceso se carga con cantidades significativas de impurezas, por lo que el procedimiento de acuerdo con la invención es en particular adecuado para la depuración de agua de proceso que se produce durante la fabricación de papel, independientemente de si se trata de agua de proceso de una instalación para la fabricación de papel a partir de fibras frescas o de agua de proceso de una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado.

En la forma de realización que se ha mencionado anteriormente, el agua de proceso suministrada a la etapa de tratamiento de agua de proceso procede de un dispositivo de tratamiento de pasta y/o de una máquina papelera.

Preferentemente, el agua de proceso suministrada de forma continua a la etapa de tratamiento de agua de proceso en esta forma de realización procede de al menos de un nivel de un dispositivo de tratamiento de papel usado y/o una máquina papelera.

Otro objeto de la presente invención es una instalación para la depuración de agua de proceso, en particular para la depuración continua de agua de proceso en la industria papelera, que presenta al menos una unidad de tratamiento de agua de proceso, comprendiendo la unidad de tratamiento de agua de proceso:

i) un reactor para la depuración anaerobia del agua de proceso con al menos una conducción de suministro para el suministro de agua de proceso a depurar al reactor así como al menos una conducción de evacuación para la evacuación de agua de proceso depurada del reactor.

En principio se puede emplear como equipo de agitación cualquier equipo de mezcla, en particular una mezcladora dinámica o una mezcladora estática.

Preferentemente, el primer dispositivo de separación comprende un recipiente de reextracción, en cuya zona inferior desembocan la conducción de suministro para agua de proceso y la conducción de suministro de gas y en cuya zona superior está dispuesta la conducción de evacuación de gas.

De acuerdo con otra forma de realización preferente, el primer dispositivo de separación presenta al menos una conducción de suministro para un agente de precipitación y/o para un coadyuvante de floculación.

De acuerdo con la invención, el segundo dispositivo de separación comprende un dispositivo de flotación por expansión de presión.

ii) un primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) dispuesto aguas abajo de reactor anaerobio (125a, 125b, 225) para la separación selectiva de gases del agua de proceso, presentando el primer dispositivo de

separación (130a, 130b, 230) una conducción de suministro (129) unida con la conducción de evacuación del reactor anaerobio (125a, 125b, 225) para agua de proceso, una conducción de suministro de gas (127), una conducción de evacuación de gas (131) y un equipo de mezclado (126) y comprendiendo el primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) un recipiente de reextracción y

iii) un segundo dispositivo de separación (140a, 140b, 240) dispuesto aguas abajo del primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230), unido con el primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) a través de una conducción (134) para la separación de sólidos del agua de proceso, comprendiendo el segundo dispositivo de separación (140a, 140b, 240) un dispositivo de flotación por expansión de presión que está diseñado de tal manera que la diferencia de presión entre la presión aplicada y la expansión asciende al menos a 0,2 MPa (2 bar).

En el segundo dispositivo de separación está prevista preferentemente una conducción de retorno de subcorriente para agua de proceso que desemboca en la conducción de suministro que lleva al primer dispositivo de separación para agua de proceso.

Como alternativa a esto o adicionalmente a esto, en el segundo dispositivo de separación puede estar prevista una conducción de retorno de subcorriente para sólido que desemboca en la conducción de suministro que lleva al primer dispositivo de separación para agua de proceso. Los sólidos devueltos a través de esta conducción de retorno de subcorriente actúan en el primer dispositivo de separación como gérmenes de cristalización.

Básicamente, la instalación para la depuración de agua de proceso de acuerdo con la presente invención puede estar integrada en cualquier instalación en la que se conduce en un circuito el agua de proceso. En particular durante la fabricación de papel se carga el agua de proceso con cantidades significativas de impurezas, por lo que la instalación de acuerdo con la invención es en particular adecuada para la depuración de agua de proceso que se produce durante la fabricación de papel, independientemente de si se trata de agua de proceso de una instalación para la fabricación de papel a partir de fibras frescas o de agua de proceso de una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado.

En este caso, la instalación de acuerdo con la invención comprende, además de al menos una unidad de tratamiento de agua de proceso, al menos un dispositivo de tratamiento de pasta y/o al menos una máquina papelera, estando asignada al al menos un dispositivo de tratamiento de pasta y/o a la al menos una máquina papelera al menos una de las unidades de tratamiento de agua de proceso.

En particular, cuando en el caso de la instalación de acuerdo con la invención se trata de una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado, la misma presenta preferentemente un dispositivo de tratamiento de papel usado como dispositivo de tratamiento de pasta para la fabricación de sustancia fibrosa a partir del papel usado y/o una máquina papelera para la fabricación de papel a partir de la sustancia fibrosa, presentando el dispositivo de tratamiento de papel usado uno o varios niveles y comprendiendo al menos uno de estos niveles y/o la máquina papelera una unidad de tratamiento de agua de proceso propia. En particular cuando la máquina papelera y cada nivel o cada bucle del dispositivo de tratamiento de papel usado contienen una unidad de tratamiento de agua de proceso, se puede controlar la calidad del agua de proceso, es decir, la cantidad de impurezas contenidas en el agua de proceso, por separado para cada bucle. Por ello se posibilita una gestión óptima de la calidad del agua durante la fabricación de papel a partir de papel usado.

Para conseguir un aprovechamiento eficaz del papel usado empleado en la instalación así como de las fibras contenidas en su interior, en un perfeccionamiento del concepto de la invención se propone prever en la al menos una unidad de tratamiento de agua de proceso además una unidad de recuperación de pasta y/o una unidad de retirada de pasta. Se consiguen buenos resultados en particular cuando la unidad de recuperación de pasta o la unidad de retirada de pasta está configurada como una combinación de dispositivo de recuperación de pasta (por ejemplo, un dispositivo con barrera de cribado) y dispositivo de microflotación (o dispositivo de flotación por expansión de presión) en serie como cascada. En el primer nivel, que está configurado preferentemente como filtración de pulverización, se recuperan las fibras útiles, mientras que en el segundo nivel, concretamente la retirada de pasta, se retiran las sustancias finas del agua de proceso.

De acuerdo con otra forma de realización preferente, la al menos una unidad de tratamiento de agua de proceso comprende además una unidad de filtración separada, pospuesta al segundo dispositivo de separación, para separar las partículas de sólidos finos contenidas en el agua de proceso. Esta unidad de filtración está dispuesta preferentemente aguas abajo del reactor anaerobio y aguas abajo de ambos dispositivos de separación.

Como reactor anaerobio mezclado con microorganismos anaerobios se pueden emplear todos los tipos conocidos por el experto de reactores anaerobios, por ejemplo, reactores del lodo de contacto, reactores UASB, reactores EGSB, reactores de lecho sólido y reactores de lecho fluidizado, consiguiéndose buenos resultados en particular con reactores UASB y reactores EGSB. Al reactor anaerobio puede estar antepuesto un reactor de pre-acidificación en el que el agua de proceso antes del suministro al reactor anaerobio se somete a una acidogénesis y/o una hidrólisis. Mientras que durante la hidrólisis enzimática se degradan polímeros tales como, por ejemplo, polisacáridos,

polipéptidos y grasas, mediante exoenzimas procedentes de microorganismos hasta sus monómeros, tales como azúcares, aminoácidos y ácidos grasos, estos monómeros se transforman en la acidogénesis por microorganismos acidogénicos en ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos, hidrógeno y dióxido de carbono.

5 Preferentemente, el dispositivo de tratamiento de pasta de la instalación contiene uno o varios niveles, consiguiéndose en particular con instalaciones que comprenden de 1 a 3 niveles de tratamiento de pasta buenos resultados, estando desacoplados los niveles individuales unos de otros preferentemente por un nivel de deshidratación. De forma particularmente preferente, el dispositivo de tratamiento de pasta comprende dos niveles
10 desacoplados entre sí. En el caso de una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado, en la que el dispositivo de tratamiento de pasta está configurado como dispositivo de tratamiento de papel usado, el o los niveles de tratamiento de pasta están configurados como niveles de tratamiento de papel usado.

Independientemente de la cantidad de los niveles del dispositivo de tratamiento de pasta está previsto de acuerdo con otra forma de realización preferente de la presente invención que en una instalación para la fabricación de papel tanto al menos uno de los niveles del dispositivo de tratamiento de pasta como la máquina papelera comprendan
15 respectivamente una unidad de tratamiento de agua de proceso propia, presentando las unidades de tratamiento de agua de proceso, respectivamente, un reactor anaerobio, un primer dispositivo de separación y un segundo dispositivo de separación.

20 En un perfeccionamiento del concepto de la invención se propone que todos los niveles del dispositivo de tratamiento de pasta y la máquina papelera comprendan, respectivamente, una unidad de tratamiento de agua de proceso propia, presentando las unidades de tratamiento de agua de proceso, respectivamente, un reactor anaerobio, un primer dispositivo de separación y un segundo dispositivo de separación. De este modo se puede controlar la calidad del agua de proceso, es decir, la cantidad de las impurezas contenidas en el agua de proceso,
25 por separado para cada bucle. Por ello se posibilita una gestión óptima de la calidad del agua durante la fabricación del papel.

A continuación se describe la presente invención a modo de ejemplo mediante formas de realización ventajosas y con referencia a los dibujos adjuntos.

30 A este respecto muestran:

La Figura 1, una vista esquemática de una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención,

35 La Figura 2, una vista esquemática de la unidad de tratamiento de agua de proceso de la instalación representada en la Figura 1 y

40 La Figura 3, una vista esquemática de una unidad de tratamiento de agua de proceso de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención.

La instalación mostrada en la Figura 1 comprende un dispositivo de tratamiento de papel usado 100 así como una máquina papelera 200 dispuesta aguas abajo con respecto a esto, unida con el dispositivo de tratamiento de papel usado 100. A este respecto, el dispositivo de tratamiento de papel usado 100 comprende dos niveles o bucles 101a y 101b esencialmente desacoplados entre sí e indicados en la Figura 1 por las cajas de línea de puntos y rayas.

45 El primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel 100 comprende una entrada de materia prima 102, un desintegrador o disgregador de pasta 105, un equipo de clasificación 110a así como una unidad de deshidratación 115a que están dispuestos de forma secuencial y están unidos respectivamente entre sí. En el sentido de la presente invención, por desintegrador o disgregador de pasta 105 se entiende no solamente un equipo compuesto de una parte del dispositivo, tal como se muestra esquemáticamente en la Figura 1, sino en particular también una combinación de dispositivos que comprende varias partes individuales de dispositivo que incluye todas las piezas constructivas o grupos necesarios para la disgregación de pasta. Lo mismo se aplica también al equipo de clasificación 110a, la unidad de deshidratación 115a y todas las otras piezas constructivas mostradas en la Figura 1.
50 El disgregador de pasta 105 y el equipo de clasificación 110a están unidos respectivamente a través de una conducción con una unidad de tratamiento de producto rechazado 118a.

Además, el primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 comprende una unidad de tratamiento de agua de proceso 116a a la que a través de conducciones correspondientes de la unidad de tratamiento de producto rechazado 118a, del dispositivo de clasificación 110a así como de la unidad de deshidratación 115a se suministra el agua de proceso que se produce en estas partes de la instalación. A este respecto, el dispositivo de clasificación 110a puede comprender también una serie de equipos de clasificación (no representados). La unidad de tratamiento de agua de proceso 116a está compuesta de una unidad de recuperación de pasta 120a, un reactor anaerobio 125a mezclado con microorganismos anaerobios, un primer dispositivo de separación 130a así como un segundo dispositivo de separación 140a, que están dispuestos de forma secuencial y están unidos entre sí. Del segundo dispositivo de separación 140a lleva una conducción de retorno 145a de vuelta al
60
65

disgregador de pasta 105. Adicionalmente a la unidad de recuperación de pasta 120a o en lugar de la unidad de recuperación de pasta 120a puede estar prevista en el dispositivo de tratamiento de papel usado 100 una unidad de retirada de pasta (no representada).

5 A diferencia del primer nivel 101a, el segundo nivel 101b del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 comprende un dispositivo de clasificación 110b unido con la unidad de deshidratación 115a, una unidad de oxidación o unidad de reducción 112 así como una unidad de deshidratación 115b que están dispuestos de forma secuencial y están unidos entre sí. Además, el segundo nivel 101b presenta una unidad de tratamiento de agua de proceso 116b que está estructurada de forma análoga a la unidad de tratamiento de agua de proceso 116a del primer nivel 101a, estando unido el segundo dispositivo de separación 140b del segundo nivel 101b del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 a través de una conducción de retorno 145b con el dispositivo de clasificación 110b y a través de una conducción de subcorriente 170a con la conducción de retorno 145a procedente del segundo dispositivo de separación 140a del primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100. Mientras que el dispositivo de clasificación 110b y la unidad de oxidación o unidad de reducción 112 están unidos a través de conducciones correspondientes con una unidad de tratamiento de producto rechazado 118b, la unidad de deshidratación 115b está unida directamente con la unidad de recuperación de pasta 120b de la unidad de tratamiento de agua de proceso 116b. Además, una conducción lleva desde la unidad de oxidación o unidad de reducción 112 a la unidad de recuperación de pasta 120b.

20 La máquina papelera 200 comprende un clasificador centrífugo 202, un dispositivo de clasificación fina 204, un sector de moldeo de máquina papelera 206, un sector de prensado de máquina papelera 208 así como un sector de secado 210 que están dispuestos de forma secuencial y están unidos entre sí. El clasificador centrífugo 202 así como el dispositivo de clasificación fina 204 están unidos con una unidad de tratamiento de producto rechazado 212 y el sector de moldeo de máquina papelera 206 así como el sector de prensado de máquina papelera 208 están unidos con una unidad de recuperación de fibras 214. Además, la unidad de tratamiento de producto rechazado 212 así como la unidad de recuperación de fibras 214 están unidas a través de conducciones correspondientes con una unidad de tratamiento de agua de proceso 216 que está compuesta de una unidad de retirada de pasta 220, un reactor anaerobio 225 mezclado con microorganismos anaerobios, un primer dispositivo de separación 230 y un segundo dispositivo de separación 240. Además, una conducción de retorno 270 lleva desde la unidad de filtración 240 de la máquina papelera 200 a la conducción 170 del segundo nivel 101b del dispositivo de tratamiento de papel usado 100. La unidad de recuperación de fibras 214 y la unidad de retirada de pasta 220 pueden estar combinadas también en una parte de dispositivo configurada, por ejemplo, como microflotación.

35 Además, en la zona de la máquina papelera 200 está prevista una conducción de suministro de agua fresca 280 a través de la cual se puede suministrar agua fresca a la máquina papelera. A este respecto, la conducción de suministro de agua fresca 280 puede desembocar en distintos lugares en la máquina papelera 200, por ejemplo, en la conducción de suministro al clasificador centrífugo 202 y/o en el sector de moldeo de máquina papelera 206 y/o el sector de prensado de máquina papelera 208, por lo que no está representada la posición exacta de la conducción de suministro de agua fresca 280 en la Figura 1. Además está prevista en la instalación una conducción de agua residual 300 a través de la cual se puede evacuar agua residual de la instalación. También la conducción de agua residual 300 puede estar dispuesta en distintas posiciones de la instalación, por ejemplo, en la conducción 170, por lo que tampoco está representada la posición exacta de la conducción de agua residual 300 en la Figura 1. La conducción de agua residual 300 lleva a una unidad de retirada de pasta 305 mecánica, a la cual está dispuesta una unidad de refrigeración 310 así como una unidad de depuración de agua residual 315 biológica. De la unidad de depuración de agua residual 315 biológica, que puede comprender una unidad de eliminación de cal y una unidad de filtración, lleva una conducción a unas aguas públicas 400, por ejemplo, a un río; sin embargo, también se puede devolver una subcorriente de esto en caso necesario a la máquina papelera o al tratamiento de pasta.

50 Durante el funcionamiento de la instalación se introduce de forma continua papel usado a través de la entrada de materia prima 102 al disgregador de pasta 105 del primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100, donde el papel usado se mezcla con agua de proceso suministrada a través de la conducción de retorno 145a y se tritura para la obtención de las fibras. Mientras que las fibras obtenidas en el disgregador de pasta 105 se transfieren como suspensión de fibras de forma continua al dispositivo de clasificación 110a, el agua de proceso que se produce en el disgregador de pasta 105, que puede contener restos de fibras, se conduce en primer lugar a la unidad de tratamiento de producto rechazado 118a y, desde allí, se conduce después de la separación de los productos rechazados a la unidad de recuperación de pasta 120a de la unidad de tratamiento de agua de proceso 116a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100. En el dispositivo de clasificación 110a se eliminan mediante clasificación de la suspensión de fibras, por ejemplo, por barreras de cribado y, normalmente, en varios niveles, impurezas ligeras o pesadas que son de mayor tamaño que las fibras, tales como, por ejemplo, contaminaciones gruesas en forma de láminas de plástico y trozos de plástico. Además, en el dispositivo de clasificación 110a se puede llevar a cabo también una flotación con el fin de la eliminación de pigmentos, tinta y partículas de color (destintado). Además, en el lavado de pasta se pueden separar sustancias finas y cenizas. En la unidad de deshidratación 115a dispuesta aguas abajo del dispositivo de clasificación 110a, que está configurada preferentemente como filtro de deshidratación y/o como prensa helicoidal, se espesa la suspensión de fibras mediante eliminación de agua de proceso para llegar como suspensión de fibras espesada desde la unidad de deshidratación 115a al dispositivo de clasificación 110b del segundo nivel 101b del dispositivo de tratamiento de

papel usado 100. Una subcorriente del agua de proceso que se produce en el dispositivo de clasificación 110a se conduce a la unidad de tratamiento de producto rechazado 118a, mientras que la otra subcorriente del agua de proceso que se produce en el dispositivo de clasificación 110a se conduce junto con el agua de proceso que se produce en la unidad de deshidratación 115a del primer nivel 101a a través de conducciones correspondientes directamente a la unidad de recuperación de pasta 120a de la unidad de tratamiento de agua de proceso 116a del primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100, en el que se separan las sustancias fibrosas contenidas en el agua de proceso que se suministran de nuevo al proceso de tratamiento. Preferentemente, la unidad de recuperación de pasta 120a está diseñada como dispositivo de flotación por expansión de presión.

Como alternativa a esto se puede devolver una subcorriente del agua de proceso retirada de la unidad de deshidratación 115a o toda el agua de proceso retirada de la unidad de deshidratación 115a directamente, es decir, evitando la unidad de tratamiento de agua de proceso 116a, al disgregador de pasta 105. En particular en el tratamiento de papel en el que el agua de proceso presenta una reducida concentración de sólidos tal como, por ejemplo, durante la fabricación de papel gráfico, se puede prescindir de la unidad de recuperación de pasta 120a, 120b o unidad de retirada de pasta 122, 220.

En la instalación representada en la Figura 1 se conduce el agua de proceso que se produce en la unidad de tratamiento de producto rechazado 118a a la unidad de recuperación de pasta 120a. Sin embargo, como alternativa a esto también es posible evacuar el agua de proceso que se produce en la unidad de tratamiento de producto rechazado 118a como agua residual del dispositivo de tratamiento de papel usado 101a y conducirla, por ejemplo, a través de la conducción de agua residual 300 a la unidad de retirada de pasta 305 mecánica y, a continuación, a través de la unidad de refrigeración 310 así como la unidad de depuración de agua residual 315 biológica.

Desde la unidad de recuperación de pasta 120a se conduce de forma continua agua de proceso liberada de sustancias fibrosas al reactor anaerobio 125a mezclado con microorganismos anaerobios, en el que las sustancias orgánicas disueltas o disueltas de forma coloidal se degradan gracias al efecto de los microorganismos anaerobios en el agua de proceso. A este respecto, al reactor anaerobio 125a con el fin de ajustar el agua de proceso a un intervalo de temperaturas óptimo puede estar antepuesto un nivel de refrigeración (no representado) y un reactor de pre-acidificación (no representado), en el que el agua de proceso se somete a una acidogénesis y/o hidrólisis. Desde el reactor anaerobio 125a se conduce el agua de proceso liberada de este modo de las impurezas químicas y biológicas al primer dispositivo de separación 130a situado aguas abajo que está configurado, preferentemente, como recipiente de reextracción, al que se suministra por ejemplo desde abajo el agua de proceso desde el reactor anaerobio 125a, que en el recipiente de reextracción se pone en contacto a contracorriente con aire suministrado desde arriba al recipiente de reextracción, presentando el recipiente de reextracción un equipo de agitación para la mezcla intensiva del agua de proceso y del aire. En el primer dispositivo de separación 130a se expulsan los gases contenidos en el agua de proceso del agua de proceso y se separan de este modo del agua de proceso y se precipitan los iones contenidos en el agua de proceso, por ejemplo, los iones carbonato e hidrogenocarbonato, sustancialmente como sólidos, por ejemplo, como carbonato cálcico. A este respecto, la precipitación de sólidos se realiza en el primer dispositivo de separación 130a gracias al desplazamiento del equilibrio entre iones y sólidos, tal como el equilibrio cal-ácido carbónico, como consecuencia de la retirada de los gases del agua de proceso, pudiéndose favorecer este desplazamiento de equilibrio mediante la adición mediante dosificación de agentes químicos adecuados, en particular de un agente de precipitación, por ejemplo una base, gracias a la cual se ajusta el valor de pH del agua de proceso a un valor neutro o alcalino que se encuentra, preferentemente, entre 6,5 y 10, de forma particularmente preferente entre 6,8 y 9 y, de forma muy particularmente preferente, entre 7,2 y 8,2. Además, al agua de proceso con este fin se pueden añadir también coadyuvantes de floculación para facilitar adicionalmente la precipitación de sólidos y la formación de copos de sólidos con un tamaño adecuado para una separación eficaz. Gracias a la mezcla intensiva del agua de proceso y de los sólidos a través del equipo de agitación en el primer dispositivo de separación 130a se obtiene en el recipiente de reextracción una suspensión homogénea, por lo que en el recipiente de reextracción no tiene lugar ninguna separación significativa de sólidos del agua de proceso, por ejemplo, por sedimentación de los sólidos o por flotación. Del primer dispositivo de separación 130a se suministra el agua de proceso que contiene suspendidos los sólidos al segundo dispositivo de separación 140a que está configurado, por ejemplo, como unidad de flotación por expansión de presión o como unidad de filtración para separar los sólidos del agua de proceso. Además, al segundo dispositivo de separación 140a puede estar pospuesta una unidad de desalinización (no representada).

A través de la conducción de retorno 145a se devuelve el agua de proceso depurada en la unidad de tratamiento de proceso 116a del primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 al desintegrador o disgregador de pasta 105.

La suspensión de fibras espesada evacuada de la unidad de deshidratación 115a del primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 llega al nivel de clasificación 110b y, desde ahí, a una unidad de oxidación o unidad de reducción 112 antes de que se espese la suspensión de fibras en la unidad de deshidratación 115b del segundo nivel 101b para retirar tanta agua de proceso como sea posible de la suspensión de fibras. De forma análoga al primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 se conduce el agua de proceso que se produce en el dispositivo de clasificación 110b y una subcorriente del agua residual que se produce en la unidad de oxidación o unidad de reducción 112 a la unidad de tratamiento de producto rechazado 118b y se

conduce el agua de proceso que se produce allí a la unidad de recuperación de pasta 120b. La otra subcorriente del agua de proceso que se produce en la unidad de oxidación o unidad de reducción 112 así como el agua de proceso que se produce en la unidad de deshidratación 115b se conducen directamente a la unidad de recuperación de pasta 120b de la unidad de tratamiento de agua de proceso 116b del segundo nivel 101b del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 y se depura así como descalcifica en la unidad de tratamiento de agua de proceso 116b. El agua de proceso tratada de este modo llega desde el segundo dispositivo de separación 140b a través de la conducción 170 y la conducción de retorno 145b en gran parte al dispositivo de clasificación 110b de vuelta, mientras que un posible exceso de agua de proceso se devuelve a través de la conducción de subcorriente 170a al primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 y se conduce a la conducción de retorno 145a que lleva al disgregador de pasta 105.

En la máquina papelera 200 se procesa la suspensión de sustancia fibrosa espesada suministrada de forma continua desde la unidad de deshidratación 115b mediante el clasificador centrífugo 202, en el que se separan partes con un peso específico mayor o menor que el agua, el dispositivo de clasificación fina 204, el sector de moldeo de máquina papelera 206, el sector de prensado de máquina papelera 208 y el sector de secado 210 hasta dar papel. Mientras que el agua de proceso que se produce en las partes de instalación 202 y 204 se conduce a la unidad de tratamiento de producto rechazado 212, el agua de proceso que se produce en las partes de instalación 206 y 208 se conduce a la unidad de recuperación de fibras 214. Mientras que se deshidratan los productos rechazados en la unidad de tratamiento de producto rechazado 212, en la unidad de recuperación de fibras 214 se retira previamente la pasta y se separa de estas fibras el agua de proceso procedente del sector de moldeo de máquina papelera 206 y del sector de prensado de máquina papelera 208. El agua de proceso producida en la unidad de tratamiento de producto rechazado 212 así como en la unidad de recuperación de fibras 214 se conduce de forma continua a la unidad de tratamiento de agua de proceso 216 de la máquina papelera 200 y allí fluye secuencialmente a través de la unidad de retirada de pasta 220, el reactor anaerobio 225, el primer dispositivo de separación 230 y el segundo dispositivo de separación 240 que trabajan al igual que las partes de instalación correspondientes que se han descrito anteriormente de las unidades de tratamiento de agua de proceso 116a, 116b del dispositivo de tratamiento de papel usado 100. Como alternativa a esto, el agua de proceso que se produce en la unidad de tratamiento de producto rechazado 212 se puede evacuar como agua residual de la instalación y se puede conducir solo el agua de proceso que se produce en la unidad de recuperación de fibras 214 de forma continua a través de la unidad de tratamiento de agua de proceso 216 a la máquina papelera 200. El agua de proceso depurada retirada del segundo dispositivo de separación 240 se devuelve a través de la conducción de retorno 270 y la conducción de subcorriente 270b en su mayor parte al clasificador centrífugo 202 de la máquina papelera 200, mientras que un posible exceso de agua de proceso se conduce a través de la conducción de subcorriente 270a a la conducción 170 procedente del segundo dispositivo de separación 140b del segundo nivel 101b del dispositivo de tratamiento de papel usado 100.

Ciertamente, en lo fundamental sería posible un circuito completamente cerrado de agua de proceso, pero a largo plazo conduciría a acumulaciones de sustancias perjudiciales que finalmente perjudicarían la rentabilidad de la instalación. Por tanto se suministra al proceso, preferentemente a la máquina papelera 200 a través de la conducción de suministro de agua fresca 280 de forma continua una parte relativamente reducida de agua fresca en relación con la cantidad de agua de proceso conducida en el circuito. Una cantidad correspondiente de agua de proceso se retira a través de la conducción de agua residual 300 del proceso y se depura adicionalmente a través de la unidad de retirada de pasta 305, la unidad de refrigeración 310 y la unidad de depuración de agua residual 315 biológica que puede comprender también una unidad de eliminación de cal y/o unidad de filtración, antes de que se evacue esta corriente como agua residual a aguas públicas 400. Además, tal como se ha mencionado anteriormente, el agua residual evacuada opcionalmente de las unidades de tratamiento de producto rechazado 118a, 118b, 212 también se puede retirar del proceso a través de la conducción de agua residual 300 y depurarse a través de la unidad de retirada de pasta 305, la unidad de refrigeración 310 y la unidad de depuración de agua residual 315 biológica.

En la forma de realización mostrada en la Figura 1 se trata de una instalación para la fabricación de papel a partir de papel usado. A este respecto están representados únicamente de forma esquemática el disgregador de pasta 105, los equipos de clasificación 110a, 110b, las unidades de deshidratación 115a, 115b, la unidad de oxidación o unidad de reducción 112, el clasificador centrífugo 202, el dispositivo de clasificación fina 204, el sector de moldeo de máquina papelera 206 y el sector de prensado de máquina papelera 208 mostrados en la Figura 1 y no representan hasta el último detalle la instalación de fabricación de papel. Por ejemplo, uno de los dos dispositivos de clasificación 110a, 110b o ambos dispositivos de clasificación 110a, 110b pueden estar configurados también con varios niveles y comprender, por tanto, una secuencia de equipos de clasificación.

Del mismo modo, en el caso de la instalación de acuerdo con la invención se puede tratar de una instalación para la fabricación de papel a partir de fibras frescas o de cualquier otra instalación discrecional en la que esté prevista al menos una unidad de tratamiento de agua de proceso, presentando al menos una de las unidades de tratamiento de agua de proceso un reactor anaerobio mezclado con microorganismos anaerobios, un primer dispositivo de separación así como un segundo dispositivo de separación. En el caso mencionado en último lugar, el disgregador de pasta 105, los equipos de clasificación 110a, 110b, las unidades de deshidratación 115a, 115b, la unidad de oxidación o unidad de reducción 112, el clasificador centrífugo 202, el dispositivo de clasificación fina 204, el sector

de moldeo de máquina papelera 206 y el sector de prensado de máquina papelera 208 representados en la Figura 1 están reemplazados por otros dispositivos o partes de dispositivo correspondientes.

5 En la Figura 1, la instalación comprende un tratamiento de pasta de dos niveles. Evidentemente, también es posible prever en particular durante la fabricación de papel multiestrato dos o varios tratamientos de pasta paralelos.

10 En la Figura 2 está representada la unidad de tratamiento de agua de proceso 116a del primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 de la instalación mostrada en la Figura 1 con un mayor detalle. A este respecto, el primer dispositivo de separación 130a está configurado como recipiente de reextracción que presenta un agitador de hélice 126, un distribuidor de gas 128 unido con una conducción de suministro de gas 127, una conducción de suministro 129 para el agua de proceso procedente del reactor anaerobio 125a al recipiente de reextracción, una conducción de evacuación de gas 131, una conducción de suministro 132 para agente de precipitación y una conducción de suministro 133 para coadyuvante de floculación. Desde el primer dispositivo de separación 130a lleva una conducción de agua de proceso 134 al segundo dispositivo de separación 140a que está configurado como reactor de flotación por expansión de presión. También el segundo dispositivo de separación 140a presenta una conducción de suministro 132' para agente de precipitación y una conducción de suministro 133' para coadyuvante de floculación. Además, el segundo dispositivo de separación 140a comprende una conducción de suministro 139 para agua que contiene aire comprimido. Además, el segundo dispositivo de separación 140a presenta una conducción de evacuación de agua de proceso 135 y una conducción de evacuación de sólidos 136, llevando desde la conducción de evacuación de agua de proceso 135 una conducción de retorno de subcorriente 137 para agua de proceso a la zona superior del primer dispositivo de separación 130a y llevando desde la conducción de evacuación de sólidos 136 una conducción de retorno de subcorriente 138 para sólidos a la zona superior del primer dispositivo de separación 130a.

25 Durante el funcionamiento de la instalación se separan del agua de proceso en la unidad de recuperación de pasta 120a de la unidad de tratamiento de agua de proceso 116a del primer nivel 101a del dispositivo de tratamiento de papel usado 100 los sólidos contenidos en el agua de proceso. Desde la unidad de recuperación de pasta 120a llega el agua de proceso al reactor anaerobio 125a, en el que se degradan, por el efecto de los microorganismos anaerobios, las sustancias orgánicas disueltas o disueltas de forma coloidal en el agua de proceso. Desde el reactor anaerobio 125a se conduce el agua de proceso entonces a través de la conducción de suministro de agua de proceso 129 a la zona superior del primer dispositivo de separación 130a configurado como recipiente de reextracción en el que se conduce el agua de proceso desde arriba hacia abajo. En la zona inferior del primer dispositivo de separación 130a se introduce aire a través de una conducción de suministro de gas 127 y un distribuidor de gas 128, que fluye a través del primer dispositivo de separación 130a de abajo hacia arriba, es decir, en contracorriente con respecto al agua de proceso. Además se suministran al primer dispositivo de separación a través de las conducciones de suministro 132, 133 de forma continua agentes de precipitación (por ejemplo, lejía de sosa) y coadyuvantes de floculación (por ejemplo, poliacrilamida), mezclándose entre sí el agua de proceso, el agente de precipitación, el coadyuvante de floculación y el aire en el primer dispositivo de separación a través del agitador de hélice 126. Gracias a esta conducción del procedimiento se expulsa del agua de proceso el gas contenido en su interior que se retira junto con el aire suministrado al primer dispositivo de separación 130a a través del distribuidor de gas 128 a través de la conducción de evacuación de gas 131 del primer dispositivo de separación 130a. Gracias al gas expulsado del agua de proceso se desplaza el equilibrio entre iones y sólidos en el agua de proceso tal como, por ejemplo, el equilibrio cal-ácido carbónico, en favor de los sólidos, por lo que precipitan los sólidos en el agua de proceso, permaneciendo suspendidos los sólidos a causa de la mezcla a través del agitador de hélice 126 de forma homogénea en el agua de proceso y no depositándose (arriba o abajo) en el primer dispositivo de separación 130a. Los sólidos devueltos a través de la conducción de retorno de subcorriente 138 desde el segundo dispositivo de separación 140a a este respecto actúan en el primer dispositivo de separación 130a como gérmenes de cristalización que favorecen la precipitación de sólidos en el agua de proceso. Además se favorece adicionalmente la precipitación de sólidos a través de los agentes de precipitación y coadyuvantes de floculación suministrados al primer dispositivo de separación 130a. El agua de proceso tratada en el primer dispositivo de separación 130a se conduce a través de la conducción de agua de proceso 134a al segundo dispositivo de separación 140a configurado como dispositivo de flotación por expansión de presión, al cual, además, a través de las conducciones de suministro 132', 133' se añade más agente de precipitación y coadyuvante de floculación. A este respecto, los agentes de precipitación y coadyuvantes de floculación suministrados al segundo dispositivo de separación 140a sirven para respaldar la precipitación de los últimos iones contenidos en el agua de proceso como sólido, es decir, en cierto modo para el ajuste fino de la precipitación de sólidos, mientras que la mayor parte de los sólidos o el ajuste grueso de la precipitación de sólidos ya ha tenido lugar en el primer dispositivo de separación 130a. Además, al segundo dispositivo de separación 140a a través de la conducción de suministro 139 se suministra de forma continua agua en la que se ha disuelto aire a presión, que se expande en el segundo dispositivo de separación 140a. Por ello, el aire contenido en el agua suministrada a través de la conducción 139 sale en forma de perlas y se mueve en forma de pequeñas burbujas de aire desde abajo hacia arriba a través del agua contenida en el segundo dispositivo de separación 140a, acumulándose las burbujas en los sólidos suspendidos en el agua de proceso. A causa de la densidad reducida de los aglomerados de aire-sólido formados de este modo, los mismos ascienden en el segundo dispositivo de separación 140a hasta el nivel del agua de proceso, donde los mismos se extraen y se retiran a través de la conducción de evacuación de sólidos 136 del segundo dispositivo de separación 140a, mientras que el agua de proceso liberada de los sólidos se retira a través

de la conducción de evacuación 135 del segundo dispositivo de separación 140a. Tanto una subcorriente del agua de proceso retirada del segundo dispositivo de separación 140a como una subcorriente del sólido retirado del segundo dispositivo de separación 140a se devuelven a través de las conducciones de retorno de subcorriente 137, 138 al primer dispositivo de separación 130a.

5 La unidad de tratamiento de agua de proceso 116a representada en la Figura 3 de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención se diferencia de la representada en la Figura 2 por que la misma no comprende ninguna conducción de retorno de subcorriente para agua de proceso, sino solo una conducción de retorno de subcorriente 138 para sólido que desemboca en la conducción de suministro de agua de proceso 129. Como otra
10 diferencia se suministra el agua de proceso procedente del reactor anaerobio 125a al primer dispositivo de separación 130a en su zona inferior, es decir, en corriente en paralelo con el aire suministrado a través del distribuidor de gas 128 se conduce a través del primer dispositivo de separación 130a. Además, el segundo dispositivo de separación 140a de la unidad de tratamiento de agua de proceso 116a representada en la Figura 3 no presenta ninguna conducción de suministro 132', 133' para agente de precipitación o coadyuvante de floculación.
15

Lista de referencias

100	dispositivo de tratamiento de pasta/papel usado
101a	primer nivel del dispositivo de tratamiento de pasta/papel usado
101b	segundo nivel del dispositivo de tratamiento de pasta/papel usado
102	entrada de materia prima
105	desintegrador/disgregador de pasta
110a, 110b	dispositivo de clasificación
112	unidad de oxidación/unidad de reducción
115a, 115b	unidad de deshidratación
116a, 116b	unidad de tratamiento de agua de proceso del dispositivo de tratamiento de pasta/papel usado
118a, 118b	unidad de tratamiento de producto rechazado
120a, 120b	unidad de recuperación de pasta
122	unidad de retirada de pasta
124	conducción de retorno
125a, 125b	reactor anaerobio
126	agitador de hélice/equipo de agitación
127	conducción de suministro de gas
128	distribuidor de gas
129	conducción de suministro para agua de proceso
130a, 130b	primer dispositivo de separación
131	conducción de evacuación de gas
132, 132'	conducción de suministro de agente de precipitación
133, 133'	conducción de suministro de coadyuvante de floculación
134	conducción de agua de proceso
135	conducción de evacuación de agua de proceso
136	conducción de evacuación de sólidos
137	conducción de retorno de subcorriente para agua de proceso
138	conducción de retorno de subcorriente para sólidos
139	conducción de suministro para agua que contiene aire comprimido
140a, 140b	segundo dispositivo de separación
145a, 145b	conducción de retorno
170	conducción
170a	conducción de subcorriente
200	máquina papelera
202	clasificador centrífugo
204	dispositivo de clasificación fina
206	sector de moldeo de máquina papelera
208	sector de prensado de máquina papelera
210	sector de secado
212	unidad de tratamiento de producto rechazado
214	unidad de recuperación de fibras
216	unidad de tratamiento de agua de proceso de la máquina papelera
220	unidad de retirada de pasta
225	reactor anaerobio
230	primer dispositivo de separación
240	segundo dispositivo de separación
270	conducción de retorno
270a, 270b	conducción de subcorriente
280	conducción del suministro de agua fresca
300	conducción de agua residual

ES 2 502 528 T3

305	unidad de retirada de pasta mecánica
310	unidad de refrigeración
315	unidad de depuración de agua residual biológica
400	aguas públicas

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la depuración de agua de proceso, en particular para la depuración continua de agua de proceso en la industria papelera, que comprende al menos un etapa de tratamiento de agua de proceso, que comprende las siguientes etapas:
- a) una etapa de depuración anaerobia, en la que se pone en contacto agua de proceso a depurar en un reactor anaerobio (125a, 125b, 225) con microorganismos anaerobios para degradar las impurezas contenidas en el agua residual,
 - b) una primera etapa de separación en la que se separan el gas o los gases contenidos en el agua de proceso de forma selectiva del agua de proceso obtenida en la etapa a), llevándose a cabo la primera etapa de separación b) en un recipiente de reextracción, en el que se conduce el agua de proceso en corriente en paralelo o a contracorriente con aire a través del recipiente de reextracción y en el que se mezclan entre sí mediante un equipo de mezclado (126) el agua de proceso y el aire y separándose en la primera etapa de separación al menos el 80 % del gas o los gases contenidos en el agua de proceso y
 - c) una segunda etapa de separación en la que se separan mediante flotación por expansión de presión los sólidos contenidos en el agua de proceso del agua de proceso obtenida en la etapa b), ajustándose en la flotación de expansión por presión la diferencia de presión entre la presión aplicada y la expansión a al menos 0,2 MPa (2 bar).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** en la primera etapa de separación b) se separa al menos el 90 % y, de forma muy particularmente preferente, al menos el 95 % del gas o los gases contenidos en el agua de proceso.
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el agua de proceso en la primera etapa de separación b) se conduce desde abajo hacia arriba a través del recipiente de reextracción, se suministra aire al recipiente de reextracción en su zona inferior de tal manera que el aire pasa como perlas en forma de burbujas de aire a través del agua de proceso y el agua de proceso y las burbujas de aire se mezclan entre sí en el recipiente de reextracción mediante un equipo de mezclado (126).
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** se suministra el aire al recipiente de reextracción de tal manera que las burbujas de aire presentan un tamaño promedio de 150 a 600 µm.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el agua de proceso durante la primera etapa de separación b) se ajusta a un valor de pH entre 6,5 y 10, preferentemente entre 6,8 y 9 y, de forma particularmente preferente, entre 7,2 y 8,2.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se extrae del agua de proceso después de la segunda etapa de separación c) una subcorriente, se mezcla esta subcorriente con el agua de proceso después de la etapa de depuración anaerobia a) y se somete la mezcla obtenida de este modo a la primera etapa de separación b).
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se extrae una parte del sólido que se produce en la segunda etapa de separación c), se mezcla esta parte con el agua de proceso después de la etapa de depuración anaerobia a) y se somete la mezcla obtenida de este modo a la primera etapa de separación b).
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el agua de proceso suministrada a la etapa de tratamiento de agua de proceso procede de un dispositivo de tratamiento de pasta (100) y/o de una máquina papelera (200).
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** el agua de proceso suministrada de forma continua a la etapa de tratamiento de agua de proceso procede de al menos un nivel (101a, 101b) de un dispositivo de tratamiento de papel usado (100) y/o una máquina papelera (200).
10. Instalación para la depuración de agua de proceso, en particular para la depuración continua de agua de proceso en la industria papelera, que presenta al menos una unidad de tratamiento de agua de proceso (116a, 116b, 226), comprendiendo la unidad de tratamiento de agua de proceso (116a, 116b, 226):
- i) un reactor (125a, 125b, 225) para la depuración anaerobia de agua de proceso con al menos una conducción de suministro para el suministro de agua de proceso a depurar al reactor (125a, 125b, 225) así como al menos una conducción de evacuación para la evacuación de agua de proceso depurada del reactor,
 - ii) un primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) dispuesto aguas abajo del reactor anaerobio (125a, 125b, 225) para la separación selectiva de gases del agua de proceso, presentando el primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) una conducción de suministro (129) unida a la conducción de evacuación del reactor anaerobio (125a, 125b, 225) para agua de proceso, una conducción de suministro de gas (127), una

- conducción de evacuación de gas (131) y un equipo de mezclado (126) y comprendiendo el primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) un recipiente de reextracción y
- 5 iii) un segundo dispositivo de separación (140a, 140b, 240) dispuesto aguas abajo del primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230), unido al primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) a través de una conducción (134) para la separación de sólidos del agua de proceso, comprendiendo el segundo dispositivo de separación (140a, 140b, 240) un dispositivo de flotación por expansión de presión que está diseñado de tal manera que la diferencia de presión entre la presión aplicada y la expansión asciende al menos a 0,2 MPa (2 bar).
- 10 11. Instalación de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizada por que** el primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230) comprende un recipiente de reextracción, en cuya zona inferior desembocan la conducción de suministro (129) para agua de proceso y la conducción de suministro de gas (127) y en cuya zona superior está dispuesta la conducción de evacuación de gas (131).
- 15 12. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizada por que** en el segundo dispositivo de separación (140a, 140b, 240) está prevista una conducción de retorno de subcorriente (137) para agua de proceso que desemboca en la conducción de suministro (129) para agua de proceso que lleva al primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230).
- 20 13. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizada por que** en el segundo dispositivo de separación (140a, 140b, 240) está prevista una conducción de retorno de subcorriente (138) para sólidos que desemboca en la conducción de suministro (129) para agua de proceso que lleva al primer dispositivo de separación (130a, 130b, 230).
- 25 14. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizada por que** la instalación comprende al menos un dispositivo de tratamiento de pasta (100) y/o al menos una máquina papelera (200), estando asignada al al menos un dispositivo de tratamiento de pasta (100) y/o a la al menos una máquina papelera (200) al menos una de las unidades de tratamiento de agua de proceso (116a, 116b, 216).
- 30 15. Instalación de acuerdo con la reivindicación 14 para la fabricación de papel a partir de papel usado, **caracterizada por que** la instalación comprende un dispositivo de tratamiento de papel usado (100) como dispositivo de tratamiento de pasta (100) para la fabricación de sustancia fibrosa a partir del papel usado y/o una máquina papelera (200) para la fabricación de papel a partir de la sustancia fibrosa, presentando el dispositivo de tratamiento de papel usado (100) uno o varios niveles (101a, 101b) y comprendiendo al menos uno de estos niveles
- 35 (101a, 101b) y/o la máquina papelera (200) una unidad de tratamiento de agua de proceso (116a, 116b, 216) propia.

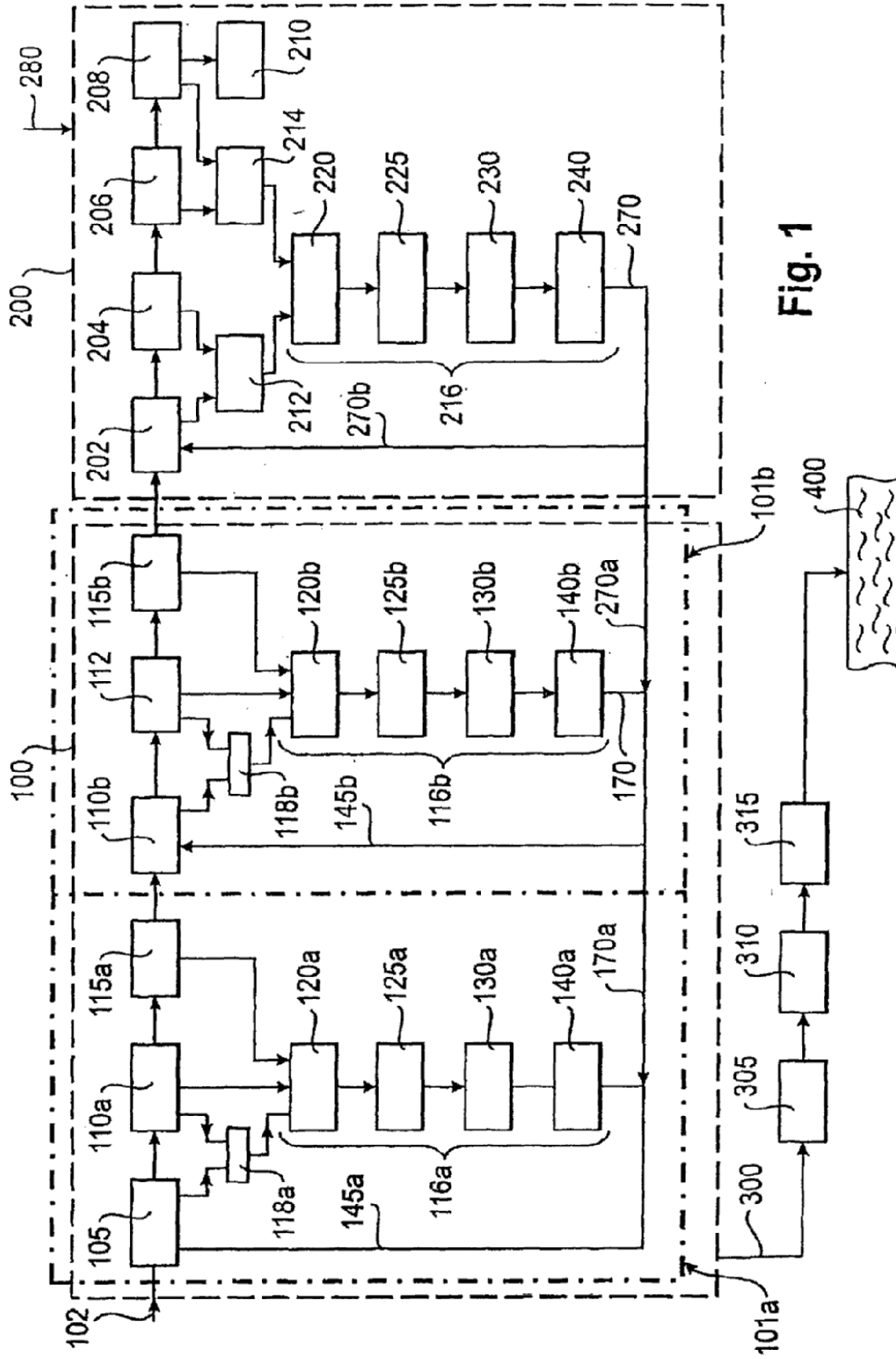


Fig. 1

Fig. 2

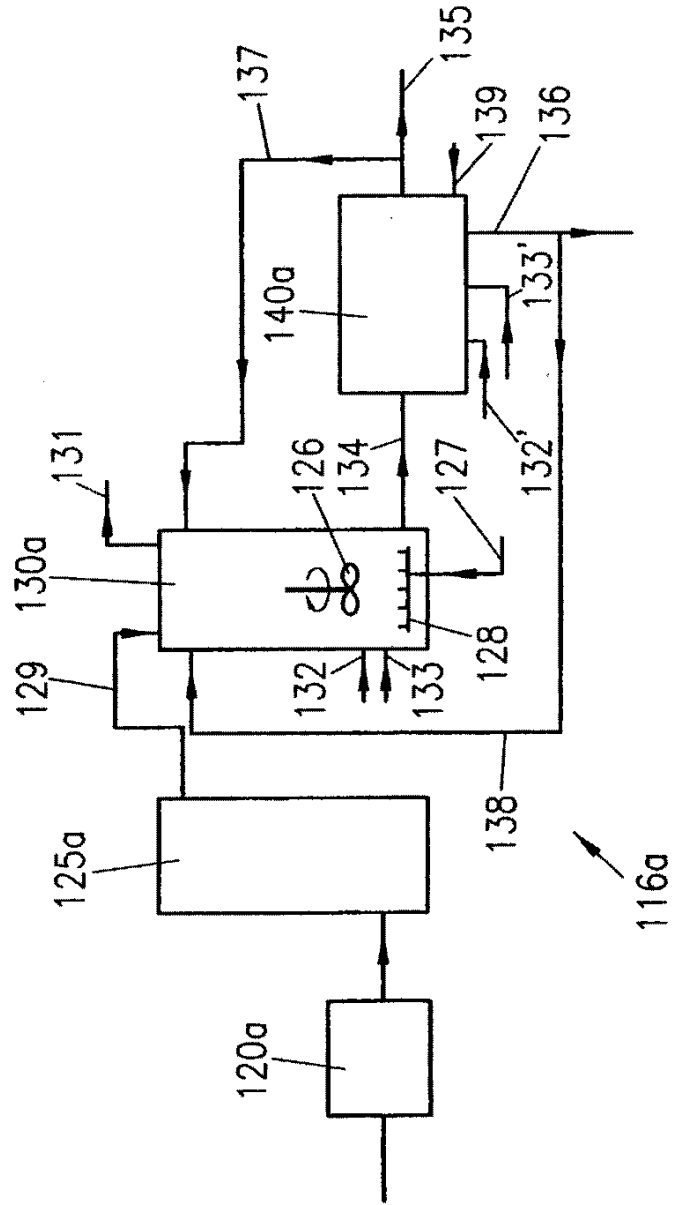


Fig. 3

