

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 407**

51 Int. Cl.:

D06F 39/10 (2006.01)

B01D 24/12 (2006.01)

B01D 24/46 (2006.01)

D06F 39/00 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2021** **PCT/EP2021/057473**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2021** **WO21197937**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2021** **E 21713411 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024** **EP 4127301**

54 Título: **Sistema y método regenerable para filtrar microfibras de un líquido de vaciado**

30 Prioridad:

03.04.2020 FR 2003351
02.02.2021 FR 2101003

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
08.10.2024

73 Titular/es:

IFP ENERGIES NOUVELLES (100.0%)
1 & 4 avenue de Bois-Préau
92500 Rueil-Malmaison, FR

72 Inventor/es:

GAUTHIER, THIERRY;
DREILLARD, MATTHIEU;
CARRETTE, PIERRE LOUIS;
COMBE-LABOISSIERE, ETIENNE;
MAILLET, JEREMY;
PREUX, CHRISTOPHE;
DE FARIA BARROS, CAROLINE;
PEYRET, LAURENT y
DUBLOC, MATHIEU

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 981 407 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

Sistema y método regenerable para filtrar microfibras de un líquido de vaciado

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de la eliminación de las microfibras contenidas en un líquido de vaciado de un dispositivo de tratamiento de textiles, tal como una lavadora, una lavandería (industrial o no), un dispositivo para teñir textiles, o incluso un dispositivo para impermeabilizar textiles.

Estudios recientes indican que entre 20 y 35 % de los microplásticos que se encuentran en el medio marino son microfibras procedentes de la ropa sintética. Estos microplásticos se liberan principalmente durante el lavado de los textiles sintéticos en forma de microfibras, debido a la abrasión de los tejidos durante el ciclo de lavado. Más de 700.000 fibras microscópicas pueden ser liberadas así a las aguas residuales durante cada uso de una lavadora doméstica, con un gran número que tienen el riesgo de pasar a través del tratamiento de aguas residuales y, por lo tanto, terminar en el medioambiente.

Más precisamente, según ciertos estudios, la cantidad de fibras liberadas durante el lavado de los textiles corresponde a una cantidad que varía de 0,005 a 0,02 % del peso de los textiles lavados según la naturaleza del textil. Otros estudios consideran que la liberación de fibras durante el lavado de textiles correspondería incluso a una cantidad que varía de 0,02 a 0,1 % del peso de los textiles lavados según la naturaleza del textil.

Se trata por lo tanto también de un importante problema de salud pública, ya que este microplástico se encuentra en el agua y en los alimentos que consumimos. Según las últimas estimaciones, un ser humano ingiere una media de 5 gramos de plástico cada semana, es decir, el equivalente del peso de una tarjeta de crédito.

Por otro lado, el 30 de enero de 2020, Francia aprobó una ley relativa a la lucha contra el desperdicio y a la economía circular en la que el artículo 10 bis AAB establece que las nuevas lavadoras deberán estar equipadas con un filtro de microfibras plásticas a partir del 1 de enero de 2025. Francia es el primer país del mundo en adoptar tal medida.

Técnica anterior

Se conoce el documento US 4906367 que describe un filtro tejido flexible que se coloca al nivel del conducto de desagüe de una lavadora. Las principales impurezas como las bolas de pelo son retenidas por este filtro, que hay que retirar físicamente para limpiarlo en cuanto éste se obstruye. El filtro descrito en este documento se ha diseñado originalmente para proteger las tuberías de aguas residuales y no para retener objetos tan pequeños como microfibras. En efecto, los poros de este filtro no son lo suficientemente finos como para permitir su retención de manera eficaz. El uso de poros más pequeños para este tipo de filtro provocaría una rápida obstrucción y una vida útil del filtro demasiado baja.

También se conoce la solicitud WO 2017/173215, que describe un objeto esférico de plástico que se introduce en el tambor de una lavadora con la ropa a limpiar y que permite capturar in situ las fibras liberadas gracias a numerosas protuberancias. Sin embargo, la geometría de estas protuberancias no está diseñada hasta ahora para capturar objetos pequeños como las microfibras, siendo la eficacia de retención de las microfibras cuya longitud es superior a 100 µm sólo del 26 %.

También se conoce la solicitud WO 2017/121862 que describe una bolsa de plástico filtrante tejida en la que se introduce la ropa a lavar y capaz de retener una parte de las microfibras textiles. La bolsa tiene perforaciones cuyo diámetro está comprendido entre 5 y 200 µm, preferentemente 50 µm. Si se aborda aquí el problema de las microfibras, puede preguntarse si el hecho de meter la ropa en una bolsa no perjudicará su lavado. En particular, las partículas de suciedad más grandes que las microfibras no podrán evacuarse adecuadamente. La acción mecánica del tambor también tiene el riesgo de ser menos eficaz si la ropa está en una bolsa. El documento no detalla cómo determinadas microfibras no volverán a escaparse cuando se sacará la ropa de la bolsa.

La solicitud de patente WO 2019/017848 describe un sistema para retener las microfibras, que se coloca a la salida de una lavadora, basado en membranas de microfiltración constituidas de nanofibras de polietileno. La membrana tiene un diámetro de poros preferido de alrededor de 50 µm y opcionalmente está dopada con nanopartículas de óxido de aluminio que permite mejorar la adsorción de las microfibras. La membrana filtrante descrita en este documento tiene una cierta movilidad, lo que le permite tener una función antiobstrucción. Sin embargo, a pesar de esta función antiobstrucción, el cartucho que contiene la membrana de microfiltración comercializada, tiene, hasta ahora, una vida útil de 20 ciclos de lavado. La utilización de tal filtro necesita por lo tanto una cantidad importante de consumibles y, por lo tanto, un consumo no despreciable de materiales plásticos para fabricarlos. Además, las nanofibras de plástico que constituyen la membrana pueden presentar un riesgo de deterioro durante el uso y, por lo tanto, de liberación a las aguas residuales.

Se conoce además el documento GB2429416A que se refiere a un sistema de filtrado del agua para una lavadora.

La presente invención se refiere a un sistema y a método para filtrar microfibras (plásticas u otras) a la salida de dispositivos de tratamiento de textiles, de manera eficaz, poco costosa y que requiere pocos consumibles. En efecto, el sistema según la invención puede ser regenerable, lo que permite limitar fuertemente la periodicidad, según la invención pueden además permitir la recogida de al menos una parte de las microfibras a la salida de un dispositivo de tratamiento de textiles, para un eventual reciclado posterior.

Sumario de la invención

La invención se refiere a un sistema para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido que proviene de un dispositivo de tratamiento de textiles, estando destinado dicho sistema a estar conectado a un conducto para vaciar dicho dispositivo de tratamiento de textiles. Dicho sistema según la invención comprende al menos:

- un recinto que comprende un medio granular que ocupa una porción del espacio de dicho recinto, estando dicho medio granular dispuesto sobre un soporte de manera a dejar un volumen libre en dicho recinto por encima de dicho medio granular, siendo dicho soporte permeable al menos a dicho efluente líquido;
- medios para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular, que comprenden al menos una abertura proporcionada en dicho recinto (10) y dispuesta por encima de dicho medio granular;
- medios para evacuar dicho efluente líquido que comprenden al menos una abertura proporcionada en dicho recinto y dispuesta debajo de dicho soporte de dicho medio granular;
- medios de conexión a medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular, que comprenden al menos una abertura proporcionada en dicho recinto y dispuesta por encima de dicho medio granular.

Según una implementación de la invención, dichos medios de conexión a dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular pueden comprender una abertura adicional proporcionada en dicho recinto y dispuesta debajo de dicho soporte de dicho medio granular, siendo dicha abertura adicional de dichos medios de conexión capaz de estar conectada a medios para una admisión de un gas y/o para una insuflación de un gas. Según una implementación de la invención, dichos medios para evacuar dicho efluente líquido pueden comprender un circuito externo a dicho recinto, conectado a dicho recinto para cortocircuitar dicho medio granular en caso de acumulación de dicho efluente líquido en dicho volumen libre de dicho recinto por encima de dicho medio granular.

Alternativamente, dichos medios para evacuar dicho efluente líquido pueden comprender un conducto que pasa a través de al menos dicho medio granular para cortocircuitar dicho medio granular en caso de una acumulación de dicho efluente líquido en dicho volumen libre de dicho recinto por encima de dicho medio granular, estando dicho conducto provisto preferentemente de un deflector en su parte superior.

Según una implementación de la invención, dicho circuito externo (140) a dicho recinto puede comprender además un detector de líquido, preferiblemente conectado a una alarma.

Según una implementación de la invención, dicho conducto (140) de dichos medios de evacuación (110) de dicho efluente líquido puede comprender además un detector de líquido, preferiblemente conectado a una alarma.

Según una implementación de la invención, dicho sistema puede comprender además medios para controlar dichos medios para pasar por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular y/o de dichos medios para evacuar dicho efluente líquido, y/o de dichos medios de conexión a dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular.

Según una implementación de la invención, dichos medios de control pueden comprender al menos una válvula de 2 vías, y/o al menos una válvula de 3 vías, y/o al menos una válvula antirretorno, y/o una válvula de 6 vías rotativa.

Según una implementación de la invención, dicho sistema puede comprender además una cámara de decantación y/o una cámara de separación ciclónica y/o una cámara de acumulación para dicho efluente líquido, dispuestas aguas arriba de dicho recinto, y conectadas a dichos medios para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular.

Según una implementación de la invención, dicho sistema puede comprender además medios para inyectar al menos un agente floculante en dicho efluente líquido, estando dichos medios de inyección dispuestos para una inyección de dicho al menos un agente floculante en dicho efluente líquido aguas arriba de dicho medio granular.

Según una implementación de la invención, dicho medio granular puede comprender partículas de arena, perlas de vidrio machacado o perlas de vidrio en bruto, partículas formadas a partir de zeolita natural o sintética, a base de alúmina, o también a base de resinas o de plástico.

5 Según una implementación de la invención, dicho medio granular puede comprender partículas de tamaño comprendido entre 0,1 mm y 2 cm para al menos 80 % en peso de dichas partículas, preferiblemente comprendido entre 0,3 y 2,5 mm para al menos 90 % en peso de dichas partículas.

10 Según una implementación de la invención, se puede disponer un distribuidor de líquido entre dicho medio granular (30) y dicha abertura (100) de dichos medios (100) para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular (30) y/o, cuando dichos medios para regenerar por fluidización de dicho medio granular (30) comprenden medios de aspiración gaseosa, se puede disponer un distribuidor de gas entre dicho medio granular (30) y una abertura destinada a la admisión del gas de dichos medios de aspiración gaseosa.

15 La invención se refiere además a un método para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido de un dispositivo de tratamiento de textiles, pudiendo implementarse dicho método mediante un sistema para la filtración de microfibras según una cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. Dicho método comprende al menos las siguientes etapas:

20 A) llevar a cabo al menos una fase de filtración de dichas microfibras, comprendiendo dicha fase de filtración al menos un paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular mediante al menos dichos medios para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular, y evacuar dicho efluente líquido filtrado mediante al menos dichos medios para evacuar dicho efluente líquido;

25 B) llevar a cabo una fase de regeneración por fluidización de dicho medio granular conectando dichos medios de conexión a dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular con dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular.

30 Según una realización de la invención, la etapa A) se puede repetir entre 50 y 150 veces, preferentemente alrededor de 100 veces, antes de llevar a cabo la etapa B).

35 Según una implementación de la invención, dicho método puede comprender, antes de la etapa A), una etapa de pretratamiento de dicho efluente líquido, comprendiendo dicha etapa de pretratamiento de dicho efluente líquido al menos una inyección de al menos un agente floculante en dicho efluente líquido, y/o al menos una decantación de dicho efluente líquido, y/o al menos una separación ciclónica de dicho efluente líquido.

40 Según una implementación de la invención, dicho método puede comprender, previamente a la etapa B), una fase de drenaje de dicho medio granular, realizada por medio de medios de aspiración gaseosa conectados a dicho sistema de manera a generar un flujo descendente de gas a través de dicho medio granular, y/o una fase de secado de dicho medio granular, realizada mediante medios para aumentar la temperatura de dicho medio granular.

Según una implementación de la invención, dichas fases de filtración y regeneración pueden controlarse mediante dichos medios de control de dicho sistema para la filtración de microfibras tales como se describen anteriormente.

45 Según una implementación de la invención, dicho método puede comprender además al menos una etapa posterior a dicha fase de regeneración por fluidización, que consiste en la recogida de dichas microfibras resultantes de dicha fase de regeneración, preferentemente mediante una cámara ciclónica y/o un filtro de membrana dispuesto aguas abajo de dichos medios para regenerar dicho medio granular mediante fluidización.

50 La invención también se refiere a un dispositivo de lavado de textiles, que comprende al menos un sistema para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido según una cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente.

Lista de las figuras

55 La Figura 1 representa un sistema para la filtración de microfibras según una primera implementación de la invención.

60 Las Figuras 2a a 2f representan un sistema para la filtración de microfibras según diferentes variantes de la primera realización de la invención.

Las Figuras 3 a 6 y 7a a 7b representan diferentes realizaciones de medios de control del sistema para la filtración de microfibras según la invención.

65 La Figura 8 representa un sistema para la filtración de microfibras que comprende un medio granular en forma de tres lechos de partículas en capas.

La Figura 9 representa un sistema para la filtración de microfibras capaz de realizar una fase de drenaje del medio granular seguida de una fase de secado del medio granular, previamente a una fase de regeneración del medio granular.

Descripción de realizaciones

La invención se refiere a un sistema y a un método para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido procedente de un dispositivo de tratamiento de textiles.

Por "microfibras" se entienden partículas que provienen de materiales tejidos o entramados, compuestas de fibras naturales (algodón, lana, etc.) o sintéticas (poliéster, poliamida, acrílico, etc.) tales como prendas o tejidos utilizados en la confección de prendas o para cualquier otra aplicación (por ejemplo sábanas, cortinas, etc.) en particulares o en la industria. Las microfibras, normalmente arrastradas por el agua de desagüe de una lavadora, tienen generalmente una forma alargada, con diámetros generalmente comprendidos entre 0,1 y 50 micrómetros. La longitud de las fibras puede variar desde unos pocos diámetros de fibra hasta varios mm en función de la naturaleza y del estado de los materiales que se lavan aguas arriba.

Por "dispositivo de tratamiento de textiles", se entiende en particular un dispositivo de lavado de textiles, por ejemplo una lavadora de ropa individual, para uso doméstico o comercial, un conjunto de lavadoras de ropa (por ejemplo en lavanderías), una lavandería industrial (por ejemplo, tintorería), etc. Pero un dispositivo de tratamiento de textiles según la invención comprende de manera general cualquier dispositivo que pone un tejido en contacto con un líquido, separándose entonces el líquido del tejido, tal como un dispositivo para teñir un tejido, o incluso un dispositivo para impermeabilizar un tejido.

Por "efluente líquido que proviene de al menos un dispositivo de tratamiento de textiles", se entiende el líquido resultante del vaciado (por ejemplo, el líquido después del lavado y/o del aclarado y/o del centrifugado en el caso de un dispositivo de lavado de textiles) de un dispositivo de tratamiento de textiles. Se habla a continuación de manera equivalente de "líquido de vaciado". De manera clásica, la carga de microfibras en los efluentes líquidos que salen de los dispositivos de tratamiento de textiles es generalmente limitada, con contenidos comprendidos entre 0,1 y 1000 ppm en peso, generalmente comprendidos entre 1 y 100 ppm en peso.

El sistema según la invención está destinado a conectarse a un conducto para el vaciado de un dispositivo de tratamiento de textiles. El sistema según la invención puede, indiferentemente, instalarse fuera de un dispositivo de tratamiento de textiles (en el extremo del conducto para vaciar el dispositivo de tratamiento de textiles) o dentro de un dispositivo de tratamiento de textiles (en una porción del conducto para vaciar el dispositivo de tratamiento de textiles).

El principio general del sistema de filtración según la invención consiste en la filtración de las microfibras contenidas en un efluente líquido procedente de un dispositivo de tratamiento de textiles, por percolación de este efluente líquido a través de un medio granular que se encuentra en un recinto. El sistema según la invención puede estar ventajosamente conectado a medios de regeneración por fluidización del medio granular, para eliminar las microfibras que se han depositado en el medio granular.

El método según la invención comprende de manera general al menos una etapa de filtración de las microfibras contenidas en un efluente líquido procedente de un dispositivo de tratamiento de textiles, por percolación de este efluente líquido a través de un medio granular que se encuentra en un recinto, seguido de una etapa de regeneración por fluidización del medio granular. Preferentemente, la fase de regeneración se lleva a cabo mediante un flujo ascendente de un gas a través del medio granular, siendo el gas ascendente preferentemente aire.

Más precisamente, el sistema según la invención comprende un recinto en el que una porción del espacio está ocupada por un medio granular, siendo superado este medio granular por un volumen libre en el recinto. Según la invención, el medio granular está dispuesto sobre al menos un soporte permeable al menos al efluente líquido, y por lo tanto a los gases de manera general (es decir a todos los gases), en particular a los gases que pueden utilizarse para la regeneración del medio granular mediante fluidización mediante un gas como se describirá a más adelante. Según una implementación de la invención, el soporte del medio granular puede ser una rejilla cuyas mallas están dimensionadas para retener el medio granular permitiendo al mismo tiempo el paso de al menos el efluente líquido.

El recinto puede tener forma cilíndrica o de paralelepípedo, y preferiblemente está alargado a lo largo del eje del flujo del efluente líquido que pasa a través del recinto (es decir, a lo largo de un eje vertical como se describirá más adelante). Ventajosamente, la sección del recinto puede ser constante a lo largo de la parte del recinto en contacto con el medio granular, y la sección puede ser mayor, o incluso creciente, en la parte del recinto ubicada por encima del medio granular. Se aumenta así el volumen libre sobre el medio granular, lo que por un lado permite evitar el riesgo de refluo del efluente líquido en caso de acumulación por encima del medio granular (que puede ocurrir en caso de obstrucción del medio granular), y por otro lado mejorar la regeneración del medio granular, aumentando el volumen disponible para la expansión por fluidización del medio granular y reduciendo la velocidad del fluido de regeneración

por encima del medio granular (lo que limita el arrastre de partículas del medio granular). El medio granular según la invención comprende al menos un lecho de partículas como se describirá a continuación.

El sistema según la invención comprende además medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular. Dicho con otras palabras, según la invención, el medio granular es atravesado por un flujo vertical, de arriba hacia abajo, del efluente líquido. Esto es posible en el sistema según la invención mediante al menos una abertura para el paso del efluente líquido proporcionada en la parte superior del recinto, por encima del medio granular. La expresión "parte superior" se toma con referencia a la dirección del flujo del efluente líquido a través del recinto, de arriba a abajo. Así, esta abertura de los medios de paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular permite la llegada del efluente líquido cargado de fibras por encima del medio granular. Ventajosamente, la abertura del medio para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular está proporcionada en la pared superior del recinto del sistema según la invención, preferiblemente en una parte central de esta pared superior (por ejemplo ubicada en una zona centrada en el baricentro de la pared superior, y cuyo radio corresponde a 30 % de la dimensión más pequeña de la pared superior). Una abertura proporcionada en una parte central de la pared superior del recinto permite una distribución más homogénea lateralmente del efluente líquido con respecto a una abertura descentrada.

Además, el sistema según la invención comprende medios para evacuar el efluente líquido, comprendiendo estos medios de evacuación al menos una abertura proporcionada en la parte inferior del recinto, y debajo del soporte para el medio granular. La expresión "parte inferior" se toma con referencia a la dirección del flujo del efluente líquido a través del recinto, de arriba a abajo. Así, esta abertura de los medios de evacuación del efluente líquido permite una salida del efluente líquido filtrado por el medio granular, en la parte inferior del recinto, por debajo del soporte del medio granular. Ventajosamente, la abertura de los medios de evacuación del efluente líquido está proporcionada en la pared inferior del recinto del sistema según la invención, para evitar una acumulación del efluente líquido filtrado en el fondo del recinto. Según una implementación de la invención, esta abertura puede estar conectada a un sistema de evacuación de aguas residuales, tal como, por ejemplo, un sifón aguas arriba de un dispositivo de desagüe. En función de la configuración geométrica, se puede implementar una bomba elevadora a fin de asegurar la evacuación del efluente filtrado.

El sistema según la invención comprende además medios de conexión a medios de regeneración por fluidización del medio granular, que comprenden al menos una abertura proporcionada en la parte superior del recinto, por encima del medio granular. Los medios de regeneración por fluidización del medio granular tienen como objetivo evitar la obstrucción del medio granular que puede resultar de la acumulación de microfibras filtradas en el medio granular. De manera general, la fluidización de un medio granular se obtiene clásicamente mediante un paso de líquido o de gas desde abajo hacia arriba a través de un medio granular. Preferiblemente, los medios de regeneración por fluidización del medio granular que se pueden conectar al sistema según la invención son medios de regeneración por fluidización gaseosa. Por fluidización gaseosa, se entiende una fluidización de las partículas del medio granular por medio de un gas. El paso de un gas desde abajo hacia arriba pone en movimiento las partículas del medio granular, lo que da como resultado una expansión del medio granular en el volumen libre por encima del medio granular, y las fibras son arrastradas por el flujo de gas ascendente. Según una implementación de la invención, el sistema según la invención puede conectarse, a través de los medios de conexión según la invención, a medios para regenerar el medio granular en forma de medios de aspiración gaseosos (tales como, por ejemplo, una aspiradora para uso doméstico o industrial) y/o medios de insuflación gaseosa (tales como sistemas de compresión o de sobrepresión de aire). Según esta implementación, el gas utilizado para fluidizar y regenerar el medio granular puede ingresar al sistema a través de la abertura de los medios de evacuación del efluente líquido proporcionada en la parte inferior del recinto.

Los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular del sistema según la invención comprenden al menos una abertura dispuesta por encima del medio granular, en la parte superior del recinto. Esta abertura permite la evacuación de las microfibras liberadas del medio granular por fluidización. Preferiblemente, esta abertura de los medios de conexión a medios de regeneración por fluidización del medio granular está proporcionada en la pared superior del recinto del sistema según la invención, preferiblemente en una parte central de esta pared superior (por ejemplo ubicada en una zona centrada en el baricentro de la pared superior, y cuyo radio corresponde a 30 % de la dimensión más pequeña de la pared superior). Una abertura proporcionada en una parte central de la pared superior del recinto permite una regeneración más homogénea lateralmente del medio granular en comparación con una abertura descentrada. Como se describirá en realizaciones ulteriores, la abertura de los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular y la abertura de los medios de conexión a medios de regeneración por fluidización del medio granular pueden ser comunes, y sus funciones, ya sea de filtración o de regeneración, pueden entonces controlarse mediante medios de control tales como válvulas que comprenden al menos tres vías. Según una implementación de la invención, la abertura de los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular y la abertura de los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular pueden ser comunes, y sus funciones, ya sea de filtración o de regeneración, pueden controlarse mediante acción manual o de manera automatizada.

Los medios de regeneración por fluidización del medio granular permiten alargar la vida útil del sistema según la invención. Ventajosamente, los medios de regeneración por fluidización del medio granular están configurados para eliminar las microfibras del medio granular cuando el volumen acumulado de microfibras representa de 0,1 a 10 % de

la porosidad del medio granular, preferentemente de 0,5 a 5 % de la porosidad del medio granular. De este modo, es posible realizar alrededor de un centenar de fases de regeneración antes de sustituir el medio granular del sistema según la invención.

Ventajosamente, se puede colocar una rejilla en el recinto, entre la abertura de los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular y el medio granular, siendo el tamaño de las aberturas de la rejilla inferior al tamaño de las partículas del medio granular. Esta rejilla permite retener, en el interior del recinto, las partículas del medio granular durante la regeneración por fluidización. Ventajosamente, tal rejilla puede permitir también una distribución más homogénea del efluente líquido sobre el medio granular, mejorando así la calidad de filtración del sistema según la invención. Ventajosamente, también se puede disponer un rompechorros debajo de la abertura de los medios de paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular, permitiendo la introducción del efluente líquido de manera a dispersarlo y evitar así que un chorro de efluente líquido demasiado potente impacte el medio granular. Ventajosamente, también se puede disponer un distribuidor de líquido entre la abertura de los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular y el medio granular. De manera general, un dispensador de líquido permite una distribución homogénea de un líquido. Según una implementación de la invención, el distribuidor de líquido puede ser una placa perforada con retención de líquido. Tal distribuidor permite distribuir uniformemente el líquido sobre la sección del medio granular.

La Figura 1 ilustra, de manera esquemática y no limitativa, una primera realización del sistema según la invención. Según este diseño, el sistema para la filtración de microfibras consiste en un recinto 10 cilíndrico provisto de un soporte 20 que permite soportar un medio granular 30 constituido por un lecho de partículas, y rematado por un volumen libre 40 que permite contener la acumulación de líquido de vaciado durante la filtración y/o contener una expansión de partículas del lecho 30 que se fluidiza durante la regeneración. El sistema según esta realización comprende, en la pared superior del recinto 10, una abertura 100 que permite el suministro del efluente líquido a filtrar, desde un conducto de vaciado 100'. El sistema según esta realización también comprende una abertura 120 destinada a estar conectada a medios (no representados) para la regeneración por fluidización del medio granular (por ejemplo medios de aspiración gaseosa), a través de un conducto 120'. El sistema comprende además una abertura 110 que permite la evacuación del efluente líquido filtrado en la base del recinto 10. Esta abertura 110 está dispuesta debajo del medio granular 30 y debajo del soporte 20 del medio granular, y puede conectarse a través de un conducto 110' a un sistema de evacuación de aguas residuales (no representado), tal como un sifón aguas arriba de un dispositivo de desagüe.

La Figura 2a presenta una variante de la realización de la Figura 1, idéntica en todos los aspectos a esta primera realización (así, los elementos comunes no se describirán de nuevo), con la excepción de una rejilla 35 colocada entre la abertura 120 para la conexión con los medios de regeneración por fluidización (no representados) y el medio granular 30, siendo el tamaño de las aberturas de la rejilla 35 menor que el tamaño de las partículas del medio granular 30. Esta rejilla 35 permite retener, en el interior del recinto 10, las partículas del medio granular 30 durante la regeneración por fluidización. Ventajosamente, tal rejilla 35 puede permitir también una distribución más homogénea del efluente líquido sobre el medio granular 30 (función de rompechorros), que llega a través de la abertura 100, mejorando así la calidad de filtración del sistema según la invención.

La Figura 2b muestra otra variante de la realización de la Figura 1, idéntica en todos los aspectos a este primer modo (así, los elementos comunes no se describirán de nuevo), a excepción de la forma del recinto 10 que es de forma cilíndrica en su parte inferior, troncocónica en una parte intermedia, y cilíndrica en una parte superior, siendo la sección de la parte superior mayor que la sección de la parte inferior. Esta geometría particular del recinto 10 permite aumentar el volumen libre por encima del medio granular, lo que permite así, por un lado, evitar el riesgo de reflujo del efluente líquido a través de las dos aberturas 100, 120 ubicadas en la parte superior del recinto en caso de acumulación por encima del medio granular 30 (que puede ocurrir en caso de obstrucción del medio granular) y por otra parte para mejorar la regeneración del medio granular, aumentando el volumen disponible para la expansión mediante fluidización del medio granular 30.

Así, de manera general, el sistema y el método según la invención permiten la filtración de las microfibras contenidas en un líquido de vaciado, por retención de las microfibras en la porosidad del medio granular atravesado por el efluente. Este tipo de filtración, también conocido con la expresión "filtración en profundidad" en otros campos, es particularmente adecuado para capturar microfibras cuya forma alargada facilita la retención en la tortuosidad del lecho de partículas. Cabe señalar que parte de las microfibras también pueden quedar retenidas en la superficie superior del medio granular. El sistema según la invención también puede estar conectado a medios de regeneración del medio granular por fluidización, que permiten limpiar el filtro según la invención, y eventualmente recoger las microfibras retenidas en la porosidad del medio granular.

El medio granular según la invención comprende al menos un lecho de partículas, denominado en lo sucesivo de manera equivalente "lecho filtrante" o "lecho de filtración". Según una implementación de la invención, el medio granular puede comprender una pluralidad de lechos de partículas en capas, cada uno de ellos sostenido por un soporte que no es estanco al menos al efluente líquido (por lo tanto, el soporte será también no estanco a los gases en general, y en particular al gas utilizado para la regeneración del medio granular mediante fluidización gaseosa). Así, en el sistema según esta implementación de la invención, el efluente líquido puede fluir por percolación a través de cada una de los lechos en capas, desde arriba hacia abajo.

El material que constituye las partículas de un lecho puede definirse por su composición, pero también por su granulometría y su masa en volumen. Diferentes tipos de partículas pueden considerarse para constituir un lecho de partículas, tal como se describe a continuación.

Según una implementación de la invención, las partículas de un lecho pueden ser partículas de arena, o también perlas de vidrio machacado o perlas de vidrio en bruto, partículas formadas a partir de zeolita natural o sintética, a base de alúmina, o también a base de resinas o de plástico. Los materiales citados anteriormente tienen las ventajas de ser fácilmente accesibles en el comercio y tienen propiedades (en particular de masa en volumen como se discutirá más adelante) adaptadas a la aplicación considerada. Según una alternativa, las partículas de un lecho pueden estar constituidas de un material cuyas propiedades de superficie se hayan modificado para favorecer la retención de las microfibras, mediante fenómenos de afinidad fisicoquímica con las microfibras textiles (modificando las propiedades electrostáticas de las partículas en particular), o también limitar la afinidad de estas partículas con el agua (mediante un tratamiento hidrófobo, por ejemplo cubriendo las partículas tales como perlas de vidrio con una película de teflón), lo que permite facilitar el secado del lecho antes de la regeneración. Según otra implementación de la invención, se puede utilizar una mezcla de partículas que proviene de materiales de diferente naturaleza para un mismo lecho, o bien utilizar partículas que provienen de materiales de diferente naturaleza de un lecho a otro en el caso en el que se forma el medio granular mediante una pluralidad de lechos en capas.

De manera general, la granulometría de las partículas influye sobre la capacidad de filtración y de regeneración del medio granular con respecto a las microfibras, al actuar sobre la resistencia al flujo de los fluidos. Según una implementación ventajosa de la invención, el tamaño de las partículas puede estar comprendido, para al menos 80 % en peso de las partículas, entre 0,1 mm y 2 cm, preferentemente comprendido, para al menos 90 % en peso de las partículas, entre 0,3 y 2,5 mm. Alternativamente o combinado, el diámetro equivalente medio de las partículas del medio granular (definido con respecto a la distribución de tamaño en peso de las partículas) de las partículas puede estar comprendido entre 0,3 y 1,35 mm, y preferiblemente comprendido entre 0,4 y 0,8 mm. Ventajosamente, la cantidad de partículas que tienen un tamaño inferior a 0,1 mm puede ser inferior a 5 % en peso. Ventajosamente, es posible utilizar partículas que tienen diferentes granulometrías para un mismo lecho, o utilizar partículas que tienen diferentes granulometrías de un lecho a otro en el caso en el que el medio granular esté formado por una pluralidad de lechos en capas. Ventajosamente, en el caso en el que el medio granular esté formado por una pluralidad de lechos en capas, los lechos pueden estar constituidos por partículas que tienen granulometrías decrecientes a lo largo de la dirección del flujo del efluente líquido (es decir, desde arriba hacia abajo), de manera a permitir la filtración en primer lugar de las fibras más grandes, y después de las fibras cada vez más finas. Esta implementación está particularmente indicada en el caso en el que se desea la retención de partículas coloidales de tamaños muy pequeños contenidas en el efluente líquido. Estas partículas coloidales pueden formarse, por ejemplo, a partir de pigmentos y aditivos contenidos en los textiles y en los constituyentes de detergentes. La captura de estas partículas coloidales está particularmente indicada en el último lecho del recinto siguiendo el sentido del flujo del efluente líquido. Este último lecho que sigue la dirección del efluente líquido, que se puede calificar de lecho de acabado, puede eventualmente no estar conectado a medios de regeneración, y puede ser objeto de una sustitución periódica.

De manera general, la masa en volumen de las partículas que constituyen un lecho de partículas afecta a la fluidización de las partículas durante la regeneración (velocidad mínima que permite la fluidización del lecho y pérdida de carga a través del lecho). Los materiales descritos anteriormente para constituir partículas (por ejemplo arena, vidrio, zeolita) tienen generalmente masas en volumen de grano comprendidas entre 1100 y 2800 kg/m³ adecuadas para la regeneración por ejemplo mediante aspiración gaseosa, incluso cuando el caudal de aspiración es moderado (por ejemplo con una aspiradora doméstica). Ventajosamente, se pueden utilizar materiales huecos, tales como perlas de vidrio o de plástico huecas, cuya masa en volumen de grano puede ser menor, lo que permite entonces regenerar el lecho con caudales de fluido más bajos.

De manera general, la velocidad de paso del efluente líquido a través de un lecho de partículas influye, por un lado, en la calidad con la que se lleva a cabo la retención de fibras y, por otro lado, en la pérdida de carga del efluente líquido a través del lecho de partículas. Ventajosamente, el sistema según la invención puede dimensionarse de modo que la velocidad de filtración (velocidad superficial del efluente líquido en el lecho de partículas) esté comprendida entre 1 y 100 m/h, preferentemente entre 5 y 50 m/h. Preferiblemente, el sistema según la invención puede dimensionarse de modo que la pérdida de carga ofrecida por el lecho de partículas limpio (es decir antes de cualquier filtración o después de la regeneración) esté comprendida entre 500 y 100000 Pa, preferiblemente comprendida entre 1000 y 10000 Pa. Es posible calcular la pérdida de carga del flujo durante el paso del efluente líquido a través del lecho de partículas (durante el primer uso o después de la regeneración) utilizando correlaciones descritas por ejemplo en el documento (S. Rhode, "Polyphasic Operation in Process Engineering", Edición Elipses, 2019).

Según una implementación de la invención, se puede determinar una velocidad de filtración del efluente líquido y una pérdida de carga adecuada mediante un dimensionamiento bien conocido por el experto, realizado al menos en función de la cantidad de efluente líquido a filtrar durante un tiempo determinado, de la presión en la descarga del vaciado del dispositivo de tratamiento de textiles y del posicionamiento del sistema según la invención en la porción del conducto para vaciar el dispositivo de tratamiento de textiles (en particular el posicionamiento del dispositivo de filtración sistema según la invención con respecto a la descarga del vaciado del dispositivo de tratamiento de textiles y con respecto al

sistema de evacuación de aguas residuales al que está conectado el sistema de filtración según la invención cuando está en servicio).

De manera general, el caudal del efluente líquido a filtrar depende de la capacidad de lavado del dispositivo de tratamiento de textiles. Por ejemplo, si el dispositivo de tratamiento de textiles comprende varias lavadoras, el caudal del efluente líquido a filtrar depende del número de lavadoras y de la capacidad de lavado (por ejemplo, dada en número de kg de ropa) de cada lavadora. Según una implementación de la invención, para una lavadora de uso doméstico, capaz de lavar entre 5 y 10 kg de ropa, el sistema según la invención puede dimensionarse para tener caudales de filtración comprendidos entre 1 y 25 l/min, preferentemente entre 3 y 15 l/min. El caudal de filtración depende de la superficie de filtración y de la velocidad de filtración descrita anteriormente.

Según una implementación de la invención según la cual se dispone un único lecho de partículas en el recinto del sistema según la invención y para una lavadora que lava entre 5 y 10 kg de ropa, el diámetro del recinto puede variar entre 5 y 50 cm de diámetro interno, preferiblemente entre 10 y 30 cm de diámetro interno para tener velocidades de filtración óptimas tales como se definen anteriormente. Ventajosamente, la altura de un lecho de partículas puede estar comprendida entre 0,5 y 5 veces el diámetro equivalente de la sección de paso del lecho de partículas, preferentemente comprendida entre 0,7 y 2 veces el diámetro equivalente de la sección de paso del lecho de partículas, lo que permite dejar el tiempo a las microfibras de depositarse en la porosidad del lecho.

Según otra implementación de la invención, según la cual el recinto tiene una forma paralelepípedica, el sistema de filtración puede estar dispuesto en la parte trasera o en el lateral de la lavadora. Esta forma paralelepípedica es particularmente adecuada para colocar el sistema según la invención al exterior de una lavadora, ya que de este modo puede insertarse más fácilmente en el espacio disponible alrededor de la lavadora. El sistema de filtración puede apoyarse preferentemente en el suelo, o estar fijado a una pared o a un elemento de la lavadora. Ventajosamente, las dimensiones del recinto se escogen preferentemente de manera que no sobrepasa la altura y la anchura de la lavadora si el sistema según la invención está posicionado en la parte trasera de la lavadora, y de manera a no sobrepasar la altura y la profundidad de la lavadora si el sistema según la invención está posicionado en un lado de la lavadora. Preferiblemente, en el caso de una lavadora que lava entre 5 y 10 kg de ropa, la altura del recinto puede ser inferior a 85 cm, su anchura puede ser preferiblemente inferior a 60 cm, y su grosor puede ser preferiblemente inferior a 20 cm, de manera más preferida inferior a 15 cm, e incluso más preferiblemente inferior a 10 cm.

Muy preferiblemente, el sistema según la invención puede conectarse, a través de los medios de conexión según la invención, a medios para regenerar el lecho de partículas en forma de medios de aspiración gaseosa y/o medios de insuflación gaseosa.

Los medios de aspiración gaseosa permiten la evacuación de las partículas acumuladas sobre y en el lecho de filtración, gracias a una aspiración gaseosa accionada a través de al menos una abertura ubicada en la parte superior del recinto, por encima del medio granular, al nivel del volumen libre por encima del lecho de partículas. Bajo el efecto del caudal de aspiración, se genera un movimiento gaseoso por convección ascendente en el lecho de partículas. Las partículas en el lecho de filtración se ponen en movimiento y se fluidizan, sin ser arrastradas por el flujo gaseoso. Las fibras más pequeñas que las partículas que constituyen el lecho de filtración son arrastradas con el caudal ascendente. De manera muy preferida, el gas de los medios de aspiración gaseosa es el aire, lo que permite utilizar medios de aspiración convencionales (como por ejemplo un aspirador de uso doméstico o industrial), sin necesitar medios de almacenamiento del gas ni medios de admisión del gas distintos de una simple línea de ventilación. Ventajosamente, los medios de aspiración gaseosa comprenden o pueden complementarse con un sistema de separación de partículas, dispuesto aguas abajo de los medios de aspiración gaseosa, tal como una cámara ciclónica o un filtro de membrana, para recoger las partículas de microfibra. Cabe señalar que las aspiradoras para uso doméstico generalmente comprenden tales sistemas de separación de partículas. El espacio vacío por encima del medio granular, que sirve como zona de acumulación durante la fase de filtración, permite, durante una fase de regeneración del lecho, contener la expansión del lecho asociada a la fluidización del lecho. Al final de la fase de regeneración del lecho, se detiene el caudal de aspiración y las partículas sedimentan para volver a formar un lecho filtrante libre de las fibras depositadas durante las fases de filtración anteriores. Ventajosamente, las fibras recogidas durante una fase de regeneración pueden usarse como material de reciclaje o bien disponerlas como residuos no peligrosos en sistemas de recogida apropiados.

De manera general, la velocidad del gas ascendente durante la regeneración del lecho de partículas determina la agitación del medio granular. Es bien conocido por el experto en la técnica que, para poner en movimiento un lecho de partículas, el gas debe ascender a través del lecho granular con una velocidad de flujo superior a una velocidad denominada "velocidad mínima de fluidización", que puede calcularse gracias a correlaciones bien conocidas por el experto en la técnica (por ejemplo, como se describe en el documento (Wen C.H. & Yu Y.H., Chem. Eng. Prog. Symp. Series, 82, 100-111 (1966)), y cuyo valor depende de las propiedades del medio granular (tamaño de partículas, masa en volumen). Preferiblemente, durante la regeneración, el lecho de partículas se fluidiza mediante un movimiento de aire ascendente, a una velocidad que atraviesa el lecho que corresponde preferiblemente a una velocidad comprendida entre 2 y 20 veces el valor de la velocidad mínima de fluidización, con el fin de favorecer la agitación de las partículas del lecho y provocar así el despegue de las microfibras recogidas que salen del lecho. Muy preferentemente, la velocidad del aire que asciende a través del lecho puede estar comprendida entre 3 y 10 veces la

velocidad mínima de fluidización. En el caso de una lavadora de uso doméstico que lava entre 5 y 10 kg de ropa, este intervalo de velocidades del gas ascendente permite asegurar en efecto la fluidización, sin necesidad de medios de aspiración específicos. En otras palabras, este intervalo de velocidades del gas ascendente es generalmente compatible con las características de la mayoría de aspiradoras comerciales disponibles para uso doméstico.

De manera general, el caudal de aspiración a través del medio filtrante depende de la capacidad de lavado del dispositivo de tratamiento de textiles. Por ejemplo, si el dispositivo de tratamiento de textiles comprende varias lavadoras, el caudal de aspiración a través del medio filtrante depende del número de lavadoras y de la capacidad de lavado (por ejemplo, dada en número de kg de ropa) de cada lavadora. La sección de paso del lecho filtrante aumenta si aumenta la cantidad de efluente líquido a filtrar. El caudal de aspiración debe entonces adaptarse para permitir la fluidización del medio. La altura del lecho fluidizado crea una pérdida de carga que corresponde al peso del lecho que también debe ser compatible con las características de los medios de regeneración por aspiración.

Para una lavadora doméstica sencilla con una capacidad de lavado de 5 a 10 kg de ropa, el sistema puede dimensionarse para tener caudales de aspiración próximos a 10 a 100 l/s, preferentemente comprendidos entre 20 y 40 l/s, permitiendo generar un vacío de aspiración comprendido entre 5 y 50 kPa, preferentemente comprendido entre 20 y 40 kPa. Estas características son compatibles con las características de la mayoría de las aspiradoras comerciales disponibles para uso doméstico. En el caso en el que el sistema según la invención se instale aguas arriba de lavanderías industriales o aguas abajo de un conjunto de lavadoras, puede preferirse un sistema de aspiración específico, caracterizado por caudales y velocidades de aspiración más elevados.

Según una implementación de la invención, según la cual se utiliza un gas distinto del aire para los medios de regeneración por fluidización del medio granular por aspiración gaseosa, los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular pueden comprender en además de una abertura adicional, dispuesta en la parte inferior del recinto, debajo del soporte del medio granular, y que puede conectarse a medios de admisión del gas utilizado para la regeneración.

Según una implementación de la invención, según la cual se utilizan medios de aspiración gaseosa para regenerar el medio granular y para los cuales el gas utilizado es aire, y en caso de estanqueidad total de la conexión entre los medios de evacuación del efluente líquido y un sistema de evacuación de aguas residuales externo al sistema según la invención, los medios de conexión a los medios de aspiración gaseosa pueden comprender una abertura adicional dispuesta en la parte inferior del recinto, debajo del soporte del medio granular. Esta abertura adicional se puede conectar a una línea de ventilación. Tal abertura adicional no es necesaria cuando la conexión entre los medios de evacuación del efluente líquido y un sistema de evacuación de aguas residuales externo al sistema según la invención no es estanca al aire, por ejemplo cuando la conexión se lleva a cabo a través de un sifón abierto. En efecto, en este caso, la aspiración se puede llevar a cabo directamente a través de la abertura de los medios de evacuación del efluente líquido, sin necesidad del conducto de ventilación. Ventajosamente, el sistema para la filtración de microfibras puede comprender además un distribuidor de gas, dispuesto entre el medio granular y la abertura que permite la admisión de gas desde los medios de aspiración gaseosa (es decir, la abertura adicional descrita anteriormente, o bien la abertura de los medios de evacuación del efluente líquido). Un distribuidor de gas permite una distribución homogénea del gas. Según una realización de la invención, el distribuidor de gas puede ser una placa perforada. Ventajosamente, los orificios de la placa perforada están dimensionados de manera que la pérdida de carga generada durante el paso del gas a través de los orificios conduzca a una distribución uniforme del gas a la salida del distribuidor. Según otra variante de implementación de la invención, el sistema según la invención puede estar conectado, a través de los medios de conexión según la invención, a medios de regeneración del lecho de partículas en forma de medios de insuflación gaseosa, tales como medios de sobrepresión o compresión de aire. Según este diseño, los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular pueden comprender además una abertura adicional, dispuesta en la parte inferior del recinto, debajo del soporte del medio granular, y pueden conectarse a medios para la insuflación gaseosa. De esta manera, se introduce un gas en la parte inferior del recinto, debajo del medio granular, a una presión superior a la presión en el sistema de filtración, lo que genera un flujo de gas ascendente a través del medio granular. Las partículas del lecho así puestas en movimiento liberan las microfibras retenidas en el medio granular, que entonces pueden ser evacuadas por la abertura de los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular ubicada en la parte superior del recinto ya descrito antes.

La Figura 2c presenta una variante de la realización de la Figura 1, idéntica en todos los aspectos a esta primera realización (así, los elementos comunes no se describirán de nuevo), y en la que los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular comprende además una abertura adicional 130 dispuesta en la parte inferior del recinto, debajo del soporte 20 del medio granular 30, y que puede conectarse, a través del conducto 130', a medios (no representados) para una insuflación gaseosa y/o una entrada gaseosa. En el caso de medios de insuflación gaseosa, un compresor de aire (no representado) ubicado aguas arriba del conducto 130' puede permitir introducir el aire a una presión superior a la presión en el medio granular 30, y el aire que pasa a través del medio granular 130 puede salir a través de la abertura 120. Alternativamente, el conducto 130' puede constituir un conducto de entrada de gas de aspiración, tal como una línea de ventilación en el caso de medios de aspiración gaseosa en los que el gas de regeneración es aire. La abertura adicional 130 o el conducto 130' incluyen preferiblemente una válvula antirretorno (no representada).

Ventajosamente, el sistema según la invención puede comprender además medios para acelerar la filtración, realizando una aspiración del efluente líquido filtrado (es decir, después de su paso a través del medio granular), dispuestos aguas abajo del medio granular. Estos medios para crear una aspiración del efluente líquido a través del medio granular pueden comprender un primer conducto conectado a una abertura adicional proporcionada en una parte del recinto ubicada debajo del medio granular, estando conectado el primer conducto a un segundo conducto por el que puede estar en circulación el agua en el momento de la filtración, comprendiendo este segundo conducto una porción de menor diámetro para crear aspiración por efecto venturi en el segundo conducto. Este segundo conducto en el que puede circular agua puede ser, por ejemplo, el conducto de llenado de agua de una lavadora. En efecto, en el caso de una lavadora equipada con el sistema según la invención, la fase de vaciado tiene una duración más corta que la fase de filtración del efluente líquido a través del medio granular. Así, cuando la lavadora pasa al siguiente ciclo (un lavado de textiles comprende varios ciclos de lavado/aclarado), al final de un ciclo de vaciado, la lavadora se llena de nuevo de agua mientras la fase de filtración aún está en curso: se puede entonces utilizar la etapa de llenado de agua de la lavadora para crear un efecto de aspiración por venturi, con el fin de acelerar esta filtración. Los medios para acelerar la filtración pueden también comprender una aspiradora, una bomba de agua o incluso una bomba de vacío dispuestas a lo largo del conducto adicional dispuesto aguas abajo del medio granular.

De manera ventajosa, los medios para evacuar el efluente líquido del sistema según la invención comprenden además un circuito externo al recinto, conectado a dicho recinto, para cortocircuitar el medio granular en caso de acumulación del efluente líquido en el volumen libre del recinto, por encima del medio granular. En otras palabras, según este diseño, una parte del efluente líquido que se haya podido acumular por encima del medio granular (en caso de un caudal demasiado elevado del efluente líquido con respecto al caudal de filtración del medio granular y/o en caso de obstrucción del medio granular) es evacuado por este cortocircuito externo del recinto, a fin de evitar el retorno del efluente líquido a través de las aberturas ubicadas en la parte superior del recinto. Ventajosamente, la conexión de este cortocircuito externo comprende una abertura por encima del medio granular, a través de la cual se puede evacuar parte del efluente líquido (por encima del nivel de la abertura), y una abertura por debajo del medio granular, de manera que esta parte del efluente líquido se evacua del sistema según la invención a través de la abertura ubicada en la parte inferior del recinto, debajo del medio granular. Ventajosamente y como se describirá a continuación, este conducto de cortocircuito externo puede también estar equipada con una válvula de 2 vías o una válvula antirretorno, que permite impedir la subida del gas en dirección vertical ascendente durante una fase de regeneración del medio granular. Preferiblemente, la abertura de este cortocircuito externo ubicada por encima del medio granular puede estar ventajosamente ubicada por encima de cualquier dispositivo que permite modificar la distribución del flujo del efluente líquido, tal como una rejilla, un rompechorro o, de manera más general, un dispensador de líquido.

Alternativamente, los medios para evacuar el efluente líquido del sistema según la invención comprenden además un conducto que pasa a través de al menos el medio granular para permitir la evacuación de una acumulación del efluente líquido en el volumen libre del recinto por encima del medio granular. En otras palabras, según este diseño, una parte del efluente líquido que se haya podido acumular por encima del medio granular (en caso de un caudal demasiado elevado del efluente líquido con respecto al caudal de filtración del medio granular y/o en caso de obstrucción del medio granular) entra a través de una abertura en este conducto ubicada por encima del medio granular y es evacuada a través de una abertura en este conducto ubicada debajo del medio granular. Este conducto, que actúa como cortocircuito interno, impide que el efluente líquido regrese a través de las aberturas ubicadas en la parte superior del recinto. Preferentemente, la del conducto según este diseño está dotada preferentemente de un deflector en su parte superior, para impedir que el efluente líquido que entra por la parte superior del recinto penetre directamente en esta del conducto. Ventajosamente y como se describirá más adelante, esta del conducto interna de cortocircuito puede estar equipada también con una válvula antirretorno, que permite impedir la subida del gas en el cortocircuito en dirección vertical ascendente durante una fase de regeneración del medio granular.

Según una implementación, los cortocircuitos internos y/o externos tales como se describen anteriormente pueden comprender un detector de líquido, preferiblemente conectado a una alarma. Tal detector permite detectar la presencia de agua circulando en el cortocircuito, lo que puede ser un indicador de que se recomienda proceder a una fase de regeneración del medio granular ya que al menos una parte del efluente líquido ya no se filtra por el sistema según la invención. Este detector de líquido puede estar constituido, por ejemplo, por dos ramas de metal separadas de unos pocos milímetros, posicionadas en el interior de una del conducto de cortocircuito y alimentadas con electricidad (por ejemplo, mediante una batería, una batería o una conexión a una red eléctrica). Cuando el agua pasa entre las dos ramas, se establece la corriente eléctrica y puede activar una alarma, por ejemplo luminosa y/o sonora. La señal luminosa puede mantenerse ventajosamente en el tiempo, es decir incluso después de que el agua haya pasado por la del conducto de cortocircuito, a fin de alertar al usuario si no estaba presente en el momento en que se activa la alarma.

Muy preferiblemente, el sistema según la invención comprende además una cámara ubicada aguas arriba del recinto, y conectada al recinto por los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular, sirviendo esta cámara de depósito para la acumulación del efluente líquido durante el vaciado. Este depósito de acumulación permite retrasar la filtración, reduciendo la velocidad de filtración del efluente líquido a través del medio granular, en función de las condiciones de funcionamiento o en función de la obstrucción. Este depósito de acumulación del efluente líquido, aguas arriba del recinto en el recorrido del efluente líquido, puede permitir utilizar un recinto menos voluminoso del sistema según la invención, teniendo entonces el volumen libre del recinto por encima

del medio granular que ser esencialmente dimensionado para permitir la fluidización del medio granular durante la fase de regeneración. Además, esta cámara de acumulación del efluente líquido puede tener cualquier forma y disponerse en cualquier ubicación en la del conducto de vaciado de un dispositivo de tratamiento de textiles, de modo que se puede disponer en cualquier nivel del espacio disponible del dispositivo de tratamiento de textiles siempre que este espacio disponible está sustancialmente ubicado por encima del recinto y permite que el líquido fluya por gravedad.

La Figura 2d presenta una variante de la realización de la Figura 1, idéntica en todos los aspectos a este primer modo (así, los elementos comunes no se describirán nuevamente), con la excepción de un cortocircuito externo 140, en forma del conducto externa al recinto 10, formando parte de los medios para evacuar el efluente líquido del sistema según la invención. Según esta variante, el cortocircuito externo 140 conecta la parte superior del volumen libre 40 del recinto 10 con la parte inferior del recinto 10 ubicada debajo del soporte 20 del medio granular 30. Esto permite evitar el retorno del efluente líquido a través de las dos aberturas 100, 120 ubicadas en la parte superior del recinto. Para esta variante, se dispone una válvula de 2 vías 53 en la tubería 140 para evitar que el gas suba en dirección vertical ascendente durante una fase de regeneración del medio granular. La válvula de dos vías 53 puede sustituirse ventajosamente por una válvula antirretorno (no representada).

La Figura 2e presenta una variante de la realización de la Figura 1, idéntica en todos los aspectos a este primer modo (así, los elementos comunes no se describirán nuevamente), con la excepción de un cortocircuito interno 140 al recinto, en forma de un conducto interno, formando parte de los medios para evacuar el efluente líquido del sistema según la invención. Según esta variante, el cortocircuito interno 140 comprende un conducto que conecta directamente la parte superior del volumen libre 40 del recinto 10 con la parte inferior del recinto ubicada debajo del soporte 20 del medio granular 30. Esto permite evitar el retorno del efluente líquido a través de las dos aberturas 100, 120 ubicadas en la parte superior del recinto. Para esta variante, el circuito interno está rematado por un deflector 56 para impedir que el efluente líquido que entra por la abertura 100 penetre directamente en el cortocircuito interno 140. Además, el circuito interno 140 según esta variante está provisto de una válvula antirretorno 57 que impide las subidas de gas en el conducto 140 en dirección vertical ascendente durante una fase de regeneración del medio granular.

La Figura 2f presenta una variante de la realización de la Figura 1, idéntica en todos los aspectos a este primer modo (así, los elementos comunes no se describirán de nuevo), con la excepción de una cámara adicional 11, dispuesta aguas arriba del recinto 10, a lo largo del conducto de vaciado 100' que conduce a la abertura 100 de los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular 30. Esta cámara 11 contribuye a retrasar la filtración, reduciendo la velocidad de filtración del efluente líquido a través del medio granular 30, en función de las condiciones de funcionamiento o en función de la obstrucción. Esto permite evitar el retorno del efluente líquido a través de las dos aberturas 100, 120 ubicadas en la parte superior del recinto 10 si el caudal en el lecho de filtración es inferior al caudal de vaciado. El flujo entre la cámara 11 y el recinto 10 se produce principalmente por gravedad, estando ubicada la cámara 11 sustancialmente por encima del recinto 10.

Según una realización, el sistema según la invención comprende además medios para controlar los medios de paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular y/o dichos medios para evacuar el efluente líquido, y/o medios de conexión a dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular. Estos medios de control pueden comprender válvulas de 2 vías, válvulas de 3 vías, válvulas de 6 vías rotativas y/o válvulas antirretorno. Tales medios de control permiten controlar las dos fases del procedimiento según la invención: 1) durante la fase de filtración, sólo el efluente líquido puede entrar y salir del recinto, y únicamente a través de los medios de paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular y los medios de evacuación del efluente líquido; 2) durante la fase de regeneración, sólo el gas de los medios de regeneración por fluidización del medio granular pueden circular en el recinto. Por supuesto, son posibles combinaciones de estos medios de control. En las Figuras 3 a 7b se presentan diferentes configuraciones, no limitativas y no exhaustivas.

La Figura 3 ilustra, de manera esquemática y no limitativa, una realización de la invención, que comprende un cortocircuito externo 140 (como se describe en la Figura 2d) y medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular adicional 130, 130' (como se describe en la Figura 2c), y que comprende válvulas de 2 vías 51, 52, 53, 54, 55 colocadas en cada uno de los conductos 100', 110', 120', 130' conectadas respectivamente a las aberturas 100, 110, 120, 130 del recinto, y en el cortocircuito externo 140. Las válvulas 51, 52, 54, 55 permiten abrir o cerrar las aberturas 100, 110, 120, 130 respectivamente durante las fases de filtración o de regeneración. Durante la fase de regeneración, se impide que el gas circule en el cortocircuito externo 140 gracias a la válvula 53 instalada en el cortocircuito. La válvula de dos vías 53 puede sustituirse ventajosamente por una válvula antirretorno (no representada).

La Figura 4 ilustra, de manera esquemática y no limitativa, una realización de la invención, que comprende un cortocircuito interno 140 (como se describe en la Figura 2e) y medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular adicional 130, 130' (como se describe en la Figura 2c), en el que válvulas de 2 vías 51, 52, 54, 55 son colocadas en cada uno de los conductos 100', 110', 120', 130' conectadas respectivamente a las aberturas 100, 110, 120, 130 del recinto, y una válvula antirretorno 57 está dispuesta en la base del conducto del cortocircuito interno 140. Las válvulas 51, 52, 54, 55 permiten abrir o cerrar las aberturas 100, 110, 120, 130

respectivamente durante las fases de filtración o de regeneración. La válvula antirretorno 57 permite evitar la subida de gas en el tubo 140 en dirección vertical ascendiente durante una fase de regeneración del medio granular 30.

La figura 5 ilustra, de manera esquemática y no limitativa, una realización de la invención, que comprende medios de conexión a los medios de regeneración mediante fluidización de dicho medio granular adicional 130, 130' (como se describe en la Figura 2c), y en la que son comunes las aberturas 100, 120 de los medios de paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular 30 y los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular, y en la que se dispone una válvula de 3 vías 58 en la unión de los conductos 100', 120', 120" y 130" para controlar el fluido que pasa a través de estos conductos 100', 120', 120", 130", en función de la fase actual del método según la invención, es decir, para permitir únicamente el paso del efluente líquido en los elementos 100, 100' y 100" durante la fase de filtración, y únicamente el paso del gas en los elementos 120, 120', 120" durante la fase de regeneración. Según esta realización no limitativa, también se disponen válvulas antirretorno 59, 60 en cada uno de los conductos 110', 130' conectados respectivamente a las aberturas 110, 130 de la parte inferior del recinto 10, de manera a permitir la evacuación del efluente líquido únicamente a través de la abertura 110, y la entrada o insuflación de gas únicamente a través de la abertura 130.

La Figura 6 ilustra, de forma esquemática y no limitativa, una variante de la Figura 5, en la que las aberturas 110, 130 de los medios de evacuación del efluente líquido y de los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular también son comunes, y en el que una válvula de 3 vías 61 está dispuesta en la unión de los conductos 110', 130', 110", 130" para controlar el fluido que pasa a través de estos conductos 110', 130', 110", 130", en función de la fase en curso del método según la invención. Así, en esta variante, la utilización de las válvulas de 3 vías 58, 61 permite utilizar el sistema según la invención en la fase de filtración o en la fase de regeneración. Más precisamente, en la fase de filtración, la válvula 58 abre la abertura 100 y cierra la abertura 120, y la válvula 61 abre la abertura 110 y cierra la abertura 130. En la fase de regeneración, la válvula 58 abre la abertura 120 y cierra la abertura 100, y la válvula 61 abre la abertura 130 y cierra la abertura 110. De este modo, el paso de efluente líquido sólo es posible durante la fase de filtración, y únicamente en los elementos 100, 100', 100", 110, 110' 110", y el paso de gas sólo es posible durante la fase de regeneración, y únicamente en los elementos 120, 120', 120", 130, 130', 130".

Las Figuras 7a y 7b ilustran, de forma esquemática y no limitativa, un modo de implementación de la invención, en el que los medios para controlar los medios de paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular, los medios de evacuación del efluente líquido, y los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización están controlados por una válvula de 6 vías rotativa 62. Para esta realización, las aberturas 100, 120 de los medios de paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular y los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular son comunes, así como las aberturas 110, 130 de los medios de evacuación del efluente líquido y de los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular. La Figura 7a ilustra de manera esquemática, mediante líneas de puntos, las posiciones de los elementos 62a, 62b, 62c y 62d de la válvula de 6 vías 62, para conectar, durante la fase de filtración, únicamente la abertura 100 a la abertura 110. La Figura 7b ilustra de manera esquemática, mediante líneas de puntos, las posiciones de los elementos 62a, 62b, 62c y 62d de la válvula de 6 vías 62, para conectar, durante la fase de regeneración, únicamente la abertura 130 a la abertura 120.

Ventajosamente, el sistema según la invención puede comprender además una cámara de decantación y/o una cámara de separación ciclónica (tal como un hidrociclón), dispuestas aguas arriba del recinto, y conectadas al recinto mediante los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular. Una cámara de decantación permite la sedimentación por gravedad de las fibras más grandes. Una cámara de separación ciclónica (tal como un hidrociclón) permite separar fibras de mayor tamaño induciendo vorticidad y un campo de fuerza centrífuga que favorece la separación. Tales cámaras, proporcionadas aguas arriba del recinto con respecto al flujo de efluente líquido, pueden permitir capturar las fibras de mayor tamaño y limitar una obstrucción demasiado rápida del medio granular, que podrá entonces capturar más fácilmente la mayoría de las fibras de menor tamaño.

Preferiblemente, el sistema según la invención comprende además medios para inyectar al menos un agente floculante en el efluente líquido, dispuestas para una inyección del agente floculante en el efluente líquido antes de su llegada en el medio granular. Estos medios para inyectar al menos un agente floculante en el efluente líquido pueden estar dispuestos aguas arriba del recinto y conectados al recinto mediante los medios para el paso por percolación del efluente líquido a través del medio granular, o bien dispuestos de manera que permitan la inyección en el volumen libre por encima del medio granular, a través de una abertura practicada en la parte superior del recinto. En el caso en el que el agente floculante esté en forma líquida, los medios para inyectar al menos un agente floculante pueden comprender un depósito que comprende dicho al menos un agente floculante así como medios que permiten controlar el caudal del agente floculante. También es posible, por ejemplo en el caso en el que el agente floculante esté en forma líquida o sólida, mezclar el agente floculante con el líquido en el dispositivo que permite tratar el textil, por ejemplo mezclado con el detergente en el caso de una lavadora. Un agente floculante permite favorecer la aglomeración de las fibras más pequeñas, lo que facilita su separación del efluente líquido a su paso por el medio granular. Se puede, por ejemplo, utilizar un agente floculante en forma de sales minerales con cationes polivalentes tales como sulfato de alúmina o cloruro férrico, sílice activada o polielectrolitos orgánicos naturales (almidones, alginatos) o de síntesis (polímeros de masa molecular alta como policrilamidas o polivinilaminas). La inyección de un

agente floculante se lleva a cabo preferentemente con un contenido bajo, comprendido generalmente entre 1 y 20 ppm del líquido de vaciado, y se usa preferentemente un dispositivo que favorece la mezcla de dicho agente floculante en el efluente líquido. La floculación es particularmente interesante en el caso en el que las microfibras tengan dimensiones del orden del micrómetro o inferiores al micrómetro.

La Figura 8 ilustra una realización del sistema según la invención, que comprende un medio granular formado por tres lechos de partículas en capas 30a, 30b, 30c, dispuestos sobre tres soportes 20a, 20b y 20c, estando rematado cada lecho 30a, 30b, 30c por un volumen libre 40a, 40b, 40c. La abertura 120 proporcionada en la pared superior del recinto 10 está destinada a estar conectada a medios de regeneración por fluidización del medio granular (no representados).

La invención se refiere además a un método para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido, que puede implementarse ventajosamente mediante el sistema para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido según una cualquiera de las realizaciones o cualquier combinación de las realizaciones descritas anteriormente.

El método según la invención comprende al menos las siguientes etapas:

A) llevar a cabo al menos una fase de filtración de las microfibras contenidas en el efluente líquido, comprendiendo la fase de filtración al menos el paso del efluente líquido a través del medio granular mediante al menos los medios para el paso del efluente líquido a través del medio granular descrito anteriormente, y la evacuación del efluente líquido así filtrado mediante los medios para evacuar el efluente líquido descritos anteriormente;

B) llevar a cabo una fase de regeneración por fluidización del medio granular conectando los medios de conexión a medios de regeneración por fluidización del medio granular descritos anteriormente a medios de regeneración por fluidización del medio granular, tales como medios de aspiración gaseosa o medios de insuflación gaseosa.

Ventajosamente, la etapa A) se repite entre 20 y 150 veces, preferentemente alrededor de 100 veces antes de realizar la etapa B). En efecto, es importante proceder a la regeneración regularmente del medio filtrante a fin de evitar obstrucciones, pero puede que no sea necesario realizar sistemáticamente una fase de regeneración después de cada fase de filtración, en función de la carga en microfibras del efluente líquido. Por ejemplo, se puede estimar una frecuencia de activación de la fase de regeneración, estimando una velocidad de obstrucción de la porosidad del lecho filtrante por acumulación de microfibras, a partir de la concentración de microfibras en el efluente líquido en cada lavado. Esta realización, al evitar fases de regeneración sistemáticas, permite en particular un ahorro energético.

Preferiblemente, se lleva a cabo una fase de regeneración por fluidización del medio granular, después de una pluralidad de fases de filtración, cuando se detecta que el caudal de percolación del efluente líquido se ralentiza. Según una implementación, se puede activar una fase de regeneración del medio granular de la siguiente manera: para cada fase de filtración, se mide la variación del nivel del efluente líquido en el volumen libre por encima del medio granular en función del tiempo; se compara esta medida con un valor de referencia del caudal de percolación, obtenido por ejemplo mediante medición cuando el medio granular está libre de microfibras; cuando la medición es al menos de 100 % inferior al valor de referencia, o preferentemente al menos 50 % inferior al valor de referencia, se lleva a cabo una fase de regeneración por fluidización del medio granular al final de la fase de filtración en curso.

Preferiblemente, se puede iniciar la fase de regeneración por fluidización del medio granular sólo después de un tiempo predeterminado, tomado a partir del final de la última fase de filtración, que permite al menos el drenaje del efluente líquido y preferiblemente también el secado del medio granular, con el fin de evacuar toda la humedad contenida en el medio granular. Esta duración predeterminada puede estar comprendida entre 3 y 7 h, preferentemente es de 5 h. Según una implementación de la invención, para favorecer el secado, también es posible establecer una convección natural o forzada del gas a través del medio granular, manteniendo abiertas las aberturas de los medios de evacuación del efluente líquido y de los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular. La duración predeterminada estará ventajosamente limitada cuando se utilicen partículas hidrófobas y/o el filtro esté construido con un material hidrófobo.

Ventajosamente, el método según la invención puede comprender, antes de la etapa b), una fase de drenaje del medio granular, realizada mediante medios de aspiración gaseosa conectados al sistema según la invención para generar un flujo descendente de gas a través del medio granular. En otras palabras, los medios de aspiración gaseosa están conectados al sistema según la invención al nivel de una abertura ubicada por debajo del medio granular, y preferiblemente por encima de la pared inferior del recinto. Según una implementación de la invención, los medios de aspiración gaseosa pueden estar conectados a la abertura de los medios de evacuación del efluente líquido, o alternativamente, cuando existe, a la abertura adicional de los medios de conexión a los medios de regeneración por fluidización del medio granular descrita anteriormente. La aspiración gaseosa a través de una abertura ubicada en la parte inferior del recinto permite una convección forzada del gas a través del medio granular de arriba a abajo. Esta convección forzada de gas arrastra gran parte del líquido residual presente en los intersticios del medio granular, facilitando así su flujo por gravedad y permitiendo reducir la humedad residual del lecho. En estas condiciones, con la

ayuda de la circulación de gas, es posible así reducir la fracción en volumen del líquido en el lecho a un contenido inferior a 10%, o incluso secar completamente el lecho si el tiempo para esta etapa es suficiente largo. Así, esta circulación de un gas permite facilitar el flujo por gravedad del efluente líquido atrapado en el medio granular, antes de proceder a la regeneración del medio granular. Preferiblemente, la abertura a la que están conectados los medios de aspiración gaseosa está ubicada en un lado superior al lado de la pared inferior del recinto, y comprende un deflector para impedir que el efluente líquido vaciado entre en los medios de aspiración gaseosa. Ventajosamente, el sistema según la invención puede comprender medios para recoger (tales como trampas de agua) del efluente líquido drenado, ubicados aguas arriba de la abertura conectada a los medios de aspiración gaseosa, para evitar arrastres excesivos de líquido hacia los medios de aspiración gaseosa, pudiendo estos arrastres de líquidos ser perjudiciales para el buen funcionamiento de estos medios de aspiración gaseosa.

Ventajosamente, el procedimiento según la invención puede comprender, antes de la etapa b) y preferentemente después de una fase de drenaje como se ha descrito anteriormente, una fase de secado del medio granular, realizada mediante medios para aumentar la temperatura del medio granular. Esta fase de secado permite un secado acelerado en comparación con una fase de drenaje tal como se describe anteriormente que se llevaría a cabo durante un tiempo suficientemente largo para dar como resultado el secado del medio granular. Según una implementación de la invención, esta fase de secado del medio granular se puede llevar a cabo conectando medios de insuflación gaseosa al sistema según la invención de manera a generar un flujo ascendente o descendente de gas a través del medio granular, y calentando previamente el gas antes de su entrada en el recinto. El gas puede calentarse, por ejemplo, por medio de una fuente de calor (por ejemplo, una resistencia calefactora, un intercambiador de calor) ubicada entre los medios de insuflación gaseosa y la abertura a la que están conectados los medios de insuflación gaseosa. Según esta implementación, los medios de insuflación gaseosa pueden conectarse al sistema según la invención al nivel de la abertura de los medios para la regeneración por fluidización del medio granular ubicada por encima del medio granular, o bien al nivel de la abertura adicional dispuesta debajo del soporte del medio granular tal como se describe anteriormente, o también cualquier otra abertura. Preferiblemente, el gas utilizado es un gas poco cargado en vapor de agua. Según una configuración de esta implementación de la invención, los medios de insuflación gaseosa pueden consistir en un secador de pelo. Según otra realización de la invención, esta fase de secado del medio granular se puede llevar a cabo aumentando la temperatura del medio granular mediante la percolación de un líquido caliente a través del medio granular, o calentando las paredes del medio granular. El calentamiento de la pared del medio granular se puede llevar a cabo, por ejemplo, proporcionando una resistencia calefactora en contacto con la pared del medio granular, o en la pared del propio medio granular. Ventajosamente, el medio granular se calienta a temperaturas comprendidas entre 30 y 90°C, preferiblemente comprendidas al menos entre 50 y 70°C. Tales temperaturas son capaces de permitir la evacuación de más de 95 % de la humedad residual, presente en el medio granular al inicio del secado, en un período inferior a 30 minutos, o incluso inferior a 10 minutos.

La Figura 9 presenta una variante de realización de la Figura 1 (así, los elementos comunes no se describirán de nuevo), configurada para implementar una fase de drenaje del medio granular seguida de una fase de secado del medio granular, antes de regenerarlo. Para esta configuración, se proporciona una abertura adicional 130 en el recinto en un lado más alto que el lado de la pared inferior del recinto, estando destinada esta abertura 130 para conectarse a medios de aspiración gaseosa (no representados) mediante el conducto 130'. Además, esta abertura 130 está coronada por un deflector 130" que permite desviar el flujo por gravedad de líquido, a través del medio granular 30, alrededor de la abertura 130, dejando pasar al mismo tiempo el gas que está sometido a los efectos de la gravedad de una manera infinitamente más débil. El conducto 110', que permite conectar la abertura 110 a un sistema de evacuación de aguas residuales (no representado), está provisto de una válvula 111 que permite la evacuación (válvula abierta) del efluente líquido acumulado antes y durante la fase de drenaje.

Más precisamente, durante la fase de drenaje del medio granular, el sistema está conectado a los medios de aspiración gaseosa a través de la abertura 130 y de la tubería 130', siendo aspirado el aire del entorno a través de la abertura 120. Con la aspiración en funcionamiento, el lecho está atravesado por una corriente gaseosa a una velocidad comprendida preferiblemente entre 0,1 y 5 m/s, preferiblemente comprendida a alrededor de 0,3 a 3 m/s. El gas favorece el flujo del líquido acumulado en el medio granular durante las sucesivas fases de filtración. Por lo tanto, el líquido residual fluye a través del medio granular 30 y el soporte 20 y se acumula alrededor del conducto 130' debajo de la abertura 130 en el espacio ubicado en el sistema 10 debajo del soporte 20. Al final del drenaje, que puede durar algunos minutos, se detiene la aspiración gaseosa. El líquido acumulado alrededor del conducto 130' se evacua a través de la tubería 110 abriendo la válvula 111.

Después, el medio granular que se ha sometido a un drenaje se seca antes de ser regenerado. Es posible, en esta configuración, mantener los medios de aspiración gaseosa conectados a la abertura 130 y conectar un secador de pelo (no representado) a la abertura 120 a través del conducto 120'. El aire ambiente calentado a alrededor de 50°C entra entonces en el sistema a través de la abertura 120, pasa a través del medio filtrante, transfiriéndole su calor y absorbiendo gradualmente la humedad que resulta de la evaporación del agua dictada por las condiciones de equilibrio termodinámico local.

Una vez finalizada esta fase de secado, se procede a la regeneración del medio granular, en ausencia de humedad excesiva que puede perjudicar la fluidización de las partículas. Los medios de aspiración gaseosa se conectan entonces a la abertura 120, entrando el gas que fluidiza el medio granular a través de la abertura 110.

Según una implementación de la invención, las fases de filtración y/o regeneración se controlan mediante los medios de control del sistema de filtración de microfibras descritos anteriormente, por ejemplo mediante válvulas de 2 vías, válvulas de 3 vías, válvulas de 6 vías rotativas, y/o válvulas antirretorno, tal como se ha descrito anteriormente, y en particular en las realizaciones de las Figuras 3 a 7b.

De manera ventajosa, el procedimiento según la invención comprende al menos una etapa preliminar (es decir, antes de la etapa A) de pretratamiento del efluente líquido, antes de su llegada sobre el medio granular.

Según una implementación de la invención, esta etapa preliminar de pretratamiento del efluente líquido puede comprender una subetapa de inyectar al menos un agente floculante en el efluente líquido, por ejemplo mediante los medios de inyección de un agente floculante tales como se han descrito anteriormente. Un agente floculante permite favorecer la aglomeración de las fibras más pequeñas, lo que facilita su separación del efluente líquido a su paso por el medio granular. Se puede, por ejemplo, utilizar un agente floculante en forma de sales minerales con cationes polivalentes tales como sulfato de alúmina o cloruro férrico, sílice activada o polielectrolitos orgánicos naturales (almidones, alginatos) o de síntesis (polímeros de masa molecular alta como policrilamidas o polivinilaminas). La inyección de un agente floculante se llevará a cabo preferentemente con un contenido bajo, comprendido generalmente entre 1 y 20 ppm del líquido de vaciado, y se usará preferentemente un dispositivo que favorece la mezcla de dicho agente floculante en el efluente líquido. La floculación es particularmente interesante en el caso en el que las microfibras tengan dimensiones del orden del micrómetro o inferiores al micrómetro. El agente floculante también puede inyectarse al mismo tiempo que el detergente destinado al lavado de textiles, y eventualmente en combinación con el detergente.

Alternativa o acumulativamente, la etapa preliminar de pretratamiento del efluente líquido puede comprender una subetapa de decantación del efluente líquido, realizada por ejemplo mediante una cámara de decantación dispuesta aguas arriba del recinto del sistema según la invención tal como se describe anteriormente. Una cámara de decantación permite la sedimentación por gravedad de las fibras más grandes. Tal subetapa de decantación preliminar puede permitir capturar las fibras de mayor tamaño y limitar una obstrucción demasiado rápida del medio granular, que podrá entonces capturar de manera más eficaz la mayoría de las fibras de menor tamaño.

Alternativa o acumulativamente, la etapa preliminar de pretratamiento del efluente líquido puede comprender una subetapa de pasar el efluente líquido en una cámara de separación ciclónica (tal como un hidrociclón) dispuesta aguas arriba del recinto del sistema según la invención tal como se describe anteriormente. Una cámara de separación ciclónica (tal como un hidrociclón) permite separar fibras de mayor tamaño induciendo vorticidad y un campo de fuerza centrífuga que favorece la separación. Tal subetapa preliminar puede permitir capturar las fibras de mayor tamaño y limitar una obstrucción demasiado rápida del medio granular, que podrá entonces capturar de manera más eficaz la mayoría de las fibras de menor tamaño.

Ventajosamente, la etapa preliminar de pretratamiento del efluente líquido puede comprender una subetapa de inyectar al menos un agente floculante en el efluente líquido, seguida de una subetapa de decantación del efluente líquido y/o una subetapa de separación ciclónica. El agente floculante permite favorecer la aglomeración de las fibras de menor tamaño, lo que aumentará la eficacia de la subetapa de decantación y/o de separación ciclónica, antes del paso del efluente líquido, ya descargado de las fibras de mayor tamaño y/o de aglomerados de fibras, en el medio granular.

Ventajosamente, el método según la invención comprende además al menos una etapa posterior a la etapa de regeneración, que consiste en la recogida de las microfibras resultantes de la fase de regeneración, por ejemplo mediante una cámara ciclónica o un filtro (por ejemplo de membrana) colocado aguas abajo de los medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular descritos anteriormente.

Así, el sistema y el método según la invención permiten filtrar las microfibras de un efluente líquido, resultante de las fases de lavado, de aclarado y/o de centrifugado de un dispositivo de tratamiento de textiles, con una eficacia de captura de microfibras superior a 50 micrómetros superior a al menos 80 %. El sistema y el método según la invención no requieren consumibles y pueden usarse durante un largo período de tiempo, gracias a la posibilidad de regenerar el medio granular en el que las microfibras pueden acumularse a lo largo del tiempo.

La invención también se refiere a un dispositivo de lavado de textiles, tal como una lavadora, que comprende al menos un sistema para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido según una cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente.

Como es evidente, la invención no se limita únicamente a las formas de realización del sistema y del método, descritos e ilustrados anteriormente a modo de ejemplo, sino que por el contrario abarca todas las variantes de realización, así como todas las combinaciones, de estas formas de realización, de manera a combinar sus efectos. Por ejemplo, las realizaciones de las Figuras 2a a 2f se pueden combinar entre sí. Estas realizaciones también se pueden combinar con las realizaciones de las Figuras 3 a 6, y/o las Figuras 7a a 7b y/o la Figura 8. Estas realizaciones también se pueden combinar con la realización de la Figura 9.

Ejemplos

El ejemplo de aplicación que se describe a continuación se refiere a una aplicación del sistema y método de filtración de microfibras según la invención a una lavadora individual.

5 Más precisamente, la lavadora de este ejemplo tiene una capacidad de lavado de 5 kg de ropa y utiliza una cantidad total máxima de agua de 50 l por cada lavado. Los ciclos de evacuación del agua de lavado durante las distintas fases del programa varían según las elecciones del usuario, pero la lavadora se caracteriza por que la mayor cantidad que se puede evacuar durante una fase del lavado es de 15 l, la evacuación del líquido teniendo lugar en 3 minutos. Entre
10 dos ciclos de evacuación de la lavadora el tiempo es de alrededor de 15 minutos como mínimo. El contenido medio de fibras en las aguas residuales es cercano a 0,02 g/l, lo que corresponde a una tasa media de liberación de fibras del 0,02 % con respecto al peso de la ropa lavada, y a una cantidad media de fibras que debe recoger el filtro en cada lavado. de 1 g de media por 5 kg de ropa lavada.

15 La lavadora descarga los fluidos de vaciado a través de un punto de vaciado ubicado en la base de la lavadora a 5 cm del suelo. Un punto de conexión al desagüe está disponible a una altura ubicada a 15 cm por encima del punto de vaciado de la lavadora (por lo tanto, a 40 cm del suelo sobre el que descansa la lavadora).

20 Para esta aplicación ejemplar, el sistema de filtración según el diseño descrito en la Figura 5 se incorpora directamente a la lavadora. Por lo tanto, las referencias citadas a continuación corresponden a las de la Figura 5. Para esta aplicación ejemplar, el recinto 10 que contiene el medio granular 30 es cilíndrico, con un diámetro interno de 25 cm y 60 cm de altura. El medio granular 30 se da una altura de 25 cm en el recinto 10. Está rematado por un volumen libre 40 de 30 cm de altura, cuyo volumen permite la acumulación de 15 l de efluente líquido. El medio granular descansa sobre un soporte 20 en forma de rejilla cuya dimensión de malla es de 0,15 mm. Debajo de la rejilla, un espacio vacío
25 de 50 mm permite recoger el líquido bajo el lecho filtrante. El medio granular 30 consiste en arena cuyo diámetro medio es de 0,5 mm, y tal que 90 % de las partículas de arena tienen un tamaño comprendido entre 0,3 y 0,7 mm. La masa en volumen media de los granos de arena se estima en 2550 kg/m³. La porosidad (espacio intersticial) del medio granular 30 se estima en 41 % del volumen granular después de la regeneración.

30 Un cortocircuito de 10 mm de diámetro interno y 12 mm de diámetro externo provisto de una válvula antirretorno pasa a través del lecho (como se representa en la Figura 4).

El sistema de filtración según este ejemplo de aplicación se conecta a la lavadora gracias a una manguera flexible 100' que conecta el conducto de vaciado de la lavadora 100" a la válvula de 3 vías 58 ubicada en un punto alto a 105
35 cm por encima de la salida de evacuación de la lavadora, es decir, a 110 cm del suelo. Por lo tanto, la abertura 110 sigue ubicada por encima de la salida de evacuación de la lavadora, lo que permite conectar la abertura 110 al sistema de evacuación de aguas residuales habitual, con un sifón, y evacuar el líquido de aclarado filtrado por gravedad.

40 Inicialmente, la válvula de 3 vías 58 está en la posición que permite filtrar el líquido de vaciado, o en otras palabras, la abertura 100 está abierta y la abertura 120 está cerrada. Cuando el medio granular 30 está limpio, justo después de una regeneración, las características del lecho permiten una filtración con un caudal de 6 l/min creando una pérdida de carga inferior a 2000 Pa, que corresponde a una altura hidrostática de 20 cm inferior a la altura del volumen libre 40. Así, la filtración por percolación del lecho se puede llevar a cabo en menos de 4 minutos. Cuando el medio granular 30 se obstruye después de la acumulación de alrededor de 100 g de microfibras, la pérdida de carga se duplica y
45 corresponde a alrededor de 4000 Pa, es decir, una altura hidrostática de 40 cm todavía inferior a la altura del volumen libre 30. Estas características permiten garantizar una filtración eficaz del líquido de vaciado durante un centenar de lavados.

Después de cien lavados, la válvula de tres vías 58 se activa para regenerar el medio filtrante. Al final del último lavado, la abertura 100 se cierra y la abertura 120 se abre. Después de esperar 5 h para permitir el drenaje y el secado del medio granular 30, se conecta a la abertura 120 una aspiradora comercial equipada con una bolsa de filtro desechable, lo que permite crear una corriente convectiva de aire ascendente a través del medio granular 30, entrando el aire a través de la abertura 130 provista de la válvula antirretorno 59 que se abre, cerrándose automáticamente la abertura 110 gracias a la válvula antirretorno 60. La aspiradora permite aspirar 30 l/s con una aspiración de 40 kPa. La velocidad de fluidización de las partículas es de 19,5 cm/s. Por lo tanto, se requiere un caudal mínimo de 10 l/s para fluidizar el lecho. por lo tanto, la utilización del aspirador que aspira 30 l/s permite fluidizar el lecho a una velocidad que
55 corresponde a 3 veces la velocidad mínima de fluidización. La aspiración necesaria para compensar la pérdida de carga del medio granular en estado fluidizado es de alrededor de 4000 Pa, lo que es mucho menor que la capacidad de aspiración de la aspiradora. Por lo tanto, el lecho está bien fluidizado, lo que permite la evacuación de las microfibras hacia la bolsa filtrante. Al final de la regeneración, se detiene la aspiración y las partículas de arena sedimentan para reformar el medio filtrante. Se acciona la válvula de tres vías 58 para volver a la fase de filtración, es decir que la abertura 100 está abierta y la abertura 120 está cerrada.

60 El sistema y el método para la filtración de microfibras según este diseño ha permitido eliminar entre 80 y 90 % de las fibras de longitud superior a alrededor de 50 micrómetros.

65

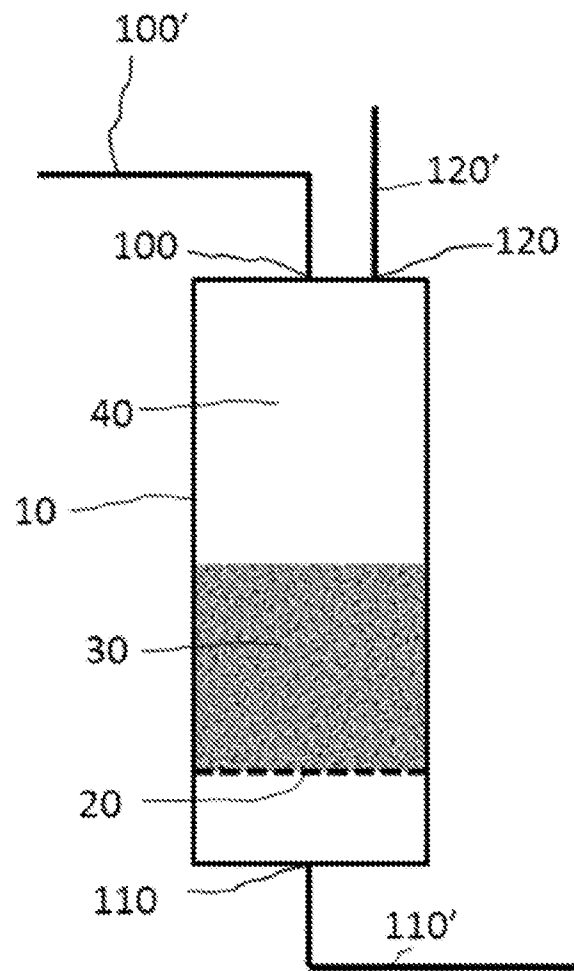
Las dimensiones del sistema de filtración descrito en la aplicación ejemplar podrían reducirse optimizando las condiciones de funcionamiento de la lavadora, por ejemplo considerando vaciados más frecuentes pero de menor volumen.

REIVINDICACIONES

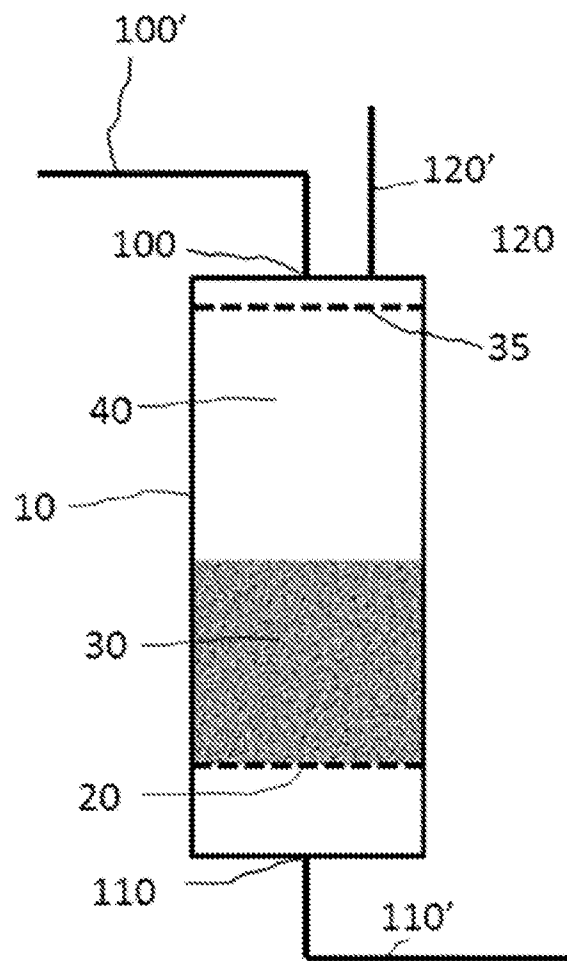
1. Sistema para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido de un dispositivo de tratamiento de textiles, estando destinado dicho sistema a estar conectado a un conducto para vaciar dicho dispositivo de tratamiento de textiles, caracterizado por que dicho sistema comprende al menos:
5 - un recinto (10) que comprende un medio granular (30) que ocupa una parte del espacio de dicho recinto (10), estando dispuesto dicho medio granular (30) sobre un soporte (20) para dejar un volumen libre (40) en dicho recinto (10) por encima de dicho medio granular (30), siendo dicho soporte (20) permeable al menos a dicho efluente líquido;
10 - medios (100) para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular (30), que comprenden al menos una abertura (100) proporcionada en dicho recinto (10) y dispuesta por encima de dicho medio granular (30);
15 - medios de evacuación (110) de dicho efluente líquido que comprenden al menos una abertura (110) proporcionada en dicho recinto (10) y dispuesta debajo de dicho soporte (20) de dicho medio granular (30);
15 - medios de conexión (120, 130) a medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular (30), caracterizados por que los medios de conexión comprenden al menos una abertura (120) proporcionada en dicho recinto (10) y dispuesta por encima de dicho medio granular (30).
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dichos medios (120, 130) de conexión a dichos medios para regenerar por fluidización dicho medio granular (30) comprenden una abertura adicional (130) proporcionada en dicho recinto (10) y dispuesta por debajo de dicho soporte (20) de dicho medio granular (30), pudiendo dicha abertura adicional (130) de dichos medios de conexión conectarse a medios para una entrada de un gas y/o para una insuflación de un gas.
20
3. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios de evacuación (110) de dicho efluente líquido comprenden un circuito externo (140) a dicho recinto (10), conectado a dicho recinto (10) para cortocircuitar dicho medio granular (30) en caso de acumulación de dicho efluente líquido en dicho volumen libre (40) de dicho recinto (10) por encima de dicho medio granular (30).
25
4. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 2, en el que dichos medios de evacuación (110) de dicho efluente líquido comprenden un conducto (140) que pasa a través de al menos dicho medio granular (30) para cortocircuitar dicho medio granular (30) en el caso de una acumulación de dicho efluente líquido en dicho volumen libre (40) de dicho recinto (10) por encima de dicho medio granular (30), estando dicho conducto (140) preferiblemente provisto de un deflector (56) en su parte superior.
30
5. Sistema según la reivindicación 3, en el que dicho circuito externo (140) a dicho recinto comprende además un detector de líquido, preferiblemente conectado a una alarma.
35
6. Sistema según la reivindicación 4, en el que dicho conducto (140) de dichos medios de evacuación (110) de dicho efluente líquido comprende además un detector de líquido, preferiblemente conectado a una alarma.
40
7. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además medios de control (51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62) de dichos medios para pasar a través de la percolación (100) de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular (30) y/o dichos medios de evacuación (110) de dicho efluente líquido, y/o dichos medios de conexión (120, 130) a dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular (30).
45
8. Sistema según la reivindicación 7, en el que dichos medios de control pueden comprender al menos una válvula de 2 vías (51, 52, 53, 54, 55), y/o al menos una válvula de 3 vías (58, 61), y/o al menos una válvula antirretorno (57, 59, 60), y/o una válvula de 6 vías rotativa (62).
9. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una cámara de decantación y/o una cámara de separación ciclónica y/o una cámara de acumulación (11) de dicho efluente líquido, dispuestas aguas arriba de dicho recinto (10), y conectadas a dichos medios (100) para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular (30).
50
10. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además medios para inyectar al menos un agente floculante en dicho efluente líquido, estando dichos medios de inyección dispuestos para inyectar dicho al menos un agente floculante en dicho efluente líquido aguas arriba de dicho medio granular (30).
55
11. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho medio granular (30) comprende partículas de arena, perlas de vidrio machacado o perlas de vidrio en bruto, partículas formadas a partir de zeolita natural o sintética, a base de alúmina, o también a base de resinas o plástico.
60
12. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo dicho medio granular (30) partículas de tamaño comprendido entre 0,1 mm y 2 cm para al menos 80 % en peso de dichas partículas, preferiblemente comprendido entre 0,3 y 2,5 mm para al menos 90 % en peso de dichas partículas.
65

- 5 13. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un distribuidor de líquido está dispuesto entre dicho medio granular (30) y dicha abertura (100) de dichos medios (100) para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular (30) y/o, cuando dichos medios para regenerar por fluidización de dicho medio granular (30) comprenden medios de aspiración gaseosa, se dispone un distribuidor de gas entre dicho medio granular (30) y una abertura destinada a la admisión del gas de dichos medios de aspiración gaseosa.
- 10 14. Método para la filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido procedente de un dispositivo de tratamiento de textiles, implementándose dicho método mediante un sistema para la filtración de microfibras según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho método comprende al menos las siguientes etapas:
- 15 A) llevar a cabo al menos una fase de filtración de dichas microfibras, comprendiendo dicha fase de filtración al menos un paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular (30) mediante al menos dichos medios (100) para el paso por percolación de dicho efluente líquido a través de dicho medio granular (30), y evacuar dicho efluente líquido filtrado mediante al menos dichos medios (110) para evacuar dicho efluente líquido;
- 20 B) llevar a cabo una fase de regeneración por fluidización de dicho medio granular (30) conectando dichos medios de conexión (120, 130) a dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular (30) con dichos medios de regeneración por fluidización de dicho medio granular (30).
- 25 15. Método según la reivindicación 14, en el que la etapa A) se repite entre 50 y 150 veces, preferentemente alrededor de 100 veces, antes de llevar a cabo la etapa B).
- 30 16. Método según una de las reivindicaciones 14 a 15, que comprende, antes de la etapa A), una etapa de pretratamiento de dicho efluente líquido, comprendiendo dicha etapa de pretratamiento de dicho efluente líquido al menos una inyección de al menos un agente floculante en dicho efluente líquido, y/o al menos una decantación de dicho efluente líquido, y/o al menos una separación ciclónica de dicho efluente líquido.
- 35 17. Método según una de las reivindicaciones 14 a 16, que comprende, antes de la etapa B), una fase de drenaje de dicho medio granular, realizada por medio de medios de aspiración gaseosa conectados a dicho sistema de manera a generar un flujo descendente de gas a través de dicho medio granular, y/o una fase de secado de dicho medio granular, realizada mediante medios para aumentar la temperatura de dicho medio granular.
- 40 18. Método según una de las reivindicaciones 14 a 17, en el que dichas fases de filtración y regeneración se controlan mediante dichos medios de control (51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62) de dichos sistemas para la filtración de microfibras según una de las reivindicaciones 5 a 6.
19. Método según una de las reivindicaciones 14 a 18, que comprende además al menos una etapa posterior a dicha fase de regeneración por fluidización, que consiste en la recogida de dichas microfibras resultantes de dicha fase de regeneración, preferentemente mediante una cámara ciclónica y/o un filtro de membrana dispuesto aguas abajo de dichos medios para regenerar dicho medio granular (30) por fluidización.
20. Dispositivo de lavado de textiles, que comprende al menos un sistema de filtración de microfibras contenidas en un efluente líquido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

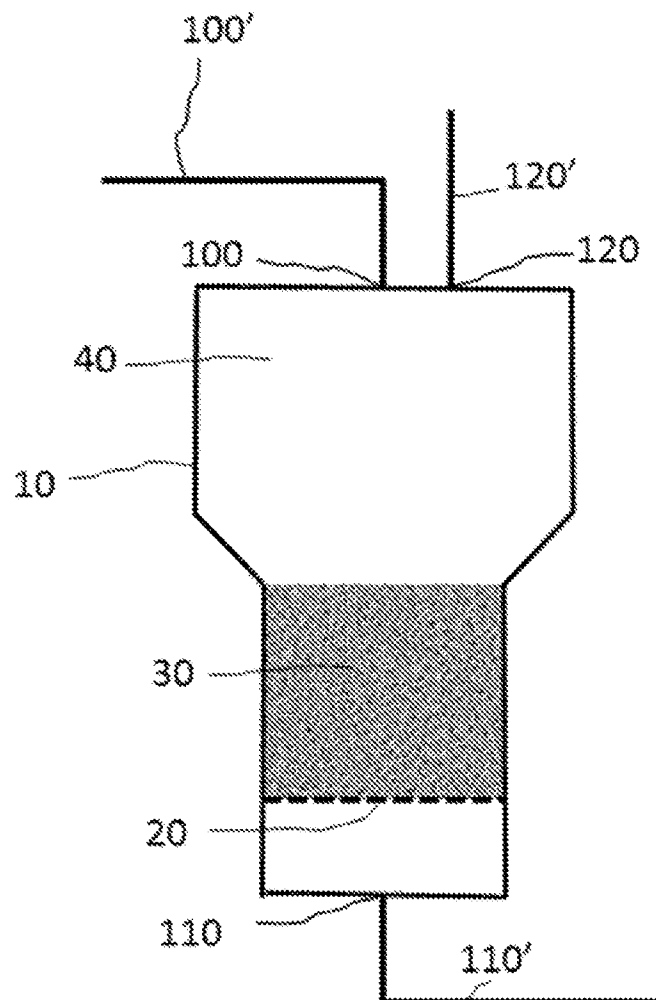
[Fig 1]



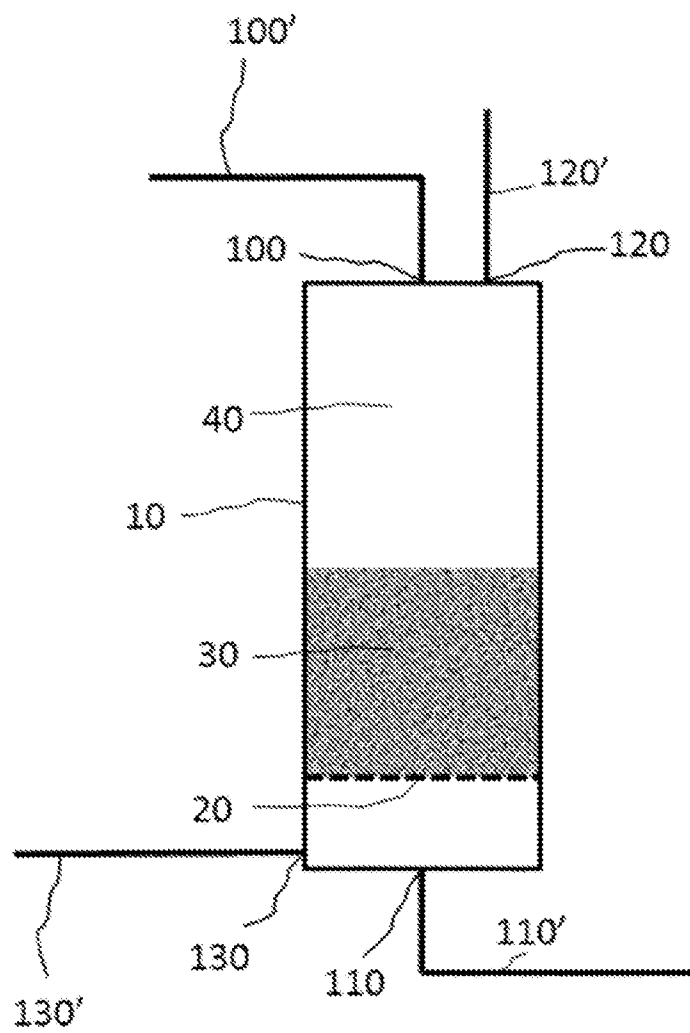
[Fig 2a]



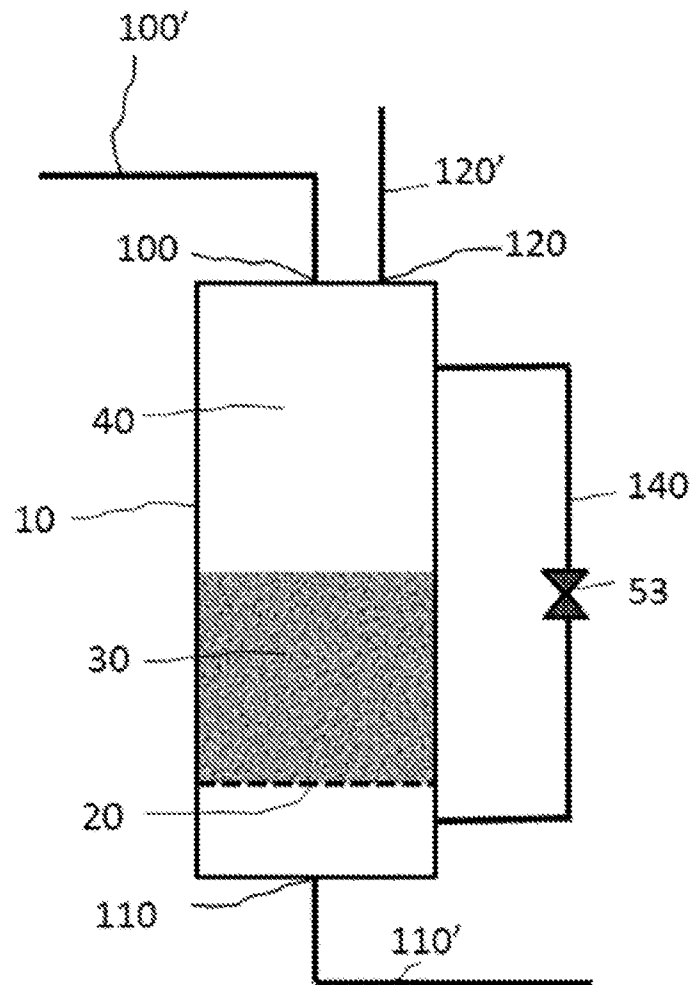
[Fig 2b]



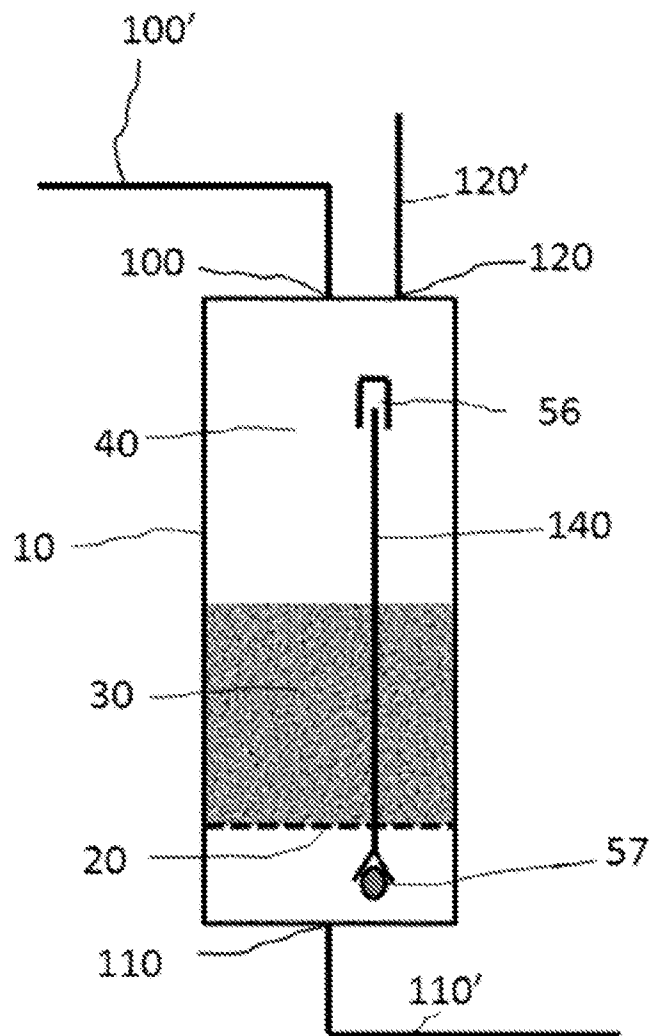
[Fig 2c]



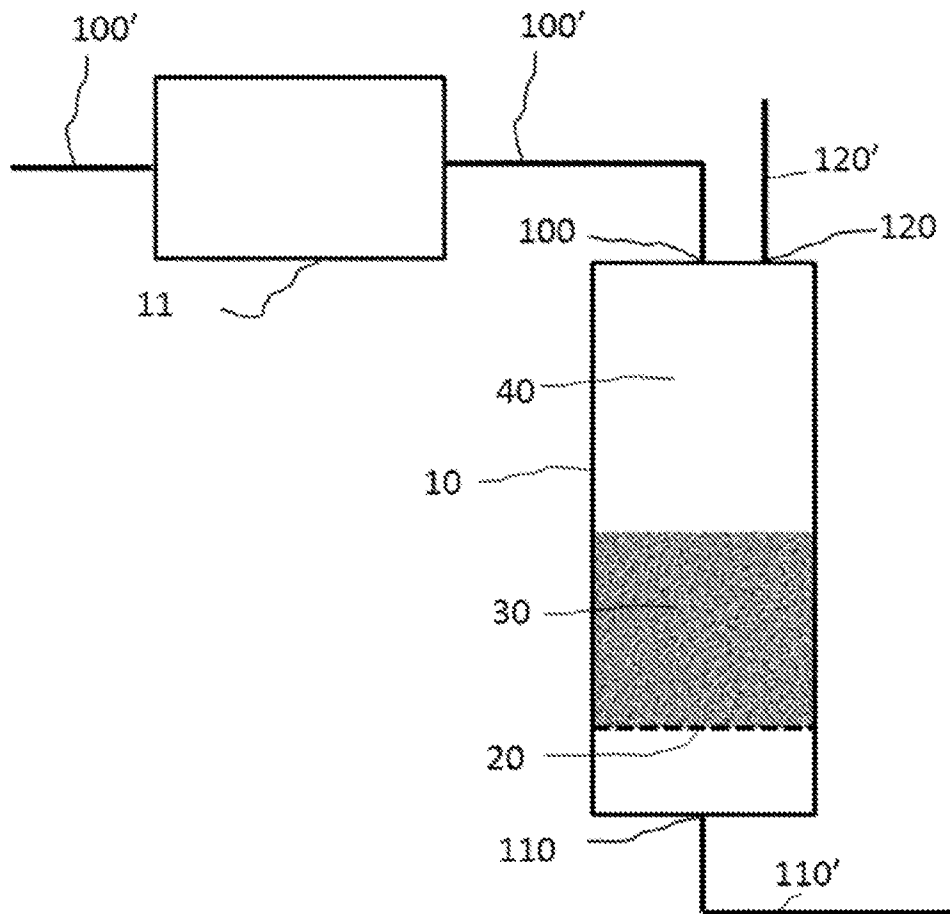
[Fig 2d]



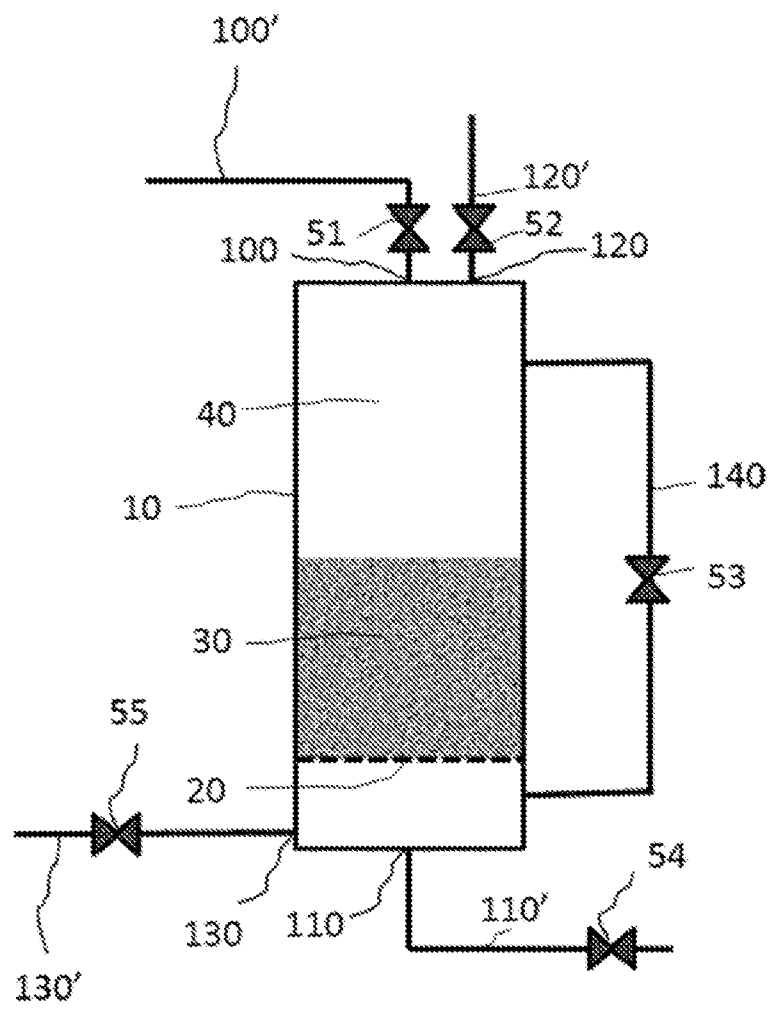
[Fig 2e]



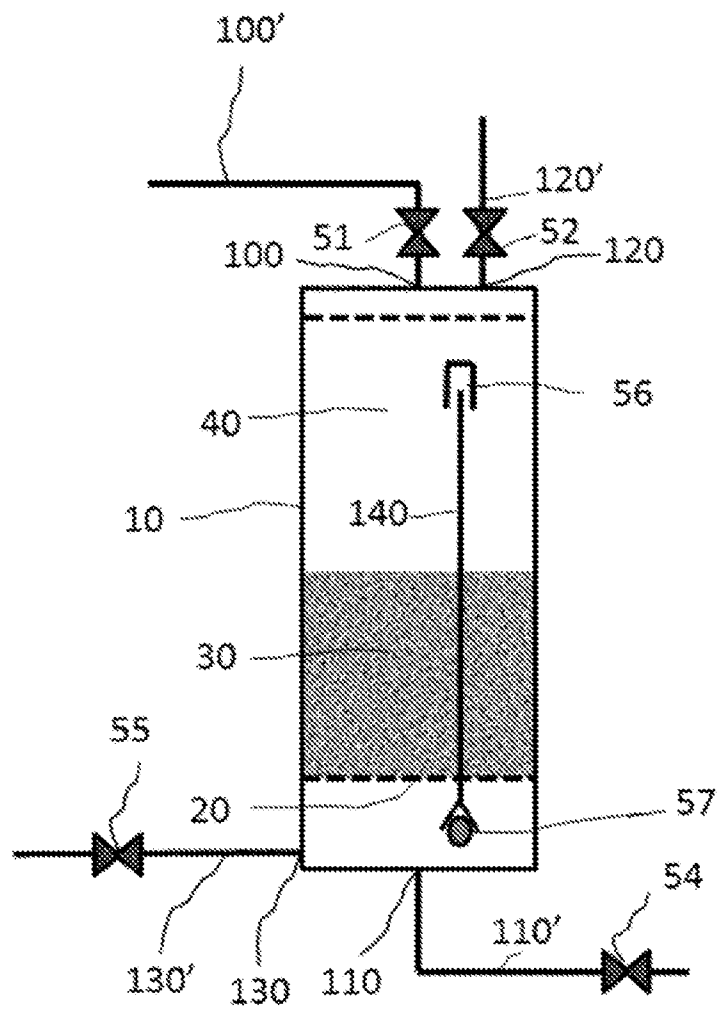
[Fig 2f]



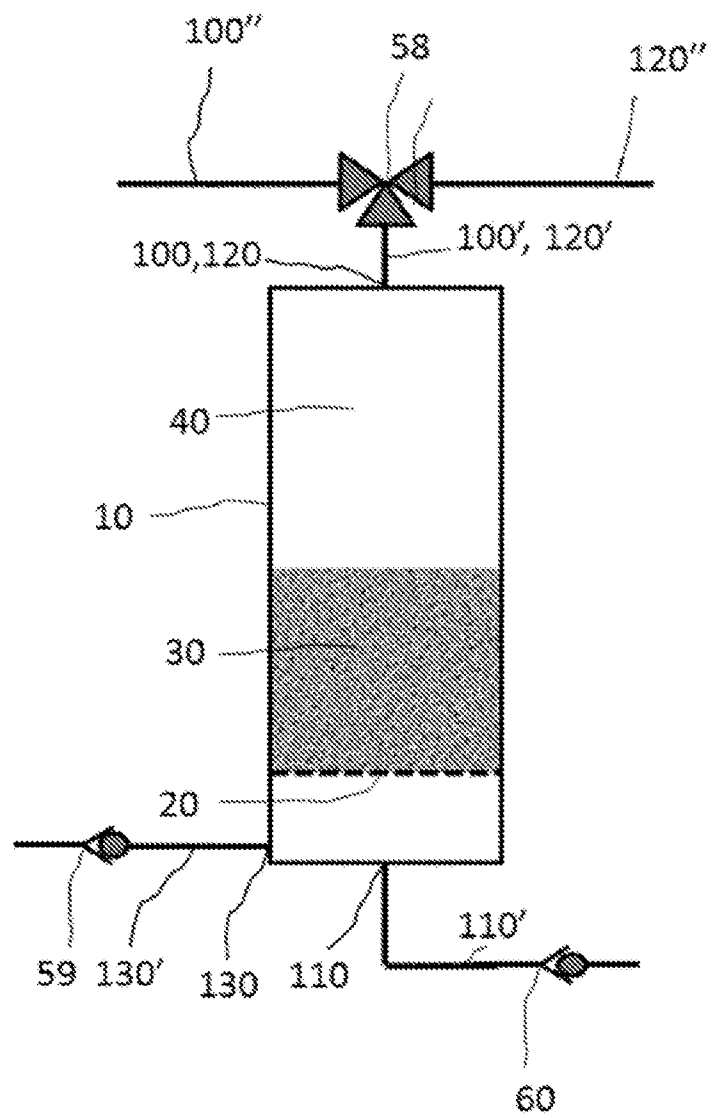
[Fig 3]



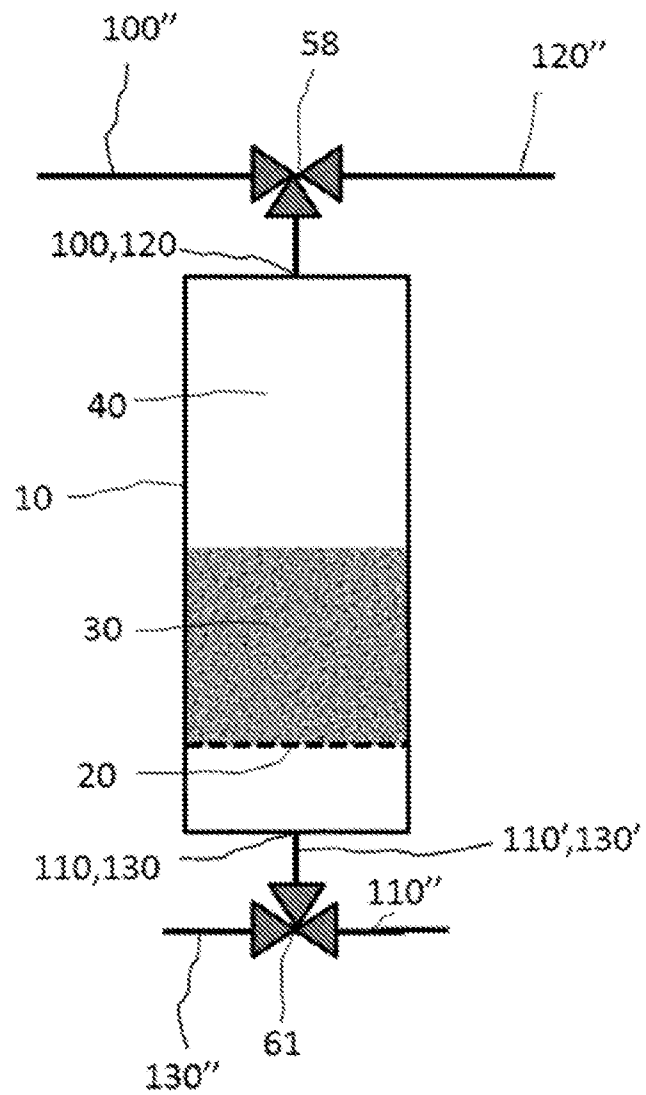
[Fig 4]



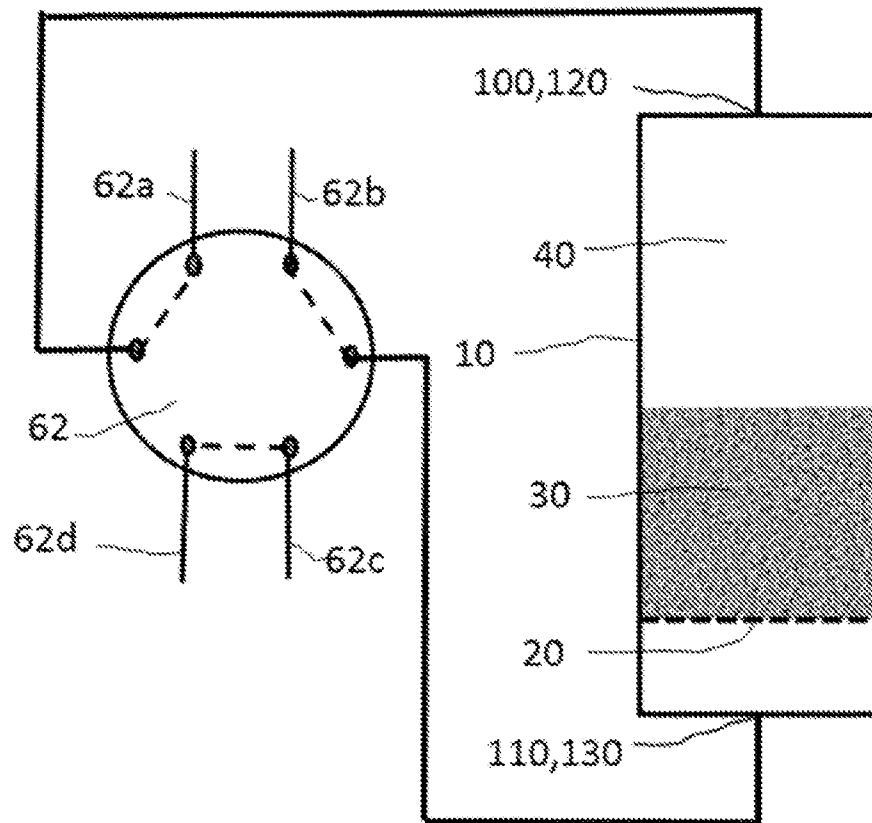
[Fig 5]



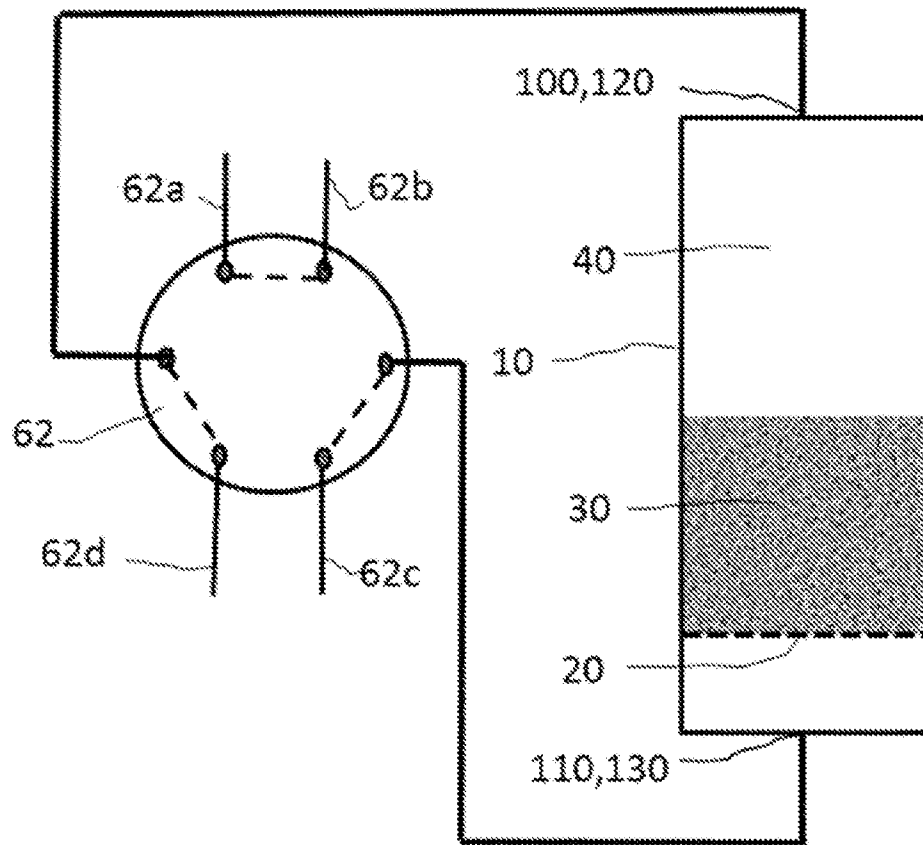
[Fig 6]



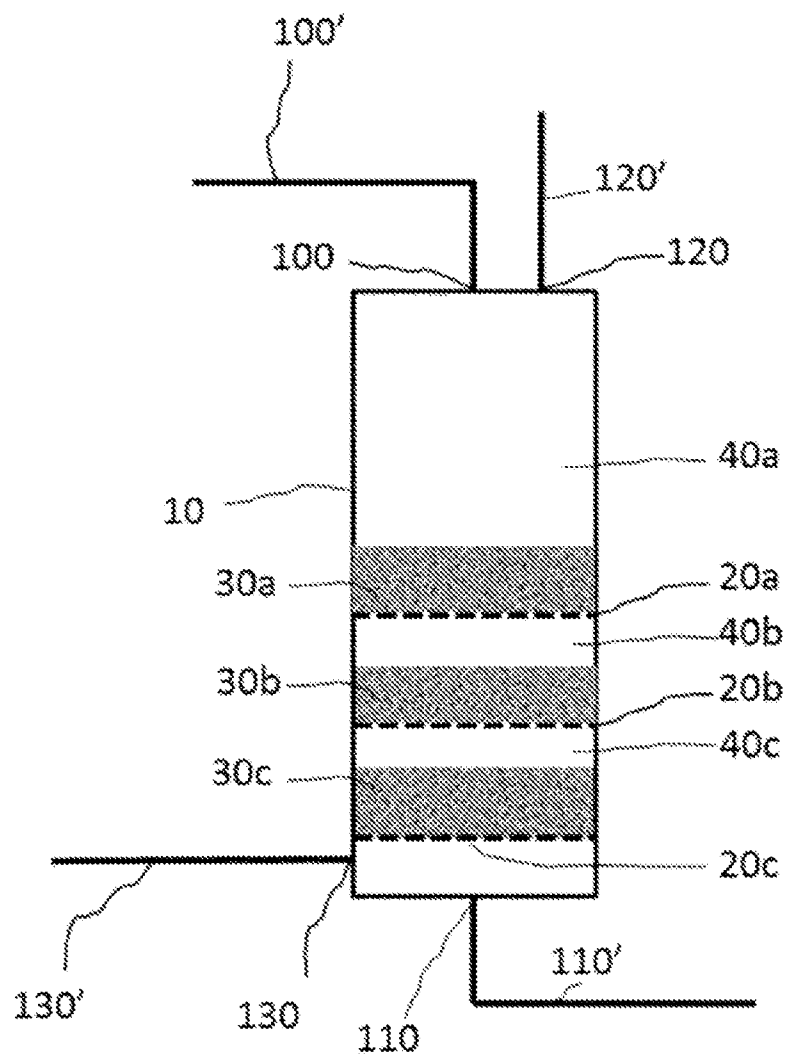
[Fig 7a]



[Fig 7b]



[Fig 8]



[Fig 9]

