

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 013**

51 Int. Cl.:

B01J 8/00 (2006.01)

B01J 8/02 (2006.01)

B01D 53/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2011 PCT/US2011/023992**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2011 WO11106146**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2011 E 11705744 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 2539063**

54 Título: **Reactor de flujo radial con soportes móviles**

30 Prioridad:

25.02.2010 US 712735

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

27.07.2018

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06810, US**

72 Inventor/es:

**ACKLEY, MARK WILLIAM;
CELIK, CEM E.;
NOWOBILSKI, JEFFERT JOHN y
SCHNEIDER, JAMES STANLEY**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 677 013 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

Reactor de flujo radial con soportes móviles

Campo de la Invención

5 La presente invención se refiere por lo general al campo de los recipientes del reactor de flujo radial utilizados en los procesos de purificación, separación, y reacción de gas. De manera más específica, esta invención se refiere a recipientes de flujo radial que tienen montajes de cestas interiores para retener el material activo utilizado para eliminar y/o convertir uno o más componentes en una corriente de alimentación a través de adsorción y/o reacciones catalíticas o no catalíticas y que tienen columnas de soporte móviles.

Antecedentes de la invención

10 La demanda de mayor rendimiento en los reactores continúa en incremento para una variedad de procesos industriales ligados a la recuperación de petróleo y gas, la producción de combustible alternativa, la sostenibilidad del entorno y las emisiones de proceso. Tales demandas son parcialmente conducidas por la cada vez mayor costo del combustible y la necesidad de diversos materiales de alimentación químicos. Un ejemplo es la demanda de unidades de separación criogénica de aire (ASU, por su sigla en inglés) más grandes para satisfacer las crecientes
15 necesidades de grandes cantidades de oxígeno y nitrógeno utilizadas en varias industrias de proceso industrial. Las ASU requieren reactores de purificación de extremo delantero (recipientes de adsorción) para purificar la corriente de aire de alimentación por medio de la eliminación de dióxido de carbono, agua, hidrocarburos traça y otros contaminantes antes de entrar en la ASU. Las ASU más grandes requieren "unidades de purificación previa" de mayor tamaño, de acuerdo con lo les conocido comúnmente para tratar el aire de alimentación entrante antes de la
20 destilación criogénica. Esto presenta un desafío a los diseñadores del reactor cuando se trata de controlar el tamaño del reactor dado que un mayor rendimiento del aire de alimentación exige un incremento proporcional en el área de flujo delantera proporcionada por los recipientes resultantes en los recipientes más grandes y más costosos.

Los procesos de purificación, separación o reacción de gas por el uso de materiales activos tales como adsorbentes y/o catalizadores son muy conocidos en la técnica y hay varios diseños de recipiente de reactor en uso hoy en día
25 para este tipo de procesos. Los ejemplos incluyen tanto recipientes cilíndricos orientados verticalmente como horizontalmente con flujo ascendente de aire a través del lecho de material adsorbente, reactivo y/o material catalítico durante la purificación, separación o reacción química. Un tercer tipo de recipiente, de acuerdo con lo empleado en la presente memoria, está orientado con un eje central o longitudinal vertical y un diseño interno que dirige el flujo de gas de proceso radialmente a través del lecho. Este diseño de flujo radial consiste en un recipiente a presión que encierra cestas interiores y exteriores concéntricas permeables al gas para contener un lecho de una o más capas de material activo. Los diseños de flujo radial ofrecen la posibilidad de incrementar el área de flujo
30 delantera por medio del incremento de la altura del recipiente sin alterar sustancialmente la huella del recipiente (requerimientos de área de tierra). Además, un diseño de flujo radial ofrece un medio más eficaz para incrementar el área de flujo para una comparación con cualquiera de los diseños de reactores de flujo horizontales o axiales.

Los reactores de flujo radial de manera típica operan de manera continua o en modo cíclico, dependiendo del proceso de tratamiento de gas. Muchos procesos, tales como los procesos de adsorción, operan de manera cíclica en ya sea por modo oscilación de presión (PSA, por su sigla en inglés), oscilación de vacío (VSA, por su sigla en inglés), oscilación de temperatura (TSA, por su sigla en inglés) o en combinaciones de estos modos en los que uno o más componentes de la corriente de alimentación se adsorben durante el paso de adsorción y luego se desorben o de otra manera se enjuagan del adsorbente durante el paso de regeneración adsorbente. Cuando las variaciones
40 térmicas acompañan a estos procesos cíclicos, tales como en los procesos de TSA, los cambios de temperatura provocan que los componentes del lecho y de los recipientes en contacto con tales variaciones térmicas se expandan y se contraigan. Dependiendo de la configuración de los componentes internos, así como también de su modo de conexión con el recipiente, esta expansión y contracción térmica induce cargas dentro del lecho que se transfieren posteriormente a los componentes internos del reactor. Tales cargas inducidas térmicamente crean tensiones mecánicas significativas en todos los elementos de los montajes de cestas internos, la magnitud de tales cargas inducidas incrementa por medio del incremento de la diferencia de temperatura. El desplazamiento axial y radial de las paredes de las cestas también puede dar lugar a la compresión del lecho de material activo y las partículas de material pueden migrar o dañarse como resultado del movimiento de la pared de la cesta. En el peor
45 de los casos, estos efectos pueden provocar ruptura física del material activo y/o un fallo mecánico de los montajes de cestas.

A modo de ejemplo, los problemas particulares asociados con los reactores de flujo radial se describen más por completo en un proceso de purificación de aire por medio de oscilación térmica típica. Es ventajoso operar un reactor de este tipo por medio de la introducción del aire de alimentación en el conducto más exterior entre la carcasa del recipiente y la cesta exterior durante el paso de adsorción y por medio de la introducción del gas de regeneración en el paso cerrado por la cesta interior durante el paso de desorción. Por lo tanto, el aire de alimentación se purifica por medio del paso radial a través del lecho adsorbente hacia el eje central del reactor. El gas de regeneración pasa radialmente a través del lecho en la dirección opuesta para desorber los contaminantes y renovar el lecho para el ciclo subsiguiente. La adsorción de los contaminantes del gas de alimentación se produce a
55

temperatura sustancialmente ambiente. La regeneración se lleva a cabo por el uso de un pulso térmico en el que se introduce primero gas calentado durante un tiempo especificado seguido por gas frío, donde el gas frío está aproximadamente a la misma temperatura que el gas de alimentación. Durante la fase de calentamiento de la regeneración, un frente de calor se desarrolla en la pared de la cesta interior y se desplaza a continuación hacia el exterior y radialmente a través del lecho. La parte del lecho delante del frente de calor se mantiene cerca de la temperatura ambiente, mientras que la parte del lecho ya recorrida por el frente de calor está a la temperatura de regeneración caliente. Cuando este frente de calor alcanza una posición radial intermedia dentro del lecho, se introduce el gas frío al espacio de la cesta interior. Este gas se calienta a medida que un frente frío se desarrolla en la parte trasera de la zona calentada. El pulso térmico resultante a continuación continúa empujando el frente de calor a través del adsorbente restante a medida que la energía almacenada es consumida por la desorción de los contaminantes que quedan en el lecho. El cuerpo del recipiente y las cabezas permanecen predominantemente a temperatura ambiente durante toda la operación de un ciclo, es decir, los extremos y la cáscara del recipiente tienen poco contacto con el gas caliente, para permanecer a una temperatura relativamente constante durante cada ciclo, y por lo tanto se mantienen fijos en el espacio. A la inversa, los componentes internos del reactor experimentan estas variaciones de temperatura directamente, lo que da como resultado las expansiones y contracciones térmicas y las cargas y tensiones inducidas asociadas.

Por consiguiente, el reactor y sus componentes internos deben estar diseñados para minimizar y acomodar el movimiento radial y axial de manera tal que la integridad mecánica de los montajes de cestas y el material activo contenido dentro de las cestas se mantenga durante las cargas y tensiones inducidas térmicamente. Además, las tensiones mecánicas inducidas térmicamente limitan el intervalo de temperatura sobre el cual pueden operar reactores de flujo radiales convencionales y estas limitaciones se amplifican a medida que el tamaño del reactor incrementa, lo cual de ese modo limita el tamaño y la aplicación de los reactores.

Por lo tanto, hay una motivación significativa para mejorar el diseño mecánico de los reactores de flujo radial para afectar a una mayor seguridad de operación, menor costo y una mayor flexibilidad del proceso mientras que todavía limita la huella total del recipiente del reactor. Además, el presente reactor está diseñado para permitir un medio simple y eficaz para abordar los problemas asociados con las tensiones mecánicas inducidas térmicamente y de ese modo habilitar las mejoras mencionadas con anterioridad.

Las enseñanzas en la técnica son variadas e inconsistentes con respecto al diseño de reactores de flujo radial; en particular para recipientes sometidos a ciclos térmicos. Los diseños de reactores cilíndricos convencionales de manera típica incluyen un montaje interno de por lo menos dos cestas de pared porosa concéntricas con el material activo contenido en el espacio anular formado entre estas cestas. Las cestas y la carcasa del recipiente por lo general comparten el mismo eje longitudinal. Más allá de estos puntos en común, las enseñanzas divergen de manera significativa en la descripción de una variedad de medios para soportar el montaje de la cesta. Por ejemplo, las cestas están ya sea suspendidas sólo desde el extremo superior del recipiente, apoyadas en sólo el extremo inferior, o fijadas entre ambos extremos del recipiente.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 4.541.851 revela un recipiente que tiene dos capas concéntricas de adsorbente, cada capa contenida entre dos rejillas cilíndricas concéntricas. Tres rejillas cilíndricas son concéntricas alrededor del mismo eje longitudinal que el recipiente que las encierra. La rejilla intermedia es axialmente rígida y radialmente flexible, mientras que las rejillas interior y exterior son axialmente flexibles y radialmente rígidas. Las tres rejillas están interconectadas de manera rígida al cuerpo del recipiente en su extremo superior y se interconectan de manera rígida a una placa inferior flotante sólida en su extremo inferior. El montaje de las tres rejillas concéntricas de este modo está suspendido dentro del recipiente de la cabeza superior de manera tal que el peso de las rejillas, la placa inferior y el material adsorbente es llevado principalmente por la rejilla intermedia axialmente rígida. La rejilla intermedia se expande y contrae en la dirección axial. El movimiento axial de las rejillas flexibles interiores y exteriores sigue el de la rejilla intermedia. Las rejillas interior y exterior se expanden y contraen en la dirección radial y de manera alternada aprietan y sueltan el lecho adsorbente en la dirección radial tras el calentamiento y el enfriamiento. La rejilla intermedia se expande/contrae radialmente dentro del lecho, ya que es flexible en la dirección radial, y, como resultado, imparte muy poca fuerza radial de compresión adicional en el lecho adsorbente.

La Patente de los Estados Unidos Núm. 4.541.851 revela en una segunda forma de realización un recipiente que tiene tres capas concéntricas de adsorbente y cuatro rejillas permeables. Las rejillas interior y exterior son rígidas, tanto en la dirección axial como radial, y las dos rejillas intermedias son rígidas en la dirección axial y flexibles en la dirección radial. Las cuatro rejillas están interconectadas de manera rígida a la carcasa en sus extremos inferiores. En sus extremos superiores, las cuatro rejillas son libres de moverse en la dirección axial con las tres rejillas exteriores capaces de deslizarse axialmente en las guías, mientras que la rejilla más interior termina en una cúpula que es capaz de moverse libremente en la dirección axial. Dos o más capas de adsorbente se pueden utilizar en esta configuración. A medida que los pulsos térmicos se mueven a través del lecho adsorbente, las rejillas de manera alternativa se calientan y se enfrían. El diseño permite que cada una de las rejillas se expanda de manera libre e independiente la una de la otra en la dirección axial. Las fuerzas de compresión radial se transmiten a las tres capas de adsorbente debido a la flexibilidad circunferencial de las dos rejillas intermedias. Los detalles adicionales asociados con este diseño se describen por Grenier, M., J-Y Lehman, P. Petit, "Adsorption Purification for Air Separation Units", en *Cryogenic Processes and Equipment*, ed. por P.J. Kemey, *et al.* ASME, Nueva York (1984).

La patente de los Estados Unidos Núm. 5.827.485 revela un recipiente que contiene un lecho de adsorción anular que está delimitado por las cestas interior y exterior. Se enseña una sola capa de adsorbente que está contenida entre las dos cestas concéntricas permeables, ambas de las cuales son flexibles en la dirección axial y rígidas en la dirección radial. Por lo menos una de las cestas está fijada de manera rígida al extremo superior del recipiente. La cesta interior está conectada de manera rígida en su extremo inferior a un miembro de soporte inferior y soportada de manera adicional en la parte inferior una tapa semiesférica de la carcasa por nervaduras dispuestas como una estrella. La cesta exterior está soportada directamente en su extremo inferior por la tapa inferior. Se afirma que una relación de coeficientes de expansión térmica de las cestas relativas a la del material activo de "flujo libre" o adsorbente está en el intervalo de 0,25 a 2,0. Enseña que esta combinación de características elimina esencialmente el movimiento relativo de las partículas del material de flujo libre debido al ciclo térmico de las cestas. También sugiere que el tensado previo de por lo menos una de las cestas reduce las tensiones axiales que se desarrollan dentro de las cestas, como resultado de los ciclos térmicos, si bien no se proporciona una descripción del método de tensión previa. También se describen detalles adicionales por U. von Gemmingen, "Designs of Adsorptive Dryers in Air Separation Plants", *Reports on Science & Technology*, 54:8 a 12 (1994).

La patente de los Estados Unidos Núm. 6.086.659 revela un recipiente de adsorción de flujo radial que tiene una pluralidad de rejillas, en el que por lo menos una de las rejillas es flexible en ambas direcciones axial y radial. Esta "flexibilidad bidireccional" se imparte con preferencia a por lo menos una de las rejillas intermedias. Muchas combinaciones de flexibilidad/rigidez axial/radial se ofrecen para las cestas interior y exterior. Las rejillas están unidas de manera rígida tanto a la parte superior del recipiente como a una placa inferior. La placa inferior puede estar flotando o fijada de manera semi-rígida o rígida a la cabeza inferior del recipiente. Una o más rejillas intermedias se revelan como un medio para contener varias capas de adsorbentes dentro del recipiente.

La patente alemana Núm. DE-39-39-517-A1 revela un recipiente de flujo radial que tiene una sola capa de adsorbente contenida entre dos rejillas permeables concéntricas, ambas de las cuales parecen ser rígidas tanto en la dirección axial como radial. La cesta exterior está conectada de manera rígida al extremo superior del recipiente y a una placa inferior flotante. La cesta interior está conectada de manera flexible al extremo superior del recipiente por el uso de un fuelle de expansión o una guía de deslizamiento. El extremo inferior de la cesta interior está conectado de manera rígida a la placa inferior flotante. El montaje de la cesta entero está suspendido de este modo desde el extremo superior del recipiente con la cesta exterior que lleva el peso del montaje y el adsorbente contenido en el mismo. La rejilla interior está encerrada en el lado adsorbente con un material compresible permeable a los gases o una estera para absorber cualquier fuerza compresible radial resultante de la expansión y la contracción térmica.

De acuerdo con lo ilustrado con anterioridad, la técnica de patentes enseña muchas variaciones dentro de las configuraciones de diseño básico en las que las cestas interiores, exteriores, y/o intermedias pueden poseer flexibilidad axial, flexibilidad radial, o combinaciones de las mismas. Todos estos diseños tienen varias deficiencias, lo más notable es un problema continuo con el estrés inducido térmicamente, el cizallamiento, y el posible daño al equipo y el material activo. A pesar de estas enseñanzas, no hay una clara dirección para el diseño de un reactor de flujo radial para mitigar o eliminar estos problemas. Por otra parte, no hay enseñanzas sobre métodos para la tensión previa de las cestas interiores o en reactores diseñados para este propósito.

El presente reactor de flujo radial está diseñado de manera tal que el montaje de la cesta interior que contiene el lecho de material activo está soportado de manera rígida en ambos extremos superior e inferior del recipiente. El tamaño y la geometría de las perforaciones en las paredes de las cestas dictan en gran medida la cantidad de flexibilidad axial y la rigidez radial que da como resultado la minimización del movimiento inducido térmicamente y el control de las tensiones y cargas, lo cual de este modo mitiga el pandeo axial y radial de estas paredes. El presente reactor también proporciona un medio simple y ventajoso para el tensado previo de las cestas que se utiliza en la presente memoria para describir el acto de colocar las cestas en tensión a temperatura ambiente.

Breve Síntesis de la Invención

En un primer aspecto, la presente invención es un reactor de flujo radial de acuerdo con lo definido en la reivindicación 1. El reactor de flujo radial se puede utilizar en procesos de separación de gas y, en particular, para la purificación de aire por medio de adsorción y/o una reacción catalítica o no catalítica. El reactor tiene dos cestas interiores porosas concéntricas que confinan el material activo, de manera típica un sólido en partículas de flujo libre, dentro de las cestas y dentro de la carcasa cilíndrica. Con preferencia, las cestas están apoyadas de manera rígida en ambos extremos superior e inferior del recipiente y tienen paredes que son flexibles axialmente y radialmente rígidas para minimizar las tensiones y cargas inducidas térmicamente. De acuerdo con la invención, el recipiente del reactor tiene columnas de soporte que se fijan a la placa inferior que está fijada a la parte inferior de las cestas y son móviles. Con preferencia, las columnas de soporte son un montaje de columna de soporte dividida que proporciona medios para tensar previamente de manera simple y efectiva las cestas interiores, definidas como el acto de colocar las cestas en tensión a temperatura ambiente, para mitigar de ese modo los efectos adversos de las tensiones mecánicas inducidas térmicamente.

La fuerza requerida para pretensar las cestas a la tensión previa adecuada se capta con el recipiente de reactor colocado en posición vertical en que opera la orientación por el uso de la masa inherente del material activo sólido

cargado en el lecho entre las cestas concéntricas. En una forma de realización preferida, la placa de soporte inferior está fijada para dividir soportes de columna (columnas de soporte), y se mueve con las secciones superiores de estos soportes, lo cual permite el tensado previo de las cestas. Por medio de la combinación del diseño de la cesta con el sistema de soporte de columna dividida proporciona un medio para aplicar una cantidad predeterminada de tensión previa durante la carga de material activo, el acto de llenar el lecho, de ese modo mitiga de manera significativa las tensiones mecánicas inducidas térmicamente y las limitaciones de tamaño del reactor.

Por lo tanto, la presente invención representa un diseño más fiable de un recipiente del reactor de lecho radial con un montaje de la cesta interior. No sólo se proporciona un método de tensado previo, sino que se proporciona una columna de soporte para el montaje de la cesta que permite el tensado previo de las cestas por medios mecánicos o por el uso de la potencial de fuerza residente del peso del material activo.

En otro aspecto, esta invención proporciona un proceso de purificación, separación o reacción de gas cíclico por el uso del reactor de lecho radial mencionado con anterioridad.

En otro aspecto, esta invención proporciona un método para la tensión previa de por lo menos la cesta exterior en el reactor de flujo radial de acuerdo con lo definido en la reivindicación 16.

15 Breve Descripción de las Figuras

Para una comprensión más completa de la presente invención, se debe hacer referencia a la siguiente Descripción Detallada tomada en conjunción con las figuras adjuntas en las que:

La Figura 1 es una vista en sección transversal del recipiente del reactor de flujo radial de una forma de realización de esta invención;

20 La Figura 2 es un esquema del recipiente del reactor de flujo radial de la Figura 1, que muestra las trayectorias de flujo a través del reactor;

La Figura 3 es una ilustración de las cestas interiores y el lecho dentro del recipiente del reactor de acuerdo con lo mostrado en la Figura 1;

La Figura 4 es una vista recortada de la pared de la cesta que se muestra en la Figura 1;

25 La Figura 5 es una ilustración parcial de una pared de la cesta con la pantalla y el lecho del recipiente del reactor de flujo radial de una forma de realización de esta invención;

Las Figuras 6a a 6d son vistas parciales del recipiente inferior y los montajes de cestas y columna de soporte que ilustran los pasos de tensado previo de las cestas de la forma de realización de la Figura 1;

30 La Figura 7 es una vista en sección transversal de un soporte de columna dividida utilizado en la forma de realización de la Figura 1; y

La Figura 7(a) es una vista superior de una brida unida a un miembro de soporte de columna dividida de la Figura 7.

Descripción Detallada de la Invención

Las Figuras 1 a 7 ilustran la estructura básica de una forma de realización del recipiente a presión de flujo radial de la presente invención y algunos de sus componentes. La vista en sección transversal de la Figura 1 ilustra las características esenciales de esta forma de realización y de la invención, pero no muestra todos los medios de fijación, conductos y detalles aparatos u otros aspectos de la invención, que serán entendidos y evidentes con facilidad para aquéllos con experiencia en la técnica. La Figura 2 es una vista esquemática del recipiente que muestra esencialmente las mismas características que en la Figura 1 y, además, la trayectoria de flujo de gas a través del recipiente. Las Figuras no representan dimensiones reales.

40 Con referencia a la Figura 1, se presenta un recipiente de reactor de flujo radial sustancialmente cilíndrico (1) sobre un eje longitudinal vertical (20). El recipiente tiene una carcasa exterior (2) con tapas hemisféricas superiores (3) e inferiores (4) de acuerdo con lo conocido por lo general en la industria. La tapa inferior (4) tiene una entrada (6) para la recepción de un gas de alimentación y la tapa superior (3) tiene una salida (5) para la salida del gas de producto en la operación normal. En los procesos de purificación previa, se introduce aire atmosférico a través de la entrada (6) y el aire tratado o purificado sale por la salida (5).

50 Dentro de la cáscara (2) se encuentran un lecho (8) que contiene material activo que está confinado entre dos miembros de contención cilíndricos concéntricos, de aquí en adelante denominados "cestas" (9, 10). La disposición de la cesta se entiende mejor por medio de la visualización de la Figura 3, que ilustra la relación espacial de la cesta interior (9), la cesta exterior (10), y el lecho (8). Se prefiere el uso de sólo dos cestas orientadas de manera concéntrica alrededor del mismo eje longitudinal principal del recipiente del reactor (1) de acuerdo con lo mostrado, porque esto simplifica el diseño estructural de las cestas (9, 10) y permite un fácil acceso a todo el espacio anular del lecho (8) entre las cestas interior y exterior para la carga y la colocación del material activo, por ej., por el uso de

puertos de llenado (14) y/o carriles (16) de acuerdo con lo mostrado en la Figura 1. De acuerdo con lo que se entenderá bien, los carriles (16) permiten la entrada y salida de los operarios y reparadores en el lecho (8). El término "lecho", de acuerdo con lo utilizado en la presente memoria, describe tanto el espacio entre las cestas (9, 10) que contienen el material activo como el espacio con el material activo presente. Durante la operación, el gas de proceso se alimenta en una dirección sustancialmente radial a través del lecho (8) con respecto al eje longitudinal de simetría del recipiente del reactor de acuerdo con lo descrito con anterioridad.

Con referencia de nuevo a la Figura 1, las cestas (9,10) están fijadas de manera rígida y cerrada en sus extremos de fondo o inferiores por la placa de soporte inferior (7), en la que los componentes combinados (7, 9 y 10) comprenden el montaje de la cesta que contiene el lecho (8). La placa de soporte inferior está fijada a los soportes de columna (12). De acuerdo con lo explicado en más detalle a continuación, los soportes de columna sustancialmente verticales (12) están todos divididos para permitir un desplazamiento predeterminado de la placa de soporte inferior (7) desde su posición de referencia después de la fabricación a una posición inferior para proporcionar tensión a las cestas, tales como después de la carga de adsorbente o material con el fin de estirar y tensar previamente las paredes de las cestas. El diseño mostrado en la Figura 1 utiliza ocho (se muestran cinco) columnas de soporte (12), si bien se pueden emplear menos o más columnas. Se requieren por lo menos tres columnas de soporte. Algunas o todas las columnas de soporte incorporan un medio de guía (de acuerdo con lo descrito más adelante) para asegurar que los ejes longitudinales de las cestas (9, 10) y todo el montaje de la cesta queden coincidentes con el eje longitudinal del recipiente (1). El exterior de la cesta interior concéntrica (9) y el interior de la cesta exterior concéntrica (10) representan las paredes de delimitación del lecho (8). Las cestas (9, 10) tienen secciones no permeables, sólidas que están fijadas de manera rígida a la tapa superior (3). Del mismo modo, las secciones sólidas cortas de las cestas (9, 10) también se pueden utilizar en la parte inferior del montaje de la cesta donde las cestas están unidas de manera rígida a la placa de soporte inferior (7). La parte restante y mayoritaria del área de superficie de las paredes de las cestas (9, 10) es permeable al gas o de otro modo porosa de acuerdo con lo descrito a continuación. La tapa superior (3) tiene puertos (14) situados y separados de manera uniforme sobre el lecho anular (8) para facilitar la carga del material activo. Uno de los puertos puede ser reemplazado por un carril (16) de acuerdo con lo mostrado.

Las paredes verticales de las cestas (9, 10) están perforadas a través de una parte mayoritaria de su longitud para que sean permeables al flujo de gas y para impartir características estructurales de manera tal que las cestas alcancen flexibilidad axial y rigidez radial para minimizar el movimiento y para controlar las tensiones y cargas que son inducidas térmicamente durante la operación. Las secciones permeables de las paredes de las cestas se fabrican con preferencia por el uso de hojas de metal perforadas, se sueldan y se enrollan en cilindros. El metal de manera típica es de acero o una aleación de acero, seleccionado con base en propiedades físicas, facilidad de perforación, resistencia a la corrosión, soldabilidad y requisitos de costo. El espesor de los materiales de la pared de la cesta depende de varias consideraciones estructurales, de acuerdo con lo que entenderían aquéllos con experiencia en la técnica, y el material seleccionado y su espesor no necesita ser el mismo para las cestas interiores y exteriores. El espesor típico para la pared de la cesta, sin embargo, sería de entre 3 mm y 35 mm.

Aquéllos con experiencia en la técnica reconocen que si bien las paredes de las cestas deben ser permeables al gas o porosas (perforadas) para permitir el flujo de fluido, el tamaño particular, la forma y la orientación de los orificios o perforaciones influirán en la flexibilidad direccional de las paredes de las cestas. Por ejemplo, y de acuerdo con lo ilustrado mejor en las Figuras 2 y 4, se sabe que un diseño de perforación ranurada con ranuras alargadas (40) escalonadas y orientadas horizontales o tangenciales con respecto al eje del recipiente vertical (longitudinales) proporciona flexibilidad axial (véase la flecha 42) y rigidez radial (véase la flecha 41). La rigidez radial se consigue a partir de las bandas continuas e integrales periódicas o bandas de metal sólido que se extienden alrededor de la circunferencia de la pared de la cesta. A la inversa, no hay ninguna tira o red de metal sólido ininterrumpida de la pared de la cesta en la dirección axial (vertical), debido a la configuración escalonada de ranuras alargadas orientadas horizontalmente (40). Tal configuración es importante cuando las cestas interiores (9) y exteriores (10) se fijan tanto en la parte superior como inferior del recipiente (1) como en la presente invención. De este modo, a temperaturas más altas, las ranuras alargadas (40) se comprimen para absorber la expansión axial, lo cual alivia algo de la tensión de compresión axial que resultaría de otro modo. Sin embargo, esta flexibilidad axial (de acuerdo con lo determinado por el módulo de elasticidad efectivo) no debe ser tan grande como para permitir el pandeo de la pared de la cesta debido a esfuerzos de compresión axial, en la presente memoria también se denomina como "pandeo axial". Si bien son posibles muchas diferentes geometrías de perforación, aquéllos con experiencia en la técnica saben que las geometrías deben ser seleccionadas para permitir un área de flujo abierto suficiente, mientras que al mismo tiempo se crea un módulo de elasticidad efectivo del material de la cesta para dar lugar a la flexibilidad axial y la rigidez radial deseadas. Para el propósito de la presente invención, se prefiere la configuración de perforación general ranurada que se muestra en la Figura 4, pero las dimensiones y separaciones específicas de las ranuras son para ser seleccionadas con base en el material específico de la cesta y el grado de flexibilidad estructural deseado.

También se ha encontrado a través de análisis estructural que con preferencia se añaden nervaduras de refuerzo (32) y se unen a la cesta interior (9) para mitigar el pandeo debido a la presión externa aplicada por el material activo, en la presente memoria también denominado "pandeo radial." Los nervaduras de refuerzo (32) de manera típica son soportes estructurales de metal o de otro material rígido (con preferencia con las mismas características de expansión térmica que el material de la cesta interior) que se colocan en la pared interior de la cesta interior (9)

de manera tal que cada nervadura se encuentre en un plano horizontal y se extienda continuamente alrededor de la circunferencia de la cesta interior (9). Las nervaduras de refuerzo (32) están espaciadas a intervalos regulares para incrementar la rigidez de la cesta con el fin de resistir las fuerzas de compresión radiales resultantes de los ciclos térmicos de las cestas y el lecho encerrado.

5 El material activo puede estar contenido de manera adicional y/o dividido dentro del lecho (8) por el uso de metal o de otros materiales porosos y flexibles. Por ejemplo, las pantallas se pueden utilizar para alinear las paredes metálicas perforadas de las cestas cuando las perforaciones o ranuras son más grandes que el tamaño de partícula del material activo, de acuerdo con lo ilustrado en la Figura 5. La Figura 5 muestra una configuración preferida en la que la pared de la cesta interior (9a) está hecha de una hoja de metal perforada en contacto con una pantalla (30) en
10 contacto con el lecho (8a) que contiene material activo (17). Si bien no se muestra, el lado opuesto del lecho (8a) estaría en contacto con la pared interior de la cesta exterior (10) que también puede tener una pantalla entre los mismos. También se pueden utilizar pantallas similares para separar diferentes materiales activos en dos o más capas dentro del lecho (8a) si se desea.

15 Dependiendo del tipo de proceso de tratamiento de gas, el material activo puede necesitar ser regenerado a intervalos regulares de una manera cíclica repetitiva. Durante este proceso, se introduce un gas de regeneración al recipiente y fluye radialmente a través del lecho de material activo antes de salir. La trayectoria del flujo de regeneración de manera típica se invierte con respecto a la trayectoria del flujo de alimentación. Para los recipientes de reactor de la presente invención, los gases siempre fluyen radialmente a través del material activo, de manera independiente de donde los gases de alimentación y de regeneración entren en el recipiente.

20 Con referencia de nuevo a la Figura 2, el gas de alimentación entra en la parte inferior del reactor (1) en la entrada (6) y se dirige hacia un canal exterior formado entre la carcasa (2) y la pared exterior de la cesta exterior (10). El gas de alimentación fluye a continuación radialmente a través de la pared de la cesta exterior (10), a través del lecho (8) y el material activo contenido en el mismo y sale a través de la pared de la cesta interior (9) en un canal central alineado con el eje vertical del recipiente (1). El gas de producto (o gas purificado) sale del recipiente del reactor (1)
25 a través de la salida (5) del recipiente (1) de acuerdo con lo mostrado. El recipiente del reactor (1) puede estar diseñado para tener gas de alimentación introducido ya sea en la parte inferior, una entrada (6), o en la parte superior, la salida (5), del recipiente de manera tal que el flujo radial del gas de proceso a través del lecho (8) pueda ser o bien hacia dentro o hacia fuera, respectivamente. Los procesos cíclicos de manera típica dirigen los flujos de alimentación y regeneración en contracorriente entre sí. Por ejemplo, si el flujo de alimentación se dirige radialmente
30 hacia el interior a continuación, el flujo de regeneración se dirigiría radialmente hacia fuera.

35 Cuando se utilizan reactores de flujo radial como la presente invención en conjunción con un paso de regeneración de oscilación térmica, o con otros procesos cíclicos térmicos para limpiar o reactivar el material catalítico, las cestas interiores se contraen y expanden con la disminución y el incremento de la temperatura del proceso de tratamiento de gas, respectivamente, de acuerdo con lo descrito con anterioridad. Tales expansiones y contracciones térmicas de las cestas se producen tanto radial como axialmente con respecto al eje longitudinal del recipiente del reactor, lo cual induce tensiones en las cestas y todos los componentes internos y medios accesorios. En la presente invención, las cestas están restringidas en la parte superior y la parte inferior del recipiente. Bajo tal soporte restringido, se desarrollarán tensiones internas significativas dentro de las paredes de las cestas porosas en respuesta a las variaciones de temperatura cíclicas.

40 Cuando las tensiones axiales inducidas térmicamente se aproximan o exceden los límites de tensión admisibles predeterminados para el pandeo axial, de acuerdo con lo determinado a partir de las propiedades del material de las cestas y la geometría de perforación, a continuación, se prefiere comprobar la validez de estrés de las paredes porosas de la cesta interior para compensar los efectos de estas cargas axiales inducidas. Tal tensión previa se aplica axialmente (paralela al eje longitudinal del recipiente a presión cilíndrico) y de tal manera para compensar la
45 tensión inducida térmicamente. Debido a que las presentes cestas están restringidas en la parte superior y la parte inferior, la tensión térmica inducida es compresiva. El tensado previo de las cestas compensa, por lo menos parcialmente, estos esfuerzos de compresión inducidos térmicamente. De este modo, el incremento de la temperatura inicial de la pared porosa sirve para aliviar la tensión previa (estrés previo) en la cesta, dado que la tensión de compresión axial inducida térmicamente actúa opuesta a la tensión previa de tracción. Una vez que la
50 tensión previa está completamente aliviada, la tensión axial de compresión puede continuar desarrollándose en las paredes de la cesta porosa a medida que la temperatura se incrementa de manera adicional. Sin embargo, el esfuerzo de compresión máximo resultante es menor de lo que habría sido si no se hubiera aplicado el tensado previo, es decir, el esfuerzo de compresión es compensado por la cantidad de tensión previa de tracción. Dependiendo de la cantidad de tensión previa aplicada a las cestas, es posible controlar la máxima tensión
55 resultante en el estado calentado para que sea cero, o para que sea de tracción o de compresión.

60 Por lo tanto, además de la selección de las propiedades del material y la geometría de perforación de las cestas, ahora se ha encontrado que el tensado previo de por lo menos la cesta exterior (10) es necesario para asegurarse contra el pandeo axial debido a las tensiones de compresión que se desarrollan durante el calentamiento de la cesta (10) y sus componentes. Si bien la técnica no proporciona ninguna enseñanza específica en cuanto a los métodos para la tensión previa de las cestas, la presente invención introduce un método simple basado en un diseño de soporte de columna dividida dentro del recipiente del reactor. Si bien se pueden aplicar varias metodologías

mecánicas para tensar previamente las paredes de la cesta porosa, el método preferido de esta invención es utilizar el peso inherente del material activo de acuerdo con lo descrito a continuación.

El tensado previo de las cestas mitiga o elimina la tensión de compresión axial en las cestas provocada por la expansión térmica durante la parte de temperatura elevada del ciclo del proceso. La cesta exterior (10), debido a su mayor diámetro y grosor relativamente más pequeño, es en particular sujeta al pandeo axial de las cargas térmicas inducidas y en la presente memoria se tensa previamente. Con preferencia, tanto las cestas interiores como exteriores son tensadas previamente de manera simultánea. De manera alternativa, la cesta exterior (10) se puede tensar previamente de manera independiente por medio de la desconexión temporal de la cesta interior (9) de la tapa superior (3) del recipiente (1), por ej., de acuerdo con lo que puede ser ventajoso en ciertos medios alternativos de carga de material activo en el recipiente. Además de evitar el pandeo axial, el tensado previo de las cestas permite una construcción más delgada de la pared de la cesta y/o puede extender la temperatura operativa máxima permitida si se desea.

Antes de describir el método de tensado previo, se necesita más descripción del recipiente. De acuerdo con lo mostrado en la Figura 1, los extremos inferiores de las cestas (9, 10) están fijados a la placa de soporte inferior móvil (7) que está hecha de material metálico sólido, no poroso. La placa de soporte (7) está conectada de manera rígida a la tapa inferior (4) del recipiente (1) a través de múltiples columnas de soporte divididas (12). Con referencia ahora a la Figura 6a, una vista esquemática fragmentaria de recipiente (1) se muestra con una columna de soporte representativa (12a) dividida para formar un montaje de columna compuesta por dos miembros separados de soporte (12b y 12c) que tienen cada uno una brida opuesta y de conexión (60). En la descripción que sigue con respecto a la Figura 6, se ha de entender que todas las columnas de soporte (12a) se comportan de la misma manera que la columna de soporte representativa mostrada en las Figuras 6a a 6d. El montaje que comprende las columnas de soporte (12a) también incluye un medio de guía cilíndrico (50) para evitar el movimiento lateral y mantener el montaje de la cesta de manera concéntrica alineado a lo largo del eje del recipiente durante la fabricación y durante la operación. Los separadores (65), colocados entre las bridas (60), se describen de manera adicional a continuación. En la forma de realización mostrada en la Figura 6, el medio de guía (50) es un simple tubo insertado en el interior de las columnas (12b y 12c). La parte inferior del miembro de soporte (12c) se fija a la tapa inferior (4) del recipiente (1) y el extremo superior del miembro de soporte (12b) se fija a la placa de soporte inferior (7). La placa de soporte inferior (7) se muestra de manera esquemática en la Figura 6 como una placa plana por simplicidad, pero normalmente esta placa está diseñada para ser cóncava hacia la tapa (4) de acuerdo con lo mostrado en la Figura 1.

El montaje de la columna de soporte (12a) que se muestra en la Figura 6 se muestra con mayor detalle en la Figura 7. El miembro de guía cilíndrico (50) está dimensionado para acoplarse de manera deslizante al espacio interno del montaje de soporte de columna dividida (12a) en una configuración de tubo dentro de tubo y se fija a uno de los miembros de soporte (12b o 12c), con preferencia al miembro soporte (12b). El miembro de guía (50) acopla ambos miembros de soporte (12b y 12c) y es de una longitud con preferencia no más de 1/3 de la longitud total del montaje de soporte de columna dividida (12a). Juntos, los miembros de soporte (12b y 12c), las bridas opuestas (60) y el medio de guía (50) forman el soporte de columna dividida (12a). También se pueden emplear otros métodos de acoplamiento deslizante de los miembros de soporte. El número de columnas de soporte requeridas depende de las cargas estáticas y dinámicas combinadas a las que se somete el montaje de la cesta, así como también el diseño de las columnas individuales. De manera típica, se requieren por lo menos tres columnas y deben estar espaciadas de manera uniforme y simétrica con respecto al eje longitudinal del recipiente. Los miembros de guía se requieren en por lo menos 50% de la columna de soporte, por ejemplo, si se utilizan ocho columnas como en el diseño de la Figura 1, a continuación, por lo menos cuatro columnas deben incluir un medio de guía.

El proceso de tensado previo se lleva a cabo por el uso de los soportes de columna divididos. En el método preferido, el peso sustancial del material activo cargado en el lecho (8) se utiliza para la tensión previa de las cestas (9, 10). En esta forma de realización, las cestas (9, 10) están fijadas de manera rígida en la parte superior de la carcasa (2) a la tapa superior (3) y a la placa de soporte inferior (7). A la placa de soporte inferior (7), las cestas (9, 10) y las columnas de soporte superiores (12b) se les permite moverse temporalmente en la dirección axial por medio de la desconexión de los pares de brida (60) y la eliminación de los separadores (65).

La implementación del tensado previo de las cestas se describe ahora en mayor detalle, en el que la función del soporte de columna dividida se hará evidente. Las Figuras 6a a 6d ilustran los pasos en la aplicación del método de tensión previa a las cestas (9, 10). La Figura 6a representa la condición de la cesta y las columnas de soporte al final de la fabricación de recipientes y antes de la carga del material activo. Los miembros de soporte (12b y 12c) y las bridas integrales (60) están diseñadas de manera tal que cuando se fabrican y se instalan las dos caras de la brida opuestas de cada miembro de soporte (12b y 12c) están emparejadas y separadas entre sí por la cantidad predeterminada de estiramiento axial (d) del montaje de la cesta y las paredes de las cestas individuales requerida para pretensar las cestas para el nivel de tensión de tracción deseada.

Las bridas de acoplamiento (60) y los miembros de soporte (12b y 12c) son concéntricos al medio de guía interno (50). La guía interna está unida de manera rígida a uno de los miembros de soporte y de manera deslizante se acopla con el otro miembro de soporte del par. Cuando se fabrica el recipiente (1), se proporciona un espacio inicial (d) entre las bridas (60) y el espacio entre las bridas de acoplamiento (60) en la condición sin carga está diseñado

para ser igual a o menor que la cantidad esperada o calculada de desplazamiento axial de las paredes de las cestas impuestas por la carga estática, es decir, desde el peso combinado del montaje de la cesta y el material activo. El medio de guía (50) permite al miembro de soporte (12b) moverse sólo paralelo al eje vertical. Los separadores (65) de espesor (d) igual a la separación de brida se insertan entre cada par de bridas de acuerdo con lo ilustrado en la Figura 6a. Con preferencia, los separadores están segmentados (divididos en varias partes iguales) para facilitar su extracción. Los miembros de soporte se conectan a continuación, de manera rígida (tal como atornillados entre sí) de acuerdo con lo mostrado de manera esquemática en la Figura 6a y en mayor detalle mecánico en la Figura 7. Esta es la condición de la cesta y los montajes de columna de soporte al final de la fabricación de recipientes. Cuando el recipiente se coloca verticalmente, el peso (W_{BA}) del montaje de la cesta se admite ahora principalmente por las columnas de soporte 12 (a) de manera rígida fijada entre la placa de soporte inferior (7) y la tapa inferior (4). La conexión de las cestas (9, 10) a la tapa superior (3) también puede proporcionar algún soporte para una pequeña parte del peso del montaje de la cesta. En esta condición, el lecho (8) permanece vacío o sin carga con el material activo. La posición de la placa de soporte inferior (7) con respecto a la carcasa del recipiente (2) y la tapa inferior (4) se muestra por medio de la línea de referencia (45) en la Figura 6a.

Los separadores (65) de espesor (d) establecer el grado de tensado previo permitido y cuando están fuertemente asegurados entre las bridas opuestas (60) mantienen el montaje de la cesta soportado de manera rígida en los extremos superior e inferior del recipiente del reactor durante las etapas finales del montaje del recipiente y el transporte. Los separadores pueden estar hechos de cualquier material tal como acero al carbono y cualquier número de separadores se pueden utilizar de acuerdo con lo que se considere necesario. En esta forma de realización, se emplean cuatro separadores entre cada par de brida. Se perfora un orificio a través de cada separador para permitir que los pernos pasen a través de los separadores y las bridas de acoplamiento.

Después de que el recipiente (1) está en posición de uso, los separadores (65) se eliminan antes de cargar el material activo en el lecho (8). El paso 2 del proceso de tensado previo se ilustra en la Figura 6b por medio de la aplicación de una fuerza de elevación (F_j) en la que el montaje de la cesta se eleva ligeramente lo suficiente para aliviar la presión sobre los separadores (65) de manera tal que se puedan eliminar por el uso de un gato hidráulico o por otros medios, que incluyen, pero no se limitan a, tornillos de gato unidos a las bridas (60). La placa de soporte inferior (7) se mueve sólo una pequeña cantidad (de manera típica no más de 1 mm a 5 mm) hacia arriba y esencialmente permanece alineada con la posición de referencia original. El conector puede estar colocado en el suelo o base del recipiente para la elevación y luego encerrado en posición una vez que los separadores se retiran. En este punto, no se ha aplicado ninguna tensión previa y todo el peso del montaje de la cesta está soportado por el gato hidráulico. En este estado, las columnas de soporte no proporcionan soporte al montaje de la cesta dado que las bridas de cada columna de soporte están separadas físicamente.

En el paso 3, el lecho (8) se llena del material activo y el peso (W_{AM}) de este material se acumula contra el mecanismo de elevación. El gato hidráulico soporta el peso adicional del material activo y mantiene la posición de la placa de soporte inferior (7) a la posición de referencia original. El paso 4 implica la bajada lenta del gato hidráulico de manera tal que el montaje de la cesta y las paredes se estiran debido a la fuerza hacia abajo resultante aplicada a partir del peso del material activo. Este proceso continúa a medida que las caras de las bridas superiores (60) unidas a las columnas de soporte (12b) se mueven hacia abajo hasta que hagan contacto con las caras opuestas de las bridas inferiores (60) de las columnas de soporte (12c). A lo largo de este paso, los miembros de guía (50) mantienen la alineación de los miembros de soporte superiores e inferiores (12b y 12c). La placa de soporte inferior (7) se mueve la misma distancia que lo predeterminado y permitido por el espesor del separador (d). La distancia de estiramiento (d) determina la cantidad de tensión previa aplicada, de manera típica menos que el máximo disponible como es inherente en el peso total combinado del material activo y el montaje de la cesta, es decir, las caras de los pares de bridas entrarán en contacto antes de la finalización de la carga de todo el material activo.

De este modo, una cantidad predeterminada de tensión previa axial se puede aplicar hasta una cantidad que corresponde al peso del material activo cargado. Una vez que las caras de las bridas (60) de cada miembro de soporte están cerradas y en contacto, el peso del lecho (8) y el montaje de la cesta con el soporte de la tapa inferior (4) con las paredes de las cestas ahora bajo tensión. En la posición de carga final y con las bridas (60) en firme contacto una con la otra, las cestas (9, 10) están restringidas tanto en la parte superior como inferior. Las bridas (60) se pueden fijar por medio de soldadura o por el uso de medios de fijación tales como pernos, si bien la combinación del peso del montaje de la cesta y el material activo y la presencia del miembro de guía (50) proporcionará una restricción adecuada contra el movimiento lateral de la cesta.

De manera alternativa, el paso 3 se puede llevar a cabo con el gato hidráulico eliminado de manera tal que las bridas se cierran lentamente de acuerdo con la velocidad de carga o la acumulación de material activo en el lecho (8). El tensado previo neto de las cestas (9, 10) será idéntico en ambos escenarios.

De acuerdo con lo mostrado y descrito, las columnas de soporte divididas (12a) se extienden entre la placa de soporte inferior (7), unidas a las cestas (9, 10), y la tapa inferior (4) del recipiente (1). Estas columnas de soporte se pueden construir a partir de varios tipos de miembros estructurales, por ej., columnas o tubos cilíndricos, haces en I, canales, haces de caja, etc. Los miembros estructurales no tienen que ser circulares en sección transversal y se pueden utilizar otras configuraciones tales como caja o rectangular, etc. Del mismo modo, el medio de guía no se limita a una configuración de tubería concéntrica. Por ejemplo, otros medios de guía potencialmente eficaces pueden

5 incluir varios miembros dimensionados como manguitos externos o inserciones internas a las columnas dimensionadas de manera similar o el uso de pasadores a través de uno o más de los orificios entre las bridas de acoplamiento, etc. Si bien la configuración cilíndrica sencilla equipada con bridas y un miembro de guía cilíndrico de acuerdo con lo mostrado es un diseño preferido, otros diseños pueden preverse para lograr la misma función y se consideran equivalentes operables, con la condición de que; (a) las columnas de soporte están fijadas de manera rígida entre la placa de soporte inferior y la tapa inferior del recipiente, (b) medios de guía se emplean en múltiples columnas de soporte para evitar el movimiento lateral de cualquiera de los miembros del soporte de columna dividida mientras se mantiene la concetricidad del montaje de la cesta dentro del recipientes, y (c) medios ajustables, tales como separadores extraíbles, se emplean para reducir la longitud efectiva de la columna mientras que permite el peso de material activo sólido estire axialmente las cestas para aplicar tensión a las paredes de las cestas. Al final del tensado previo, el montaje de la cesta está soportado de manera rígida entre las tapas superior (3) e inferior (4) del recipiente.

15 Se prefiere el diseño de soporte de columna dividida, de acuerdo con lo mostrado y descrito porque proporciona un medio sencillo para proporcionar, bridas de acoplamiento planas horizontales y un medio de guía integral posicionado a un nivel de trabajo conveniente entre la placa de soporte inferior y la tapa inferior del recipiente. Sin embargo, las características básicas de la invención se pueden lograr con soportes de columna continuos (no divididos). Tales columnas de soporte no divididas estarían fijadas de manera permanente en un extremo a cualquiera de la placa de soporte inferior (7) o la tapa inferior (4), con preferencia hasta por lo menos la placa de soporte inferior. La asignación de espacio o huecos necesarios para el tensado previo se crearía entre el extremo opuesto de columna (sin unir) y su componente de frente, es decir, cualquiera de la tapa inferior (4) o la placa de soporte inferior (7). El medio de guía a continuación estaría unido entre el extremo de la columna no unida y directamente a la cara de la placa opuesta inferior (7) o la tapa inferior (4), es decir, opuesta a la cara no unida del soporte de columna y con el espacio predeterminado (d) para el tensado previo permitido allí entre y con el medio de guía acoplado con la columna. De manera alternativa, una almohadilla de soporte con un medio de cara horizontal podría estar unida de manera rígida a cualquiera de la placa de soporte inferior (7) o la tapa inferior (4) directamente opuestas de las caras no unidas de las columnas de soporte y el medio de guía podría ser colocado de manera integral entre el extremo de la columna y la almohadilla de soporte. En esta última configuración, la almohadilla o el pedestal de soporte se podrían prever como otra forma de la sección superior o inferior de la columna en el diseño de la columna dividida. La implementación del tensado previo se llevaría a cabo de la misma manera que se ilustra en las Figuras 6a a 6d y de acuerdo con lo descrito con anterioridad.

25 También se proporcionan medios alternativos y equivalentes de tensado previo y fijación de las cestas bajo una carga de tracción. En un ejemplo, las cestas interiores, una vez montadas dentro del recipiente del reactor, se pueden tensar previamente de manera mecánica por el uso de varillas roscadas en combinación con un mecanismo de bloqueo interno o externo. Los ejemplos de mecanismos de bloqueo internos incluyen agujeros perforados y roscados del recipiente o en soportes de apoyo soldados al recipiente y también a la parte inferior de las cestas o la placa de soporte inferior; tuercas de bloqueo utilizadas para capturar la varilla roscada en soportes unidos a la cesta y a la pared del recipientes; y un tensor situado entre dos varillas roscadas fijadas permanentemente a la cesta y la pared del recipiente. El tensado previo se ajusta desde el interior del recipiente. Los ejemplos de mecanismos de bloqueo externos incluyen agujeros perforados y roscados a través de la tapa del recipiente y unidos a la parte inferior de las cestas o la placa de soporte inferior y las tuercas de fijación utilizadas para capturar la varilla roscada en soportes unidos a la cesta y a través de la pared del recipiente. Estos métodos permiten que el tensado previo se lleve a cabo externo al recipiente. Tanto el tensado previo interno como externo puede ser asistido por el peso del adsorbente cargado en las cestas.

45 De manera alternativa, un gato hidráulico puede estar situado contra un soporte fijo fuera del extremo superior del recipiente del reactor con el extremo opuesto del gato conectado a un haz insertado a través del reactor a lo largo de su eje y en contacto con la placa que forma la parte inferior de las cestas concéntricas. El gato se utiliza para empujar la placa de soporte inferior en su posición en contra de la columna de soporte inferior o para empujar las bridas de acoplamiento de una columna dividida entre sí. La placa de soporte inferior o las bridas en el soporte de columna dividida se fijan a continuación por medio de soldadura o empernado mientras que se mantiene la carga hidráulica. El gato hidráulico y el haz se retiran después y las paredes de las cestas permanecen bajo tensión y se conectan firmemente a la tapa inferior del recipiente del reactor.

50 En todos los métodos de tensado previo anteriores, la cantidad de tensión previa debe estar predeterminada para evitar el pandeo axial de las cestas por medio de la compensación total o parcial de la tensión de compresión inducida térmicamente.

55 El reactor de flujo radial de esta invención se puede emplear en procesos de purificación, separación o reacción de gas por el uso de lechos de materiales activos que son muy conocidos en la técnica. Los procesos preferidos son aquellos que requieren una operación cíclica repetitiva. Con mayor preferencia, el presente reactor se utiliza en procesos de adsorción cíclicos tales como los procesos PSA, VPSA, y TSA y con la mayor de las preferencias en los procesos de purificación previa en el extremo delantero de ASU.

60 El material activo sólido puede ser un adsorbente, un catalizador o un material reactivo que consiste en partículas sólidas que fluyen libres en forma de esferas, cilindros, gránulos irregulares, etc. El material activo se selecciona

para el proceso particular empleado y se conoce un amplio intervalo de materiales.

5 Para los procesos de purificación o separación de aire, se utiliza un material adsorbente y de manera típica es un material de tamiz molecular de tipo zeolita de acuerdo con lo conocido y está disponible comercialmente. El material adsorbente utilizado dentro de la unidad de lecho modular adsorbente puede estar compuesto por un material de capa única o, una configuración de material de dos o más capas, donde la primera capa (tal como alúmina activada) más cercana a la entrada de alimentación elimina el agua del gas de alimentación y la segunda capa (tal como tamiz molecular de zeolita) adsorbe un componente gaseoso seleccionado, tal como dióxido de carbono en la purificación o el nitrógeno en la separación de aire. El material adsorbente con preferencia está lleno de manera densa para al
10 minimizar la sedimentación del adsorbente y otro movimiento de las partículas y para maximizar la eficiencia del proceso.

Debería ser evidente para aquéllos con experiencia en la técnica que la presente invención no está limitada por los ejemplos proporcionados en la presente memoria que se han proporcionado para demostrar simplemente la operabilidad de la presente invención. El alcance de esta invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un reactor de lecho radial (1) que comprende:
 - a) una carcasa del recipiente sustancialmente cilíndrica (2) que tiene un eje vertical longitudinal (20), una tapa superior (3) y una tapa inferior (4);
 - 5 b) una cesta exterior porosa sustancialmente cilíndrica (10) dispuesta de manera concéntrica dentro de la carcasa (2) a lo largo del eje longitudinal (20) y unida a la tapa superior (3) de la carcasa;
 - c) una cesta interior porosa sustancialmente cilíndrica (9) de manera concéntrica dentro de la cesta exterior porosa (10) a lo largo del eje longitudinal (20) y unida a la tapa superior (3) del recipiente,
 - d) una placa de soporte inferior (7) dispuesta dentro de la carcasa (2) y conectada a la parte inferior de las cestas interior y exterior (9, 10) con el fin de formar una superficie inferior sólida de las cestas; y
 - 10 f) por lo menos tres columnas de soporte (12) dispuestas entre la placa de soporte inferior (7) y la tapa inferior (4) del recipiente con medios para mover la placa de soporte inferior (7) y las cestas (9, 10) a lo largo del eje longitudinal (20) para proporcionar una tensión longitudinal predeterminada a las cestas.
2. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las columnas de soporte (12) comprenden dos miembros de soporte de acoplamiento (12b, 12c) capaces de ser separados a lo largo del eje longitudinal (20) para proporcionar un espacio entre los mismos.
- 15 3. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 2, en el que por lo menos una de las columnas de soporte (12) tiene un medio de guía (50) para proporcionar una alineación de los miembros de soporte (12b, 12c).
4. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el medio de guía (50) está posicionado dentro de los miembros de soporte (12b, 12c).
- 20 5. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 4, en el que las columnas de soporte (12) y el medio de guía (50) son cilíndricos.
6. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 1, en el que están posicionados medios ajustables en las columnas de soporte (12) que permiten a las cestas (9, 10) ser bajadas a lo largo del eje longitudinal (20).
- 25 7. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las columnas de soporte continuo (12) están unidas a la placa de soporte inferior (7), la tapa inferior (4), o ambos, y se crea un movimiento longitudinal por un medio para mover la placa de soporte inferior, la tapa inferior, o ambos un espacio predeterminado a lo largo de un medio de guía (50) acoplado dentro y fijado a las columnas de soporte.
8. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los medios ajustables están posicionados entre los miembros de soporte (12b, 12c) que permiten que por lo menos la cesta exterior (10) sea bajada a lo largo del eje longitudinal (20).
- 30 9. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los medios ajustables son separadores extraíbles (65).
10. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las paredes (9a) de las cestas (9, 10) son axialmente flexibles y radialmente rígidas.
- 35 11. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 10, en el que las cestas (9, 10) tienen paredes (9a) que están hechos de hojas de metal perforadas.
12. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 11, en el que las hojas de metal perforadas incluyen ranuras alargadas (40) que están escalonadas y orientadas horizontales con respecto al eje del recipiente vertical (20).
- 40 13. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 1, en el que están posicionadas pantallas (30) entre por lo menos el lecho (8a) y la cesta interior (9), las pantallas tienen una abertura de malla menor que el diámetro promedio de partícula del material activo.
14. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 1, con por lo menos una capa de material activo distribuido alrededor del eje longitudinal (20) en el espacio anular formado entre las cestas concéntricas (9, 10).
- 45 15. El reactor de lecho radial de acuerdo con la reivindicación 1, en el que nervaduras de refuerzo (32) están posicionadas en la pared interior de la cesta interior (9) en un plano horizontal y que se extiende alrededor de la circunferencia de la cesta interior.
16. Un proceso de purificación, separación o reacción de gas cíclico llevado a cabo en el reactor de lecho radial

- de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el reactor además comprende por lo menos una capa de material activo distribuido alrededor del eje longitudinal en el espacio anular formado entre las cestas concéntricas; en dicho proceso un gas de alimentación entra en el reactor y se dirige hacia un canal exterior formado entre la carcasa y la pared exterior de la cesta exterior, fluye a través de la pared de la cesta exterior en una dirección radial a través del lecho, sale a través de la pared de la cesta interior en un canal central alineado con el eje longitudinal del reactor, y sale del reactor.
- 5
17. Un método para el tensado previo de por lo menos la cesta exterior (10) en un reactor de flujo radial (1) del tipo que tiene:
- 10
- a) una carcasa del recipiente sustancialmente cilíndrica (2) que tiene un eje vertical longitudinal (20), una tapa superior (3), y una tapa inferior (4);
- b) una cesta exterior porosa sustancialmente cilíndrica (10) dispuesta de manera concéntrica dentro de la carcasa (2) a lo largo del eje longitudinal (20) y unida a la tapa superior (3) de la carcasa;
- c) una cesta interior porosa sustancialmente cilíndrica (9) de manera concéntrica dentro de la cesta exterior porosa (10) a lo largo del eje longitudinal (20) y unida a la tapa superior (3) del recipiente;
- 15
- d) una placa de soporte inferior (7) dispuesta dentro de la carcasa (2) y conectada a la parte inferior de las cestas interior y exterior (9, 10) con el fin de formar una superficie inferior sólida de las cestas;
- e) un espacio anular formado entre las cestas concéntricas (9, 10) para aceptar por lo menos una capa de material activo distribuido alrededor del eje longitudinal (20) en el espacio anular; y
- 20
- f) por lo menos tres columnas de soporte (12) dispuestas entre la placa de soporte inferior (7) y la tapa inferior (4) de la carcasa del recipiente con medios para mover la placa de soporte inferior y las cestas (9, 10) a lo largo del eje longitudinal (20),
- el método comprende
- la activación de los medios para mover las cestas (9, 10) hacia abajo en una dirección longitudinal predeterminada para proporcionar la tensión longitudinal a las cestas.
- 25
18. El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que la activación se produce por medio de la carga del material activo en el espacio anular.
19. El método de acuerdo con la reivindicación 18, en el que las cestas se bajan una distancia predeterminada para proporcionar una tensión predeterminada a las cestas (9, 10).
- 30
20. El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que los medios para mover las cestas (9, 10) es por el uso de columnas de soporte móviles (12) que comprenden dos miembros de soporte (12b, 12c) y un separador desmontable (65) entre los mismos por lo que la columna de soporte se mueve hacia abajo cuando se retira el separador.
21. El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que la activación se produce por el uso de un medio mecánico capaz de proporcionar tensión a las cestas (9, 10).
- 35
22. El método de acuerdo con la reivindicación 21, en el que el medio mecánico es una o más varillas roscadas en combinación con un mecanismo de bloqueo para bajar las cestas (9, 10), para proporcionar de este modo una tensión predeterminada a las cestas.
- 40
23. El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el movimiento hacia abajo de las cestas (9, 10) se produce cuando el peso del material activo mueve las cestas hacia abajo, lo cual de este modo proporciona tensión a las paredes de las cestas.
24. El método de acuerdo con la reivindicación 20, que comprende los pasos de la selección del espesor de dicho separador (65) de manera tal que corresponda a la extensión por la que la cesta (9, 10) ha de ser tensada previamente.
25. El método de acuerdo con la reivindicación 20 o 21, que comprende los pasos de:
- 45
- (a) cuando se fabrica el recipiente (2), la inserción del separador (65) entre los miembros de soporte (12b, 12c) y conecta de manera rígida los miembros de soporte;
- (b) la instalación del recipiente (2) en su lugar de utilización;
- (c) el retiro de los separadores (65); y
- (d) la carga del material activo en el espacio anular;

26. El método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que antes del paso (c) se aplica una fuerza de elevación hacia arriba a la placa de soporte inferior (7) para aliviar la presión sobre los separadores (65).
27. El método de acuerdo con la reivindicación 26, en el que después de completar el paso (d) la fuerza de elevación se alivia hasta que los miembros de soporte (12b, 12c) entran en contacto entre sí.
- 5 28. El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que los medios para mover las cestas (9, 10) es por el uso de columnas de soporte (12) solamente uno de cuyos extremos está unido a la placa de soporte inferior (7) o la tapa inferior (4), en el que en el estado no tensado de la cesta (9, 10) hay un hueco entre el extremo libre de las columnas de soporte (12) y la tapa inferior (4) o la placa de soporte inferior (7).

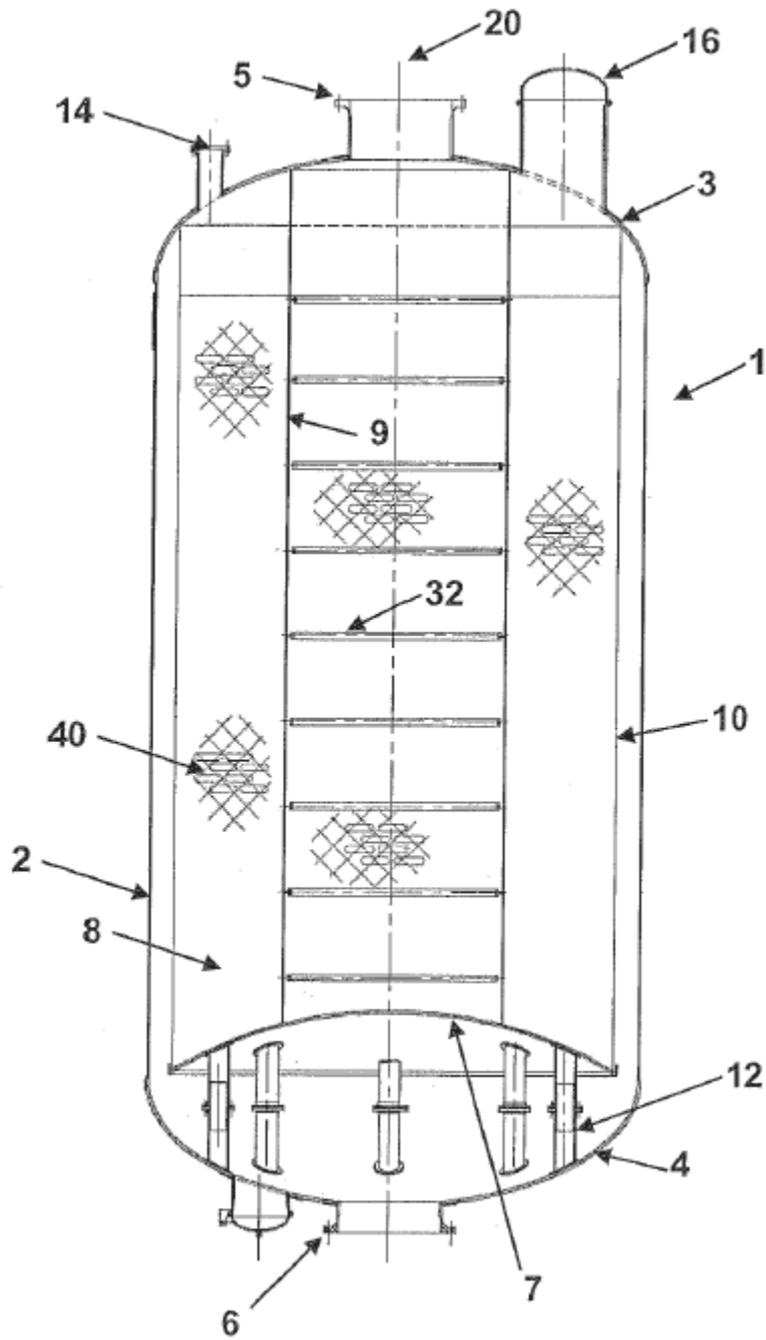


FIG. 1

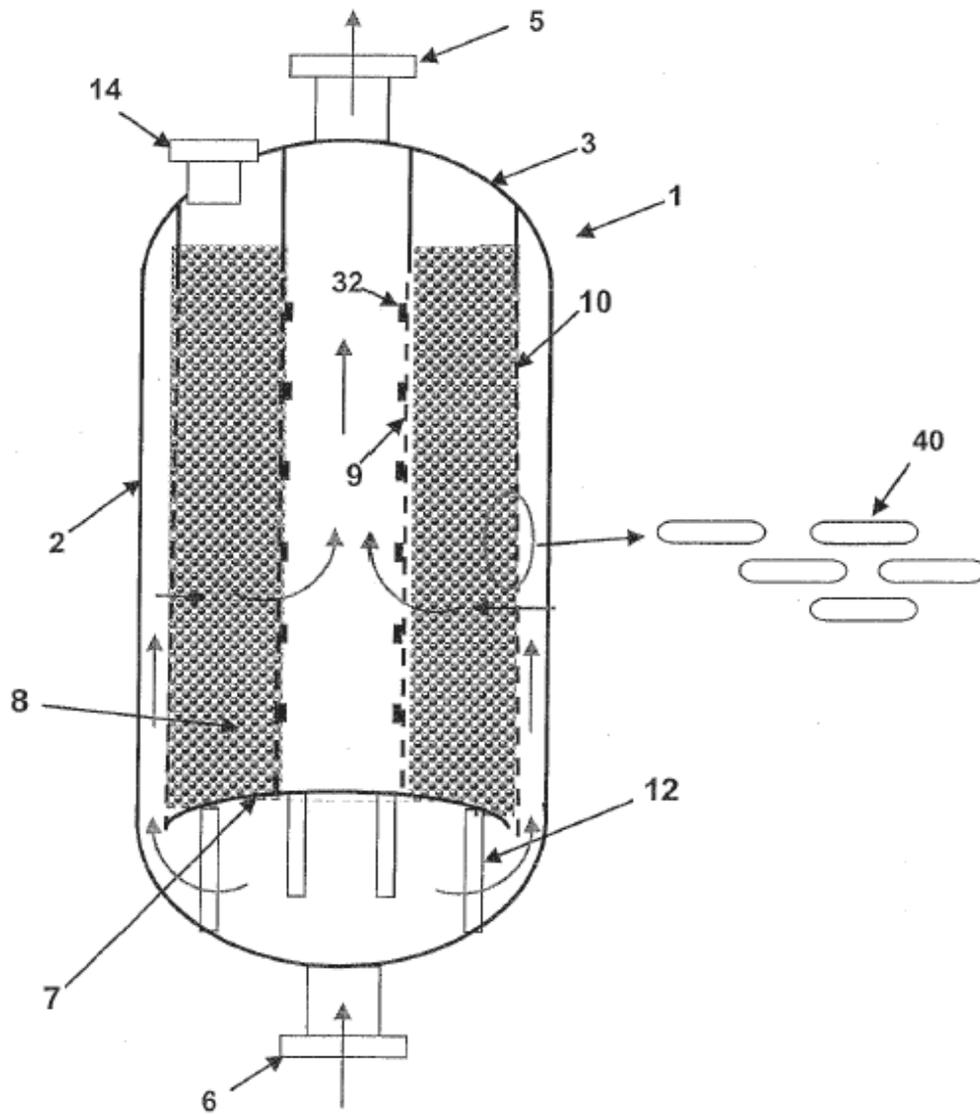


FIG. 2

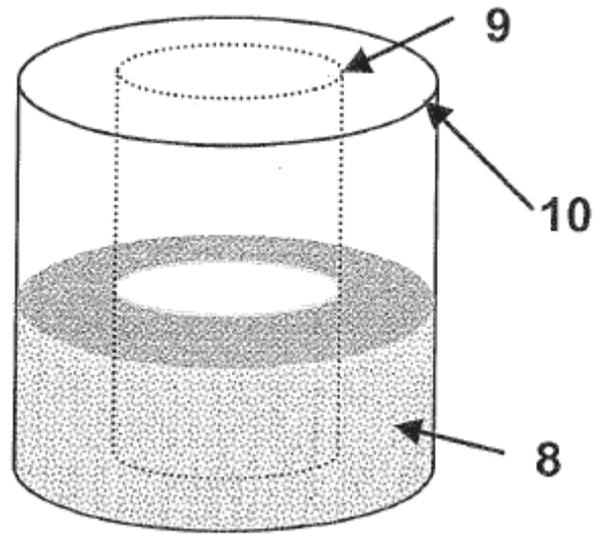


FIG. 3

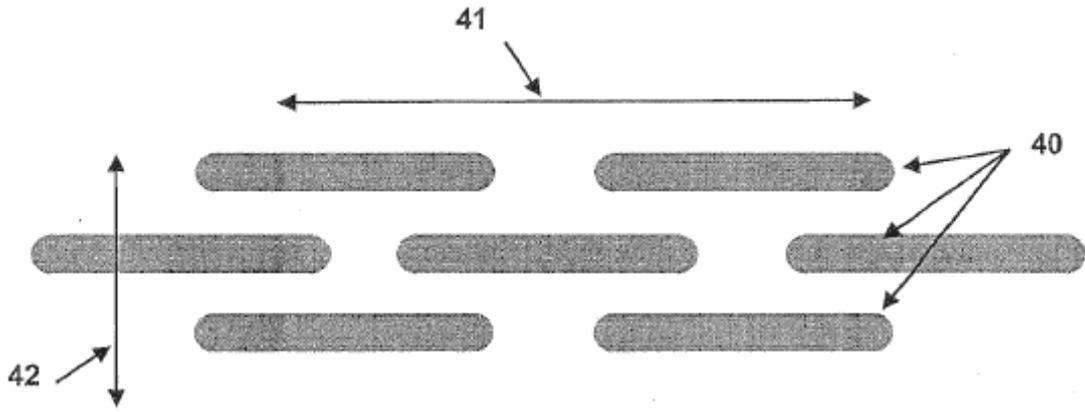


FIG. 4

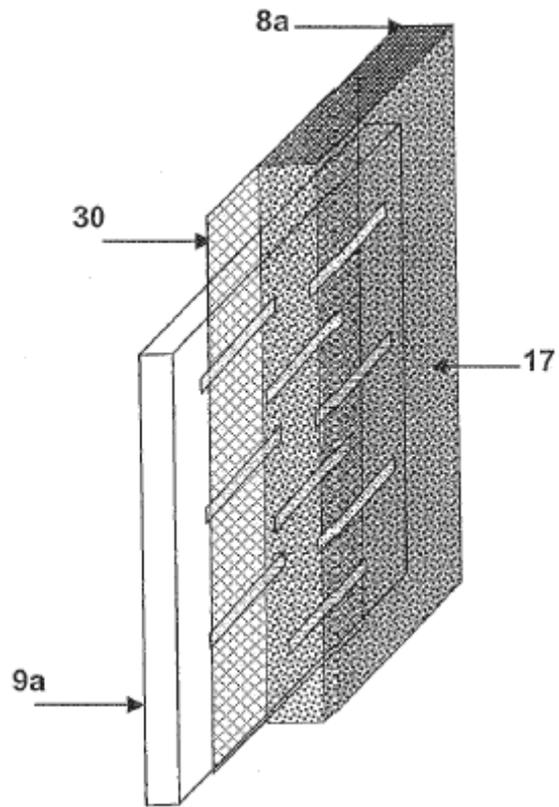


FIG. 5

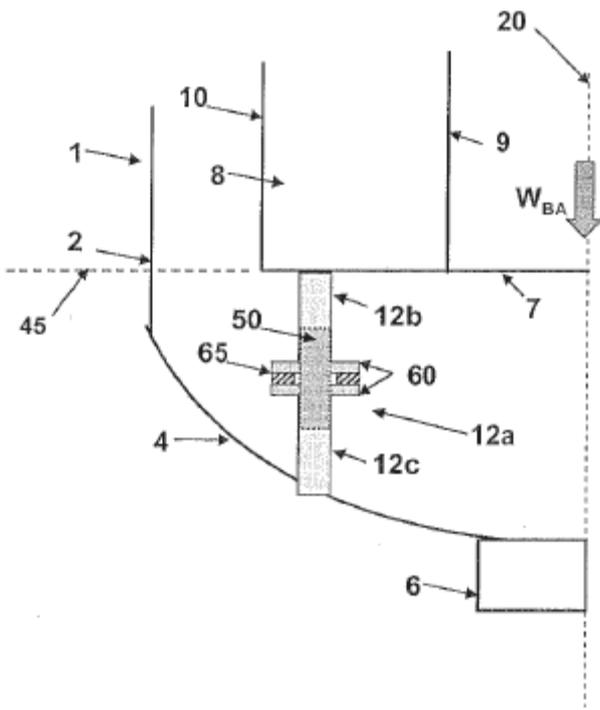


FIG. 6a

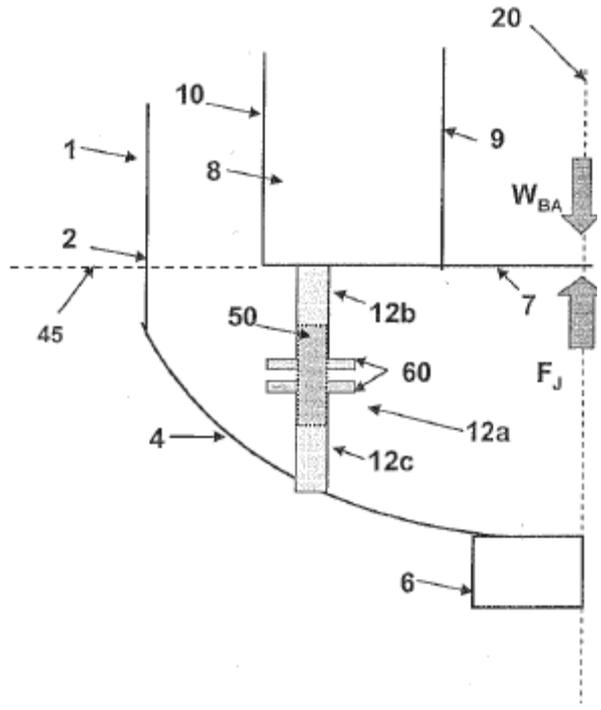


FIG. 6b

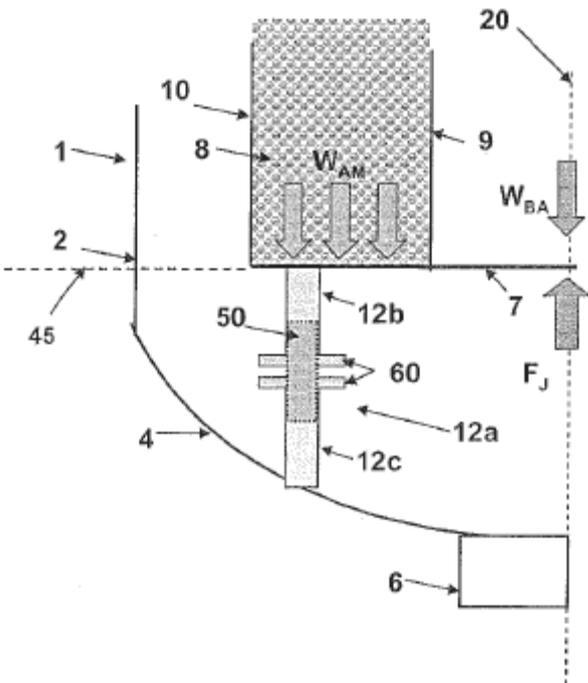


FIG. 6c

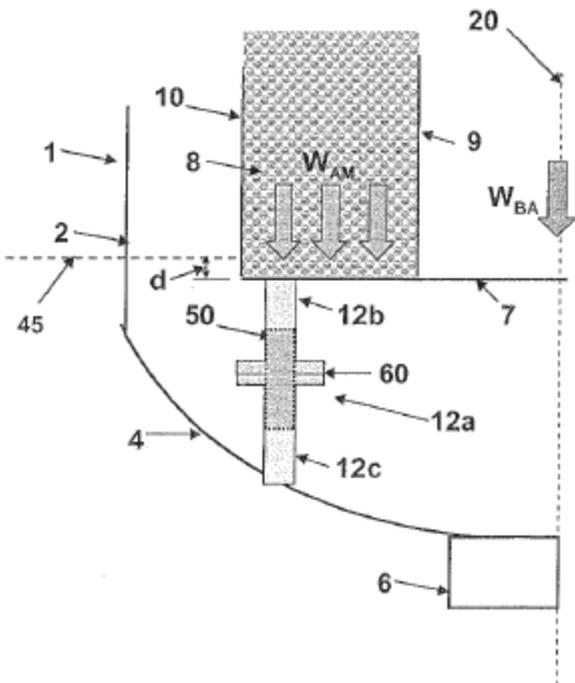


FIG. 6d

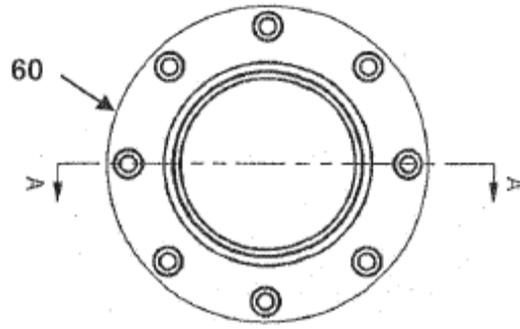


FIG. 7a

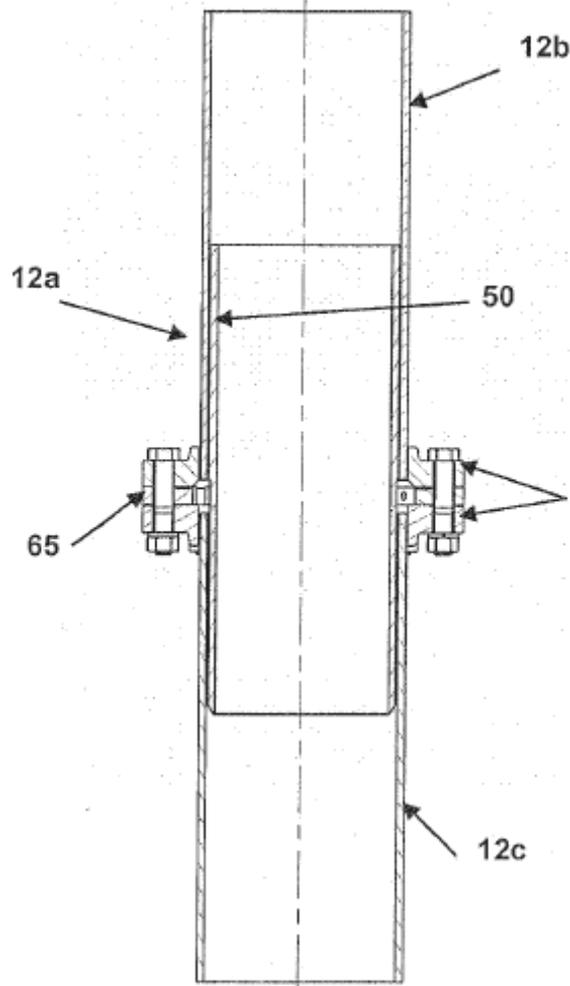


FIG. 7