

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 448**

51 Int. Cl.:
B01D 35/143 (2006.01)
B01D 37/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05776876 .4**
96 Fecha de presentación: **01.09.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1791616**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.06.2007**

54 Título: **Método para monitorizar el grado de suciedad de un filtro**

30 Prioridad:
16.09.2004 NL 1027050

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.08.2012

73 Titular/es:
NORIT MEMBRAAN TECHNOLOGIE B.V.
MARSSTEDEN 50
7547 TC ENSCHEDE, NL

72 Inventor/es:
FUTSELAAR, Harry;
BLANKERT, Bastiaan;
BETLEM, Bernardus Henricus Louis y
WESSLING, Matthias

74 Agente/Representante:
Izquierdo Faces, José

ES 2 386 448 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para monitorizar el grado de suciedad de un filtro.

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un método de filtrar un fluido, en particular a un método de obtener una característica del estado y un cambio en la misma de un fluido a ser filtrado y un medio de filtro, más específicamente a un método de caracterizar un estado de suciedad y un cambio en el mismo de un fluido a ser filtrado y un medio de filtro. La invención se refiere en particular a un método por el que una característica del estado y un cambio en la misma se puede obtener de un medio de filtro y el fluido a ser filtrado. A menos que se afirme específicamente lo contrario, el término medio de filtro en el contexto de la invención se refiere al filtro (limpio) así como a la torta de filtración formada en el filtro y la combinación de los dos

10 **[0002]** En lo sucesivo se hará referencia sólo a elementos específicos de los procesos de filtración, especialmente las características de una torta de filtración y un fluido a ser filtrado, así como a cambios de las características. Sin embargo, la invención no está limitada de ninguna manera a estas realizaciones meramente ejemplares.

15 **[0003]** Los fluidos de filtración para retirar contaminantes son generalmente conocidos en la técnica. Cuando se filtra un fluido para retirar contaminantes, se usará un filtro en el que parte de los contaminantes se depositan en la forma de una torta de filtración. Dependiendo de la naturaleza del material que se filtra fuera, esta torta de filtración puede variar enormemente, por ejemplo, puede ser una torta de filtración compresible o no compresible o compactable. También, el material filtrado fuera puede obstruir los poros del filtro a un grado mayor o menor o puede, por ejemplo, ser absorbido al material del filtro.

20 **[0004]** Cuando la torta de filtración ha llegado a un cierto grosor, la torta de filtración tiene que ser generalmente retirada. La manera de la filtración y de la retirada de la torta de filtración depende, entre otras cosas, del tipo del medio de filtrado, que incluye la naturaleza de la torta de filtración. Es por lo tanto aconsejable conocer la naturaleza del estado de suciedad del medio de filtrado y la naturaleza de la torta de filtración, el estado de suciedad del filtro y las características de la suciedad del fluido a ser filtrado, con el objeto de, en base a dicho estado momentáneo y los cambios dependientes del tiempo, asociados en dicho estado, ser capaz de controlar, modelar y optimizar aspectos importantes del proceso de filtración, como:

- la parte de producción
- la parte de purificación hidráulica/mecánica (por ejemplo, el retrolavado); y
- la parte de purificación química.

35 **[0005]** Tanto el material como la forma del filtro tienen un efecto en las características del estado del medio de filtrado a ser obtenidas durante el proceso de filtración. Esto se aplica especialmente a la geometría, por ejemplo el diámetro del filtro, en vista de evitar la obstrucción y la composición del material, en vista de evitar la absorción.

40 **[0006]** En el estado de la técnica, un filtro se limpia de acuerdo generalmente a un proceso estándar. Cuando una torta de filtración ha llegado a un grosor particular, o cuando la fuerza motriz excede un cierto valor, o después de un intervalo de tiempo preestablecido, la torta de filtración puede ser retirada por medio de, por ejemplo, retrolavado o limpieza de superficie, posiblemente en combinación con productos químicos, con el mismo fluido a ser filtrado, el fluido filtrado y/o combinaciones de este y otros fluidos (por ejemplo, un gas) o un sólido. Yamaguchi y otros (US 5.484.536) y Hoffmann (DE 19607740) enseñan ambos los métodos de control para determinar cuando iniciar un paso de lavado; estos métodos implican monitorizar la diferencia de presión a través del medio de filtro y comparar esta diferencia con un valor predeterminado. Yamaguchi correlaciona la diferencia de presión con el caudal y la temperatura, mientras que Hoffmann correlaciona la diferencia de presión con la tasa del flujo filtrado y el volumen filtrado; estos son factores de los que la diferencia de presión a través del medio de filtro son también dependientes. Sin embargo, el estado del medio de filtro, en particular la naturaleza de la torta de filtración no se tienen en cuenta aquí.

50 **[0007]** Existe por lo tanto una necesidad de un método con el que el estado y los cambios en el mismo del medio de filtro, es decir el estado del filtro y de la torta de filtración pueda ser filtrado y los contaminantes contenidos en el mismo) de una manera simple. Un objeto de la invención es en particular proporcionar un método que permita caracterizar un estado de suciedad (y un cambio en el mismo) de la suciedad de un proceso de filtración.

55 **[0008]** Otro objeto de la invención es el proporcionar un método, que permita que sea caracterizado el estado de suciedad de un proceso de filtración, y permita que la cantidad de suciedad sea derivada. El objeto de la invención es en general el proporcionar un método mejorado del tipo mencionado en el preámbulo con el objetivo de llegar a las posibilidades anteriormente mencionadas para controlar, modelar y optimizar el proceso de filtración. Los datos obtenidos también son pretendidos para obtener los datos de diseño y los datos de proceso, en base a lo que es posible llegar a:

- 60 - como adaptar las características del fluido por, por ejemplo, pasos de tratamiento físicos o químicos (como calentamiento/enfriamiento, dilución, floculación, pre-filtración, etc.);

- la elección de la geometría y composición apropiada del medio de filtro (por ejemplo, el diámetro del filtro para evitar la obstrucción, y la elección del material para, por ejemplo, evitar la absorción);
- la elección de los métodos de limpieza hidráulicos/mecánicos apropiados;
- la capacidad de estimar la capacidad del proceso de filtración (porque la medida de la irreversibilidad del estado de suciedad se conoce y puede ser determinada de los datos a ser obtenidos);
- como obtener datos que conciernen a la calidad de separación del proceso de filtrado (porque el proceso de envejecimiento del medio de filtro se conoce o puede ser calculado, y por lo tanto la vida útil del medio de filtro). Además de esta manera la información está disponible para el diseño y el funcionamiento de una instalación de filtración.

[0009] Para obtener al menos uno de los objetivos anteriormente mencionados, la invención proporciona un método como se ha mencionado anteriormente, que está caracterizado en que comprende que el estado se conoce o puede ser determinado de los datos a ser obtenidos); -como obtener los datos concernientes a la calidad de separación del proceso de filtración (porque el proceso de envejecimiento del medio de filtro se conoce o puede ser calculado, y por lo tanto la vida útil del medio de filtro). Además, de este modo la información está disponible para el diseño y el funcionamiento de una instalación de filtración.

[0010] Para obtener al menos uno de los objetivos anteriormente mencionados, la invención proporciona un método como se menciona anteriormente, que está caracterizado en que comprende los pasos de:

- a) filtrar un fluido contaminado para retirar de dicho fluido los contaminantes, que están depositados en un filtro en la forma de una torta de filtración,
- b) posteriormente proveer a través del medio de filtro un fluido sustancialmente no sucio en:

- I. un flujo variable, y midiendo la fuerza motriz, o
- II. una fuerza motriz variable, y midiendo el flujo,

- c) comparar: I. los valores medidos de la fuerza motriz como una función del flujo, o II. el valor medido del flujo como una función de la fuerza motriz, con al menos un conjunto estándar de datos que representan una característica de suciedad o está derivada de un modelo, y
- d) en base de la comparación en el paso c) proporcionar una caracterización de un estado de suciedad del fluido a ser filtrado o del medio de filtro,

en donde durante periodos sucesivos de tiempo los pasos a) a d) se repiten, y los valores obtenidos en el paso d) durante los periodos sucesivos de tiempo se comparan entre sí en el paso d) para obtener un cambio en la característica del estado.

[0011] Usando el método de acuerdo a la invención, es muy simple obtener una característica del estado de un proceso de filtración. En particular, hace posible obtener una característica de suciedad y un cambio en la misma del proceso de filtración. Como el fluido que se provee a través de la torta de filtración está sustancialmente no contaminado, no habrá más cambios en la torta de filtración durante la caracterización.

[0012] El método de acuerdo a la invención también hace posible determinar la cantidad y la naturaleza del material depositado. Se obtiene una ventaja con respecto a los métodos conocidos para determinar la cantidad del material depositado. Para lo que, de acuerdo con otros métodos, es necesario o proporcionar equipo de medición extra o hacer cambios físicos a la torta de filtración para medir su progresión de grosor. Midiendo la fuerza motriz, y el flujo a través del filtro, la invención hace posible determinar el grosor medio de la torta de filtración y la progresión de la misma.

[0013] La ventaja de la presente invención no se puede obtener con métodos del estado de la técnica. El monitorizar el desarrollo de la fuerza motriz durante el proceso de filtración y, en base a los valores medidos de la fuerza motriz, iniciar un paso de limpieza, ya se conoce en el estado de la técnica. Sin embargo, medir sólo la fuerza motriz no proporciona ningún conocimiento concerniente a la naturaleza de la suciedad. A este respecto por lo tanto, la invención proporciona una mejora y ventaja considerable. Ahora se conoce, en base a las características del fluido, la naturaleza, de la suciedad y la condición del medio del filtro, realizar un paso de limpieza decidido.

[0014] Los términos "fluido no contaminado" o "fluido no contaminante" usados intercambiamente en la presente descripción significan que durante el proceso de caracterización del estado del proceso de filtración, sustancialmente no tiene lugar contaminación. Esto significa que la variación en el flujo tiene que ser mucho más rápida que la acumulación de la suciedad, en cuyo caso la misma caracterización podría tener lugar con el mismo suministro que el que está siendo purificado en la filtración.

[0015] De acuerdo a una realización preferida de la invención, se obtienen buenos resultados cuando durante el paso b) el fluido sustancialmente no contaminado es suministrado a través del medio de filtro en la dirección de la filtración.

- [0016]** De acuerdo a una realización preferida de la invención, se obtienen resultados particularmente buenos adicionales cuando durante el paso b) el fluido sustancialmente no contaminado es suministrado a través de la torta de filtración contra la dirección de la filtración.
- 5 **[0017]** Se prefiere en cualquier caso que el aumento adicional de la suciedad del filtro durante la caracterización sea de forma máxima el 10% de la suciedad ya presente, preferiblemente de forma máxima el 5%, más preferiblemente de forma máxima el 2%, todavía más preferiblemente de forma máxima el 1% y más preferiblemente de forma máxima el 0,5%. De acuerdo con una realización preferida, este aumento adicional de la suciedad se expresa en la fuerza motriz, que se mide en un flujo predeterminado.
- 10 **[0018]** De acuerdo a una realización preferida de la invención, se obtienen buenos resultados cuando durante el paso b) el fluido sustancialmente no contaminado es suministrado a través del medio de filtro en la dirección de la filtración.
- 15 **[0019]** Se prefiere en cualquier caso que el aumento adicional de la suciedad del filtro durante la caracterización sea de forma máxima el 10% de la suciedad ya presente, preferiblemente de forma máxima el 5%, más preferiblemente de forma máxima el 2%, todavía más preferiblemente de forma máxima el 1% y más preferiblemente de forma máxima el 0,5%. De acuerdo con una realización preferida, este aumento adicional de la suciedad se expresa en la fuerza motriz, que se mide en un flujo predeterminado.
- 20 **[0020]** De acuerdo a una realización preferida adicional de la invención, el conjunto estándar comprende al menos un conjunto seleccionado de: valores de flujo sustancialmente constantes en valores de fuerza motriz variantes; valores de fuerza motriz sustancialmente constantes en valores de flujo variantes; valores de fuerza motriz crecientes o decrecientes en valores de flujo, respectivamente, crecientes o decrecientes y en donde cada uno de estos juegos representa una característica de la suciedad, Dichos juegos proporcionan una descripción satisfactoria de tipos posibles de condiciones de suciedad.
- 25 **[0021]** De acuerdo a otra realización, el conjunto estándar se forma por un conjunto de parámetros de un modelo que describe la relación entre la fuerza motriz y el flujo. La comparación del valor medido con un conjunto estándar de valores de medición en un cierto valor de flujo también proporciona una indicación útil de las características del fluido, la naturaleza de la suciedad y el estado del medio de filtro.
- 30 **[0022]** La caracterización es seleccionada preferiblemente de al menos una torta de filtración compresible y una tarta de filtración no compresible. En base a esta caracterización, se puede elegir un método apropiado con respecto a controlar, modelar y optimizar el proceso de filtración.
- 35 **[0023]** De acuerdo a un desarrollo adicional adecuado de la invención, después de la conclusión del paso d) de acuerdo con la invención, el filtro es sometido a un tratamiento de limpieza para retirar sustancialmente la torta de filtración, donde después los pasos b) y c) se llevan a cabo para caracterizar el estado modificado después del tratamiento de limpieza. Si el tratamiento de limpieza se ha mostrado inadecuado, los pasos b) a c) se pueden repetir adicionalmente. De esta manera es posible determinar si el dispositivo de filtro puede ser limpiado adecuadamente o como el dispositivo de filtro podría ser limpiado adecuadamente (concretamente por comparación con el conjunto estándar de datos).
- 40 **[0024]** De acuerdo a una realización preferida adicional, el conjunto estándar de datos se obtiene de la caracterizar un filtro no contaminado, por ejemplo, un filtro nuevo con fluido no contaminado. El fluido usado para la caracterización es preferiblemente el mismo que el fluido usado para determinar los datos estándar.
- 45 **[0025]** Es también posible el aplicar un método de obtener un conjunto estándar de datos de medición de un filtro nuevo, adecuado para ser usado en un método de acuerdo a una de las realizaciones precedentes, que comprende suministrar fluido sustancialmente no contaminado a través de un filtro sin suciedad en:
- 50 I. un flujo variante en donde se mide la fuerza motriz, o
II. una fuerza motriz variante en donde se mide el flujo,
- 55 y almacenar los valores de la fuerza motriz y el flujo respectivo en un conjunto estándar de datos.
- [0026]** A pesar de que la invención no está limitada a un tipo particular de modo de filtración, se prefiere que los pasos de filtración tengan lugar en el modo sin salida. Esto permite una determinación precisa de la relación entre la fuerza motriz y el flujo, Sin embargo, una persona experta en la técnica de la filtración estará informada con el hecho de que bajo condiciones bien definidas como un proceso también se pueden llevar a cabo en modo de flujo cruzado o en una combinación de los dos, un llamado modo semi-sin salida.
- 60 **[0027]** Durante la aplicación de este método, se prefiere que se determinen otras características (físicas) del medio como, por ejemplo, la temperatura para determinar la viscosidad, la turbiedad, la distribución del tamaño de partículas, la concentración, la conductividad y similares. Las otras características específicas a ser medidas
- 65

dependen del modelo usado para el proceso de filtración, en donde la resistencia es también especificada explícitamente (como la ley de Darcy en relación a la llamada filtración de la capa de la torta). El efecto de la contaminación en la resistencia se puede deducir comparando también con la resistencia de un filtro limpio con un fluido no contaminado. En base a que es posible calcular la cantidad de contaminación.

[0028] Cuando, por ejemplo, se establecen valores de flujo diferentes para fluidos sustancialmente no contaminados que pasan a través del medio de filtro sucio (es decir, el filtro y la torta de filtración), se proporciona un gráfico de acuerdo con la invención, mostrando la relación entre la fuerza motriz y el flujo. La naturaleza de la suciedad puede ser determinada desde la curva de este gráfico. Esto se describirá más tarde con mayor detalle.

La Figura 1 muestra una curva de una resistencia medida a través de la torta de filtración, trazada contra una variable que es proporcional a una cantidad de material filtrado. En este caso se filtró agua de superficie. Como se puede ver de la Figura 1, dicha curva de filtración puede ser representada por un segundo orden polinómico.

La Figura 2 muestra la curva de filtración del agua de retrolavado industrial. En este caso también, la curva de filtración parece ser representable por un segundo orden polinómico.

[0029] En un sentido, hay una similitud sustancial entre las curvas de filtración. En base a esto uno no puede determinar las características del fluido del medio de filtro. No es por lo tanto posible llegar a una descripción, control, modelado y optimización correctos del proceso de filtración total en esta base.

[0030] Cuando se lleva a cabo una caracterización del proceso de filtración de acuerdo con la invención, se obtienen los gráficos, como se muestra en las Figuras 3 y 4 respectivamente. La Figura 3 muestra la progresión de la resistencia a través de la torta de filtración cuando se suministra fluido limpio a través de los flujos diferentes. Se puede ver claramente que la resistencia aumenta con un aumento en el valor del flujo.

[0031] En contraste a la Figura 3, la Figura 4 muestra que la resistencia no aumenta con un flujo creciente.

[0032] Las Figuras 3 y 4 por lo tanto muestran que el comportamiento de la torta de filtración es completamente diferente. A pesar de que la Figura 2 muestra que la resistencia aumenta fuertemente con un aumento en la formación de la torta, esto no es causado por la compresibilidad o el comportamiento relacionado con el flujo de la torta de filtración si no, por ejemplo, un efecto del volumen.

[0033] Sin embargo, la torta de filtración resultante del agua de superficie se comporta de forma diferente a un valor de flujo más alto. Se puede concluir que en el presente caso la torta de filtración resultante del agua de superficie y mostrada en la Figura 1, se comprime a un valor de flujo más alto. Esto aumenta la resistencia.

[0034] En el caso de aguas residuales industriales por otro lado, la resistencia no aumenta cuando el flujo es aumentado. En este caso, la torta de filtración no es compresible. En este ejemplo la resistencia puede aumentar, por ejemplo, porque el paso del flujo se vuelve físicamente obstruido con material filtrado fuera del fluido.

[0035] El fluido que puede ser usado para llevar a cabo la caracterización puede, por ejemplo, ser líquido limpio. Si el líquido a ser purificado contiene sólo pocos contaminantes, sólo se añadirá muy poca suciedad a filtro en el corto periodo de tiempo en el que se lleva a cabo la caracterización. En tal caso puede ser aceptable para usar el líquido a ser purificado como fluido para realizar la caracterización. Por supuesto, es también posible diluir el líquido a ser purificado con líquido limpio o añadir sustancias o aditivos auxiliares que aseguran que la torta de filtración no se ensucia más. Por supuesto, es igualmente posible usar fluidos ya filtrados del paso de filtración para la caracterización.

[0036] En una instalación de filtración industrial, estarán dispuestas un gran número de unidades de filtración en conexión paralela. Una de estas unidades de filtración puede, por ejemplo, ser usada para llevar a cabo la caracterización. En ese caso, esa unidad puede ser idéntica a las otras unidades de filtración, siempre que se haga adecuada para llevar a cabo la caracterización. Para ese propósito debe ser posible desconectar la unidad de filtración respectiva del suministro del fluido a ser filtrado. En lugar de eso, debe ser posible durante la caracterización el conectar la unidad de filtración respectiva a una entrada de fluido sustancialmente limpio. Esto por supuesto no es necesario si la caracterización puede tener también lugar con el líquido a ser filtrado. En cualquier caso, sin embargo, se deben proporcionar instalaciones para permitir que el flujo o la fuerza motriz sean variados. En general será por lo tanto necesario para la unidad de filtración respectiva ser desacoplada hidráulicamente de las otras unidades de filtración. Una persona experta en la técnica es bien capaz de implementar dicho desacoplamiento, por ejemplo, proporcionando válvulas en los lugares adecuados.

[0037] De acuerdo a una realización adicional, es posible llevar a cabo la caracterización en flujo cruzado en lugar de en el modo sin salida. La filtración puede también tener lugar, mientras que, por ejemplo, la caracterización tiene lugar en el modo sin salida. Por supuesto, todas las otras combinaciones son también posibles. Sin embargo, se prefiere una realización en donde al menos la caracterización tiene lugar en el modo sin salida.

[0038] Como se ha mencionado ya, la resistencia puede ser determinada midiendo la fuerza motriz (por ejemplo la presión transfilto o la presión transmembrana TMP). En el caso de la torta de filtración, esto tiene lugar con la ayuda de la ley de Darcy:

5

$$R = \frac{TMP}{\eta J} \quad (1)$$

10 Abreviaciones:
[0039]

R = resistencia total;
TMP = fuerza motriz;
15 η = viscosidad;
J = flujo.

[0040] Finalmente, se prefiere también medir la temperatura del fluido durante el paso b). De la naturaleza del fluido y de la temperatura es posible determinar precisamente la viscosidad. De acuerdo a la ley de Darcy es entonces posible calcular la resistencia. Si no hay presente suciedad, esta ley puede ser usada para determinar la resistencia de un filtro limpio. Esto se mide filtrando líquido limpio (u otra sustancia fluida) a través del filtro limpio a diferentes valores de flujo. En la región activa la resistencia del filtro puede también ser aproximada de la manera siguiente:

25

$$R_M = R_{M0} + BJ \quad (2)$$

30 o:

$$R_M = R_{M0} + B'\eta J \quad (3)$$

35

Abreviaciones:
[0041]

40 R_M = resistencia del filtro;
 R_{M0} = parte independiente del flujo de la resistencia del filtro;
B = constante de proporcionalidad;
45 B' = constante de proporcionalidad.

[0042] Una vez que se conoce la resistencia del filtro, una resistencia en aproximación en serie se puede usar para determinar la resistencia de la suciedad.

50

$$R_F = \frac{TMP}{\eta J} - R_M \quad (4)$$

55

Abreviaciones:
[0043]

60 R_F = resistencia de la torta de filtración actual.

[0044] La resistencia de la suciedad depende del grado de suciedad y posiblemente también del flujo. Esto ya ha sido mostrado claramente en lo anterior. La resistencia es por lo tanto representada como una función de o el flujo de agua limpia o como una función del volumen filtrado por superficie del filtro. De acuerdo a una realización preferida, la filtración tiene lugar por medio de la filtración sin salida, y en ese caso esta variable está directamente relacionada a un grado de suciedad y se define por:

65

$$\frac{dw}{dt} = J \quad (5)$$

5

Abreviaciones:

[0045]

10 w= carga de suciedad;

t = tiempo.

15 [0046] Para una cada de torta compresible, la relación entre la resistencia de la capa de la torta y la caída de presión sobre la capa de la torta se muestran por medio de la siguiente relación empírica:

$$R_F = \omega \alpha (1 + \beta \Delta P_F^n) \quad (6)$$

20

en donde:

ω = carga de suciedad

25 α = resistencia de la capa de la torta específica

β = factor de compresibilidad

ΔP_F = caída de presión sobre la capa de la torta

n = factor de ajuste empírico

30 [0047] La caída de presión sobre una capa de torta no puede ser medida directamente, pero puede ser calculada de la resistencia medida de acuerdo con la Fórmula 1.

$$\Delta P_F = R_F J \eta \quad (7)$$

35

[0048] La ecuación (6) sustituida en (7) con n=1 para la mayoría de las aplicaciones resulta en:

40

$$\Delta P_F = \omega \alpha (1 + \beta \Delta P_F) J \eta \quad (8)$$

45 [0049] Con una capa de torta compresible, la caída de presión sobre la capa de la torta es una función de la localización en la capa de la torta. Para una discretización de medio de filtro tubular de (8) resulta en:

$$\frac{1}{\eta J} \cdot \frac{dP_F}{dr} = \alpha [1 + \beta P_F(r)] \quad (9)$$

50

[0050] La solución de esta ecuación rellena en (6) resulta en:

55

$$R_F = \alpha \omega \Phi (1 + \beta \alpha \omega \Phi J \eta) \quad (10)$$

60 en donde el factor de volumen Φ es proporcionado por:

$$5 \quad \Phi = \frac{r}{2\omega X} \operatorname{Ln} \left(1 - \frac{2\omega X}{r} \right) \quad (11)$$

con

10 r = radio del medio de filtro

X = grosor de la capa de la torta

15 **[0051]** Se debe tener en cuenta que Φ de la fórmula (11) se aproxima a 1 para la capa de torta delgada, sistemas de membrana planos y fracciones de volumen bajas.

20 **[0052]** Una vez que se determina la curva de filtración, se conoce la relación entre el grado de suciedad y la resistencia. Por lo tanto este valor puede ser usado para calcular la cantidad de suciedad después de un tratamiento de limpieza midiendo la resistencia cuando se filtra un fluido limpio a través de un filtro limpiado.

25 **[0053]** Como se ha descrito anteriormente, no es posible determinar las características de la capa de la torta de la Figura 1 o la Figura 2; la Figura 3 o la Figura 4 es también necesitada para ser capaz de determinar la compresibilidad β . Cuando esta β se conoce, la curva de la Figura 1 o la Figura 2 puede ser ajustada a la Fórmula (10); para este propósito se conocen varias rutinas matemáticas como, por ejemplo, el método Simplex.

30 **[0054]** Llevando a cabo regularmente la caracterización de acuerdo con la invención el proceso de filtración completo puede ser monitorizado para cambios en las características del estado, de tal forma que se pueden seguir los cambios en las características de, por ejemplo, el fluido a ser filtrado, la naturaleza de la torta de filtración y la condición del filtro. En base a esto, puede ser descrito, controlado, modelado y optimizado el proceso de filtración completo. Además, proporciona información de cómo adaptar las características del fluido y de la capacidad y la calidad del mismo filtro.

35 **[0055]** La invención no está limitada a las realizaciones mencionadas específicamente anteriormente. La invención sólo está limitada por las reivindicaciones añadidas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de filtrar un fluido que comprende los pasos de;

5 a) filtrar un fluido contaminado para retirar del mencionado fluido los contaminantes, que están depositados en un filtro en la forma de una torta de filtración, el mencionado filtro y la torta de filtración formando juntos un medio de filtro,

caracterizado porque

10 b) posteriormente suministrar a través del medio de filtro un fluido sustancialmente no sucio a:

- I. un flujo variable, y midiendo la fuerza motriz, o
- II. una fuerza motriz variable, y midiendo el flujo,

15 c) comparar: I, los valores medidos de la fuerza motriz como una función del flujo, o II. El valor medido del flujo como una función de la fuerza motriz, con al menos un conjunto estándar de datos que representa una característica de suciedad o está derivado de un modelo; y

20 d) en base a la comparación en el paso c) proporcionar una caracterización de un estado de suciedad del fluido a ser filtrado en el medio de filtro.

en donde durante periodos sucesivos de tiempo los pasos a) a d) son repetidos, y los valores obtenidos en el paso d) durante los periodos sucesivos de tiempo se comparan entre sí en el paso d) para obtener un cambio en la característica del estado.

25 **2.** Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el conjunto estándar del paso c) se obtiene de una medición de un filtro sustancialmente no sucio, la mencionada medición implicando un fluido sustancialmente no contaminado.

30 **3.** Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el conjunto estándar comprende al menos un juego seleccionado de: valores de flujo sustancialmente constantes a valores de fuerza motriz variables; valores de fuerza motriz sustancialmente constantes a valores de flujo variables; y valores de fuerza motriz crecientes o decrecientes a valores de flujo crecientes o decrecientes, respectivamente, y en donde cada uno de estos conjuntos representa una característica de suciedad.

35 **4.** Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el conjunto estándar está formado por un conjunto de parámetros de un modelo que describe la relación entre la fuerza motriz y el flujo.

40 **5.** Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la caracterización en el paso d) es seleccionada de al menos uno de torta de filtración compresible y torta de filtración no compresible.

45 **6.** Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** durante el paso b) el fluido sustancialmente no contaminado no aumenta sustancialmente el grado de suciedad del filtro adicionalmente.

50 **7.** Un método de acuerdo a la reivindicación 6, **caracterizado porque** el aumento adicional de la suciedad del filtro durante la caracterización es de forma máxima el 10% de la suciedad ya presente, preferiblemente de forma máxima el 5%, más preferiblemente de forma máxima el 2%, todavía más preferiblemente de forma máxima el 1% y más preferiblemente de forma máxima el 0,5%.

8. Un método de acuerdo a la reivindicación 7, **caracterizado porque** el aumento adicional de la suciedad se expresa en la fuerza motriz, que es medida a un flujo establecido.

55 **9.** Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** después de que el paso d) ha sido llevado a cabo, el filtro es sujeto a un tratamiento de limpieza para retirar sustancialmente la torta de filtración, donde después de que los pasos b) a c) de la reivindicación 1 se llevan a cabo para caracterizar el estado modificado después del tratamiento de limpieza.

60 **10.** Un método de acuerdo a la reivindicación 9, **caracterizado porque** el conjunto estándar de datos que representa una característica de suciedad se obtiene de una medición de un filtro sustancialmente no sucio, dicha medición implicando un fluido sustancialmente no contaminado.

65 **11.** Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los pasos de filtración tienen lugar en el modo sin salida, el modo semi sin salida o en el modo de flujo cruzado.

12. Un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** durante el paso b) al menos también otra característica del fluido es medida seleccionada de, por ejemplo, la temperatura, la turbiedad, la conductividad y similares.
- 5 13. Un método de controlar un proceso de filtración en base a los datos obtenidos por un método de acuerdo a una o varias de las reivindicaciones anteriores.
- 10 14. Un método de acuerdo a la reivindicación 13, **caracterizado porque** una característica física del fluido se cambia, por ejemplo, seleccionada de al menos una de: temperatura, concentración de la contaminación, acidez del fluido, etc.;
- y/o que un tratamiento se lleva a cabo, por ejemplo seleccionado de al menos uno de: floculación y/o pre-filtración o similar.

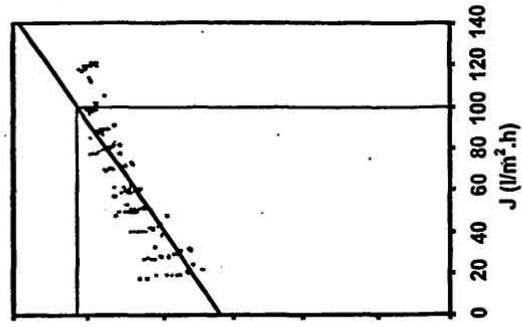


Fig. 3

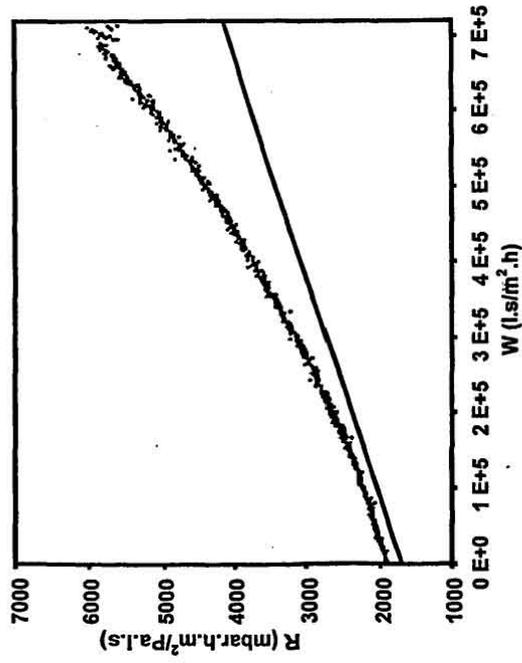


Fig. 1

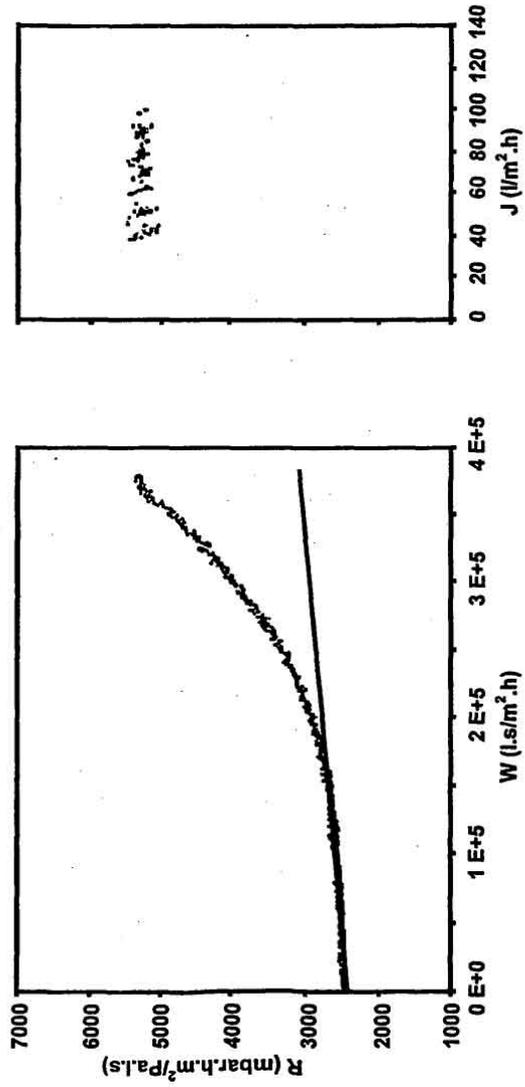


Fig. 2

Fig. 4