

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 540**

51 Int. Cl.:
B01D 24/08 (2006.01)
B01J 47/02 (2006.01)
B01D 53/18 (2006.01)
B01D 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **01946800 .8**
96 Fecha de presentación: **25.01.2001**
97 Número de publicación de la solicitud: **1251926**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.10.2002**

54 Título: **Aparato de tratamiento de fluido en lecho poco profundo**

30 Prioridad:
27.01.2000 US 178397 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.04.2012

73 Titular/es:
**AMALGAMATED RESEARCH, INC.
2531 ORCHARD DRIVE EAST
TWIN FALLS, ID 83301, US**

72 Inventor/es:
**KEARNEY, Michael M.;
VELASQUEZ, Lawrence y
PETERSON, Kenneth R.**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 379 540 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 de tratamiento de fluido en lecho poco profundo

Campo técnico

5 Muchos tratamientos de fluidos operan haciendo pasar fluidos a través de lechos de material. Estos tratamientos incluyen cromatografía, intercambio de iones, adsorción, reacción catalítica, etc. La presente invención está dirigida a estos tratamientos en general.

Técnica antecedente

10 Los tratamientos de fluidos presentan característicamente límites rigurosos en su operación debido a caídas de presión en el lecho, a la cinética y a la uniformidad del flujo. Estos límites se imponen, por ejemplo, en la productividad, la eficiencia de tratamiento, uso de energía, tamaño del sistema, compatibilidad medioambiental y costes de capital/operativos.

15 Como ejemplo de cómo ocurren estos límites, puede limitarse el caudal que atraviesa un lecho, porque, a medida que aumenta el caudal, aumenta la caída de presión en el lecho. La caída de presión puede alcanzar un punto en el que pueda superarse el timbraje de una columna que contiene el lecho, el lecho puede empezar a apelmazarse de forma inaceptable, pueden destruirse partículas del lecho y puede requerirse una energía excesiva para la operación. Está claro que este efecto impone límites en la productividad (límites en el caudal) y en el diseño y el costo de la célula (una presión elevada requiere una resistencia estructural adicional).

20 Como ejemplo adicional, las velocidades lineales elevadas pueden dar como resultado una interacción o una reacción inaceptablemente deficientes de un fluido con el material del lecho. Es decir, los requerimientos cinéticos del sistema se limitan a sí mismos. Una velocidad lineal excesivamente elevada de un fluido a través de un lecho dará como resultado un tiempo de contacto insuficiente del fluido con la partículas del lecho. Está claro que esto impone límites a la productividad. (De nuevo, el caudal está limitado).

25 Extender un lecho con una geometría ancha (gran sección transversal), llana (profundidad superficial o trayectoria de corto recorrido) en vez una geometría alta (trayectoria de largo recorrido), estrecha (sección transversal relativamente pequeña, transversal a la dirección del flujo) reducirá tanto la caída de presión en el lecho como la velocidad lineal de un fluido que atraviere el lecho. Aunque ambos efectos serían beneficiosos, la construcción de tal columna no está extendida debido a la dificultad de distribuir y recoger fluido en un lecho ancho y poco profundo (una gran sección transversal). Normalmente, cualquier turbulencia o falta de homogeneidad en el fluido introducido en la columna no pueden ser atenuadas por medio de un lecho ancho de poca profundidad, por lo que las faltas de homogeneidad se ven reflejadas como ineficiencias y un tratamiento inaceptable. Por ejemplo, en cromatografía, tales problemas dan como resultado un ensanchamiento de banda y en una separación deficiente de los componentes de una mezcla suministrada.

30 En la patente estadounidense nº 4.673.507, de Brown, se da a conocer un dispositivo representativo. La patente 4.673.507 da a conocer un aparato de tratamiento de fluidos que puede usarse para la operación en lecho de poca profundidad. Sin embargo, este dispositivo carece de un suministro de fluido significativamente distribuido y de sistemas de recogida y depende de mantener el lecho en una condición apelmazada en exceso. Se logra una distribución sustancialmente uniforme del flujo de fluido a través del lecho empleando resinas de tamaño de partícula fino (sustancialmente uniforme) que se mantienen en una condición "apelmazada en exceso" se usa con el significado de que las partículas están confinadas dentro del lecho de resina de modo que están sometidas a compresión en todo momento. Este dispositivo restringe inherentemente el flujo del fluido de tratamiento a través del lecho.

35 La patente estadounidense nº 5.626.750, de Chinn, da a conocer un aparato para el tratamiento de fluido. En este aparato, se proporcionan "cavidades libres de partículas" primera y segunda por encima y por debajo del lecho que retiene las partículas. Se proporciona un flujo homogéneo de fluido a través del lecho simplemente por la caída de presión en el lecho. La caída de presión en el lecho es una función de las presiones en las cavidades primera y segunda. No se realiza provisión alguna para controlar sustancialmente las características de flujo del fluido (torbellinos o zonas turbulentas) en corrientes del fluido de tratamiento cerca de la superficie del lecho.

40 Se encuentran revelaciones previas de estructuras de tipo fractal en Kearney, M. "Control of Fluid Dynamics with Engineered Fractals-Adsorption Process Applications", Chemical Engineering Communications, Londres, Gran Bretaña, Vol. 173, junio de 1999 (1999-06), páginas 43-52, XP000900461 ISSN: 0098-6445; DE 41 18 501A; Patent Abstracts of Japan, vol. 012, nº 451 (p-791) [JP 63 173960 A]; US-A-4025438; y US-A-4059528. Se encuentran revelaciones adicionales de estructuras fractales en los documentos WO 98/14268A1 (Amalgamated Research Inc (US) 9 de abril de 1998) y WO 99/485 99 A1 (Amalgamated Researched Inc (US) 30 de septiembre de 1999).

55 Sería un avance proporcionar un aparato para el tratamiento de fluidos que presente una caída reducida de la presión a través de un lecho de medios y que también tenga una tasa (velocidad) de flujo de fluido reducida con un

caudal volumétrico aumentado a través del lecho. Un aparato preferente proporcionar control sobre el caudal de tratamiento para reducir la mezcla y la turbulencia cerca del lecho para resistir las faltas de homogeneidad en la corriente de tratamiento.

Revelación de la invención

5 Un procedimiento para el tratamiento de un fluido incluye proporcionar un lecho de resina en forma de columna que tiene un diámetro que es dimensionalmente mayor que la altura de la misma; proporcionar un distribuidor en forma de estructura fractal, definiendo dicho distribuidor una población de salidas de fluido que tiene una densidad mayor de aproximadamente 200 salidas de fluido por 0,0929 metros cuadrados; situar dicho distribuidor separadamente de dicho lecho de resina para definir un espacio vacío entre dicho distribuidor y dicho lecho de resina; proporcionar un colector, estando situado dicho lecho de resina entre dicho distribuidor y dicho colector; y hacer que dicho fluido fluya desde dicho distribuidor, a través de dicho lecho de resina y, después, a dicho colector en respuesta a una caída de presión en dicho lecho de resina de menos de 34,5 kPa y fluidificando o lavando a contracorriente dicho lecho de resina utilizando dicho espacio vacío.

15 Además, un aparato de tratamiento de fluidos incluye un primer lecho de resina con un extremo de entrada, un extremo de salida y un diámetro de al menos dos veces la distancia entre dicho extremo de entrada y dicho extremo de salida; un primer distribuidor de fluido construido y dispuesto para introducir fluido en dicho extremo de entrada de dicho lecho de resina con una densidad de al menos 200 salidas de distribución por 0,0929 metros cuadrados, incluyendo dicho distribuidor una pluralidad de conductos individuales, estando situado dicho primer distribuidor de fluido separadamente de dicho primer lecho de resina, para definir un espacio vacío, entre dicho primer distribuidor de fluido y dicho primer lecho de resina; y un primer colector de fluido construido y dispuesto para recoger fluido tratado una vez en dicho extremo de salida de dicho lecho de resina.

25 La presente invención proporciona un aparato para un sistema de tratamiento de fluidos que implica hacer pasar un fluido a través de un lecho de tratamiento configurado para tener un diámetro sustancialmente mayor que su altura (la distancia entre su extremo de entrada y su extremo de salida). La invención es operable en sistemas en los que la proporción entre diámetro (D) y altura (h) del lecho de tratamiento es de hasta 20:1 o más. La invención se aplica ventajosamente a lechos con proporciones D:h que se aproximan a 2:1, pero en la actualidad se prefieren proporciones D:h que superan aproximadamente 3:1. La expresión "lecho de tratamiento" se refiere a cualquier masa confinada de material (medio) de tratamiento convencional o de fin especial contenido por una célula o una columna a través de la cual se hacen pasar fluidos. Tales materiales típicos de tratamiento incluyen materiales inorgánicos u orgánicos de relleno, medios cromatográficos, medios de intercambio de iones, medios de absorción o adsorción, enzimas y reactivos catalíticos.

30 Típicamente, se dispone un distribuidor de fluido para introducir un fluido de tratamiento en el extremo de entrada del lecho con una densidad de al menos 200 salidas de distribución por 0,09 metros cuadrados. Típicamente, se dispone un colector de fluido para recoger fluido procesado una vez en el extremo de salida del lecho de resina. Se prefiere generalmente que el colector esté dispuesto para recoger fluido a través de entradas de recogida con una densidad de al menos 200 por 0,09 metros cuadrados. Se contempla proporcionar entradas y/o salidas con una densidad de 200 por 6,45 centímetros cuadrados o más. En la actualidad se prefiere construir el distribuidor y el colector a partir de elementos fractales dispuestos de forma recurrente. Pueden construirse sistemas según los principios de la presente invención para producir condiciones de flujo de tratamiento con una caída de presión en el lecho de medios de menos de 34,47 kPa.

35 Un sistema según la presente invención puede incluir, además, un segundo lecho de tratamiento con un lado de entrada, un lado de salida y un diámetro al menos el doble de la distancia entre el lado de entrada y el lado de salida. Puede haber dispuesto un segundo distribuidor de fluido para introducir el fluido tratado una vez en el lado de entrada del segundo lecho. También es deseable que el segundo distribuidor tenga una densidad de al menos 200 salidas de distribución por 0,09 metros cuadrados para promover el flujo unidimensional con una mezcla y una turbulencia minimizadas en el fluido de tratamiento. Después se dispone generalmente un segundo colector de fluido para recoger el fluido tratado dos veces en el lado de salida del segundo lecho de resina. En la actualidad se prefiere que los distribuidores de fluido primero y segundo estén formados a partir de una estructura fractal. También se prefiere que los colectores de fluido primero y segundo estén formados a partir de una estructura fractal y que sean similares a los distribuidores. Un elemento fractal recursivo deseable puede estar caracterizado por tener una forma de "H". También se contemplan otros elementos fractales, incluyendo los que tienen formas tridimensionales, para su uso en las estructuras ya sean de distribuidor o de colector.

Breve descripción de los dibujos

55 En los dibujos, que ilustran lo que se considera en la actualidad como el mejor modo de llevar a cabo la invención, y en los que números de referencia semejantes se refieren a partes semejantes en diferentes vistas o realizaciones,

la FIG. 1 es una vista en planta en sección transversal de una realización típica de la presente invención;

la FIG. 2 es una ampliación de una porción de borde indicada por las flechas 2-2 en la FIG. 1;

la FIG. 3 es una vista en planta en sección transversal de una realización alternativa de la presente invención en la que queda un espacio vacío entre el lecho y el distribuidor superior;

la FIG. 4 es una vista en planta de una realización que tiene soportes para los distribuidores terminales;

la FIG. 5 es una vista superior de una placa terminal superior típica;

5 la FIG. 6 es una vista superior de una realización representativa de un distribuidor fractal; y

la FIG. 7 es una vista superior de una realización alternativa, similar al distribuidor fractal de la FIG. 6, pero con una iteración fractal adicional parcialmente ilustrada en la periferia exterior.

Mejor modo para llevar a cabo la invención

10 La FIG. 1 ilustra un aparato típico de tratamiento de fluidos según la presente invención, indicado en general en 102. Típicamente, el aparato incluye una placa superior 106, una placa inferior 110 y una pared lateral 112. Según se ilustra, la pared lateral 112 forma una estructura de tipo anillo para encerrar un volumen entre placas superior e inferior 106 y 110. El aparato será descrito con referencia a una pared lateral 112 sustancialmente circular, aunque no se requiere tal limitación estructural para la puesta en práctica de la presente invención. Pueden construirse una o más paredes laterales 112 para conformar casi cualquier forma en sección transversal a través del aparato.

15 En la actualidad se prefiere montar las placas superior e inferior 106 y 110 en la pared lateral 112 en acoplamiento estanco a fluidos con juntas superior e inferior 114 y 116, respectivamente. Generalmente se prefiere una estructura de junta que pueda ser desmontada, tal como la superficie de contacto con junta empernada indicada generalmente en 120, en el montaje de un aparato 102.

20 Con referencia adicional a la FIG. 1, la placa superior 106 generalmente porta una o más tomas 124 para fluidos para hacer pasar fluidos de tratamiento a través de las mismas. La toma 124 para fluidos está construida deseablemente en comunicación de fluido con una red de orificios de distribución dispuesta en un distribuidor fractal 128. Un distribuidor 128 funciona, preferentemente, distribuyendo el fluido de tratamiento en una configuración que se aproximada a una disposición homogénea de puntos de entrada o de salida en el espacio. El propósito principal de tal distribuidor es producir un flujo del fluido de tratamiento dirigido sustancialmente en una sola dirección. En la actualidad se prefiere proporcionar el distribuidor 128 como un fractal. Típicamente, un lecho 132, formado de unos medios de trabajo adecuados, está dispuesto entre los distribuidores fractales 128 y 136.

25 En operación bajo un flujo de arriba abajo, el distribuidor 136 funciona como un colector. Típicamente, un distribuidor 136 es similar en estructura al distribuidor 128, pero, en cualquier caso, generalmente proporciona una disposición homogénea de puntos de entrada o de salida en el espacio. La toma 138 para fluidos, en comunicación de fluido con el distribuidor 136, funciona dejando pasar fluidos de tratamiento a través de la placa inferior 110. Ahora puede realizarse que los fluidos de tratamiento introducidos en el aparato 102 a través de la toma 124 puedan pasar a través del lecho 132 y ser recogidos para su salida a través de la toma 138. El fluido de tratamiento puede ser distribuido y recogido de manera sustancialmente homogénea por los distribuidores fractales 128 y 136 en lados opuestos del lecho 132. Los distribuidores 128 y 136 minimizan la turbulencia y la mezcla en el lecho de tratamiento en zonas cercanas a las superficies superior e inferior del lecho 132. Alternativamente, el flujo del fluido de tratamiento puede ser dirigido de manera contraria, funcionando la toma 138 como entrada y la toma 128 como toma de salida. En aras de la conveniencia, el aparato será descrito generalmente en lo sucesivo con una condición de flujo de arriba abajo, el distribuidor superior 128 funciona como distribuidor y el distribuidor inferior 136 funciona como colector.

30 La FIG. 2 ilustra una vista ampliada de una estructura típicamente incluida en realizaciones preferentes de la invención. La ilustración de la FIG. 2 representa la construcción típica en imagen especular en los lados de entrada y de salida del dispositivo. Se indican tres zonas a lo largo de la altura del aparato que representan una zona 142 de distribuidor fractal, una zona 144 de lecho y una segunda zona 146 de distribuidor fractal. La zona 142 de distribuidor fractal aloja el distribuidor fractal 128, y la zona 146 de distribuidor fractal aloja el distribuidor fractal 136. Las zonas de distribuidor no tiene que llenar todo el espacio entre el lecho 132 y las placas superior o inferior 106 y 110, respectivamente. Por ejemplo, puede mantenerse un espacio por encima de un lecho 132 con el fin de fluidificar el lecho 132.

35 Típicamente, las zonas de distribuidor fractal funcionan minimizando la mezcla y la turbulencia cerca de las superficies del lecho. Deseablemente, un distribuidor 128 o 136 proporciona una población de salidas de fluido en una superficie de contacto fluido/distribuidor para aproximarse a un flujo de fluido distribuido que tiene solo un componente de velocidad dirigido hacia o alejándose de una superficie del lecho 132. La zona 144 de lecho aloja el lecho 132, que tiene superficies superior e inferior 148 y 150, respectivamente. La zona 144 de lecho puede estar definida por superficies superior e inferior formadas por un tamiz, una rejilla, una membrana u otros elementos de retención (no ilustrados).

La FIG. 3 ilustra una realización alternativa 154 de la presente invención, quedando un espacio vacío 156 entre el lecho 132 y el distribuidor superior 128. La invención puede operar eficientemente en esta configuración. Esta realización alternativa 154 permite la fluidificación interna que es necesaria para etapas comunes, tales como el lavado del lecho a contracorriente o una operación continua de lecho fluidificado. El espacio vacío 156 permite al material del lecho 132 espacio suficiente para moverse en una dirección vertical con el fin de lavar a contracorriente o fluidificar el lecho 132.

La FIG. 4 ilustra soportes internos 160 que pueden ser usados si el diámetro de la célula poco profunda se vuelve demasiado grande para soportar debidamente los distribuidores terminales. Preferentemente, los soportes 160 cruzan los distribuidores fractales 128 y 136 en zonas vacías para evitar cualquier interferencia con el flujo del fluido de tratamiento. Varillas o una placa plana son ejemplos de estructuras de soporte que pueden ser usadas en un elemento 160 de soporte.

La FIG. 5 ilustra una placa terminal superior 106 con una toma 124 de fluidos situada aproximadamente en un eje central. Una o más tomas 124 de ese tipo pueden estar situadas en otros emplazamientos no axiales. Sin embargo, en la actualidad se prefiere contar con solo una toma 124 de ese tipo situada centralmente atravesando la placa terminal 106. La ubicación de la toma 124 puede estar determinada por criterios de fabricación y, por ello, puede estar descentrada. Generalmente se desea proporcionar la toma 124 en una ubicación conveniente para su conexión con el distribuidor 128. Puede proporcionarse una pluralidad de agujeros 164 para pernos separados en torno al perímetro de la placa ilustrada 106 formando la estructura 120 de junta. Típicamente, una placa terminal inferior 110 está estructurada de manera similar o simétrica con respecto a la placa superior 106.

La FIG. 6 ilustra una realización 128 de un distribuidor fractal típico apropiada para este aparato. La realización ilustrada es solo ejemplar de un distribuidor 128 y representa únicamente una disposición deseable de una estructura de distribución. Es viable un número casi infinito de variaciones en la configuración estructural de un distribuidor 128.

Con referencia aún a la FIG. 6, los conductos individuales que forman el sistema distribuidor 128 están situados en planos separados y no se cruzan. Se ilustran sectores arqueados 164 y 168 en etapas progresivas de montaje. El fluido introducido en la toma 124 se divide fluyendo por conductos ramificados divididos sucesivamente. Tal como se ilustra, el fluido que fluye desde la toma 124 se divide en seis conductos 172. Cada uno de los conductos 172 puede dividirse subsiguientemente en tres o seis conductos 174 (puede reflejarse en planos por encima y por debajo de los conductos 172). Los conductos 174 se dividen entonces para su flujo de fluido al interior de múltiples conductos 176. El proceso de división recurrente puede proseguir como se desee para proporcionar una densidad suficiente de salidas o entradas de fluido.

En la actualidad se prefiere propagar divisiones sucesivas de la estructura de conductos en una progresión recursiva de elementos fractales. Cada división sucesiva de conductos dobla, por lo menos, el número de salidas al interior de la célula y extiende crecientemente las salidas en una distribución más uniforme por todo el volumen ocupado por un distribuidor 128. Las salidas no están necesariamente orientadas para que haya una abertura dirigida en la dirección del flujo general desde un distribuidor hacia un lecho. Simplemente extender las salidas uniformemente en un volumen ocupado por el distribuidor 128 promueve el flujo unidimensional hacia un lecho 132 y minimiza la turbulencia en el fluido de tratamiento.

La adición recursiva de conductos cada vez menores permite que el aparato sea construido con células progresivamente menos profundas y lechos internos progresivamente menos profundos. Como ejemplo que usa la introducción de fluido en una célula, a medida que aumenta el número de salidas de fluido, la distribución de tales puntos de salida se vuelve más homogénea en todo el volumen. Por lo tanto, el fluido introducido tiene una turbulencia o mezcla interna reducidas. El efecto resultante es que sustancialmente todo el vector de velocidad que describe el movimiento del fluido de tratamiento sea dirigido perpendicular al lecho. Idealmente, una sección del plano a través del fluido de tratamiento introducido, y transversal a la dirección del fluido, permanecería plana cuando el fluido de tratamiento se acerca al lecho y pasa a través de él. Dado que el flujo de fluido se vuelve más uniforme, se requiere menos atenuación de los componentes del vector de velocidad del fluido del propio lecho, o de la capa límite inmediatamente adyacente a la superficie del lecho. Por lo tanto, el lecho y la célula de tratamiento pueden reducirse, en consecuencia, en su grosor, lo que da como resultado una estructura "menos profunda" de la célula.

Tal como se usa en esta revelación, el término "fractal" se refiere a un dispositivo construido como un distribuidor o un colector (128 o 136) que tiene salidas o entradas conectadas mediante conductos construidos y dispuestos sustancialmente según los principios de la geometría fractal. Las estructuras fractales son estructuras matemáticas que muestran invariabilidad de escala. En tales estructuras reaparece una geometría que es similar a sí misma a muchas escalas. Los distribuidores o los colectores 128 o 136 típicos están configurados, de forma deseable, de conductos dispuestos en patrones fractales usando cualquier técnica de fabricación bien conocida, como matrices de tubos, losetas moldeadas o mecanizadas o una placa troquelada. La densidad de orificios de salida o de entrada puede ser aumentada duplicando recursivamente un patrón básico (fractal) a una escala cada vez menor.

Un fractal sumamente simple es una simple intersección en "T" formada cruzando un primer conducto formando un ángulo recto con un segundo conducto, generalmente de menor diámetro. Esta caso más simple dobla el número de entradas o salidas en un sistema de distribución con cada generación sucesiva de la estructura fractal. Típicamente, las salidas de cada generación de estructuras fractales están conectadas a entradas de la subsiguiente generación fractal. Las salidas de la generación final de la estructura fractal corresponden a las salidas del distribuidor 128.

Por supuesto, en el presente dispositivo son viables otros patrones fractales más complicados. Por ejemplo, en las FIGURAS 6 y 7 se ilustra un patrón fractal basado en la propagación recursiva de un elemento fractal que se aproximada a una forma de "H". Los fractales también pueden ser tridimensionales. Un elemento fractal tridimensional puede estar caracterizado por tener cuatro radios que parten de un cubo, estando cada radio en comunicación de fluido con salidas pareadas. Tal elemento fractal puede tener salidas situadas en los ocho vértices de un cubo imaginario. Un segundo elemento fractal tridimensional puede tener tres radios que parten de un cubo. Cada radio puede terminar en una salida o comunicarse con una estructura de conductos adicionales para formar un número aumentado de salidas. Además, un distribuidor 128 o un colector 136 pueden contener más de una configuración fractal. Por ejemplo, una generación de estructuras fractales con forma de "H" puede alimentar una generación subsiguiente de estructuras fractales con forma de "T", etcétera.

Generalmente se prefiere que la sección transversal total de generaciones sucesivas de una estructura fractal sea sustancialmente igual o mayor que la sección transversal total de la generación progenitora. Tal disposición de sección transversal ayuda a minimizar la velocidad del fluido en los orificios de entrada y salida. En cualquier caso, se desea que todas las estructuras de conductos en una generación particular sean hidráulicamente similares para promover un flujo distribuido de forma homogénea en toda la generación.

La FIG. 7 ilustra la misma propagación fractal que la FIG. 6, pero con una iteración fractal adicional aplicada al área exterior. Tales iteraciones son la clave de la progresiva disminución de la altura del aparato de la presente invención. La FIG. 7 solo muestra la zona periférica iterada adicionalmente con fines ilustrativos. El procedimiento iterativo se aplica, naturalmente, a todo el volumen de la zona del distribuidor fractal para distribuir puntos de salida o de recogida en todo el volumen ocupado por un distribuidor 128 o 136. El número de iteraciones adicionales solo está limitado por las técnicas de fabricación.

Se pretende que la expresión "poco profundo", tal como se usa en esta revelación, distinga los lechos contenidos dentro de una columna convencional. Según la presente invención, un lecho 132 de un volumen dado está configurado con una altura 144 significativamente reducida de columna (medida a lo largo de la trayectoria de fluido del fluido en movimiento, sin tener en cuenta la orientación) y un área de corte transversal aumentada en correspondencia (medida de forma transversal a la trayectoria del flujo del fluido a través del lecho) en comparación con una configuración de lecho convencional. El uso de la configuración de lecho poco profundo permite el tratamiento de un fluido a través de un lecho 132 que está reducido en altura en al menos un 70% con respecto a un tratamiento dado convencional de fluido. De hecho, prácticamente no hay límite alguno en la reducción de la altura de lecho que puede lograrse mediante la práctica de la presente invención. A diferencia de la mayoría de los lechos convencionales de resina, los realizados según la presente invención están caracterizados por diámetros significativamente mayores, típicamente de al menos el doble de sus alturas. Son prácticas las proporciones entre el diámetro y la altura que superan 10:1, y también se consideran prácticas las proporciones que superan ampliamente 100:1. Por ejemplo, la realización ilustrada en la FIG. 1 tiene una proporción de aproximadamente 50:1.

Aunque son operables otras configuraciones de corte transversal, en la actualidad se prefiere una configuración de lecho con corte transversal circular. El término "diámetro", cuando se aplica a configuraciones distintas de la circular, debería entenderse con el significado de "diámetro efectivo", es decir, una dimensión intermedia entre el eje mayor y el eje menor de una configuración de ese tipo.

Aunque del uso de células poco profundas según la presente invención se derivan otros beneficios valiosos, un beneficio particularmente significativo es la reducción de ciertas características limitantes del tratamiento. Un beneficio útil de la presente invención es la reducción del ensanchamiento de bandas y del solapamiento de fluidos. La presente invención no requiere condiciones de apelmazamiento o compresión excesivos del lecho. De hecho, dado que la invención no requiere condiciones de apelmazamiento excesivo, pueden lograrse tratamientos que requiere una fluidificación periódica o constante dentro de la célula y seguir manteniendo las ventajas de la operación del lecho poco profundo. Esta realidad expande mucho las posibilidades para el uso del concepto del lecho poco profundo. Tampoco requiere la presente invención las cavidades libres de partículas de la patente estadounidense nº 5.626.750 y, por lo tanto, no exhibirá el efecto de mezcla que ocurre en tales cámaras. Además, uno de los avances proporcionados por la presente invención es evitar las limitaciones de tratamiento, como la caída de presión a través del lecho enseñada en la patente 5.626.750.

Ventajas de la presente invención:

1. Pueden lograrse columnas con una profundidad muy baja del lecho o con una proporción muy alta entre anchura y altura.
2. No se requiere un lecho con apelmazamiento excesivo para obtener una distribución homogénea del flujo a través del aparato.

3. No se requiere una caída sustancial de presión en el lecho para obtener una distribución homogénea del flujo a través del aparato.
4. El caudal de estos dispositivos puede aumentarse significativamente en comparación con el diseño de la célula convencional debido a una gran disminución de la caída de presión en el lecho.
5. El caudal de estos aparatos puede aumentarse significativamente debido a una gran disminución en la velocidad lineal a través del lecho en comparación con un volumen equivalente del lecho en una configuración convencional de lecho de gran profundidad.
6. Se reduce el costo en equipos, porque puede hacerse pasar el mismo caudal que ha de ser tratado a través de una columna mucho menor y, por lo tanto, menos cara.
7. Dado que el equipo es menor, hay un simple ahorro en el espacio requerido para la distribución del equipo.
8. Los materiales de construcción para el equipo pueden ser menos robustos y, por lo tanto, menos caros debido a los requisitos estructurales reducidos de la presente invención.
9. La invención crea posibilidades para la construcción de la célula usando un amplio abanico de materiales normalmente inaceptables.
10. Se reducen los costes de materiales del lecho, ya que se necesita mucho menos para un caudal de alimentación dado.
11. El requisito reducido de materiales del lecho permite normalmente que se use material de lecho muy caro, creando, por lo tanto, nuevas oportunidades denegadas previamente debido al coste del material de los lechos.
12. Debido a las características de caída reducida de la presión, puede usarse un material muy compresible para el relleno del lecho y seguir manteniendo una productividad elevada.
13. Debido a las características de caída reducida de la presión, es posible usar partículas de muy pequeño tamaño en el lecho y, por lo tanto, obtener una tasa de reacción más rápida (elevada área superficial por volumen unitario).
14. Cuando se usa para equipo de iteración, la presente invención permite que tales tratamientos iterativos varíen rápidamente. Un resultado es que el equipo periférico puede ser mucho menor que el habitual, porque no es preciso que los equipos como los tanques de amortiguación almacenen tanto material.
15. Se reduce la energía requerida para la operación del tratamiento para un material de lecho dado debido a la reducción de la caída de presión en el lecho. Por ejemplo, pueden accionarse bombas en el tratamiento con menos potencia.
16. Se reduce el solapamiento frontal de fluidos. Ejemplos típicos de tales beneficios que pueden obtenerse con la presente invención incluyen una reducción del ensanchamiento de bandas que ocurre en la cromatografía y la reducción del solapamiento de fluidos en otras aplicaciones.
17. El uso de células poco profundas proporciona los beneficios enumerados en lo que antecede cuando se usan en configuraciones de células únicas o múltiples. Ejemplos de configuraciones de células múltiples para las que la presente invención es beneficiosa son el tratamiento primario/secundario/etc. en serie, los tratamientos en lecho móvil simulado y el tratamiento de fluido de tipo carrusel.

La presente invención permite la construcción y la operabilidad de tratamiento de fluidos casi sin límites sobre la "delgadez" del lecho de la columna. Por lo tanto, se realizan las ventajas de una caída muy baja de presión en el lecho y una velocidad lineal reducida a través del lecho. Como se ha hecho notar antes, casi no hay límite alguno sobre la reducción de la altura de la columna debido a que la distribución uniforme de fluido puede mejorarse de forma recursiva.

Aunque las aplicaciones menos exigentes pueden operar suficientemente con una densidad fractal de al menos 200 salidas (o puntos de recogida) de fluido por 0,09 metros cuadrados en la superficie de contacto fluido/distribuidor, para una distribución muy fina los inventores recomiendan una densidad de al menos 200 salidas (o puntos de recogida) de fluido por 6,45 centímetros cuadrados. Se contemplan densidades mucho mayores y se reconoce que una densidad progresivamente mayor permita, en correspondencia, una geometría del lecho progresivamente menos profundo y una mayor eficiencia de operación.

Ejemplo 1: Prueba piloto

Este ejemplo describe una prueba específica; sin embargo, no se pretende que este ejemplo limite el alcance de la invención. De hecho, se escogió esta aplicación particular porque puede demostrar claramente en una sola prueba muchos de los beneficios generales reivindicados en lo que antecede para el tratamiento con fluidos en célula poco profunda con la presente invención. Debería estar claro que se derivarán beneficios similares para diferentes aplicaciones de fluidos.

Para esta prueba, se evaluó una aplicación de intercambio de iones. Típicamente, los tratamientos de intercambio de iones presentan una gran proporción de los problemas y los límites antes enumerados.

Se diseñó un sistema piloto de célula poco profunda para ablandar el "jugo ralo" de una fábrica de azúcar de remolacha. Típicamente, tal material se ablanda para que se adapte mejor a los tratamientos corriente abajo. En este tratamiento de intercambio iónico, la dureza del jugo (calcio y magnesio) se intercambia con constituyentes monovalentes, que incluyen H⁺ y/o Na⁺ y/o K⁺.

Se usó una resina de ablandamiento denominada resina de intercambio catiónico débil (Bayer CNP LF). El regenerante de la resina fue ácido sulfúrico (regeneración en forma de hidrógeno) y el material de evacuación para el ablandado fue "jugo ralo" al 15% SS obtenido en el tratamiento de la remolacha azucarera. El material de alimentación y el regenerante son completamente convencionales para el ablandamiento catiónico débil de jugo ralo.

5 Se construyó una célula poco profunda con un diámetro de 0,61 metros. Se usaron distribuidores fractales como imágenes especulares tanto para la distribución 128 de entradas como para la recogida 132 de salidas. Se permitió el flujo en ambas direcciones: tanto el flujo descendente como el flujo ascendente. La profundidad del lecho de la resina de intercambio iónico débil de cationes fue de 15,24 centímetros. La proporción D:h del lecho fue de 4:1. Para demostrar que podía operarse un lecho poco profundo sin el requisito de la técnica anterior de un lecho apelmazado en exceso, se incluyeron 15,24 centímetros de espacio vacío 156 por encima del lecho 132 en el diseño de la célula (véase la FIG. 3).

10 La evacuación fue con un flujo descendente a 500 volúmenes del lecho por hora. Esto quiere decir que se trató un volumen de jugo en una hora igual a 500 volúmenes del lecho de resina de intercambio iónico. La temperatura operativa fue de 82°C. La regeneración fue con un flujo descendente con H₂SO₄ a aproximadamente 0,07 N a 150 volúmenes del lecho por hora.

15 El ablandamiento fue completamente satisfactorio con la célula poco profunda en comparación con un sistema industrial convencional. El producto compuesto ablandado tenía típicamente de 0 a 0,02 gramos de CaO/100 gramos de sustancia seca, lo que satisface los requisitos de la industria para el jugo ralo ablandado. De manera ordinaria, se esperaría que una columna poco profunda de resina dejase escapar dureza debido a la turbulencia y la cinética deficiente, en particular si el caudal/unidad de resina aumenta en un factor de 10. Sin embargo, el diseño poco profundo de la presente invención permitió resultados excelentes a 10 veces el caudal de alimentación convencional. La razón es que el aparato mantuvo un flujo de fluido no turbulento y completamente homogéneo. Además, la baja profundidad del lecho redujo el caudal lineal, de forma que la cinética siguió siendo aceptable.

20 Si el mismo volumen de lecho estuviera configurado de la manera vertical convencional y el caudal aumentase como en esta prueba, la velocidad lineal habría sido demasiado elevada para una debida cinética de intercambio de iones. El fluido habría pasado muy rápidamente por las perlas de resina, interfiriendo así en la transferencia de masas. También se hace notar que, con los caudales elevados de esta prueba, un lecho convencional elevado habría dado como resultado una caída de presión sumamente elevada a través del lecho.

25 Lo que sigue es una comparación entre el ablandamiento débil catiónico de jugo según el estado de la técnica y la operación en célula poco profunda de la presente invención. Los dos sistemas fueron operados uno junto al otro en un entorno industrial, de modo que la comparación incluye tener material de alimentación exactamente comparable.

Equipo de tratamiento convencional Prueba en lecho poco profundo

Profundidad del lecho de resina (centímetros)	101,6	15,24
Caudal de evacuación BV/HR	50	500
Caída de presión de evacuación en el lecho (kPa)	344,74-551,58	10,34
Duración del ciclo de evacuación (horas)	12-24	3-4
Desendulzado BV/HR	15	150
Regeneración BV/HR	30	150
Aclarado de regeneración BV/HR	15	150
Lavado a contracorriente BV/HR	30	200
Dureza de suministro en gramos de CaO/100 SS	0,07	0,07
Dureza del producto compuesto en meq/100 SS	< 0,02	< 0,02

35 Obsérvese que la célula poco profunda redujo la altura del lecho de resina requerido en un 85%. Esto se corresponde con la observación de los inventores de que el uso de la presente invención generalmente reduce la profundidad de un lecho dado de tratamiento en al menos un 70%.

Se observaron varios beneficios en esta prueba piloto. En primer lugar, el caudal que atraviesa la célula poco profunda fue 10 veces mayor que en el equipo convencional. Se hace notar que la bibliografía refiere sistemas de resina de productividad muy elevada, en exactamente esta aplicación, que proporcionan un máximo de caudal de evacuación de 50 volúmenes del lecho por hora.

40 Sin embargo, con el aparato de célula poco profunda, el flujo de alimentación aumenta en un orden de magnitud.

Dado que la productividad aumenta en 10x, la cantidad de resina requerida se reduce en 10x. Esto quiere decir que la cantidad de resina es muy pequeña y que los costes de capital correspondientes serán pequeños. En esta prueba se observa una reducción del 85% en requisitos de resina.

5 La muy pequeña cantidad de resina también significa que el tamaño del equipo disminuye en aproximadamente 10x, lo que da como resultado, por lo tanto, un menor coste del equipo y proporciona un valioso ahorro en requisitos de espacio del equipo.

10 Dado que la caída de presión en el lecho se redujo entre aproximadamente el 95% y el 98%, fue posible usar una vasija de muy baja presión. Esto significa que puede usarse una construcción de pared delgada de bajo coste o que es viable la opción de usar materiales de bajo coste que normalmente no son adecuados para vasijas de presión, por ejemplo plásticos de bajo coste. La baja caída de presión en el lecho también es igual a un menor uso de la energía requerida para el bombeo del fluido.

La iteración rápida pero eficiente de la prueba sugiere que puede usarse equipo periférico mucho menor, porque los tanques de amortiguación para materiales como el regenerante y los residuos de regenerante solo precisan amortiguar 1/10 de la cantidad convencional de material.

15 Es importante entender que si el volumen del lecho en el ejemplo piloto aumenta en tamaño para permitir el tratamiento de una cantidad mayor de material de alimentación, permanecerá la muy corta profundidad del lecho o incluso disminuirá. El volumen adicional del lecho aumenta disminuyendo la anchura de la columna. Esto es contrario a los procedimientos habituales de aumento de escala, que se valdrían de un aumento del volumen del lecho añadiendo altura al lecho. Obsérvese que este ejemplo también demostró que no se requiere un lecho
20 apelmazado en exceso para la operación de la presente invención. Esto está indicado por el hecho de que fue posible la fluidización de flujo ascendente de la resina (expansión en un 100%) sin ningún efecto perjudicial sobre la subsiguiente regeneración o en las etapas de evacuación.

25 Obsérvese también que este ejemplo demostró que no es preciso que la caída de presión en el lecho cause la requerida distribución homogénea del fluido. De hecho, la caída de presión en el lecho se redujo a solo 10,34 kPa, en comparación con los 344-552 kPa convencionales. Por lo tanto, el presente aparato opera con una caída de presión en lecho reducida en al menos un factor de 30 en comparación con los dispositivos convencionales. Incluso con una caída de presión de 34,47 kPa en el lecho, el presente dispositivo reduce la caída de presión de tratamiento en al menos una orden de magnitud con respecto a la requerida por un aparato convencional.

Ejemplo 2: Flexibilidad de construcción para un escalado progresivamente fino

30 La presente invención puede ser aplicada en todo el intervalo de escalas de tratamiento de fluidos, desde aplicaciones a muy pequeña escala hasta un uso industrial a muy gran escala. La razón de esto está en que las estructuras fractales usadas en combinación con un diseño de célula poco profunda/lecho poco profundo proporcionan una función de escalado continuo a medida que cambia la escala de la aplicación.

35 Las técnicas de mecanizado, moldeo y construcción de conductos asistidas por ordenador son apropiadas para construir los fractales. Sin embargo, dado que la presente invención permite una reducción casi ilimitada y progresiva de la profundidad del lecho de tratamiento, puede presentarse el problema práctico de cómo fabricar una estructura de escalado progresivamente más fino.

40 Para demostrar la aplicación práctica de la presente invención, se construyó usando estereolitografía un fractal como un diámetro final de salida de 0,04 cm. Para esta aplicación de célula poco profunda el fractal fue diseñado como 10 placas. Las placas fueron fabricadas entonces como una pieza monolítica. La estereolitografía es una técnica que permite características de tamaño muy pequeño.

45 Para demostrar adicionalmente que la presente invención es fabricada de forma práctica con escalas muy pequeñas que permiten una profundidad funcional de lechos progresivamente más anchos y menos profundos, se fabricó un fractal idéntico usando la técnica de decapado fotoquímico. Este procedimiento introduce opciones de materiales adicionales, como el acero inoxidable y otros metales.

50 Se hace notar que para realizar esta invención no se requiere una técnica de fabricación particular; estos ejemplos solo sugieren la flexibilidad y la practicidad inmediata de la construcción. Son apropiados las técnicas de fabricación por láser, el micromecanizado, los procedimientos de construcción de nanotecnología, la deposición de iones, etc., y se reconoce que es probable que futuras técnicas de fabricación para estructuras de pequeña escala sean adecuadas para obtener la poca profundidad deseada del aparato.

Aplicabilidad de la presente invención a tratamientos multicelulares

55 Aunque el aparato de célula poco profunda de la presente invención puede ser usado en aplicaciones de una sola célula, un propósito clave de la presente invención es usar tales células en configuraciones de células múltiples. Efectuar tratamientos en células múltiples poco profundas dará como resultado los mismos beneficios de elevada productividad, reducciones de costes, etc.

Ejemplos de configuraciones multicelulares que se beneficiarán de la sustitución de células convencionales con las células poco profundas de la presente invención incluyen:

1. El tratamiento de fluidos de tipo primario/secundario/etc. en serie. En tales operaciones, el fluido fluye fuera de una célula dada y luego es tratado en una segunda y/o tercera, etc.
 - 5 2. La tecnología de lecho móvil simulado. En este tipo de tratamiento, el fluido atraviesa 2 o más lechos o secciones especificadas de material estacionario. Típicamente, el movimiento del lecho se simula usando conmutación de válvulas.
 3. Sistemas de tipo carrusel. En este tipo de sistema las columnas están montadas en una placa giratoria o carrusel y giran en torno a un eje guía central y a una válvula de distribución central.
- 10 Obsérvese que estas sugerencias de uso de células múltiples no están concebidas para limitar la aplicabilidad de la presente invención. La presente invención es útil, en general, como sustituto de los tratamientos de fluidos en lechos de profundidad convencional.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de tratamiento de un fluido, comprendiendo dicho procedimiento:
 - proporcionar un lecho (132) de resina en forma de columna que tiene un diámetro que es dimensionalmente mayor que la altura de la misma;
 - 5 proporcionar un distribuidor (128) que tiene conductos y salidas de distribución configuradas en forma de estructura fractal;
 - colocar dicho distribuidor (128) separado de dicho lecho (132) de resina para definir un espacio vacío entre dicho distribuidor (128) y dicho lecho (132) de resina;
 - 10 proporcionar un colector (136) que tiene conductos y entradas de recogida configuradas en forma de estructura fractal;
 - colocar dicho colector con respecto a dicho distribuidor, de tal forma que dicho lecho (132) de resina esté colocado entre dicho distribuidor (128) y dicho colector (136);
 - 15 hacer que fluya fluido desde dicho distribuidor (128) para formar un cuerpo de fluido por encima de dicho lecho de resina y hacer pasar dicho cuerpo de fluido a través de dicho lecho (132) de resina y después hacer pasar dicho cuerpo de fluido a dicho colector (136), en respuesta a una caída de presión en dicho lecho (132) de resina;
 - 20 estando **caracterizado** dicho procedimiento **porque** dicha estructura fractal comprende una estructura fractal de generación progenitora y una pluralidad de generaciones sucesivas de estructura fractal, siendo un área total de corte transversal de cada una dichas generaciones sucesivas de estructura fractal sustancialmente igual o mayor que el área total de corte transversal de dicha generación progenitora de estructura fractal, definiendo dicho distribuidor (128) una población de salidas de fluido; y
 - 25 hacer pasar dicho cuerpo de fluido a través de dicho lecho de resina de tal forma que una sección plana a través de dicho fluido de tratamiento, orientada transversalmente con respecto a la dirección de flujo a través de dicho lecho de resina, sigue plana mientras dicho cuerpo de fluido atraviesa dicho lecho de resina.
 2. El procedimiento de la Reivindicación 1 en el que la proporción entre dicho diámetro y dicha altura de dicho lecho (132) de resina es de al menos 10:1.
 3. El procedimiento de la Reivindicación 1 que, además, comprende:
 - a. orientar una pluralidad de salidas del distribuidor en direcciones que no están en la dirección del flujo de fluido desde dicho distribuidor (128) hasta dicho lecho (132) de resina.
 4. El procedimiento de la Reivindicación 1 en el que dicha densidad es mayor que aproximadamente 200 salidas por 6,45 centímetros cuadrados.
 5. El procedimiento de la Reivindicación 1 que, además, comprende proporcionar un segundo lecho de resina en asociación con un segundo distribuidor y un segundo colector, estando colocado dicho segundo lecho de resina entre dicho segundo distribuidor y dicho segundo colector y haciendo que dicho fluido fluya desde dicho colector a dicho segundo distribuidor a través de dicho segundo lecho de resina y a dicho segundo colector, en el que dicho segundo distribuidor y dicho segundo colector incluyen conductos y, respectivamente, salidas y entradas configuradas como estructuras fractales.
 6. El procedimiento de la Reivindicación 1 en el que dicho distribuidor (128) define una población de salidas de fluido que tienen una densidad mayor que aproximadamente 200 salidas de fluido por 0,0929 metros cuadrados.
 7. El procedimiento de la Reivindicación 1 en el que se hace pasar dicho fluido a través de dicho lecho de resina en respuesta a una caída de presión de menor de aproximadamente 34,5 kPa.
 8. El procedimiento de la Reivindicación 1 en el que dicha estructura fractal de dicho colector comprende una estructura fractal de generación progenitora y una pluralidad de generaciones sucesivas de estructura fractal, siendo un área total de corte transversal de cada una dichas generaciones sucesivas de dicha estructura fractal de dicho colector sustancialmente igual o mayor que el área total de corte transversal de dicha generación progenitora de estructura fractal de dicho colector.
 9. Un aparato de tratamiento de fluido que comprende:

un primer lecho (132) de resina con un extremo de entrada, un extremo de salida y un diámetro de al menos dos veces la distancia entre dicha entrada y dicha salida;

5 un primer distribuidor (128) de fluido construido y dispuesto para introducir fluido en dicho extremo de entrada de dicho lecho (132) de resina, incluyendo dicho distribuidor (128) una pluralidad de conductos individuales y salidas de distribución formadas como una estructura fractal; y

un primer colector (136) de fluido que incluye una pluralidad de conductos individuales y entradas de recogida formadas como una estructura fractal, estando construido y dispuesto dicho primer colector de fluido para recoger fluido tratado una vez en dicho extremo de salida de dicho lecho (132) de resina,

estando **caracterizado** dicho aparato **porque**:

10 dicha estructura fractal comprende una estructura fractal de generación progenitora y una pluralidad de generaciones sucesivas de estructura fractal, siendo un área total de corte transversal de cada una dichas generaciones sucesivas de estructura fractal sustancialmente igual o mayor que el área total de corte transversal de dicha generación progenitora de estructura fractal.

15 **10.** El aparato de la Reivindicación 9 en el que dicho primer colector (136) de fluido está construido y dispuesto para recoger fluido a través de las entradas de recogida con una densidad de al menos 200 entradas por 0,0929 metros cuadrados.

11. El aparato de la Reivindicación 9 en el que la proporción entre el diámetro y la altura de dicho lecho (132) de resina es de al menos 10:1.

20 **12.** El aparato de la Reivindicación 9 en el que dicho aparato está construido y dispuesto para producir condiciones de flujo de tratamiento con una caída de presión en dicho lecho menor de 34,474 kPa.

13. El aparato de la Reivindicación 9 que, además, comprende:

un segundo lecho de resina con un lado de entrada, un lado de salida y un diámetro al menos dos veces la distancia entre dicho lado de entrada y dicho lado de salida;

25 un segundo distribuidor de fluido construido y dispuesto para introducir dicho fluido tratado en dicho lado de entrada de dicho segundo lecho, teniendo dicho segundo distribuidor una densidad de al menos 200 salidas de distribución por 0,0929 metros cuadrados; y

un segundo colector de fluido construido y dispuesto para recoger dos veces el fluido tratado en dicho lado de salida de dicho segundo lecho de resina.

30 **14.** El aparato de la Reivindicación 13 en el que el segundo distribuidor de fluido comprende una pluralidad de conductos y salidas de distribución configuradas en la forma de un fractal.

15. El aparato de la Reivindicación 14 en el que dicho segundo colector de fluido comprende una pluralidad de conductos y entradas de recogida configuradas en la forma de un fractal.

16. El aparato de la Reivindicación 9 en el que dichos conductos pueden estar formados en una pluralidad de elementos que tienen forma de "H".

35 **17.** El aparato de la Reivindicación 9 en el que dichos conductos individuales de dicho primer distribuidor están colocados en planos separados para que no se intersecten entre sí.

18. El aparato de la Reivindicación 9 en el que dicho primer distribuidor (128) de fluido está colocado separado de dicho primer lecho (132) de resina, para definir un espacio vacío entre dicho primer distribuidor (128) de fluido y dicho primer lecho (132) de resina.

40 **19.** El aparato de la Reivindicación 9 en el que dicho primer colector comprende una estructura fractal de generación progenitora y una pluralidad de generaciones sucesivas de estructura fractal, siendo un área total de corte transversal de dichas generaciones sucesivas de estructura fractal de dicho colector sustancialmente igual o mayor que el área total de corte transversal de dicha generación progenitora de estructura fractal de dicho colector.

45 **20.** El aparato de la Reivindicación 18 en el que dichos conductos individuales de dicho primer colector están colocados en planos separados para que no se intersecten entre sí.

21. El aparato de la Reivindicación 9 en el que dicho primer lecho de resina incluye superficies superior e inferior, estando formadas dichas superficies superior e inferior por un tamiz, una rejilla, una membrana u otros elementos de retención.

22. El aparato de la Reivindicación 9 en el que una pluralidad de dichas salidas del distribuidor está orientada en direcciones que no están en la dirección del flujo de fluido desde dicho distribuidor (128) hasta dicho lecho (132) de resina.

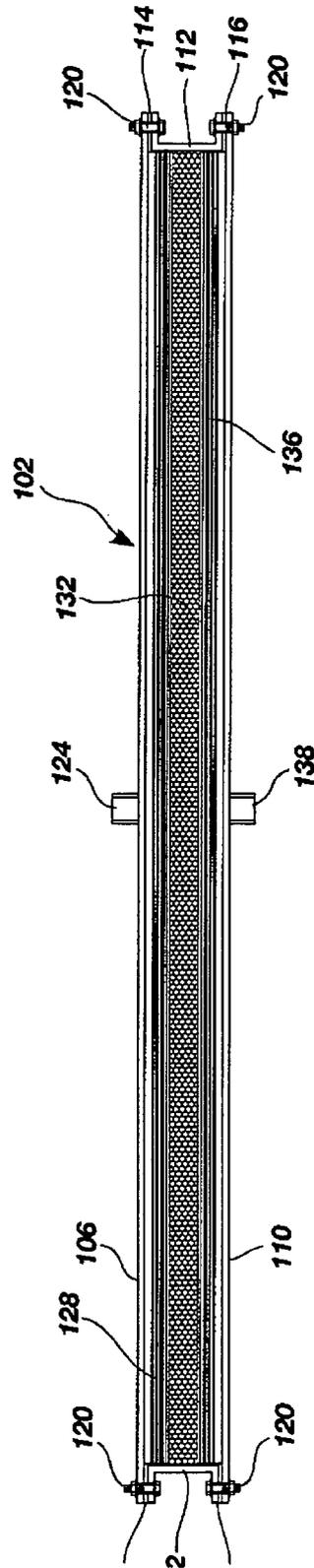


Fig. 1

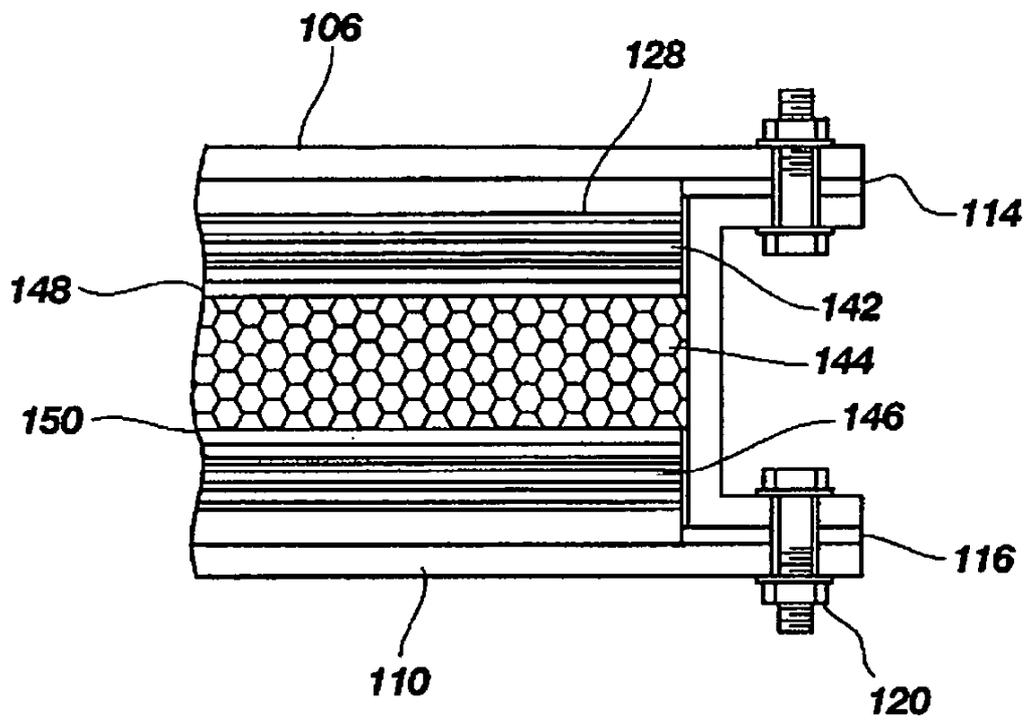


Fig. 2

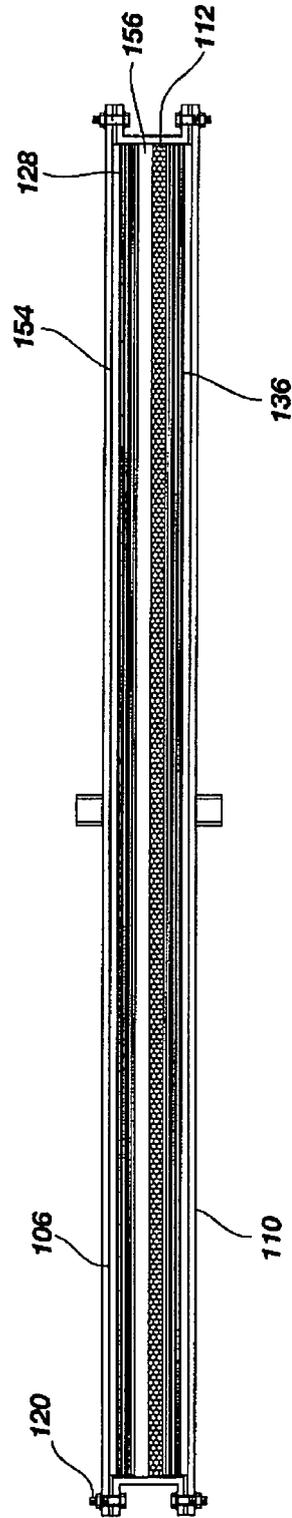


Fig. 3

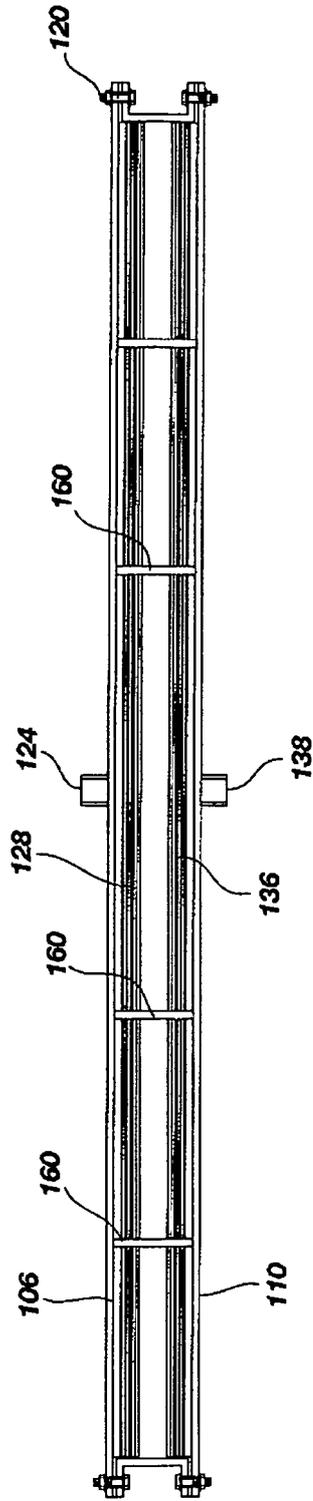


Fig. 4

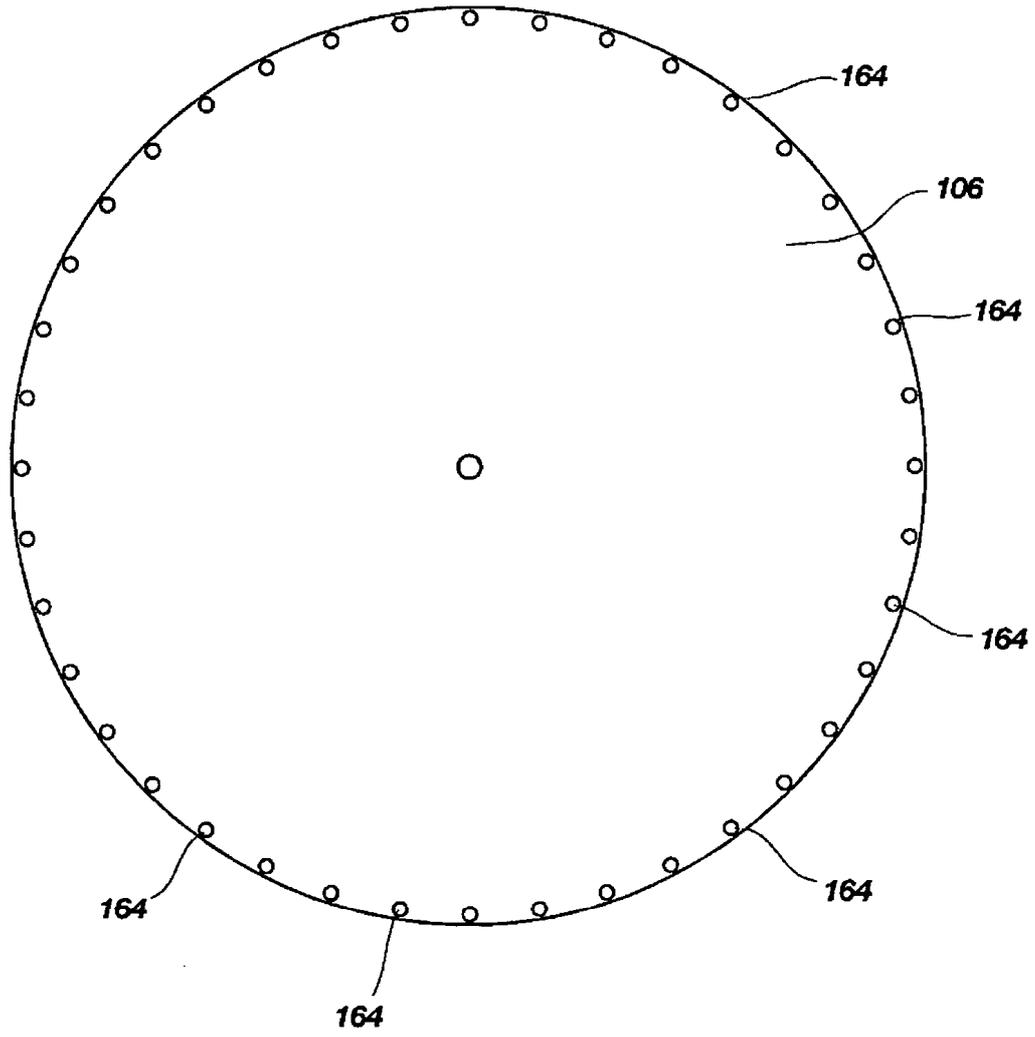


Fig. 5

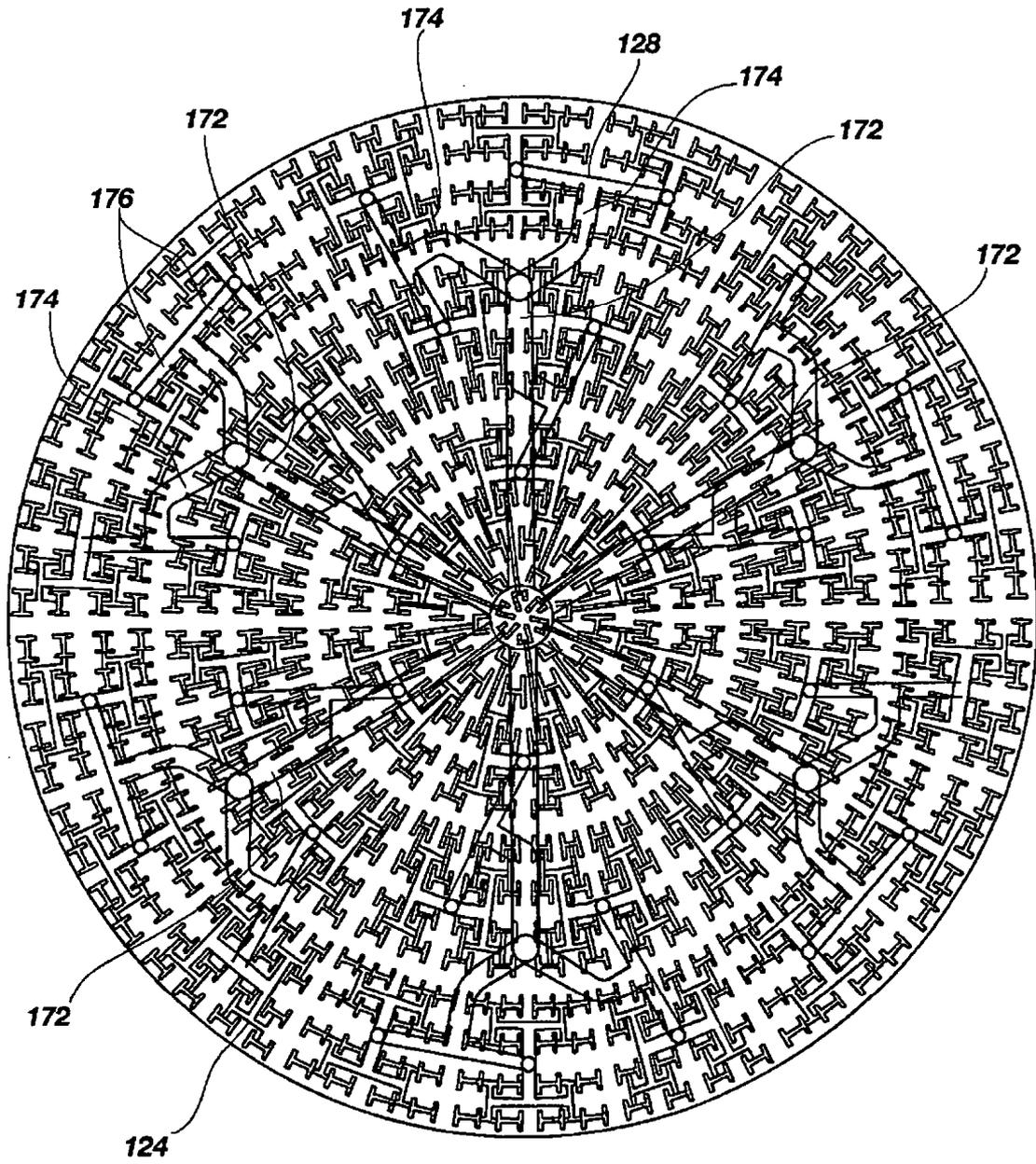


Fig. 6

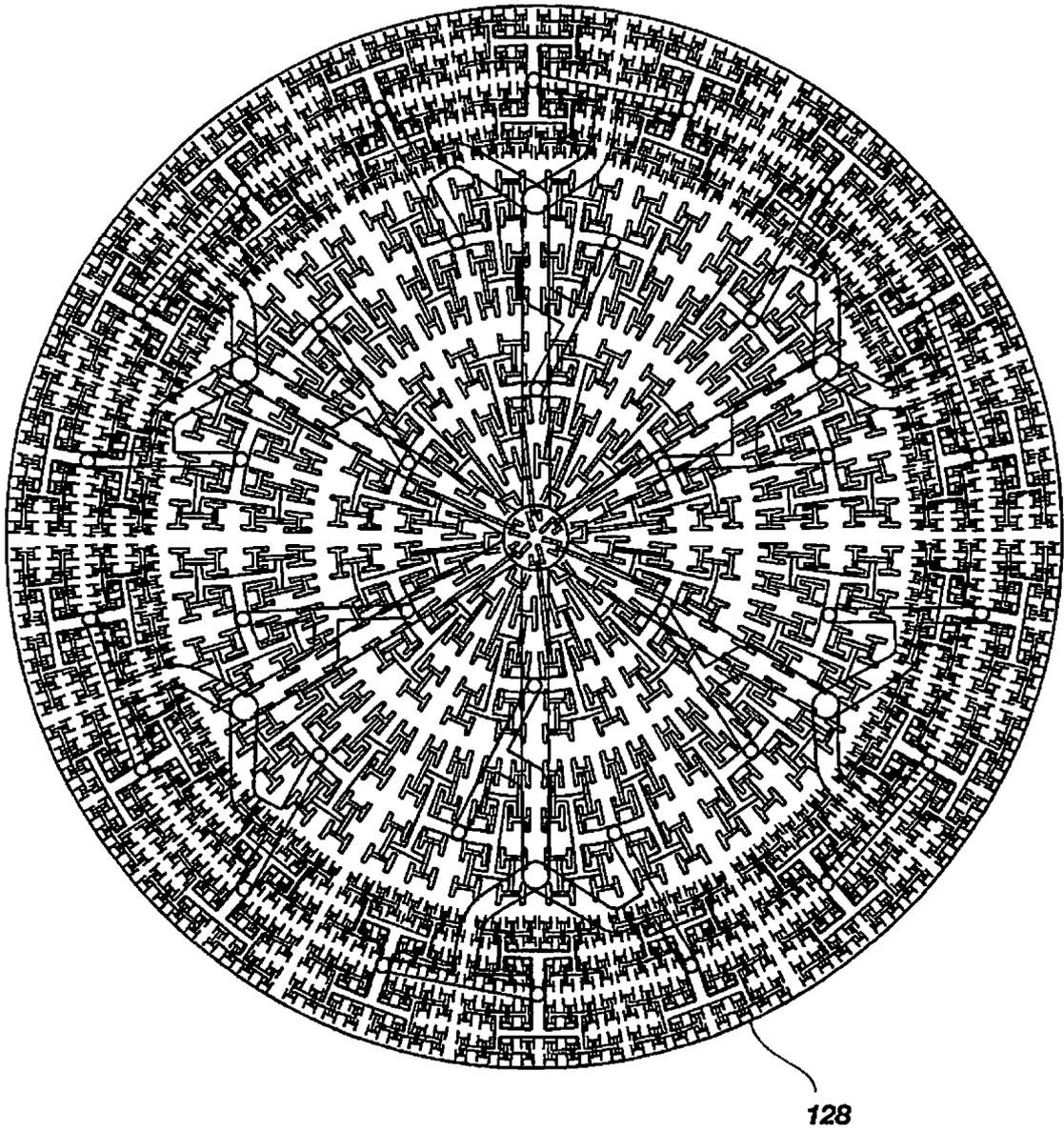


Fig. 7