



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 742**

51 Int. Cl.:
B01D 24/16 (2006.01)
C02F 1/00 (2006.01)
C02F 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04778021 .8**
96 Fecha de presentación : **02.08.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1680362**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.07.2006**

54 Título: **Aparato y procedimiento de filtración de líquido que incorpora partículas de filtración superflotantes.**

30 Prioridad: **04.08.2003 US 634595**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.05.2011

73 Titular/es: **Steven H. Schwartzkopf**
19825 Kane Court
Saratoga, California 95070, US

72 Inventor/es: **Schwartzkopf, Steven H.**

74 Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 358 742 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

Aparato y procedimiento de filtración de líquido que incorpora partículas de filtración superflotantes.

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención.

10 La presente invención se refiere a un aparato y procedimiento para filtrar partículas de diversos tamaños a partir de líquidos de proceso variados, y más particularmente a un aparato y procedimiento que utiliza un lecho de filtración formado por un medio superflotante que tiene un peso específico mucho menor que la del líquido que se filtra.

2. Descripción de la técnica anterior

15 Una búsqueda preliminar de patentabilidad y novedad con respecto a la invención descrita en este documento ha revelado la existencia de las siguientes patentes de Estados Unidos:

3.067.358	3.469.057	3.678.240
3.709.362	3.962.557	4.032.300
4.198.301	4.383.920	4.387.286
4.415.454	4.417.962	4.608.181
4.743.382	4.839.488	4.865.734
4.883.083	4.952.767	4.963.257
5.030.353	5.122.287	5.126.042
5.178.772	5.217.607	5.227.051
5.232.586	5.573.663	5.747.311
5.770.080	5.833.867	5.932.092
5.945.005	6.015.497	

20 Una revisión cuidadosa de las patentes anotadas anteriormente no ha conseguido revelar el concepto, aparato y procedimiento desvelado en este documento.

25 La necesidad de eliminar partículas, tanto contaminantes como productos, de líquidos de proceso es común a una amplia variedad de procesos. En la siguiente memoria descriptiva, el interés será la eliminación de contaminantes de partículas de líquidos de proceso basados en agua, tales como piscinas, acuarios o efluentes de tratamiento de aguas residuales, del agua desionizada usada durante el mecanizado por descarga eléctrica (EDM) o de disoluciones acuosas tales como los refrigerantes usados durante el mecanizado convencional. Sin embargo, el mismo mecanismo de filtración puede aplicarse a la eliminación de contaminantes de una variedad de otros líquidos de proceso que incluyen pinturas, aceites y líquidos hidráulicos. El mecanismo también puede aplicarse a la filtración y la recogida de materiales de partículas que forman el (los) producto(s) de un proceso y se suspenden en un líquido de proceso.

30 Aunque se ha desarrollado una variedad de procedimientos para eliminar partículas de tales líquidos de proceso, el procedimiento más popular es la filtración con medios. En la filtración con medios, los contaminantes de partículas se extraen del líquido de proceso en una de dos formas, tanto mediante el bombeo del líquido contaminado a través de un elemento permeable unitario, como mediante el bombeo a través de un lecho de filtración que está él mismo compuesto de pequeñas partículas.

35 En la filtración por elemento permeable, el líquido se bombea a través de un elemento que tiene poros o canales que permiten que el líquido pase a través del elemento, pero que evitan el paso de partículas mayores que el diámetro del poro/canal. Los elementos permeables comprenden una variedad de materiales que incluyen tela, papel, cerámica, metal y plástico. Estos elementos filtran el líquido principalmente capturando las partículas de contaminante sobre la superficie del elemento, formándose así una costra o capa de contaminantes sobre la superficie. Como los contaminantes se acumulan sobre la superficie del elemento, el flujo de líquido a través del elemento permeable se reduce debido a que la costra o capa de contaminantes actúa como una obstrucción y debido a que se bloquea un número creciente de poros o canales. A medida que el porcentaje de poros/canales bloqueados aumenta y la costra o capa de contaminantes se vuelve más gruesa, aumenta la presión requerida para mantener una velocidad específica de flujo de líquido a través del elemento. Eventualmente, la presión requerida supera la capacidad de la bomba, o algún otro componente del sistema, y el elemento contaminado debe sustituirse por un nuevo elemento con el fin de mantener el rendimiento deseado del sistema de filtración.

40 Alternativamente puede hacerse un intento por limpiar el elemento de filtración (por ejemplo, lavándolo a contracorriente con líquido limpio o aire) para eliminar los contaminantes acumulados sobre la superficie. Sin embargo, incluso cuando se elimina la acumulación de contaminante sobre la superficie de un elemento tal, normalmente hay partículas de contaminante que quedan depositadas en el elemento permeable de forma que la limpieza no es totalmente satisfactoria respecto de la eliminación. En última instancia, el elemento debe tanto

sustituirse por un elemento nuevo como limpiarse de una forma más rigurosa, es decir, mediante inmersión en una disolución de ácido o base para disolver los contaminantes. Cuanto más frecuentemente se realice tal sustitución del elemento o limpieza rigurosa, más costoso se vuelve este proceso de filtración.

5 A diferencia, el segundo tipo de filtración con medios, concretamente la filtración en lecho, usa un lecho de filtración compuesto por pequeñas partículas tales como arena o tierra de diatomeas, y es uno de los procedimientos convencionales más comunes de eliminación de contaminantes de partículas de líquidos. El filtro de arena usa partículas de arena que tienen aproximadamente 0,35 mm de diámetro y tamaño casi uniforme. Los filtros de tierra de diatomeas usan un material silíceo formado por los esqueletos de pequeñas células de algas marinas
10 (aproximadamente 100 micrómetros [µm] de diámetro) llamadas diatomeas. Tanto los filtros de arena como de tierra de diatomeas usan medios que son sustancialmente más pesados que el líquido de proceso que se filtra, de manera que los medios caen al fondo del recipiente de filtración formando un lecho de medio de filtración. Este lecho puede tener diferente espesor. Nominalmente, en un filtro de lecho convencional, el líquido de proceso es bombeado, o se deja que fluya (mediante gravedad) hacia abajo a través de este lecho de filtración. A medida que el líquido cargado de partículas pasa por el lecho, las partículas se extraen del líquido y el líquido limpio sale por el fondo del lecho.
15

El lecho elimina los contaminantes de partículas mediante uno de dos procesos. Primero, las partículas mayores, que no pueden pasar por los espacios entre los granos del lecho, quedan atrapadas en la superficie superior del lecho. Este efecto filtrante produce una capa o costra (también llamada una torta) de partículas de contaminante grandes que se forma sobre la superficie del lecho, un mecanismo llamado filtración superficial. En realidad, esta torta puede potenciar el rendimiento del lecho ayudando a capturar más partículas de contaminante, que son retenidas en la propia costra, debido a que no pueden pasar por los espacios entre las partículas de contaminante que forman la costra.
20

Segundo, las partículas más pequeñas, que son arrastradas al interior del lecho por el flujo de líquido, son interceptadas por los granos del lecho ya que siguen las enrevesadas rutas de flujo tomadas por el líquido a medida que pasa por el lecho, un mecanismo llamado filtración profunda. Aunque las partículas más pequeñas son capturadas en el material del lecho, las partículas más pequeñas de todas puede que no queden capturadas, ya que pueden continuar fluyendo a través del lecho y salir con el líquido semilimpio por el fondo del lecho de filtración.
25

En última instancia, las partículas secuestradas por el lecho se acumulan, haciendo que sea más difícil que el líquido fluya hacia abajo a través del lecho y, por tanto, la velocidad de flujo disminuye. Entonces aumenta la presión requerida para forzar al líquido por el lecho, y representa una excelente indicación de la necesidad creciente de limpiar el lecho de las partículas acumuladas. La limpieza se logra mediante un proceso de lavado a contracorriente o circulación inversa.
30

Durante el lavado a contracorriente, el líquido limpio es vigorosamente bombeado hacia arriba desde el fondo del lecho de partículas. Este flujo ascendente de líquido hace que el lecho se expanda ligeramente, liberando las partículas capturadas y lavándolas hacia arriba y fuera del lecho. A medida que el lecho se expande, las partículas del lecho tienen menos interferencia entre sí y, por tanto, sedimentan más rápido, correspondientemente a la velocidad de ascenso del flujo del líquido. Este efecto evita que las partículas del lecho sean lavadas del lecho junto con las partículas de contaminante. Las condiciones típicas de lavado a contracorriente son 5 a 15 minutos de duración con el volumen de lecho expandido al 15 al 30%.
35

Aunque los filtros de arena y de tierra de diatomeas se han aplicado satisfactoriamente a una amplia variedad de problemas de filtración, tienen varias limitaciones e inconvenientes. Uno de los problemas más graves implica mantener la homogeneidad del lecho durante la operación. La falta de homogeneidad en el lecho incluye, por ejemplo, grietas que ofrecen regiones de menos resistencia al flujo. Tales grietas conducen a la formación de canales en el lecho, mala distribución del flujo de líquido por el lecho y, por tanto, eliminación de partículas muy baja. Tal falta de homogeneidad también puede permitir que el aire sea atrapado en el lecho, que produce también formación de canales y mala distribución del líquido.
40

Además, el tamaño y la limpieza de las partículas del lecho es extremadamente importante para el éxito del proceso de filtración; un lecho compuesto por partículas grandes permite que números significativos de pequeñas partículas pasen por el lecho de filtración junto con el líquido de proceso. Por otra parte, lechos compuestos por partículas más pequeñas pueden obstruirse rápidamente con pequeñas partículas de contaminante, haciendo así que el lecho de filtración sea ineficaz. Las partículas del lecho también pueden adsorber compuestos orgánicos de los que se alimentan microorganismos. Los microbios que crecen sobre estos compuestos orgánicos pueden unirse a las partículas del filtro y obstruir el lecho, disminuyendo así su eficacia y acortándose el intervalo hasta la limpieza.
45

Para mantener la limpieza se requieren grandes volúmenes de líquido limpio para lavar a contracorriente y limpiar lechos de filtración convencionales, conduciendo a grandes volúmenes de líquido contaminado que deben tratarse o desecharse apropiadamente. Aún cuando el lavado a contracorriente sea bastante eficaz para eliminar muchas de las partículas capturadas por el filtro, algunas partículas pueden adherirse tan fuertemente a las partículas del lecho que son prácticamente imposibles de eliminar. Estos contaminantes residuales reducen la eficacia del filtro y alteran significativamente el rendimiento del filtro. Adicionalmente, el peso específico de las partículas de contaminante es
50
55
60
65

frecuentemente igual a o mayor que el peso específico de las partículas que forman el lecho de filtración. En tales circunstancias es imposible separar las partículas pesadas de contaminante de las partículas del lecho mediante un proceso de lavado a contracorriente y, por tanto, el lavado a contracorriente no es eficaz como procedimiento de limpieza.

5 Por tanto, uno de los problemas más cruciales con estos sistemas, que es conocimiento común para los profesionales de esta técnica, es la ineficacia de los sistemas de lavado a contracorriente para limpiar los medios de filtración (es decir, Amirtharajah, 1978). Como consecuencia, en muchas situaciones, el lecho contaminado no puede limpiarse y en su lugar debe sustituirse por material de lecho nuevo. En realidad, durante la operación normal, tanto los filtros de arena como de tierra de diatomeas requieren que el medio sea desechado después de alcanzarse un cierto nivel de contaminación del medio. En aplicaciones que implican cargas contaminantes de partículas pesadas en el líquido de proceso puede que este medio tenga que sustituirse diaria o semanalmente, lo que no es económico.

10 15 Un procedimiento alternativo de filtración en lecho usa un lecho de filtración compuesto por partículas de medio de filtración flotantes. En este procedimiento, el medio forma un lecho en el que la mayoría de los medios flota justo por debajo de la superficie del líquido de proceso. El líquido de proceso se bombea en el fondo de la cámara de filtración y fluye verticalmente hacia arriba a través del lecho. A medida que el líquido de proceso pasa por el lecho, los contaminantes se filtran del líquido mediante los mecanismos de filtración superficial y profunda descritos anteriormente.

20 Las solicitudes anteriores de este procedimiento de medio flotante para la filtración de agua (por ejemplo, Banks, Hsiung y col.) han descrito el uso de un medio de filtración con un peso específico de 0,7 a 0,8 o mayor. Por ejemplo, en Hsiung y col., el medio se define exactamente como que tiene un peso específico no inferior a 0,8 y "lo más preferentemente" no inferior a 0,9. Banks especifica con precisión el peso específico de los medios flotantes como 0,75 a 0,9, y "sustancialmente igual a 0,90 a 1,0".

25 30 Nominalmente, las partículas del medio flotante usadas en este tipo de aplicación también son de un diámetro mayor que las partículas de medios usadas tanto en filtros de arena como de tierra de diatomeas. Por ejemplo, Hsiung y col. especifican que el diámetro de partícula está preferentemente en el intervalo de 1,5 a 20 mm, a diferencia de los tamaños de partículas de arena (aproximadamente 0,35 mm de diámetro) y tierra de diatomeas (aproximadamente 100 micrómetros (μm) de diámetro). Debido al tamaño relativamente grande de las partículas del medio, estos lechos de filtración de medio flotante no están optimizados para eliminar contaminantes de partículas pequeñas. En general se diseñan para realizar la eliminación de contaminantes de partículas mayores y algún grado de biofiltración del líquido de proceso por la biopelícula bacteriana que se adhiere a las partículas del medio.

35 40 Este sistema de filtración de medio flotante, como se describe en la patente de Hsiung y col., consigue en realidad la óptima operación con el medio en un estado parcialmente limpio. En realidad, Hsiung y col. escriben "...es ventajoso dejar una cierta cantidad de sólidos depositados en un filtro de medio flotante ya que los sólidos reducen el tamaño de los poros del filtro y ayudan en la filtración". Este requisito se denomina frecuentemente en lo sucesivo "maduración" del filtro, y significa que una porción significativa de la capacidad de filtración alcanzada por Hsiung y col. es proporcionada por las partículas de contaminante que fueron previamente filtradas y retenidas por el medio o la biopelícula microbiana que cubre el medio.

45 50 El requisito de usar un lecho de medio de filtración "madurado" establece que el rendimiento y la operación del lecho de medio no pueden caracterizarse o predecirse con exactitud, ya que ambos dependen de la cantidad y la naturaleza del (de los) material(es) contaminante(s) previamente depositado(s) sobre las partículas de medio flotante durante el proceso de maduración. Esta falta de operación previsible hace que sea muy difícil o imposible desarrollar un diseño óptimo para este tipo de filtro.

55 Además, el lavado a contracorriente debe realizarse de un modo suave para preservar la capa "madurada" sobre el medio de filtración: si el lavado a contracorriente es especialmente vigoroso, las partículas que estaban adhiriéndose al medio flotante se eliminarán del medio y, por tanto, se perdería una parte de la capacidad de filtración del medio flotante. Esta capacidad no puede recuperarse hasta que el filtro haya "madurado" filtrando otra vez una cantidad suficiente de partículas de contaminante y reteniéndolas en el medio de filtración con el fin reponer la pérdida.

60 Por tanto, el lavado a contracorriente se realiza normalmente mediante agitación suave del lecho con burbujas de aire introducidas por debajo del lecho y permitiendo que fluyan hacia arriba a través del lecho o mediante corrientes suaves de agua dirigidas en el lecho para agitar y sacar algunas de las partículas de contaminante adherentes. Acompañado del flujo normal o reducido de líquido de proceso por el lecho de medio flotante, estos procedimientos de lavado a contracorriente sólo lavan una parte de los contaminantes retenidos del lecho de filtración.

65 El sistema de lavado a contracorriente descrito por Hsiung y col. es del tipo que usa inyección de aire y el flujo normal de líquido de proceso bruto para lavar partículas en exceso fuera del medio. Debido a que las partículas flotantes del medio tienen un peso específico próxima a la del agua, para estos mecanismos de agitación suave es fácil mover el medio principalmente sumergido alrededor del líquido de proceso y, por tanto, sacar algunas de las

partículas de contaminante que se adhieren al medio. Por consiguiente, estos mecanismos proporcionan el grado de limpieza mínimo requerido del lecho de medio de filtración. Usando este procedimiento de lavado a contracorriente, la cantidad de sólidos lavada del medio flotante depende del volumen de lavado total. Sin embargo, debido a que las partículas del medio tienen un peso específico próxima a la del agua, se mueven fácilmente por el mecanismo de lavado a contracorriente, y no pueden limpiarse a fondo.

El documento JP10028817 (por Tepitsukusu) describe otro procedimiento para lavar material de filtración flotante en el que un fluido de limpieza se suministra desde una boquilla de limpieza y se inyecta hacia la parte superior del cuerpo principal de filtro. El medio de filtración flotante se mueve verticalmente durante el proceso de lavado.

Desafortunadamente, los problemas encontrados en el uso de medios no flotantes de pequeño diámetro, tales como arena o tierra de diatomeas, se agravan cuando se usan medios flotantes de pequeño diámetro. Debido al alta área superficial de los medios de pequeño diámetro, las partículas de contaminante que llenan los intersticios entre las partículas del medio pueden comportarse como una cola que hace que las partículas del medio se adhieran entre sí y formen terrones que conducen a la formación de faltas de homogeneidad dentro del lecho (justamente como el problema que se produce en medios no flotantes de pequeño diámetro). Debido a que los sistemas de lavado a contracorriente deben ser de naturaleza relativamente suave para que el filtro retenga su estado "madurado", estas faltas de homogeneidad no pueden eliminarse del lecho, y disminuye el rendimiento del lecho. Este problema establece que el medio de filtración de diámetro pequeño no puede usarse en aplicaciones de medios flotantes debido a que el propio proceso de maduración limita gravemente la eficacia del lecho de filtración.

Además, para ahorrar costes, muchos de estos sistemas de filtración de medio flotante no emplean una bomba de lavado a contracorriente separada o sistema de almacenamiento de agua de lavado a contracorriente. Como resultado se usa líquido de proceso bruto para lavar a contracorriente el medio del lecho. En estos diseños, la máxima limpieza de las partículas del medio no puede lograrse debido a que no se utilizan una bomba aislada separada y un sistema de almacenamiento de líquido de proceso para proporcionar una fuente de líquido de proceso limpio para lavar a contracorriente. Por tanto, aunque tales filtros de medio flotante tengan características deseables para aplicaciones de filtración específica, no vencen las desventajas anteriormente mencionadas de filtros de lecho de medio convencionales.

En vista de las desventajas anteriores con aparatos y procedimientos convencionales, el principal objeto de la presente invención es vencer las desventajas anteriormente tratadas asociadas a los sistemas de filtración de líquido en medio anteriores.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato y procedimiento de filtración de líquido que incorpore un lecho de filtración formado por partículas superflotantes que tengan un peso específico inferior a la mitad de la del líquido que se filtra.

Otro objeto adicional de la invención es proporcionar un aparato de filtración de líquido que incorpore un lecho de filtración que flota sobre el líquido que va a filtrarse.

Otro objeto más de la invención es proporcionar un sistema de filtración nuevo y mejorado para la eliminación de contaminantes de líquidos de proceso que incorpore un lecho de filtración de lavado a contracorriente de alta eficiencia.

Otro objeto más de la invención es la provisión de un aparato y procedimiento de filtración de líquido que en un aspecto incorpora un par de carcasas de filtración conectadas en paralelo.

Otro objeto adicional de la invención es la provisión de un aparato y procedimiento de filtración de líquido que en otro aspecto incorpora un par de carcasas de filtración conectadas en serie.

La invención incluye otros objetos y características ventajosas, algunos de los cuales, junto con lo anterior, serán evidentes a partir de la siguiente descripción y dibujos. Debe entenderse que la invención no se limita a las realizaciones ilustradas y descritas ya que puede realizarse en diversas formas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

RESUMEN DE LA INVENCION

La invención desvelada en este documento supera las desventajas encontradas con los sistemas de filtración de lecho anteriores proporcionándose un aparato de filtración que incorpora un medio de filtración superflotante que tiene un peso específico sustancialmente muy inferior al del líquido de proceso que se filtra. Este requisito permite que la mayoría del medio flote sobre la parte superior del líquido de proceso.

A diferencia, como se ha descrito anteriormente, los filtros de "medio flotante" previamente descritos usan medios de filtración que están en la flotabilidad neutra o cerca de esta en el líquido de proceso y, por tanto, flotan con la mayoría de los medios justo por debajo de la superficie del líquido de proceso. Por ejemplo, Hsiung y col. definen

específicamente medios de filtración flotantes que tiene un peso específico de no menos de 0,8 y “lo más preferentemente” no menos de 0,9. Usando un valor de gravedad específica de 0,9, la cantidad de una partícula de medio flotante que flota encima de la superficie del líquido de proceso puede calcularse usando principios físicos fundamentales.

5 Basándose en un peso específico de 0,9, una esfera de 1 centímetro cúbico de volumen tendrá una masa de 0,9 gramos. Si esa esfera se coloca en agua, desplazará 0,9 centímetros cúbicos de volumen. Este desplazamiento significa que 0,1 centímetros cúbicos de la esfera, o el 10%, serán visibles por encima de la superficie del agua como se muestra en la Figura 1, despreciando la tensión superficial y otros efectos descritos más adelante. Por tanto, el 90% de la esfera del medio flotante estará en realidad sumergida debajo de la superficie del agua. Si se apilan entre sí varias esferas en la parte superior para aumentar el espesor de la capa de medio, la relación sigue siendo la misma, de forma que el 90% del espesor del medio todavía estará sumergido en el agua y el 10% se estará expuesto encima del agua.

15 A diferencia de los medios flotantes, los medios superflotantes forman una masa en la que la mayoría de los medios flotan sobre la parte superior del líquido de proceso (es decir, en la que los medios tienen un peso específico inferior a la mitad de la del líquido de proceso). Por claridad, esta diferencia se ilustra en la FIG. 1. El uso de medios superflotantes que flotan principalmente sobre la superficie superior del líquido de proceso es una característica de diseño que proporciona capacidades únicas no proporcionadas por los diseños de filtros de medio flotante descritos en Hsiung, y col., Banks, Muller y col., o cualquiera de los otros sistemas de filtración previamente descritos.

20 Debe enfatizarse que la distinción entre medio de filtración que flota sumergido por debajo de la superficie del líquido de proceso y medio de filtración que flota sobre la superficie del líquido de proceso es crítica en la determinación de las características de operación únicas de cada tipo de filtro. Por ejemplo, si se usan medios flotantes en agua, el medio de filtración (A en FIG. 1) se comporta principalmente como si fuera parte de la masa del agua. Por tanto, cualquier movimiento horizontal del agua que contiene tal medio arrastra el medio junto con ella. Una inyección de burbujas de aire en un lecho de medio tal también moverá las partículas del medio debido a que están muy próximas a la flotabilidad neutra, y esta flotabilidad neutra hace que sean fáciles de mover.

25 A diferencia, las partículas superflotantes del filtro de medio (B en FIG. 1) no se comportan como si fueran parte de la masa del líquido de proceso. Por el contrario, forman una masa que flota sobre la superficie del líquido de proceso, en gran parte independiente de y aislada de los movimientos del líquido de proceso de debajo. Los movimientos horizontales del líquido debajo del medio superflotante flotante no tienen prácticamente efecto sobre el medio y, por tanto, tales movimientos no tienden a producir el movimiento significativo del lecho de medio superflotante. En esencia, el medio superflotante descrito en este documento se comporta muy similarmente a la flotación de corcho sobre una superficie de agua.

30 Para lograr este efecto, las partículas de medio superflotante deben tener un peso específico nominal inferior al 50% del peso específico del líquido de proceso que va a filtrarse. En la práctica, la utilización de un medio superflotante con el peso específico más baja posible maximiza la eficacia de tanto los mecanismos de filtración como de lavado a contracorriente. Por ejemplo, en la filtración de contaminantes de partículas de agua, el buen rendimiento puede lograrse cuando el peso específico del medio de filtración superflotante es inferior a o igual a aproximadamente 0,25-0,35, pero el mejor rendimiento se logra cuando el peso específico del medio superflotante está en el intervalo de 0,01 a 0,05. Este medio superflotante se selecciona normalmente de materiales tales como plásticos de bajo peso (por ejemplo, poliestireno expandido) o microesferas huecas formadas a partir de vidrio o cerámica.

35 El uso de un medio superflotante de ese tipo asegura que casi todo el lecho formado por el medio de filtración flote sobre la parte superior de la superficie del agua, estando sólo una cantidad mínima del medio sumergida por debajo de la superficie del líquido (FIG. 1). Esto es completamente diferente del comportamiento físico de los lechos de filtración compuestos por partículas de medio flotante previamente descritos. También son completamente poco probables los lechos de filtración de arena y tierra de diatomeas descritos anteriormente para la filtración del agua, no teniendo ningún tipo flotabilidad en agua.

40 Debido a las diferencias significativas en el peso específico entre el medio y el líquido de proceso, el medio superflotante produce un medio altamente ventajoso para separar naturalmente gravimétricamente tanto medio de filtración limpio y contaminado como el líquido de proceso en “fases” separadas. Esta separación espontánea natural es crucial para tanto preservar el rendimiento del lecho de filtración como para mantener la eficacia de lavado a contracorriente de forma que cada ciclo de lavado a contracorriente produzca un lecho de filtración reproduciblemente limpio para asegurar un rendimiento del filtro previsible uniforme.

45 La singularidad del enfoque de medios superflotantes procede del hecho de que cuando se usa tal medio de filtración superflotante, las fuerzas totales que actúan sobre el medio producen una separación gravimétrica espontánea natural del medio de filtración y el líquido de proceso en dos fases diferentes. Esto produce del mismo modo que una mezcla bien agitada de aceite y agua se separe naturalmente en dos fases distintas cuando se deja que una mezcla de las dos alcance un equilibrio estático. Por tanto, el medio superflotante de filtración aquí descrito es uno de sus aspectos más novedosos y únicos ya que proporciona un procedimiento para separar naturalmente,

fácilmente y eficientemente el medio de filtración y atrapar contaminantes del líquido de proceso.

Como se ha descrito anteriormente, la implementación del procedimiento de medio superflotante requiere que el medio de filtración flote principalmente sobre la superficie del líquido de proceso. Este requisito se satisface principalmente seleccionando medios que son mucho más ligeros en densidad que el líquido de proceso. Por tanto, la selección del medio apropiado para implementar este procedimiento de filtración debe establecerse inicialmente por el peso específico del líquido de proceso. Sin embargo, la selección de medios con un bajo peso específico no es siempre suficiente para identificar un medio de filtración óptimo para la filtración de un líquido de proceso específico. Otros factores también pueden influir en la eficacia del medio superflotante como un filtro para un líquido de proceso dado y, por tanto, también deben considerarse en la selección del tipo de medio de filtración.

Uno de los factores adicionales en la selección de medios superflotantes es la atracción entre el medio de filtración y el líquido de proceso. Por ejemplo, si el líquido de proceso es agua, el medio de filtración hidrófilo (que tiende a maximizar el contacto superficial con el agua) se comportará de una forma más diferente que el medio de filtración hidrófobo (que tiende a minimizar el contacto superficial con el agua). Debido al efecto atractivo, el medio hidrófobo y el líquido de proceso tienden a separarse en dos fases más rápidamente. Como consecuencia, conjuntamente con los efectos de flotabilidad descritos anteriormente, el medio superflotante hidrófobo normalmente proporciona un mejor filtro en agua o un líquido de proceso basado en agua que el medio hidrófilo.

El segundo factor en la selección del tipo de medio de filtración superflotante es la atracción de partículas del medio de filtración entre sí. Si, por ejemplo, hay una débil atracción electrostática entre las partículas del medio de filtración, las partículas tienden a adherirse entre sí. Como consecuencia, mediante la selección del material del medio (por ejemplo, plástico, cerámica o vidrio), este efecto electrostático puede utilizarse para ayudar al medio de filtración en la formación de una masa coherente que flota mejor sobre la superficie del líquido de proceso, además de ayudar en la atracción y la eliminación de partículas de contaminante del líquido de proceso. Sin embargo, si la atracción electrostática entre las partículas del medio es demasiado grande, las partículas tenderán a pegarse entre sí demasiado fuertemente, formándose así terrones que pueden producir faltas de homogeneidad en el lecho o interferir con la eliminación de contaminantes del lecho durante el lavado a contracorriente. En este último caso puede ser necesario incluir en la carcasa del filtro un medio para moler eléctricamente el medio para eliminar la carga.

El tercer factor que va a considerarse es la forma geométrica de las partículas del medio de filtración. El lecho de filtración generalmente trabaja mejor cuando las partículas del medio tienen una forma uniformemente esférica ya que su forma permite el empaquetamiento más eficaz de las partículas del medio. Las desviaciones de una forma esférica pueden conducir a faltas de homogeneidad en el lecho, que a su vez pueden disminuir la eficacia de filtración y complicar significativamente la limpieza del medio.

El factor final que debe tenerse en cuenta en la selección del tipo de medio superflotante es la naturaleza del líquido de proceso y las condiciones físicas bajo las que opera el proceso. Los profesionales de la materia reconocerán fácilmente que hay muchos disolventes orgánicos en los que se disolvería un medio de filtración de plástico y, por tanto, no serían adecuados. En tales casos se establece el uso de microesferas de cerámica o de vidrio. En otros casos, tales como ácidos o bases fuertes, el líquido de proceso es extremadamente corrosivo y deben usarse microesferas de plástico o de vidrio resistentes a la corrosión. En algunos casos, el líquido de proceso puede operar a temperaturas o presiones elevadas que degradarían rápidamente algunos tipos de medios de filtración de plástico, y se requerirían microesferas de cerámica.

En algunas situaciones, una vez se ha seleccionado un medio superflotante basándose en los factores descritos anteriormente, puede que todavía no sea óptimo para la filtración de un líquido de proceso particular. En estas situaciones puede ser posible modificar el medio de manera que rinda mejor. Por ejemplo, puede alterarse la superficie de las partículas del medio superflotante sometiendo las partículas a diversos tratamientos físicos o químicos que incluyen alta temperatura, alta presión, decapado químico, etc. Estos tratamientos pueden modificar la superficie de las partículas del medio, por ejemplo, haciendo que sea más o menos hidrófoba en algunos casos o más o menos hidrófila en otros. También es posible aplicar un recubrimiento de polímero a estas partículas del medio. Tales recubrimientos de polímero pueden determinar las propiedades superficiales del medio directamente, o los recubrimientos pueden contener productos químicos incorporados adicionales que produzcan diferentes propiedades superficiales para el medio. Estos productos químicos incorporados pueden seleccionarse para optimizar aspectos específicos del medio superflotante, afectando así al modo en el que funciona el filtro.

Una vez se ha seleccionado el tipo de material del medio superflotante basándose en el peso específico del líquido de proceso y las otras características explicadas resumidamente anteriormente es esencial determinar el intervalo de tamaño deseable de las partículas de medio superflotante. Idealmente, las partículas de medio superflotante deberían ser tan pequeñas como sea posible, y deberían elegirse basándose en el tamaño de los contaminantes que van a eliminarse. El medio candidato está actualmente disponible en diámetros tan pequeños como de 10 μm y de hasta varios cm.

El rendimiento del filtro también se ve influido por el espesor de la capa de medio. El uso de lechos más gruesos

compuestos por partículas de medio de mayor diámetro ofrece generalmente buena filtración profunda. El uso de lechos más delgados compuestos por partículas de medio de menor diámetro ofrece generalmente buena filtración superficial. Mezclando diversos diámetros de partículas de medio y ajustando el espesor del lecho, la eficiencia del lecho de filtración puede adaptarse para cumplir una variedad de problemas de filtración. Sin embargo, el uso de lechos de medio de diámetro menor o de medio más grueso lleva una penalización de potencia ya que se requiere una bomba de alta presión más potente para forzar al líquido de proceso por un lecho de medio superflotante tal. Para resistir a la presión requerida para mover el líquido de proceso por estos lechos se usa un "sándwich" multicomponente fuerte como contención 16 del lecho (FIGS. 2, 3). En ambas FIGS. 2 y 3, una placa 16a de metal perforada proporciona soporte para la contención 16 del lecho. Una capa intermedia de tamiz 16b grueso proporciona soporte adicional, además de facilitar el paso del líquido de proceso por la contención 16 del lecho. La capa final del "sándwich" es tanto un tamiz 16c de malla muy fina (FIG. 2) para el medio de filtración medio o grueso como una lámina de material 16d de metal o plástico permeable (FIG. 3) para el medio de filtración fino.

En algunas situaciones, una fina capa de medio superflotante es una elección preferible para filtrar líquido de proceso. En estas situaciones puede ser necesario asegurar una capa de medio uniformemente delgada añadiendo una rejilla 16e anular (FIG. 4) a la contención 16 del lecho descrita anteriormente. Como se ha descrito anteriormente, esta contención 16 del lecho consiste en una placa 16a de metal perforada, una capa intermedia de tamiz 16b grueso y una capa final de tamiz fino (no mostrado) o una lámina de material 16d de metal o plástico permeable. La rejilla 16e anular, en combinación con el flujo dirigido del líquido de proceso, u ocasionalmente conjuntamente con otros mecanismos de rotación mecánica, ayuda en el mantenimiento de una capa de medio fina uniforme para maximizar la filtración superficial proporcionada por los medios. También pueden usarse otros diseños de rejilla (por ejemplo, en las que el área abierta está llena de pequeñas celdas rectangulares o hexagonales en vez de una única área abierta central grande) para ayudar en la maximización de la cantidad de filtración superficial lograda.

Medios más pequeños y lechos más gruesos también dificultan más la limpieza del filtro cuando está cargado de contaminantes. Sin embargo, el uso de medio superflotante proporciona una ventaja importante y única en el proceso de limpieza de tales lechos de filtración para eliminar contaminantes atrapados.

La forma más eficaz para limpiar un lecho de filtración de medio superflotante es usar una pulverización rigurosa de líquido de proceso limpio, a la vez que se fuerza a que todo el lecho se mueva por la pulverización (FIGS. 5A-5F). Empezando con un filtro de operación normal (FIG. 5A) en el que el líquido de proceso está fluyendo hacia arriba a través del lecho 14 de medio, la limpieza se lleva a cabo cortando primero el flujo de fluido de proceso por el filtro y luego drenando el fluido de proceso de la carcasa 13 del filtro (FIG. 5B), reduciéndose así el nivel de líquido de proceso en la carcasa 13 del filtro hasta que el lecho 14 de filtración completo esté por debajo de la(s) boquilla(s) 44 de pulverización de lavado a contracorriente. A continuación, la válvula de drenaje (no mostrada) se cierra y se enciende la pulverización 15 de lavado a contracorriente de líquido de proceso limpio (FIG. 5C). A medida que se acumula en la carcasa, el nivel de líquido de proceso asciende en la carcasa 13 del filtro (FIG. 5D). A medida que asciende el nivel de líquido de proceso en la carcasa del filtro, el medio 14 superflotante (que flota sobre la superficie del líquido de proceso ascendente) también asciende (FIG. 5E). Esto fuerza a que todo el medio en el lecho 14 de filtración pase por la intensa pulverización 15 de lavado a contracorriente que quita cada partícula del medio y lava cualquier contaminante adherente, asegurándose así que cada partícula del medio se limpie muy a fondo. La pulverización 15 de lavado a contracorriente continúa hasta que el nivel del líquido de proceso en la carcasa del filtro haya ascendido por encima de la boquilla 44 de lavado a contracorriente (FIG. 5F). En el proceso de limpieza, todos los contaminantes capturados por el lecho 14 de medio se lavan hasta el fondo de la carcasa 13 del filtro para la eliminación. Aunque normalmente es suficiente un ciclo de lavado a contracorriente para limpiar un lecho de medio superflotante, esta secuencia de lavado a contracorriente puede repetirse tantas veces como se requiera para proporcionar el nivel deseado de la limpieza del medio. La cantidad de líquido de proceso limpio requerida para un único lavado a contracorriente es normalmente no más de 2-3 veces el volumen del lecho de medio de filtración.

También debe observarse que, aunque en las realizaciones descritas más adelante la carcasa del filtro se suponga que es de forma cilíndrica, pueden seleccionarse otras formas de carcasa para aplicaciones específicas para aumentar una o ambas de la eficiencia de filtración o la eficiencia de lavado a contracorriente. En la FIG. 6 se representan varias carcasas 13a-13c no cilíndricas alternativas. Todas estas alternativas proporcionan un área de filtración más grande y una sección 10 de lavado a contracorriente "cuello abajo". Estas características potencian el área total del medio superflotante disponible para la filtración, además de proporcionar un medio de concentración de la pulverización de lavado a contracorriente para aumentar su eficacia de limpieza.

El mecanismo de lavado a contracorriente novedoso descrito en este documento hace posible quitar y limpiar a fondo un medio de filtración de diámetro pequeño, proporcionándose así un nivel de limpieza sin precedentes en los medios lavados a contracorriente. Como consecuencia, el medio no tiene que desecharse con tanta frecuencia como en los filtros previos que usaban medios no flotantes de diámetro pequeño, haciéndose así el diseño del filtro de medio superflotante significativamente más económico de operar, además de más eficiente en la eliminación de contaminantes.

El lecho de medio superflotante limpio retiene sus características de filtración iniciales y se realiza de una forma

repetible después de cada ciclo de lavado a contracorriente, todos sin requerir ningún tipo de “maduración”. La vida del medio también se prolonga muy significativamente con respecto a lo experimentado con medios no flotantes. Además, debido a la alta eficiencia del mecanismo de lavado a contracorriente, se genera muy poco líquido de proceso residual cargado con partículas. Por tanto, este procedimiento de lavado a contracorriente único novedoso proporciona una capacidad que estaba faltando en la tecnología de la filtración, un procedimiento que no ha sido tratado directamente por ninguna patente existente conocida ni por ningún producto conocido en el mercado.

Durante la operación normal, el líquido que va a filtrarse se extrae de un tanque de proceso o corriente de proceso y se bombea a presión por una o más carcavas del filtro que contienen el medio de lecho superflotante anteriormente mencionado. El líquido que se filtra se bombea en la carcava seca por el fondo, eleva el lecho de filtración por flotación hasta una posición en la que se contiene adicionalmente la elevación y luego asciende a través del medio del lecho contenido, saliendo de la carcava del filtro por la parte superior.

Una válvula en la línea de salida en la parte superior de la carcava dirige el líquido filtrado tanto de nuevo al tanque o corriente de proceso como a un tanque de almacenamiento de líquido limpio. Un pequeño tanque de almacenamiento en el sistema de filtración proporciona un volumen de líquido filtrado para uso en el lavado a contracorriente del medio filtrado para limpiarlo eliminando las partículas que filtra del líquido de proceso. Una válvula en la línea de entrada está cerrada cuando se realiza el lavado a contracorriente para evitar el flujo de retorno de líquido contaminado en la corriente de proceso. Una segunda válvula, en la línea de drenaje de salida, está abierta para dirigir el líquido “sucio” a una cámara de almacenamiento en la que se recoge hasta que pueda disponerse o reciclarse apropiadamente.

En un aspecto de la misma, la presente invención se refiere a un aparato para filtrar contaminantes de partículas de corrientes de proceso de líquido contaminado tales como, a modo de ejemplo, de agua desionizada usada durante el mecanizado por descarga eléctrica. El aparato incluye una bomba primaria con una entrada de líquido de la corriente de proceso o tanque de almacenamiento de proceso y una salida de líquido al filtro que aloja una cámara. La cámara de filtración incluye una entrada de líquido de la bomba primaria y una salida de líquido que devuelve el líquido filtrado a la corriente de proceso o a un depósito de líquido de proceso limpio. La cámara de filtración contiene el lecho de filtración que hace de filtro para eliminar las partículas de la corriente de proceso.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un aparato de filtración de líquido que incluye un lecho de filtración compuesto por un medio de partículas que tiene un peso específico sustancialmente menor que la del líquido de proceso que va a filtrarse. El tamaño de partícula y la naturaleza de este medio del lecho se determinan por la identidad del líquido de proceso que va a filtrarse. A medida que el líquido de proceso se bombea a través este lecho de filtración, los contaminantes de partículas son filtrados del líquido por uno o ambos de los procedimientos anteriormente mencionados.

En un tercer aspecto de la misma, la presente invención se refiere a un aparato de filtración de líquido que incluye un sistema de lavado a contracorriente que incorpora un depósito de lavado a contracorriente para almacenar líquido de proceso limpio para el lavado a contracorriente, una bomba de lavado a contracorriente, una única o una pluralidad de boquillas de lavado a contracorriente, una válvula de lavado a contracorriente y un depósito de recogida de líquido/partículas residuales de lavado a contracorriente. Durante el ciclo de lavado a contracorriente, el líquido de proceso limpio guardado se extrae del depósito de lavado a contracorriente mediante la bomba de lavado a contracorriente y se fuerza por la(s) boquilla(s) de pulverización. Esta pulverización de lavado a contracorriente, conjuntamente con la apertura y el cierre por turnos de la válvula de lavado a contracorriente en el fondo de la cámara de filtración, sirve para limpiar eficientemente los contaminantes de partículas filtrados del lecho y lavarlos en el depósito de recogida de líquido/partículas residuales.

Lo anteriormente mencionado y otras características y objetos de la invención y el modo de obtenerlos serán evidentes y la invención se entenderá mejor por referencia a la siguiente descripción de realizaciones preferidas de la invención tomadas conjuntamente con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de la diferencia entre partículas de medio flotante (A) y partículas de medio superflotante (B) cuando las partículas están colocadas en el líquido de proceso que va a filtrarse.

La FIG. 2 es una vista esquemática que presenta una vista detallada de las placas que sujetan el lecho de filtración para el medio de filtración grueso y medio (diámetro de partícula medio del medio superior a 100 micrómetros [100 μm] de diámetro).

La FIG. 3 es una vista esquemática que presenta una vista detallada de las placas que sujetan el lecho de filtración para medio de filtración fino (diámetro de partícula medio del medio inferior a 100 micrómetros [100 μm] de diámetro).

La FIG. 4 es una vista esquemática que presenta una vista detallada de las placas que sujetan el lecho de filtración para medio de filtración fino (diámetro de partícula medio del medio inferior a 100 micrómetros [100 μm] de

diámetro), que incorporan una rejilla anular para controlar el espesor del lecho.

Las FIGS. 5A-5F son una vista esquemática del proceso de lavado a contracorriente que ilustra las diversas relaciones de posición del lecho de filtración con respecto a la boquilla de pulverización de lavado a contracorriente durante un ciclo de filtración y de lavado a contracorriente completo según la presente invención.

La FIG. 6 es una ilustración en sección transversal en diagrama de varias carcassas del filtro de forma diferente que tienen grandes áreas superficiales para retener el medio superflotante y áreas más estrechas que concentran la pulverización de lavado a contracorriente para proporcionar la máxima limpieza del medio.

La FIG. 7 es una vista esquemática del aparato completo para filtrar partículas de un líquido de proceso según la presente invención.

La FIG. 8 es una vista esquemática del aparato para filtrar partículas de un líquido de proceso utilizando carcassas del filtro dobles conectadas en un sistema de filtración de flujo en paralelo según la presente invención.

La FIG. 9 es una vista esquemática del aparato para filtrar partículas de un líquido de proceso utilizando carcassas del filtro dobles conectadas en un sistema de filtración de flujo en serie según la presente invención.

La FIG. 10 es una vista esquemática del aparato de filtración que incorpora un reactor generador de iones hidroxilo intermedio que funciona para precipitar iones metálicos disueltos antes de fluir a través del lecho de filtración para permitir el filtrado de precipitados del mismo de un líquido de proceso que utiliza el sistema de filtración de flujo en serie del filtro doble ilustrado en la FIG. 9.

Los números de referencia correspondientes indican partes correspondientes en las distintas vistas de los dibujos. La ejemplificación en este documento ilustra realizaciones preferidas de la invención en formas específicas de la misma, y tales ejemplificaciones no deben interpretarse como limitantes del alcance de la divulgación o el alcance de la invención como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

Descripción de las realizaciones preferidas

Realización de una única carcasa del filtro

En esta realización (FIG. 7), un sistema de control central designado generalmente por el número 54 se usa para monitorizar los sensores instalados en el sistema de filtración, y para "ENCENDER" y "APAGAR" todos los actuadores (bombas y válvulas) requeridos para accionar el sistema. Este sistema de control puede operarse tanto por conmutadores manualmente accionados como por conmutadores electrónicos activados por un microprocesador integrado. Aunque el uso de un microprocesador hace que el sistema sea algo más complejo, permite una operación más eficiente del sistema, además de proporcionar una capacidad de operación sin vigilancia durante periodos en los que no está disponible personal para controlar manualmente el sistema.

Durante la operación normal, el líquido de proceso que va a filtrarse se extrae de un depósito 2 conectado por un conducto 3 a una cámara 4 de cebado de la bomba. Alternativamente, el líquido también puede extraerse directamente de una corriente de líquido de proceso. Aunque no es totalmente requerido, el uso de la cámara 4 de cebado de la bomba ayuda a prolongar la vida de la bomba 7 de líquido primaria, asegurándose que la bomba no funcione "en seco". El funcionamiento "en seco" (es decir, funciona sin líquido en el cabezal de la bomba) puede dañar la bomba.

A medida que se saca líquido de la cámara 4 de cebado de la bomba mediante un conducto que conecta la cámara 4 de cebado de la bomba con la bomba 7 de fluido primaria se crea un vacío parcial en la cámara 4 de cebado de la bomba y, por tanto, en el conducto 3 que conecta el depósito 2 con la cámara 4 de cebado. El vacío saca líquido de proceso del depósito y establece un flujo de suministro del líquido de proceso a la bomba 7 primaria. A medida que el líquido sale de la bomba 7 primaria, es bombeado por un conducto 8 a una válvula 9 normalmente abierta y a un conducto 11 de conexión que une con la carcasa 13 del filtro cilíndrica mediante la entrada 12 de la carcasa del filtro. Debe entenderse que cuando las válvulas se diseñan en este documento, tales válvulas pueden activarse manualmente o activarse electrónicamente, y preferentemente lo último.

Después de pasar por la entrada 12 de la carcasa del filtro, el líquido que fluye se propaga y fluye hacia arriba a través de la carcasa 13 del filtro, haciendo que el lecho 14 de filtración, que flota sobre la parte superior del líquido, ascienda en la carcasa 13. El lecho 14 de filtración consiste en partículas superflotantes de diámetro pequeño que tienen un peso específico sustancialmente inferior a la del líquido que se filtra, y están seleccionadas para estar dentro de un intervalo de tamaño específico, teniendo nominalmente un diámetro entre 0,1 micrómetros y 25,4 mm. El tamaño y la composición del material de las partículas del lecho de filtración, además del volumen del lecho y el área de filtración, se determinan mediante los requisitos de filtración del líquido de proceso que incluyen el tamaño y la naturaleza de las partículas que van a eliminarse del líquido de proceso. Las partículas superflotantes que componen el lecho de filtración están normalmente formadas por materiales de plástico, vidrio o cerámica, pero en

cualquier caso estas partículas deben tener un peso específico inferior a la mitad de la del líquido de proceso que se filtra.

5 A medida que el líquido de proceso fluye en la carcasa 13 del filtro, el nivel del líquido de proceso asciende en la carcasa. El lecho 14 de medio superflotante, que está flotando sobre el líquido de proceso ascendente, asciende hasta que eventualmente toca el soporte 16 del lecho próximo a la parte superior de la carcasa del filtro. Este soporte contiene [retiene] el medio del lecho y evita que suba más en la carcasa 13 y que fluya fuera de la carcasa 13 del filtro junto con el líquido que se filtra. Aunque se evita que el propio lecho 14 de filtración ascienda más en la carcasa 13, el líquido de proceso continúa ascendiendo y fluye a través del lecho 14 de filtración a medida que es bombeado en la carcasa 13 por la bomba 7 primaria.

10 A medida que asciende el nivel de líquido, el líquido se filtra a medida que fluye hacia arriba a través del lecho 14 de filtración y luego a través del soporte 16 del lecho y en la parte superior de la carcasa del filtro. Por tanto, el soporte 16 del lecho también proporciona una barrera de filtración final a las partículas llevadas en el líquido. El soporte 15 del lecho está nominalmente formado por un "sándwich" multicapa (FIG. 2) que comprende una placa 16a de metal perforada y dos o más capas de tamiz 16b y 16c. Alternativamente (FIG. 3), el "sándwich" también puede comprender la placa 16a de metal perforada anteriormente mencionada con una única capa de tamiz 16b, y una capa de material 16d de membrana semipermeable o de plástico permeable sinterizado o de metal.

20 La selección de estas capas constituyentes depende del tamaño de las partículas del lecho de filtración. El tamiz 16c de malla fina o la capa 16d de membrana está posicionado en la cara inferior del soporte 16 del lecho inmediatamente a continuación del medio del lecho de filtración. Un tamiz 16b de malla media está posicionado en el centro para proporcionar soporte estructural a la capa fina, y el metal 16a perforado es el último y proporciona rigidez estructural a todo el montaje del soporte. El material fino, tanto el tamiz 16c como la membrana 16d permeable, es preferentemente la capa que se pone directamente en contacto con el medio 14 del lecho de filtración. Las otras capas sirven para proporcionar soporte estructural y potenciar el flujo de líquido a través del soporte 16 del lecho. Este diseño de múltiples capas proporciona la resistencia necesaria para retener el medio 14 del lecho bajo las presiones de filtración de trabajo que pueden ser, por ejemplo, de $5,171 \times 10^5$ Pa (75 psi) a $10,342 \times 10^5$ Pa (150 psi). Por supuesto puede utilizarse un intervalo más amplio bajo condiciones apropiadas relacionadas con el tipo de lecho del medio, el tipo y el tamaño de las partículas buscadas que van a filtrarse y el flujo de velocidad óptimo de líquido a través del sistema.

35 A medida que el líquido de proceso fluye verticalmente hacia arriba a través del lecho 14 de filtración, las partículas de contaminante son retenidas por el lecho de filtración por uno de dos mecanismos diferentes. En el momento en el que el flujo de líquido de proceso encuentra primero el lecho de filtración se produce la filtración superficial, el primer mecanismo. Este mecanismo se produce a medida que las partículas mayores son capturadas en la superficie inferior del lecho de filtración, no pudiendo pasar por los espacios entre las partículas que constituyen el lecho de filtración a medida que el líquido fluye hacia arriba a través del lecho de filtración. A medida que estas partículas grandes son capturadas en la superficie inferior del lecho de filtración forman una costra sobre esa superficie.

40 Partículas más pequeñas que fluyen junto con el líquido de proceso pueden ser capturadas en la superficie inferior del filtro, siendo retenidas por la costra formada por la acumulación de partículas grandes. Por tanto, esta costra puede evitar por sí misma el paso de algunas de las partículas más pequeñas. Algunas de las partículas más pequeñas también pueden pasar por la costra sobre la superficie inferior del lecho de filtración, penetrar en el lecho y ser atrapadas por el segundo mecanismo, la filtración profunda. En este mecanismo, estas partículas más pequeñas son capturadas y retenidas en los espacios intersticiales en el lecho de filtración entre las partículas del medio de filtración superflotante. En realidad, las partículas más pequeñas, dependiendo de su tamaño, el tamaño de las partículas del lecho y el tamaño de las aberturas en el soporte del lecho, pueden fluir a través del lecho y salir de la carcasa del filtro a través del puerto 17 de salida de la carcasa junto con el líquido de proceso filtrado que fluye hacia fuera.

50 Después de fluir a través del soporte 16 del lecho de filtración, el líquido de proceso entra en la porción superior de la carcasa del filtro por encima de la estructura del soporte del lecho de filtración y sale por el puerto 17 de salida. Entonces, el líquido fluye a través de un conducto 23 de conexión a una válvula 24 normalmente abierta, otro conducto 26 de conexión y un sensor 27 de flujo. Tras el sensor 27 de flujo, el líquido fluye a través de un conducto 28 adicional que conecta con un depósito 29 de líquido de proceso limpio en el que se almacena el líquido filtrado. También conectado a este conducto 28 por un conducto 31 adicional está la válvula 32 normalmente cerrada, y un conducto 33 final conectado a un depósito 34 de lavado a contracorriente. El depósito 34 de lavado a contracorriente proporciona un medio de almacenamiento de líquido de proceso filtrado para uso en el ciclo de lavado a contracorriente que limpia el medio del lecho de filtración.

60 El depósito 34 de lavado a contracorriente está abierto con respecto a la atmósfera por la ventilación 38 para evitar la formación de presión durante el llenado, además de para evitar la creación de un vacío cuando el líquido se saca para el lavado a contracorriente del filtro. Un sensor 36 de nivel de líquido en el depósito 34 de lavado a contracorriente está unido al controlador 54 de filtración mediante un cable 109. El controlador 54 de filtración abre la válvula 32 mediante el cable 110 siempre que el nivel de líquido del depósito de lavado a contracorriente sea bajo,

5 permitiéndose así que el líquido de proceso filtrado salga de la carcasa 13 del filtro para entrar y llenar el depósito 34 de lavado a contracorriente. Si el depósito 34 de lavado a contracorriente está lleno, el sensor 36 de nivel le indica al controlador 54 mediante el cable 109 que el depósito está lleno, y el controlador 54 cierra la válvula 32 mediante el cable 110 para detener el flujo de líquido en el depósito 34 de lavado a contracorriente.

10 El sensor 27 de flujo mide la tasa de flujo de líquido que sale del lecho de filtración. La señal de este sensor se transmite al controlador 54 de filtración mediante el cable 112. A medida que el filtro acumula cada vez más partículas de la corriente de líquido, la resistencia del lecho al flujo de líquido aumenta, y disminuye el flujo de líquido de proceso por el filtro (a menos que aumente el flujo de líquido de proceso por la bomba 7 primaria). En un momento crítico (definido por los requisitos de filtración para el líquido de proceso), el flujo medido por el sensor 27 de flujo es suficientemente bajo, de forma que el filtro debe regenerarse mediante un proceso de lavado a contracorriente para recuperar su capacidad de filtración. Este momento se identifica teniendo el sistema 54 de control monitorizada la salida del sensor 27 de flujo mediante el cable 112.

15 Cuando se requiere una operación de lavado a contracorriente, las válvulas 9, 24 normalmente abiertas en la línea de entrada del filtro y en la línea de salida del filtro, respectivamente, son cerradas por el controlador por los cables 103 y 111, respectivamente, para evitar el flujo continuado de líquido por el filtro. La válvula 46 de drenaje de líquido normalmente cerrada y la válvula 22 de ventilación atmosférica normalmente cerrada son abiertas por el controlador 54 mediante los cables 102 y 108, respectivamente. Con estas válvulas abiertas, el líquido "sucio" drena de la carcasa del filtro en el depósito 48 de recogida por el conducto 11, la válvula 46 y el conducto 47 por flujo de gravedad bajo presión atmosférica admitida en la carcasa por la válvula 22 de ventilación ahora abierta.

20 A medida que drena el líquido en el depósito 48 de recogida, el aire entra en la carcasa del filtro por la válvula 22 y el conducto 21, y cae el nivel de líquido en la carcasa. Si el nivel de líquido alcanza el fondo del lecho de filtración, el medio 14 de lecho superflotante (que es más ligero que el líquido de proceso y, por tanto, todavía está presionado contra el soporte 16 del lecho ya que flota sobre la parte superior del líquido de proceso) empieza a descender en la carcasa 13 del filtro, ya que flota sobre el líquido de proceso descendente. Se deja que el lecho 14 de filtración caiga hasta que la superficie superior del lecho de filtración haya caído por debajo del punto medio de la carcasa 13 del filtro, como se indica al controlador 54 por el sensor 18 de bajo nivel de fluido mediante el cable 106. En ese momento, el controlador 54 cierra la válvula 46 de drenaje mediante el cable 102 y se inicia el proceso de pulverización de lavado a contracorriente para limpiar el lecho de filtración.

25 En el proceso de pulverización de lavado a contracorriente, el líquido limpio del depósito 34 de lavado a contracorriente se extrae por el conducto 37 por la bomba 39 de lavado a contracorriente, que es encendida por el controlador 54 mediante el cable 104, y es bombeado por el conducto 41, la válvula 42 normalmente cerrada que ahora está abierta y el conducto 43, y entonces se pulveriza sobre la superficie superior del lecho de filtración ahora rebajado por una única o múltiples boquillas 44 de pulverización de lavado a contracorriente. El número de boquillas 44 se determina por el área de la sección transversal del lecho de filtración y la identidad y la naturaleza del material del lecho de filtración. Una única boquilla cónica sólida de ángulo ancho con un ancho ángulo de dispersión (por ejemplo, >90 grados) puede lavar fácilmente a contracorriente una carcasa del filtro de hasta 15,24 a 20,32 cm (seis a ocho pulgadas) de diámetro. Las carcasas de diámetro mayor requieren múltiples boquillas de pulverización para lavar eficazmente a contracorriente. Si el lecho de filtración consiste en partículas extremadamente finas, puede comprimirse contra la superficie inferior del soporte 16 del lecho durante la filtración, formándose así una capa comprimida dura sobre la superficie del soporte del lecho de filtración. En tales casos normalmente es necesario tener una o más boquillas de pulverización adicionales que pulvericen verticalmente hacia arriba para sacar las partículas del lecho comprimidas y lavarlas en la sección inferior de la carcasa 13 del filtro.

30 La pulverización de lavado a contracorriente suministrado por la(s) boquilla(s) 44 lava partículas de contaminante adherentes de cada partícula de filtro del lecho 14 de filtración. A medida que esta pulverización drena hacia abajo a través del material de lecho de filtración restante, que ahora está en su posición más baja, llevándose consigo los contaminantes recogidos, se acumula en el fondo de la carcasa. A medida que se acumula este drenaje asciende el nivel de líquido en la carcasa 13 debido al proceso de lavado a contracorriente continuo, y el lecho 14 de medio superflotante (que flota sobre la parte superior del líquido ascendente) se mueve hacia arriba y pasa la boquilla 44 de lavado a contracorriente que continúa pulverizando líquido limpio en el lecho, lavándose así continuamente las partículas de contaminante como se ilustra en las FIGS. 5A-5F. Debido a que estas partículas de contaminante son más pesadas que tanto el líquido como las partículas del lecho de filtración, la pulverización de fluido las lava fuera del lecho y hace que caigan al fondo de la carcasa 13 del filtro. Simultáneamente, las partículas superflotantes del lecho de filtración, que son más ligeras que el líquido de proceso, continúan flotando hacia arriba sobre el nivel de líquido ascendente en la carcasa 13 del filtro.

35 La pulverización de lavado a contracorriente continúa hasta que el lecho 14 de filtración completo ha ascendido por encima de la boquilla 44, asegurándose así que todas las partículas del lecho de filtración han sido limpiadas por la pulverización de líquido limpio emitido por la boquilla 44. El sensor 19 de nivel le indica al controlador 54 mediante el cable 107 que el nivel de líquido en la carcasa 13 ha ascendido hasta el nivel apropiado y, por tanto, indica que el lecho de filtración completo se ha lavado de este modo.

5 Cuando el controlador 54 de filtración recibe la información del sensor 19 de nivel de que el nivel de líquido es correcto, el controlador cierra la válvula 42 mediante el cable 105, abre la válvula 46 de drenaje mediante el cable 102 y, por tanto, hace que el líquido cargado de partículas se drene una vez más en el depósito 48 de recogida. Esta secuencia de lavado a contracorriente puede entonces repetirse según sea necesario para garantizar el mayor nivel de limpieza en el lecho de filtración. Una vez se ha lavado a contracorriente, el medio de filtración limpio, localizado de nuevo en el extremo inferior de la cámara de filtración, está de nuevo listo para filtrar partículas de la corriente de líquido de proceso.

10 Para acelerar la eliminación de líquido contaminado desde el fondo de la carcasa del filtro es posible añadir una bomba de succión o tubo de sifón (no mostrado) al sistema. Tales adiciones hacen fácilmente posible la eliminación del líquido de proceso contaminado de la carcasa 13 en treinta segundos o menos. Después del lavado a contracorriente, el proceso de filtración es de nuevo iniciado por el controlador 54 cerrando las válvulas 46 y 22 por los cables 102 y 108, abriendo la válvula 9 de entrada mediante el cable 103 y la válvula 24 de salida mediante el cable 111 y bombeando líquido de la bomba 7 de fluido del depósito activando la bomba 7 mediante el cable 101. A medida que el líquido de proceso entra de nuevo en la carcasa, el lecho 14 de filtración asciende de nuevo por la carcasa del filtro hasta que se encuentra con el soporte 16 del lecho. Entonces, el proceso de filtración empieza otra vez cuando el líquido de proceso empieza a fluir hacia arriba a través del lecho de filtración estabilizado y los contaminantes de partículas empiezan a ser capturados por uno de los dos mecanismos de filtración anteriormente mencionados.

20 Realización de carcasas del filtro en paralelo

25 Dependiendo de los requisitos de filtración específicos del proceso, para la filtración óptima pueden requerirse modificaciones del sistema de filtración básico de una única carcasa ilustrado en la FIG. 7 y descrito anteriormente. En algunos procesos, por ejemplo, no es deseable o es prácticamente imposible suspender temporalmente la operación del proceso de filtración para limpiar un filtro lavando a contracorriente. Por tanto, en esta segunda realización de este diseño de sistema de filtración, como se ilustra en la FIG. 8, dos carcasas del filtro (que contienen el mismo tipo de material de lecho) están conectadas en paralelo entre sí de manera que el sistema de filtración puede continuar funcionando sin interrupción mientras que uno de los dos filtros está siendo limpiado por un lavado a contracorriente. En esta realización, los dos filtros pueden ser del mismo tamaño o el filtro primario puede ser mayor que el filtro secundario. En el primer caso, los dos filtros pueden compartir igualmente el esfuerzo de filtración, mientras que en el último caso el filtro secundario sólo sirve de filtro temporal para mantener la capacidad de filtración durante el breve tiempo requerido para lavar a contracorriente el filtro primario.

35 En esta realización se usa un sistema 54 de control central con un microprocesador integrado para monitorizar los sensores instalados en el sistema de filtración, y para "ENCENDER" y "APAGAR" todos los actuadores (bombas y válvulas) requeridos para accionar el sistema. Aunque este sistema de control también puede accionarse manualmente, debido a su elevada complejidad, el sistema se controla mucho más eficazmente por un microprocesador integrado. Al igual que antes, el microprocesador integrado permite una operación más eficiente del sistema, además de proporcionar una capacidad de operación sin vigilancia durante periodos en los que no está disponible personal para controlar manualmente el sistema.

40 En esta segunda realización, el flujo del líquido de proceso a través de la carcasa 13 del primer filtro o primario sigue la secuencia descrita anteriormente para el sistema de la FIG. 7. En aras de la brevedad en esta descripción, la secuencia operacional aplicable a la realización de la FIG. 7 se incluye en este documento mediante referencia en vez de repetir la secuencia.

45 Cuando en esta segunda realización se requiere el lavado a contracorriente del filtro 13 primario, las válvulas 9 y 24 normalmente abiertas en la línea 11 de entrada del filtro primario y en la línea 23 de salida del filtro, respectivamente, son cerradas por el controlador 54 mediante los cables 103 y 111, respectivamente, para evitar el flujo continuado del líquido por el filtro 13. Al mismo tiempo, el controlador 54 abre las válvulas 57 y 73 normalmente cerradas mediante los cables 115 y 119, respectivamente, para iniciar el flujo de líquido de proceso por la carcasa 62 del filtro secundario. El líquido se bombea por la bomba 7 primaria por los conductos 8 y 56 a una válvula 57 ahora abierta (pero normalmente cerrada) y a un conducto 59 de conexión que se une a la carcasa 62 del filtro secundario por la entrada 61 de la carcasa del filtro.

50 Después de pasar por la entrada 61 de la carcasa 62 del filtro secundario, el líquido que fluye se propaga y fluye hacia arriba a través de la carcasa 62 del filtro, haciendo que el lecho 63 de filtración, que flota sobre la parte superior del líquido ascendente, ascienda en la carcasa 62. El lecho 63 del filtro secundario está compuesto por las mismas partículas que el lecho 14 del filtro primario. Las partículas en el lecho del filtro secundario tienen el mismo intervalo de tamaño específico, densidad y composición que las partículas en el filtro primario con el fin de satisfacer las necesidades del proceso de filtración.

60 Alternativamente, el filtro 13 primario puede ser más grande que el filtro 62 secundario. En el primer caso, los dos filtros pueden compartir igualmente el esfuerzo de filtración, mientras que en el último caso el filtro 62 secundario sólo sirve de filtro temporal para mantener la capacidad de filtración durante el breve tiempo requerido para lavar a

contracorriente el filtro 13 primario.

5 A medida que el líquido de proceso fluye en la carcasa 62 del filtro secundario, el nivel del líquido de proceso asciende en la carcasa, y el lecho 63 de filtración, que flota sobre el líquido de proceso ascendente, llega al soporte 64 del lecho próximo a la parte superior de la carcasa 62 del filtro. Como se ha descrito anteriormente en relación con la realización de la FIG. 7, este soporte retiene el medio del lecho de filtración superflotante, y también proporciona una barrera de filtración final a las partículas llevadas en el líquido. El soporte 64 del lecho de filtración está nominalmente formado por el mismo tipo de "sándwich" multicapa (FIGS. 2, 3) descrito anteriormente.

10 A medida que el líquido de proceso fluye verticalmente hacia arriba a través del lecho 63 de filtración, las partículas de contaminante son retenidas por el lecho 63 de filtración por los mecanismos de filtración superficial y filtración profunda. Después de fluir a través del soporte 64 del lecho, el líquido ascendente entra en la porción superior de la carcasa del filtro y sale por el puerto 66 de salida. Entonces, el líquido a través de un conducto 72 de conexión a una válvula 73 normalmente cerrada pero ahora abierta, otro conducto 26 de conexión y el sensor 27 de flujo. Del sensor de flujo el líquido fluye a través de un conducto 28 adicional conectado al depósito 29 de líquido de proceso limpio. También conectado a este conducto 28 por un conducto 31 adicional, la válvula 32 normalmente cerrada y el conducto 33 final está el depósito 34 de lavado a contracorriente. A medida que desciende el nivel de líquido en el depósito 34 de lavado a contracorriente, se mide por el sensor 36 de nivel. Cuando el nivel alcanza un valor mínimo predeterminado, el sensor envía señales al controlador 54 por el cable 109 para abrir la válvula 32 mediante el cable 20 10. Entonces se añade líquido limpio adicional al depósito 34 de lavado a contracorriente por el conducto 31, la válvula 32 y el conducto 33. Cuando el nivel de líquido en el depósito 34 de lavado a contracorriente se devuelve a su nivel normal, el controlador 54 cierra la válvula 32 mediante el cable 110 para detener el flujo de líquido en el depósito 34 de lavado a contracorriente.

25 El ciclo de lavado a contracorriente para la carcasa 13 del filtro primario puede iniciarse una vez el flujo de líquido de proceso se ha dirigido a la carcasa del filtro secundario para la filtración. La válvula 46 de drenaje de líquido normalmente cerrada y la válvula 22 de ventilación atmosférica normalmente cerrada son abiertas por el controlador 54 mediante los cables 102 y 108, respectivamente. Con estas válvulas abiertas, el líquido sucio drena de la carcasa 13 del filtro primario en el depósito 48 de recogida por el conducto 11, la válvula 46 y el conducto 47.

30 A medida que drena el líquido de la carcasa 13 del filtro primario en el depósito 48 colector durante el ciclo de lavado a contracorriente, el aire entra en la carcasa del filtro por la válvula 22 y el conducto 21, y cae el nivel de líquido en la carcasa. Cuando el nivel de líquido llega al fondo del lecho 14 de filtración, el material del lecho de filtración superflotante (que es más ligero que el líquido de proceso y, por tanto, todavía está presionado contra el soporte 16 del lecho ya que flota sobre la parte superior del líquido de proceso) empieza a descender en la carcasa 13 del filtro, ya que flota sobre la parte superior del líquido descendente. Se deja que el nivel de líquido descienda hasta que la parte superior del lecho de filtración haya descendido por debajo del punto medio de la carcasa 13 del filtro. En ese momento, el sensor 18 de nivel envía señales al controlador 54 mediante el cable 106 de que el nivel de líquido ha caído hasta el nivel apropiado, y el controlador cierra la válvula 46 de drenaje mediante el cable 102 y se inicia el proceso de pulverización de lavado a contracorriente para limpiar el lecho del filtro primario como se ha explicado previamente.

45 Después de completarse el lavado a contracorriente del lecho 14 del filtro primario, el controlador reinicia el proceso de filtración en la carcasa 13 del filtro primario cerrando las válvulas 46, 22 y 57 mediante los cables 102, 108 y 115, respectivamente, y abriendo la válvula 9 de entrada y la válvula 24 de salida mediante los cables 103 y 111, y bombeando líquido del depósito 2 mediante la bomba 7 de líquido primaria. A medida que el líquido de proceso entra de nuevo en la carcasa 13, el lecho 14 de filtración asciende en la carcasa y se estabiliza cuando encuentra la estructura 16 del soporte del lecho. Entonces, el proceso de filtración empieza de nuevo a medida que el líquido de proceso empieza a fluir hacia arriba a través del lecho de filtración estabilizado.

50 Una vez el filtro primario ha vuelto a la operación de filtrado, el filtro 63 secundario contenido en la carcasa 62 del filtro secundario puede limpiarse del mismo modo mediante el proceso de lavado a contracorriente usado para el filtro primario. En el caso del filtro secundario, el proceso empieza cuando el controlador 54 abre la válvula 58 de drenaje de líquido normalmente cerrada y la válvula 71 de ventilación atmosférica normalmente cerrada mediante los cables 114 y 118. Con estas válvulas abiertas, el líquido sucio drena de la carcasa 62 del filtro en depósito 48 de recogida por el conducto 59, la válvula 58 y el conducto 47.

60 A medida que el líquido de la carcasa 62 del filtro secundario drena en el depósito 48 de recogida, el aire entra en la carcasa 62 del filtro por la válvula 71 y el conducto, 69, y cae el nivel de líquido en la carcasa 62. Cuando el nivel de líquido alcanza el fondo del lecho 63 de filtración, el material del lecho (que es más ligero que el líquido de y, por tanto, todavía está presionado contra el soporte 64 del lecho ya que flota sobre la parte superior del líquido de proceso) empieza a descender en la carcasa 62 del filtro, ya que flota sobre la parte superior del líquido descendente. Se deja que el nivel de líquido descienda hasta que la parte superior del lecho de filtración haya caído por debajo del punto medio de la carcasa 62 del filtro, como se indica al controlador 54 por el sensor 67 de bajo nivel de líquido mediante el cable 116. En ese momento, el controlador cierra la válvula 58 de drenaje mediante el cable 65 114 y se inicia el proceso de pulverización de lavado a contracorriente para limpiar el lecho del filtro secundario.

Para lavar eficazmente a contracorriente el filtro 63 secundario, el líquido limpio del depósito 34 de lavado a contracorriente se extrae de nuevo por el conducto 37 por la bomba 39 de lavado a contracorriente y se bombea por el conducto 41 de suministro, la válvula 76 normalmente cerrada que ha abierto el controlador mediante el cable 113 y el conducto 77, y luego se pulveriza sobre el lecho 63 de filtración por una única o múltiples boquillas 78 de pulverización de lavado a contracorriente. Como se ha explicado con respecto a la realización de la FIG. 7, el número de boquillas 78 se determina por el área de la sección transversal del lecho de filtración y la identidad y la naturaleza del material del lecho de filtración. Continúa el mismo proceso de lavado a contracorriente como se ha explicado con respecto a la realización de la FIG. 7 hasta que todo el lecho de filtración haya ascendido por encima de la boquilla 78, permitiendo que todas las partículas del lecho se hayan limpiado por la pulverización de líquido limpio emitido por la boquilla 78. Entonces, el sensor 68 de nivel indica al controlador mediante el cable 117 cuándo el nivel de líquido en la carcasa 62 ha ascendido hasta el punto apropiado, indicando así que todo el lecho del filtro secundario se ha lavado de todos los contaminantes y material de partículas. Cuando el controlador 54 recibe la información del sensor 68 de nivel mediante el cable 117 de que el nivel de líquido es apropiado, el controlador 54 abre la válvula 58 de drenaje mediante el cable 114, y el líquido cargado de partículas drena una vez más en el depósito 48 de recogida. Esta secuencia de lavado a contracorriente puede entonces repetirse si fuera necesario para garantizar el mayor nivel de limpieza en el lecho de filtración. Entonces, el medio 63 de filtración limpio lavado a contracorriente ya está de nuevo listo para filtrar partículas de la corriente de líquido de proceso. Para acelerar la eliminación de líquido contaminado desde el fondo de la carcasa del filtro es posible añadir una bomba de succión o tubo de sifón (ninguno de los dos mostrados) al sistema. Tales adiciones hacen posible la eliminación del líquido de proceso contaminado de la carcasa 62 en menos de un minuto.

Realización de carcasas del filtro en serie

En esta realización, dos carcasas del filtro están conectadas en serie entre sí como se ilustra en la FIG. 9 para proporcionar una capacidad de filtración que está potenciada con respecto a la proporcionada por un único filtro. En esta realización, el material 14 del lecho de filtración superflotante en la primera carcasa 13 se selecciona para filtrar uno o más componentes específicos, mientras que el material 63 del lecho superflotante en la segunda carcasa 62 se selecciona para filtrar uno o más componentes diferentes de los eliminados por el primer filtro. Por ejemplo, en una realización específica, el material 14 del lecho en la primera carcasa 13 está compuesto por partículas de diámetro mayor más gruesas, mientras que el material 63 del lecho de filtración en la segunda carcasa 62 está compuesto por partículas de diámetro menor más finas. Esta realización permite que el primer lecho 14 de filtración sirva de filtro "grueso" para eliminar partículas de contaminante más grandes, y el segundo lecho 63 de filtración sirva de filtro "fino" para eliminar partículas de contaminante más pequeñas que quedan después de que el líquido de proceso pase a través del primer lecho 14. Disponiendo estos dos filtros en serie como se muestra es posible optimizar cada lecho de filtración para la eliminación de contaminantes específicos y, por tanto, para maximizar la cantidad total de contaminante eliminado por el sistema de filtración.

En funcionamiento, el líquido de proceso que va a filtrarse se extrae del depósito 2 de almacenamiento por el conducto 3 a la cámara 4 de cebado por el vacío creado por la acción de bombeo de la bomba 7 primaria. Alternativamente, el líquido también puede extraerse directamente de una corriente de líquido de proceso. Entonces, el líquido pasa de la cámara 4 de cebado por el conducto 6 a la bomba 7 de líquido primaria, por la que se bombea por el conducto 8, a la válvula 9 de entrada normalmente abierta, y al conducto 11 de conexión. A su vez, por el conducto 11 de conexión, el líquido se bombea a la primera carcasa 13 del filtro por la entrada 12 de la carcasa del filtro como se ha descrito previamente en relación con la realización de la FIG. 7.

En la realización de la FIG. 9, como en las realizaciones previas, después de pasar por la entrada 12, el líquido que fluye se propaga y fluye hacia arriba a través de la carcasa 13 del filtro, haciendo que el lecho 14 de filtración, que flota sobre la parte superior del líquido ascendente, ascienda en la carcasa 13. El primer lecho 14 de filtración está compuesto por partículas superflotantes que tienen un peso específico inferior a la mitad de la del líquido que se filtra, y están seleccionadas para estar dentro de un intervalo de tamaño específico, por ejemplo, entre 0,5 y 1,0 mm para un filtro "grueso". Como con las otras realizaciones, el tamaño y la composición de las partículas del lecho de filtración, además del volumen del lecho y el área de filtración, se determinan mediante los requisitos de filtración del líquido de proceso específicos que incluyen el tamaño y la naturaleza de las partículas que van a eliminarse del líquido de proceso. Las partículas que componen el lecho 14 de filtración están normalmente formadas por materiales de plástico, vidrio o cerámica, pero en cualquier caso estas partículas deben tener un peso específico inferior a la mitad del peso específico del líquido que se filtra.

Como se ha descrito previamente con respecto a las otras realizaciones, el nivel del líquido de proceso asciende en la carcasa 13, el lecho 14 de filtración, que está flotando sobre el líquido ascendente de proceso, asciende hasta que toca el soporte 16 del lecho adyacente a la parte superior de la carcasa del filtro. Este soporte 16 retiene el medio del lecho 14 y evita que ascienda más y que fluya fuera de la carcasa del filtro junto con el líquido que se filtra. El soporte 16 del lecho también proporciona una barrera de filtración final a las partículas llevadas en el líquido. Como se ha descrito anteriormente, el soporte 16 del lecho está nominalmente formado por un sándwich multicapa (FIG. 2) que consiste en una placa 16a de metal perforada y dos o más capas de tamiz 16b y 16c o alternativamente (FIG. 3) una capa 16b de tamiz y una capa de membrana semipermeable o plástico permeable sinterizado o material 16d metálico.

La selección de estas capas constituyentes depende del tamaño de las partículas del lecho de filtración. El tamiz 16c de malla fina o la capa 16d de membrana está posicionado adyacente a la cara inferior del soporte 16 del lecho inmediatamente a continuación del medio del lecho de filtración, un tamiz 16b de malla media está posicionado en el centro para proporcionar soporte estructural para la capa fina, y la placa 16a de metal perforada es la última y proporciona rigidez estructural. El material fino, tanto el tamiz 16c como la membrana 16d permeable, siempre es la capa que se pone directamente en contacto con la parte superior del medio 14 del lecho de filtración. Las otras capas sirven para proporcionar soporte estructural y potenciar el flujo de líquido a través del soporte 16 del lecho. Este diseño de múltiples capas proporciona la resistencia necesaria para retener el medio del lecho bajo las presiones de filtración de trabajo que pueden ser de $5,171 \times 10^5$ Pa (75 psi) a $10,342 \times 10^5$ Pa (150 psi), como se ha descrito previamente. A medida que el líquido de proceso fluye verticalmente hacia arriba a través del lecho 14 de filtración, las partículas de contaminante son retenidas por el lecho de filtración por los dos mecanismos diferentes previamente tratados. En el momento en el que el flujo de líquido de proceso se encuentra primero con el lecho de filtración de medio superflotante se produce el primer mecanismo, la filtración superficial. Este mecanismo se produce cuando las partículas mayores son capturadas en la superficie inferior del lecho de filtración, no pudiendo pasar por los espacios entre las partículas que constituyen el lecho de filtración a medida que el flujo fluye hacia arriba a través del lecho. A medida que estas partículas grandes son capturadas en la superficie inferior del lecho de filtración forman una costra sobre esa superficie.

Partículas más pequeñas que fluyen junto con el líquido de proceso pueden ser capturadas en la superficie inferior del filtro, siendo retenidas por la costra formada por la acumulación de partículas más grandes. Por tanto, esta costra puede evitar por sí misma el paso de algunas de las partículas más pequeñas. Alternativamente, las partículas más pequeñas pueden pasar por la costra sobre la superficie inferior del lecho de filtración, penetrar en el lecho y ser atrapadas por el segundo mecanismo, concretamente la filtración profunda, que captura y retiene las partículas más pequeñas en los espacios intersticiales entre las partículas del medio de filtración que forman el lecho. Las partículas más pequeñas pasarán a través de la costra sobre la primera superficie inferior del lecho de filtración, el propio lecho 14, y la estructura 16 de contención del lecho. Entonces, estas partículas fluirán con el líquido fuera del filtro a través de la salida 17 de la carcasa del filtro, el conducto 82, la válvula 83 de entrada normalmente abierta para el segundo lecho de filtración, el conducto 84, y finalmente a la segunda carcasa 62 del filtro por la entrada 61 de la carcasa.

Después de pasar por la entrada 61, el líquido que fluye se propaga y fluye verticalmente hacia arriba a través de la carcasa 62 del filtro, haciendo que el lecho 63 de filtración, que flota sobre la parte superior del líquido ascendente, ascienda en la carcasa 62. El segundo lecho 63 de filtración está compuesto por partículas de diámetro menor que el primer lecho 14 de filtración (por ejemplo, 0,05 a 0,1 mm). Las segundas partículas del lecho de filtración se seleccionan para estar dentro del intervalo de tamaño específico y composición para satisfacer las necesidades específicas del proceso de filtración, además de tener un peso específico inferior a la del líquido que se filtra.

A medida que el líquido de proceso fluye en la carcasa 62 del filtro, el nivel del líquido de proceso asciende en la carcasa, y el lecho 63, que flota sobre el líquido ascendente de proceso, llega al soporte 64 del lecho adyacente a la parte superior de la carcasa del filtro. Como se ha descrito anteriormente, este soporte retiene el medio 63 del lecho, y también proporciona una barrera de filtración final a las partículas llevadas en el líquido. El soporte del lecho está nominalmente formado por el mismo tipo de sándwich 16 multicapa previamente tratado e ilustrado en las FIGS. 2 y 3.

A medida que el líquido de proceso fluye verticalmente hacia arriba a través del lecho 63 de filtración, las partículas más pequeñas de contaminante son retenidas por el segundo lecho 63 de filtración por tanto el mecanismo de filtración superficial como de filtración profunda. Después de fluir a través del soporte 64 del lecho, el líquido entra en la parte superior de la carcasa del filtro y sale por el puerto 66 de salida. Entonces, el líquido fluye a través de un conducto 86 de conexión a una válvula 87 normalmente abierta, otro conducto 88 de conexión y un sensor 27 de flujo. Del sensor 27 de flujo, el líquido fluye a través de un conducto 28 adicional que conecta con un depósito 29 de líquido de proceso limpio. También conectado a este conducto 28 por un conducto 31 adicional, la válvula 32 normalmente cerrada y el conducto 33 final está el depósito 34 de lavado a contracorriente. A medida que se retira el nivel de líquido en el depósito 34 de lavado a contracorriente y es detectado por el sensor 36 de nivel, el sensor emite señales al controlador 54 mediante el cable 109 y el controlador añade líquido limpio al depósito 34 abriendo la válvula 32 normalmente cerrada mediante el cable 110. Cuando el nivel de líquido en el depósito 34 de lavado a contracorriente es suficiente, el sensor 36 de nivel emite señales al controlador 54 mediante el cable 109 y el controlador cierra la válvula 32 mediante el cable 110 para detener el flujo de líquido en el depósito 34.

El proceso de lavado a contracorriente en esta realización es para limpiar cada lecho individualmente, enviando el líquido sucio de ambos filtros al tanque 48 de recogida. Cuando la operación de lavado a contracorriente se requiere en esta realización, el controlador 54 cierra las válvulas 9, 83 normalmente abiertas en la primera línea 11 de entrada del filtro, en la segunda línea 82 de entrada del filtro y la válvula 87, en la línea 86 de salida del filtro mediante los cables 103, 123 y 127, respectivamente, para evitar el flujo continuado del líquido por los filtros. El controlador 54 abre la válvula 46 de drenaje de líquido normalmente cerrada y las válvulas 22 de ventilación normalmente cerradas a la atmósfera mediante los cables 102 y 111. Con estas válvulas 46, 22 abiertas, el líquido sucio drena de la primera carcasa 13 del filtro en el depósito 48 de recogida por el conducto 11, la válvula 46 y el conducto 47. A medida que el líquido de la primera carcasa 13 del filtro drena en el depósito 48 de recogida, el aire

- entra en la carcasa del filtro por la válvula 22 y el conducto 21, y cae el nivel de líquido en la carcasa. Cuando el nivel de líquido alcanza el fondo del lecho, el material 14 del lecho (que tiene un peso específico inferior a la mitad de la del fluido de proceso y, por tanto, está presionado contra el tamiz 16 de retención ya que flota sobre la parte superior del líquido de proceso) empieza a descender en la carcasa 13 del filtro, ya que flota sobre la parte superior del líquido descendente. Se deja que el nivel de líquido se retire hasta que la parte superior del lecho de filtración haya descendido por debajo del punto medio de la carcasa del filtro, hecho que es indicado al controlador 54 por el sensor 18 de bajo nivel de líquido mediante el cable 106. En ese momento, el controlador 54 cierra la válvula 46 de drenaje mediante el cable 102 y se inicia el proceso de lavado a contracorriente para limpiar el lecho 14 de filtración.
- En el proceso de lavado a contracorriente para esta realización de la invención, el líquido limpio del depósito 34 de lavado a contracorriente se extrae por el conducto 37 por la bomba 39 de lavado a contracorriente y se bombea por el conducto 41 de suministro, la válvula 42 normalmente cerrada que el controlador 54 ha abierto ahora mediante el cable 105 y el conducto 43, y luego se pulveriza sobre el lecho por una única o múltiples boquillas 44 de pulverización de lavado a contracorriente. El número de boquillas 44 se determina por el área de la sección transversal del lecho de filtración y la identidad del material del lecho. Una única boquilla cónica sólida de ángulo ancho con un ancho ángulo de dispersión (por ejemplo 90 grados) puede lavar fácilmente a contracorriente un lecho de filtración contenido en una carcasa de hasta 15,24 a 20,32 cm (seis a ocho pulgadas) de diámetro. Las carcasas de diámetro mayor y los lechos de filtración de partículas más pequeñas requieren múltiples boquillas de pulverización de líquido para lavar eficazmente a contracorriente. Si el lecho consiste en partículas extremadamente pequeñas que pueden comprimirse durante la filtración, puede ser necesario tener una o más boquillas de pulverización adicionales que pulvericen verticalmente hacia arriba para ayudar a sacar las partículas del lecho comprimidas y lavarlas en la sección inferior de la carcasa 13 del filtro.
- A medida que se pulveriza líquido limpio hacia abajo de la boquilla 44, lava las partículas adherentes de contaminante de cada partícula del lecho 14 de filtración. Como este líquido pulverizado drena hacia abajo a través del material de lecho restante, llevando consigo los contaminantes recogidos y cualquier contaminante adicional que es arrastrado en el líquido a lo largo del camino, se acumula en el fondo de la carcasa. A medida que se acumula, el nivel de líquido en la carcasa asciende, y el lecho de medio superflotante (que flota sobre la parte superior del líquido) asciende en la carcasa. A medida que asciende el lecho 14, las partículas del lecho se mueven hacia arriba en la carcasa, pasando las partículas del lecho la boquilla 44 de lavado a contracorriente, que ahora está esencialmente incorporada en el lecho 14 de filtración, y que continúa pulverizando líquido limpio en el lecho, lavándose así continuamente las partículas de contaminante del lecho de filtración.
- Debido a que estas partículas de contaminante son más pesadas que tanto el líquido como las partículas del lecho, la pulverización de líquido las lava del lecho y hace que caigan al fondo de la carcasa del filtro. Simultáneamente, las partículas del lecho de filtración, que son más ligeras que el líquido de proceso, continúan flotando hacia arriba sobre el nivel de líquido ascendente en la carcasa del filtro. La pulverización de lavado a contracorriente continúa hasta que todo el lecho haya ascendido por encima de la boquilla, permitiendo que todas las partículas del lecho se limpien por la pulverización de líquido limpio emitido por la boquilla 44. El sensor de nivel 19 indica al controlador 54 por el cable 107 que el nivel de líquido en la carcasa 13 ha ascendido hasta el mayor nivel apropiado, indicando así que todo el lecho se ha lavado de este modo y que el lecho de filtración está ahora posicionado en la porción superior de la carcasa del filtro por encima del cuerpo de líquido contaminado.
- Cuando el controlador del filtro recibe la señal del sensor 19 de nivel de que el nivel es apropiado, el controlador 54 abre la válvula 46 de drenaje mediante el cable 102, y el líquido contaminado cargado de partículas drena en el depósito 48 de recogida. Tal drenaje puede efectuarse por flujo inducido por gravedad, o puede utilizarse una bomba de succión o tubo de sifón para drenar totalmente el líquido contaminado en menos de un minuto, haciendo que el lecho de filtración descienda en la carcasa a medida que se retira el líquido contaminado.
- Esta secuencia de lavado a contracorriente puede repetirse entonces según sea necesario para garantizar el mayor nivel de limpieza en el lecho de filtración. Después de completarse el proceso de lavado a contracorriente, el controlador 54 cierra las válvulas 22 y 46 normalmente cerradas mediante los cables 111 y 102. Una vez lavado a contracorriente, el medio de filtración limpio está entonces de nuevo listo para filtrar partículas de la corriente de líquido de proceso.
- Después de lavarse a contracorriente el primer lecho 14 de filtración se realiza la operación de lavado a contracorriente del segundo lecho 63 de filtración. Para lavar a contracorriente el segundo lecho 63 de filtración, el controlador 54 mantiene cerradas las válvulas normalmente abiertas en la línea 83 de entrada del filtro y en la línea 87 de salida del filtro para evitar el flujo continuado del líquido por el filtro. Entonces, el controlador 54 abre la válvula 91 de drenaje de líquido normalmente cerrada y la válvula 71 de ventilación atmosférica normalmente cerrada mediante los cables 122 y 126. Con estas válvulas abiertas, el líquido sucio drena de la carcasa 62 del filtro en el depósito 48 de recogida por el conducto 84, la válvula 91 y el conducto 47. A medida que el líquido de la carcasa 62 del filtro secundario drena en el depósito 48 de recogida, el aire entra en la carcasa del filtro por la válvula 71 y el conducto 69, y cae el nivel de líquido en la carcasa.
- Cuando el nivel de líquido alcanza el fondo del lecho, el material del lecho empieza a descender en la carcasa 62 del

5 filtro, ya que flota sobre la parte superior del líquido descendente. Se deja que el nivel de líquido caiga hasta que la parte superior del lecho de filtración haya descendido por debajo del punto medio de la carcasa del filtro, como se indica al controlador 54 por el sensor 67 de bajo nivel de líquido mediante el cable 124. En ese momento, el controlador cierra la válvula 91 de drenaje mediante el cable 122 y se inicia el proceso de lavado a contracorriente para limpiar el lecho de filtración.

10 En el proceso de lavado a contracorriente, el líquido limpio del depósito 34 de lavado a contracorriente se extrae por el conducto 37 por la bomba 39 de lavado a contracorriente y se bombea por el conducto 41 de suministro, la válvula 76 normalmente cerrada que el controlador ha abierto ahora mediante el cable 121 y el conducto 93, y luego se pulveriza sobre el lecho por una única o múltiples boquillas 78 de pulverización de lavado a contracorriente. El número de boquillas 78 se determina por el área de la sección transversal del lecho de filtración y la identidad del material del lecho. Si el lecho consiste en partículas extremadamente pequeñas que pueden comprimirse durante la filtración, puede ser necesario tener una o más boquillas de pulverización adicionales que pulvericen verticalmente hacia arriba para ayudar a sacar las partículas del lecho comprimidas y lavarlas en la sección inferior de la carcasa 15 62 del filtro.

20 A medida que se pulveriza líquido limpio hacia abajo de la boquilla 78, lava las partículas adherentes de contaminante de cada partícula del lecho 63 de filtración. Como este líquido pulverizado drena hacia abajo a través del material de lecho restante, llevando consigo los contaminantes recogidos, se acumula en el fondo de la carcasa. A medida que se acumula, el nivel de líquido en la carcasa asciende, y el lecho de medio superflotante (que flota sobre la parte superior del líquido) asciende en la carcasa. A medida que asciende el lecho, las partículas del lecho se mueven hacia arriba en la carcasa, pasando las partículas del lecho la boquilla 78 de lavado a contracorriente que continúa pulverizando líquido limpio en el lecho, lavando así continuamente las partículas de contaminante y haciendo que caigan al fondo de la carcasa 62 del filtro. Simultáneamente, las partículas del lecho de filtración, que son más ligeras que el líquido de proceso, continúan flotando hacia arriba sobre el nivel de líquido ascendente en la carcasa del filtro.

30 La pulverización de lavado a contracorriente continúa hasta que todo el lecho haya ascendido por encima de la boquilla, permitiendo que todas las partículas del lecho se limpien por la pulverización de líquido limpio emitido por la boquilla 78. El sensor 68 de nivel indica al controlador 54 por el cable 125 que el nivel de líquido en la carcasa 62 ha ascendido hasta el nivel apropiado, indicando así que todo el lecho se ha lavado de este modo y que ahora se encuentra por encima del cuerpo contaminado de líquido. Si el controlador 54 de filtración recibe información del sensor 68 de nivel de que el nivel de líquido contaminado es apropiado, abre válvula 91 de drenaje mediante el cable 122, y todo el líquido cargado de partículas drena una vez más en el depósito 48 de recogida. Esta secuencia de lavado a contracorriente puede entonces repetirse según sea necesario para garantizar el mayor nivel de limpieza en el lecho de filtración. El medio de filtración limpio lavado a contracorriente está entonces de nuevo listo para filtrar partículas de la corriente de líquido de proceso.

40 Después de completarse el lavado a contracorriente de ambos lechos 14 y 63 de filtración, el proceso de filtración se inicia de nuevo cuando el controlador 54 cierra las válvulas 91 y 71 mediante los cables 122 y 126, abre las válvulas 9 y 83 de entradas y la válvula 87 de salida mediante los cables 103, 123 y 127, respectivamente, y bombea líquido del depósito 2 por la bomba 7 de fluido primaria. A medida que el líquido de proceso entra de nuevo en las carcasas, los lechos 14, 63 de filtración ascienden en las carcasas y se estabilizan cuando encuentran sus estructuras 16, 64 de contención del lecho de filtración respectivas. Entonces, el proceso de filtración empieza de nuevo a medida que el líquido de proceso empieza a fluir hacia arriba a través de los lechos de filtración estabilizados.

Filtración de metales disueltos

50 En esta realización ilustrada en forma de diagrama en la FIG. 10, dos carcasas 13 y 62 del filtro están dispuestas en serie como se ha descrito anteriormente con respecto a la FIG. 9 y operan mediante un único procedimiento de precipitación química de metales ionizados disueltos en las disoluciones acuosas, seguido de filtración y eliminación de las partículas precipitadas del líquido de proceso con un filtro de partículas como se ha tratado previamente. Esto es a diferencia de metales disueltos convencionalmente precipitados en un líquido que los contiene mediante la adición directa de disoluciones básicas (por ejemplo, cal, hidróxido sódico, hidróxido potásico), que proporcionan los iones hidroxilo requeridos para la iniciación de la reacción de precipitación. Esta adición de disoluciones básicas se realiza normalmente convencionalmente usando una bomba de dosificación para inyectar cantidades precisas de la disolución básica en la corriente de líquido de proceso cuando entra en un reactor que sirve para garantizar el 55 mezclado suficiente de los hidróxidos metálicos que se forman y precipitan. Estos precipitados son posteriormente capturados por un sistema de filtración de partículas.

60 La ventaja del sistema de eliminación de metales descrito en este documento, a diferencia del procedimiento convencional descrito anteriormente, es que no necesitan añadirse disoluciones básicas para producir la precipitación. En su lugar, los iones hidroxilo se generan directamente en el líquido de proceso bombeando el líquido por un reactor de radiación ultravioleta. Esa radiación ultravioleta forma iones hidroxilo en la disolución acuosa que contiene metales. Estos iones hidroxilo se combinan químicamente con los metales ionizados y hacen que precipiten y formen partículas. Entonces, estas partículas se eliminan de la disolución acuosa por las realizaciones de filtración 65

del lecho de filtración descritas en este documento.

5 Un diagrama de un sistema para efectuar este tipo de precipitación se presenta en la FIG. 10. El diagrama presentado en esta figura ilustra un par de lechos de filtración conectados en serie como se ha descrito anteriormente y se ilustra en la FIG. 9. Sin embargo, en la FIG. 10 se ha añadido un reactor 191 ultravioleta al sistema para procesar la disolución acuosa que sale de la primera carcasa 13 del filtro (grueso). Excepto por la adición del reactor 191 ultravioleta, la estructura y operación del sistema de la FIG. 10 es en todos los aspectos similar a la estructura y operación del sistema ilustrado en la FIG. 9 y descrito anteriormente en este documento. Por consiguiente, en aras de la brevedad en esta descripción, la operación del sistema de la FIG. 10 no se describirá en detalle y la descripción del sistema ilustrado en la FIG. 9 se incorpora en este documento por referencia. En esta realización es suficiente decir que tanto la partícula más pequeña como los metales disueltos fluirán con el líquido fuera de la carcasa 13 del filtro por la salida 17 de la carcasa del filtro y avanzarán por el conducto 82.

10 Entonces, el líquido de proceso acuoso fluye a través de un reactor 191 de exposición ultravioleta (UV) en el que se expone a un alto flujo de radiación UV. La radiación UV induce la formación de iones hidroxilo en el líquido, que posteriormente se combinan con los metales ionizados en la disolución para formar partículas de precipitado insoluble. Entonces, el líquido fluye fuera del reactor 191 de exposición ultravioleta por la válvula 83 de entrada normalmente abierta para el segundo lecho de filtración, el conducto 84, y en la segunda carcasa 62 del filtro por la entrada 61 de la carcasa. El líquido de proceso, que ahora lleva las partículas de precipitado insoluble, pasa hacia arriba a través del lecho 63 de filtración en la segunda carcasa 62 del filtro como se describe previamente.

15 Aunque la invención se ha descrito como que tiene realizaciones específicas, se entenderá que puede modificarse adicionalmente. Por tanto, la divulgación en este documento está prevista para cubrir cualquier variación, uso o adaptación de la invención que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, habiendo descrito la invención, lo que se cree que es nuevo y novedoso y busca protegerse por el título es lo siguiente.

25

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de filtración para líquido de proceso que incorpora un lecho de filtración para eliminar partículas de un líquido de proceso que tiene un peso específico predeterminado que comprende una bomba que proporciona una presión de fluido de proceso para que el líquido de proceso fluya a través de dicho lecho de filtración;
- 5 una cámara de filtración que tiene un puerto de entrada para recibir dicho líquido de proceso cargado de partículas y un puerto de salida para descargar líquido de proceso filtrado de la misma;
- 10 dicho lecho de filtración dentro de dicha cámara de filtración comprende partículas superflotantes que tienen un peso específico inferior a la mitad del peso específico predeterminada del líquido de proceso;
- un soporte del lecho adaptado para contener dichas partículas superflotantes y resistir la presión del fluido de proceso requerida para mover dicho líquido de proceso a través de dicho lecho de filtración a dicha presión;
- un sistema de lavado a contracorriente eficaz para eliminar contaminantes de dichas partículas superflotantes;
- 15 dicho sistema de lavado a contracorriente incluye al menos una boquilla de pulverización localizada debajo de dicho soporte del lecho;
- medios que conectan dicha al menos una boquilla de pulverización de lavado a contracorriente con el puerto de salida de dicha cámara de filtración para transportar líquido de proceso filtrado de dicha cámara de filtración a dicha al menos una boquilla de pulverización de lavado a contracorriente; y
- 20 en el que dicha al menos una boquilla de pulverización está montada dentro de dicha cámara de filtración para pulverizar hacia abajo líquido de proceso filtrado limpio.
2. El aparato de filtración según la reivindicación 1, en el que dichas partículas superflotantes del lecho de filtración están compactadas de forma suelta y la mayoría de su masa flota sobre la parte superior del líquido de proceso que va a filtrarse.
- 25 3. El aparato de filtración según la reivindicación 2, en el que dicha masa de partículas superflotantes del filtro está compactada de forma suficientemente suelta para permitir el lavado a contracorriente del lecho de filtración a medida que la masa de partículas del filtro flota sobre el cuerpo del líquido de proceso.
- 30 4. El aparato de filtración según la reivindicación 3, en el que dicha masa de partículas superflotantes del filtro se expande en el volumen del 10 al 30% durante dicho lavado a contracorriente para así liberar las partículas capturadas y lavarlas del lecho de filtración.
- 35 5. El aparato de filtración según la reivindicación 1, en el que dichas partículas superflotantes del lecho de filtración se seleccionan de un grupo que consiste en plástico, vidrio o cerámica.
6. El aparato de filtración según la reivindicación 1, en el que dicho aparato de filtración incluye un reactor ultravioleta.
- 40 7. El aparato de filtración de la reivindicación 1, en el que dicho líquido de proceso es agua o un líquido de proceso basado en agua y dichas partículas superflotantes son partículas superflotantes hidrófobas.
8. El aparato de filtración de la reivindicación 1, en el que dichas partículas superflotantes son de forma esférica.
- 45 9. El aparato de filtración de la reivindicación 1, en el que dicho soporte del lecho es un soporte multicapa que comprende una placa de metal perforada y dos o más capas de tamiz.
10. El aparato de filtración de la reivindicación 1, en el que dicho soporte del lecho es un soporte multicapa que comprende una placa de metal perforada, una capa de tamiz y una capa de material semipermeable.
- 50 11. El aparato de filtración de la reivindicación 1, en el que dichas partículas superflotantes se seleccionan para tener un tamaño específico dentro del intervalo de 0,1 micrómetro y 1,0 mm para un filtro más fino.
- 55 12. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 1, en el que se proporciona un depósito de almacenamiento que tiene un puerto de entrada para recibir selectivamente líquido de proceso filtrado de dicha cámara de filtración y un puerto de salida para devolver selectivamente líquido de proceso filtrado a dicha cámara de filtración para lavar a contracorriente dicho lecho de filtración compuesto para eliminar partículas del mismo.
13. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 12, en el que se proporciona un depósito de almacenamiento conectado a dicho puerto de entrada de dicha cámara de filtración para recoger selectivamente

líquido de proceso contaminado con partículas de dicha cámara de filtración tras el lavado a contracorriente de dicho lecho de filtración compuesto para eliminar dichas partículas.

- 5 14. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 1, en el que se proporcionan medios de control selectivamente accionables para controlar el suministro de líquido de proceso contaminado con partículas a y de dicha cámara de filtración y para controlar la descarga de líquido de proceso filtrado de dicha cámara de filtración.
- 10 15. El aparato de filtración de la reivindicación 1, dichas partículas superflotantes se seleccionan para que tengan un tamaño específico en el intervalo de 0,1 micrómetro y 25,4 mm.
- 15 16. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 1, en el que dicha cámara de filtración está provista de un tubo de ventilación normalmente cerrado que comunica el interior de dicha cámara de filtración con la atmósfera y se abre selectivamente cuando el líquido de proceso contaminado con partículas se drena de dicha cámara de filtración tras el lavado a contracorriente de dicho lecho de filtración compuesto para eliminar partículas contaminantes del mismo.
- 20 17. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 1, en el que medios interpuestos en dichos medios que conectan dicho al menos un cabezal de pulverización con dicha cámara de filtración pueden accionar selectivamente el transporte de dicho líquido de proceso filtrado a dicho al menos un cabezal de pulverización cuando dicho lecho de filtración superflotante está tan obstruido por partículas que la tasa de flujo de dicho líquido de proceso filtrado cae por debajo de una velocidad de flujo predeterminada seleccionada, por lo que dicho lecho de filtración se lava a contracorriente para eliminar dichas partículas del mismo, en el que dichos medios sensibles a dicha velocidad de flujo reducida de dicha cámara de filtración incluyen un sensor que mide dicha velocidad de flujo, una pluralidad de válvulas accionadas por solenoide, un depósito de líquido de proceso filtrado, una bomba y un sistema de control electrónico que conecta entre sí dicho sensor, válvulas, depósito y bomba.
- 25 18. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 1, en el que se proporcionan cámaras de filtración dobles conectadas en una configuración de sistema de filtración de flujo en paralelo.
- 30 19. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 18, en el que se proporcionan medios de control accionables para retener una cámara de filtración en la operación de filtración mientras que está siendo lavado a contracorriente el lecho de filtración de la otra cámara de filtración, por lo que dicho líquido de proceso contaminado con partículas puede filtrarse continuamente sin interrupción.
- 35 20. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 17, en el que se proporcionan cámaras de filtración dobles conectadas en una configuración de sistema de filtración de flujo en paralelo, y dicho sistema de control electrónico comprende un microprocesador integrado accionable para monitorizar dichos sensores y para "ENCENDER" y "APAGAR" de un modo oportuno todas las bombas y válvulas requeridas para accionar el aparato de cámara de filtración doble.
- 40 21. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 1, en el que se proporcionan cámaras de filtración dobles conectadas en una configuración de sistema de filtración de flujo en serie en el que una primera de dichas cámaras de filtración es la cámara del filtro primario y una segunda de dichas cámaras de filtración es la cámara del filtro secundario.
- 45 22. El aparato de filtración de líquido según la reivindicación 21, en el que el puerto de salida de dicha cámara del filtro primario está conectado al puerto de entrada de dicha cámara del filtro secundario, el puerto de salida de dicha cámara del filtro secundario está conectado selectivamente para suministrar líquido de proceso filtrado a dichas cámaras primarias y secundarias para efectuar el lavado a contracorriente de los lechos de filtración compuestos en dichas cámaras dobles, y se proporciona un sistema de control electrónico que conecta entre sí dichas cámaras de filtración de flujo en serie por lo que los lechos de filtración en dichas carcasas del filtro conectadas en serie pueden estar compuestos por partículas dimensionadas para filtrar partículas gruesas de líquido de proceso que pasa por dicha primera cámara de filtración y compuestos por partículas dimensionadas para filtrar partículas más finas del líquido de proceso admitidas a dicha cámara del filtro secundario para sí maximizar la cantidad total de partículas de contaminante eliminadas por el aparato de filtración de líquido.
- 50 55

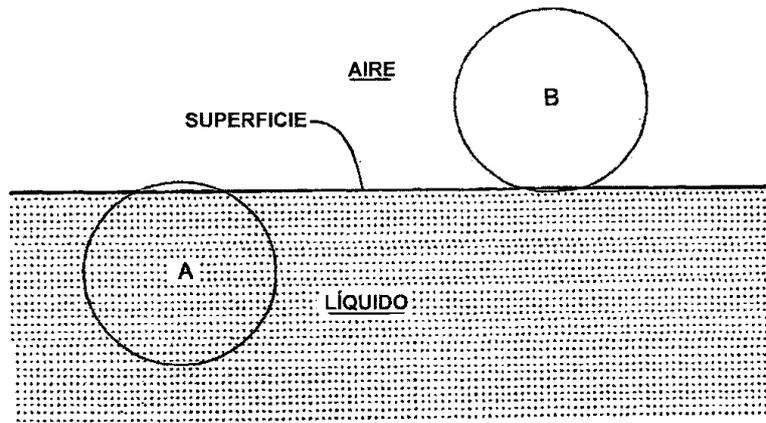


FIG. 1

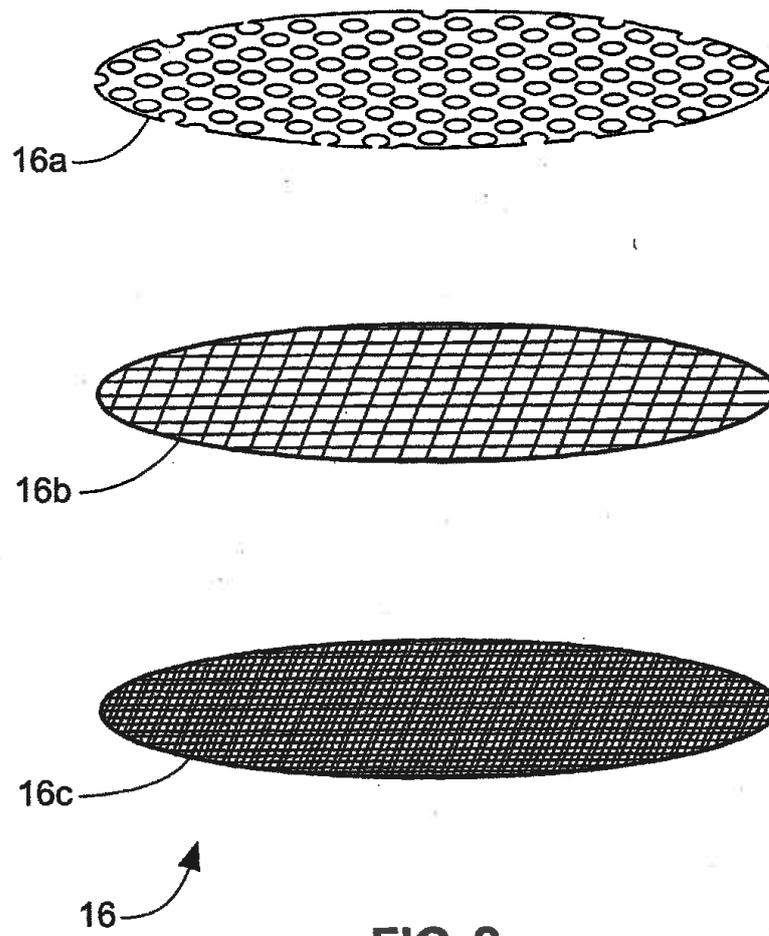
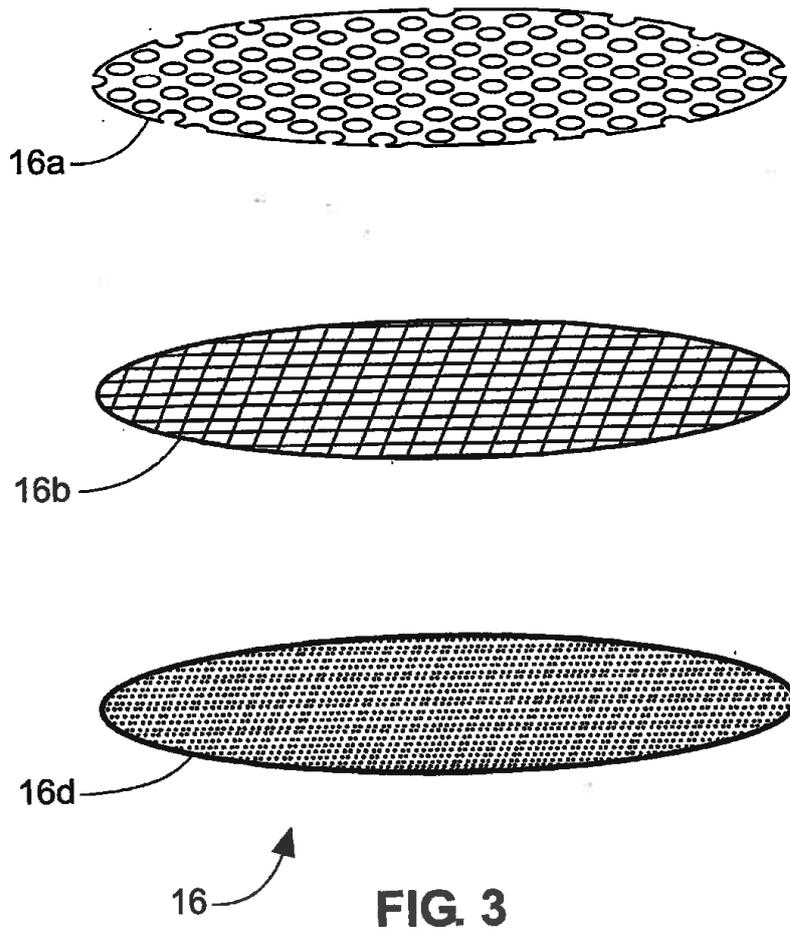


FIG. 2



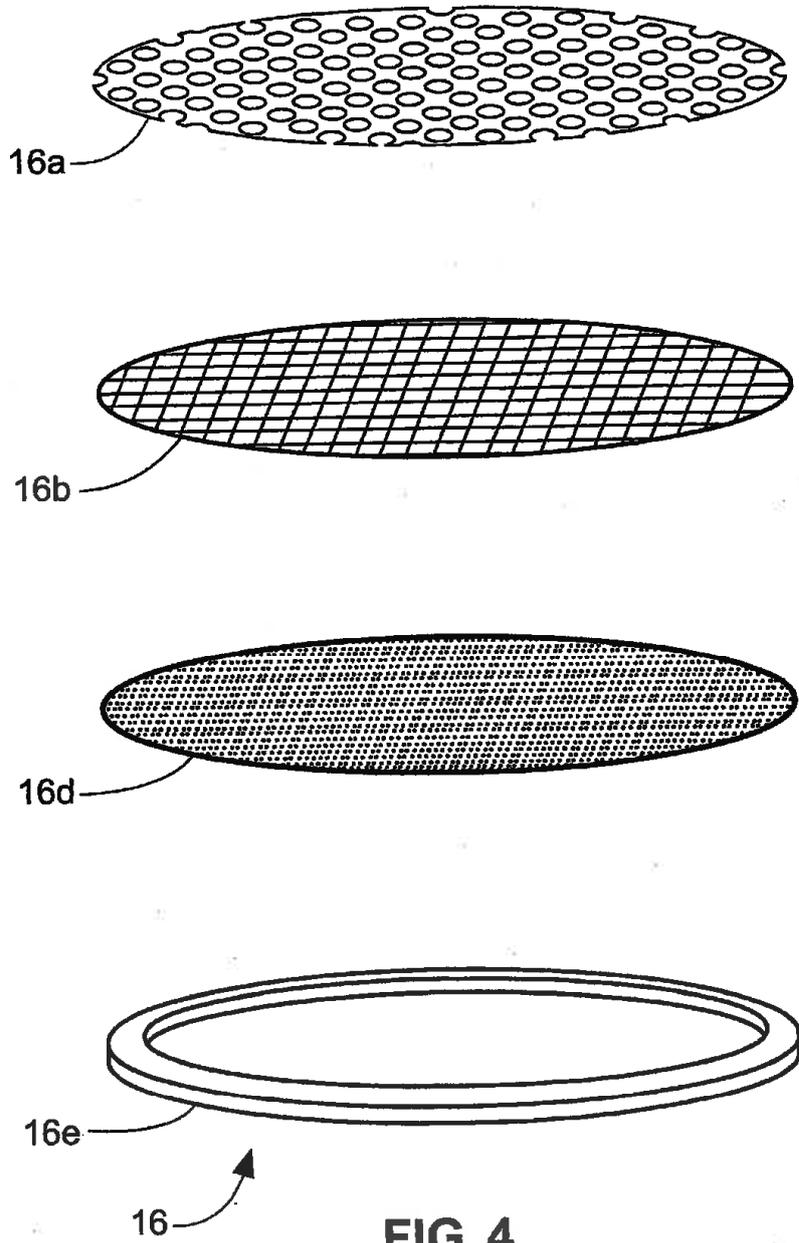


FIG. 4

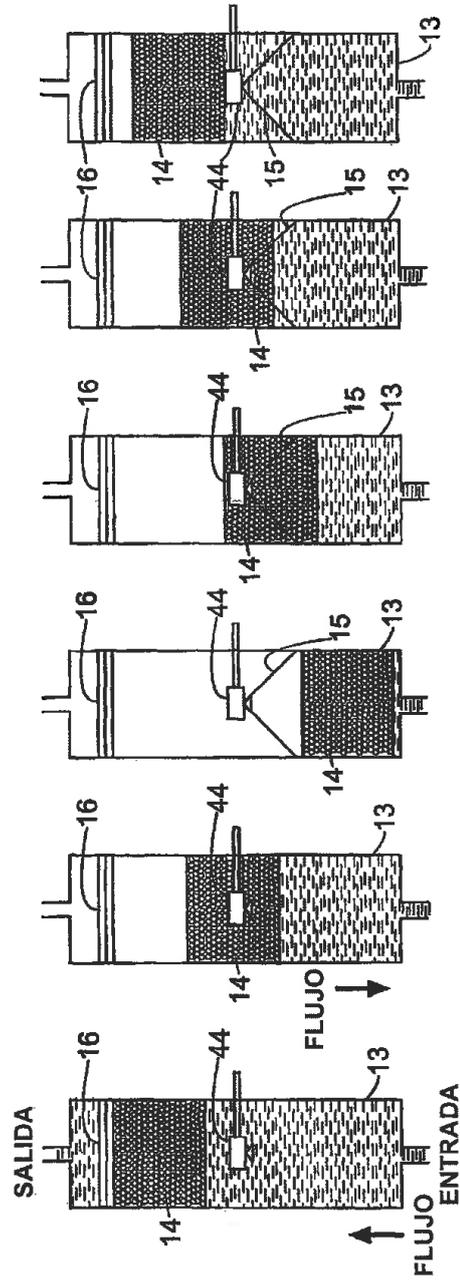


FIG. 5A FIG. 5B FIG. 5C FIG. 5D FIG. 5E FIG. 5F

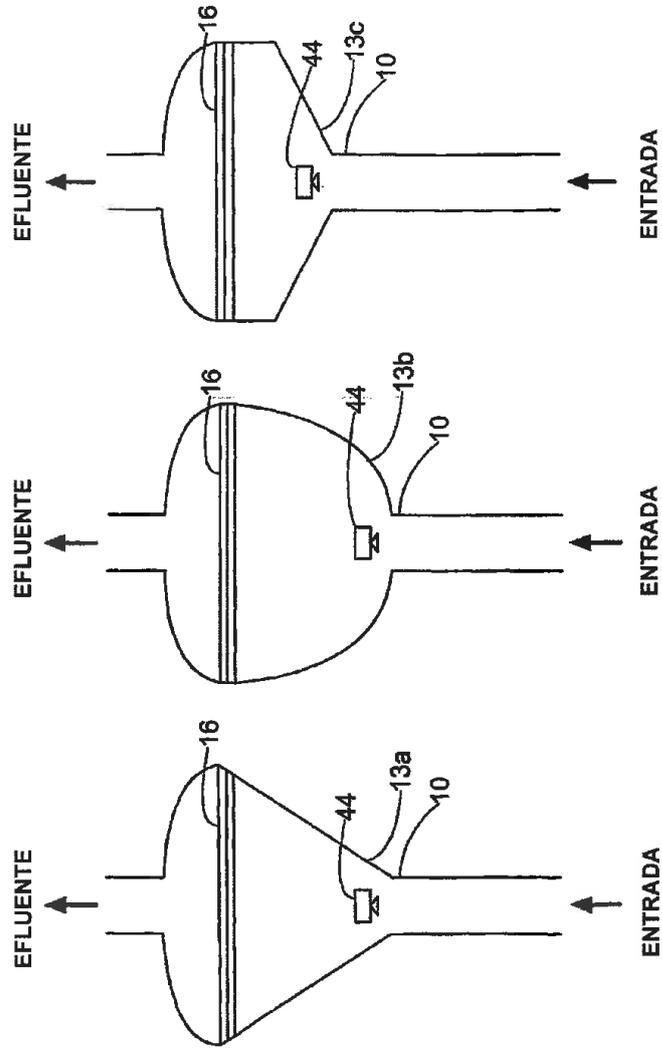


FIG. 6

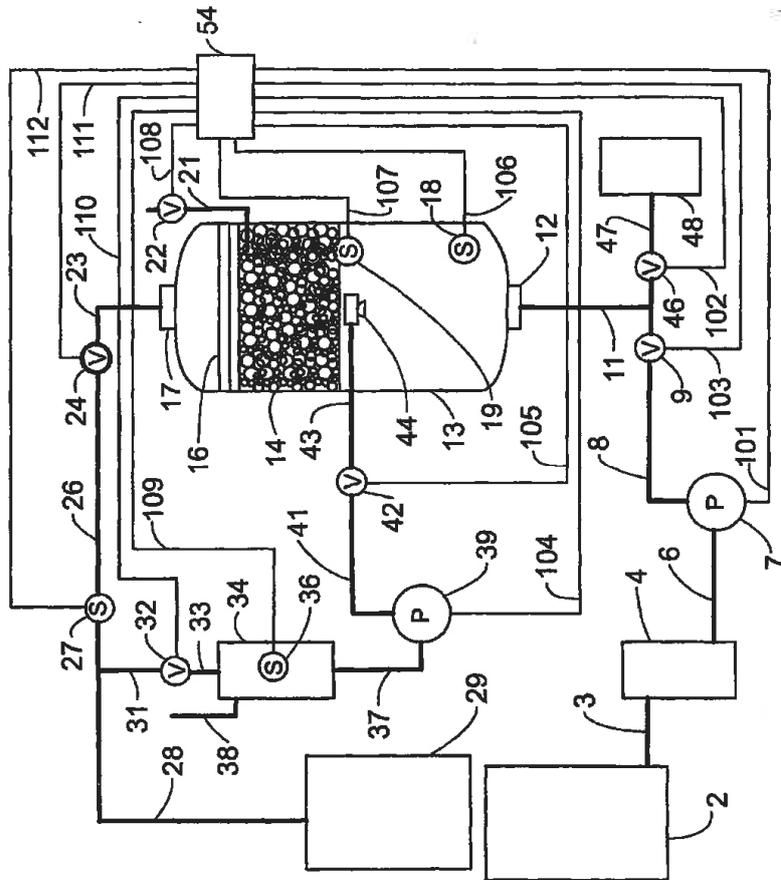


FIG. 7

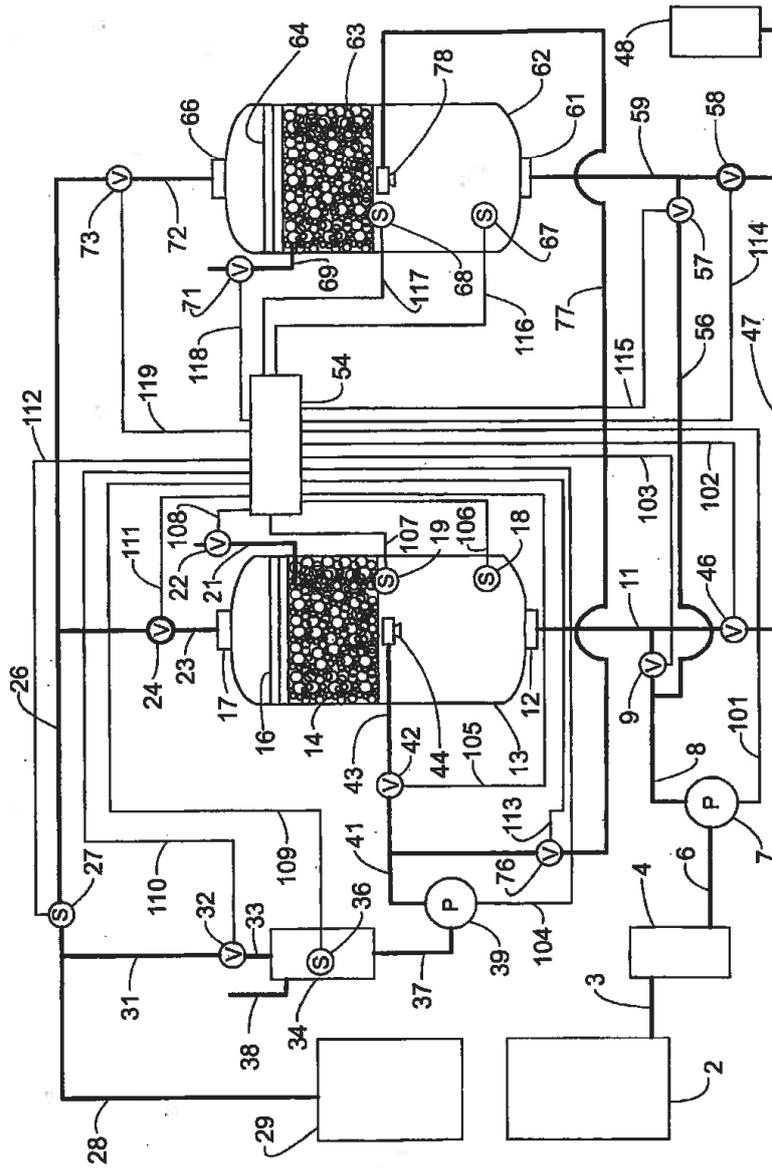


FIG. 8

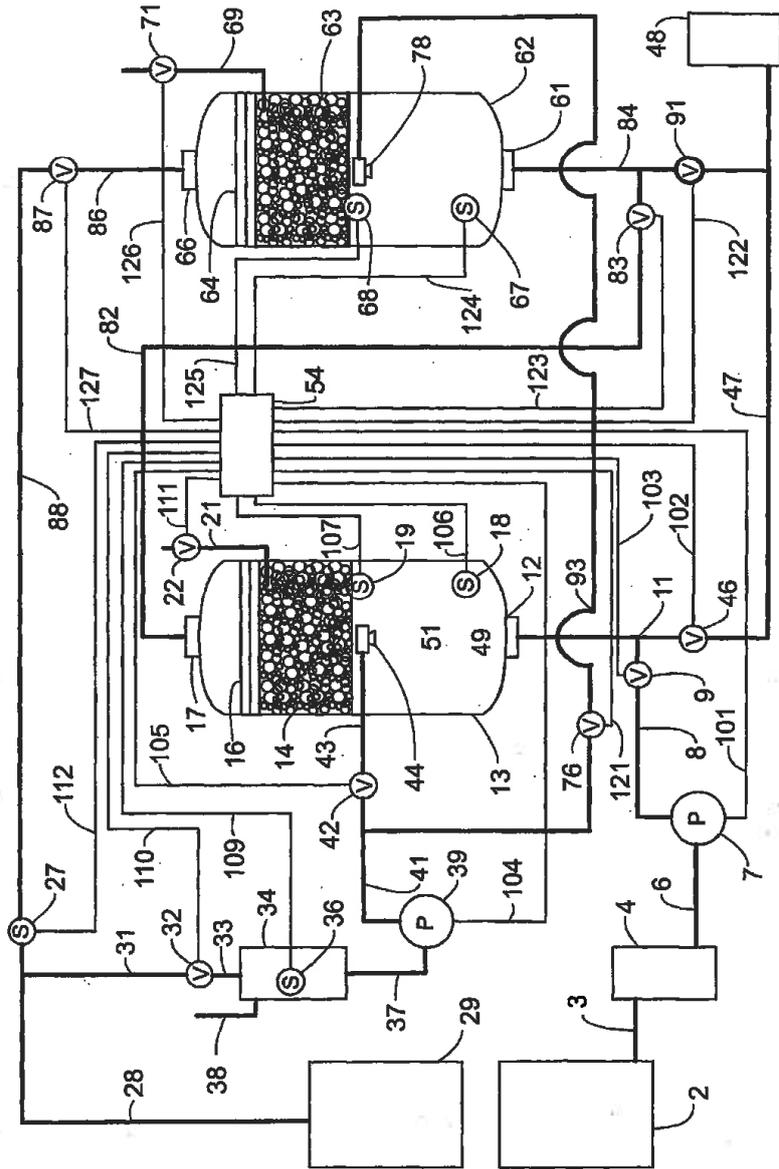


FIG. 9

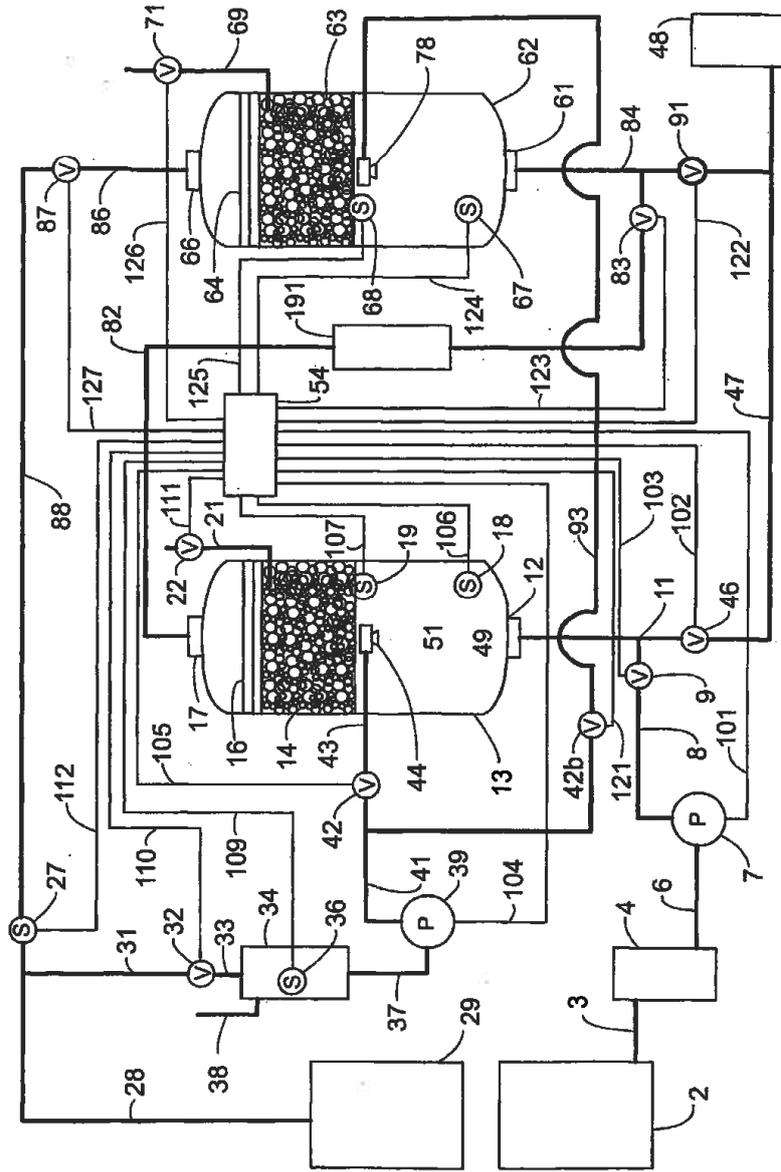


FIG. 10