

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 446**

51 Int. Cl.:

B01J 8/06 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2008** **E 08759354 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013** **EP 2173470**

54 Título: **Panel de reactor para procesos catalíticos**

30 Prioridad:

05.07.2007 EP 07013192

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.12.2013

73 Titular/es:

**SAUDI BASIC INDUSTRIES CORPORATION
(100.0%)
P.O. BOX 5101
11422 RIYADH, SA**

72 Inventor/es:

KÖSTERS, PETER, HUBERTUS

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 435 446 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

Panel de reactor para procesos catalíticos

5 La presente invención se refiere a un panel de reactor para procesos catalíticos, a un reactor que comprende tales paneles y al uso del citado reactor para llevar a cabo reacciones endotérmicas o exotérmicas catalíticas heterogéneas.

10 Los tipos de reactor y la aplicación industrial de los reactores catalíticos han sido ampliamente descritos por Klaus Dieter Henkel et al. en la publicación Ullmann Encyclopedia; Reactor Types, páginas 1-33 (2005 Wiley VCH Verlag Weinheim).

15 Los procesos catalíticos heterogéneos desempeñan un importante papel en la tecnología química para la producción de numerosos productos e intermedios de gran importancia. En estos procesos, reactivos fluidos, en particular gases, líquidos y fluidos supercríticos, se hacen reaccionar en presencia de un catalizador sólido, que pueden presentarse en forma de partículas, por ejemplo, gránulos o polvo, o como un material continuo, por ejemplo, recubriendo las paredes del reactor. Entre los reactores adecuados para los procesos catalíticos heterogéneos se incluyen, por ejemplo, los reactores de lecho fijo. Entre los aspectos característicos de un reactor con lechos fijos de catalizador sólido se encuentra la aparición de grandes gradientes de temperatura, especialmente cuando reacciones altamente endotérmicas o exotérmicas se combinan con grandes diámetros de lecho. En el caso de las reacciones exotérmicas, también existe el peligro de que aparezcan puntos de operación inestable.

25 Los reactores de lecho fijo pueden clasificarse en función del tipo de extracción o aporte de calor. Si el proceso de reacción impone requisitos especiales en términos de temperatura mínima o máxima en el lecho fijo, el diseño del reactor debe ser capaz de extraer o aportar calor con eficacia gracias a una relación grande entre el área de transmisión de calor y el volumen del lecho fijo. Esto puede lograrse minimizando el diámetro del lecho fijo y disponiendo un área de transmisión de calor adicional dentro del volumen del reactor. Un diseño conocido para tal reactor es el reactor multitubular, que se usa frecuentemente en la industria química. Estos reactores tubulares presentan condiciones favorables para controlar la temperatura mediante extracción o aporte de calor y sin piezas mecánicas móviles. Sin embargo, requieren un grado de especialización muy alto, que frecuentemente implica un diseño complicado y altos costes de inversión.

35 Los reactores multitubulares se aplican, por ejemplo, para la síntesis de metanol, síntesis de amoniaco, reacciones de oxidación parcial, síntesis de acetato de vinilo, síntesis de éter de metiltercbutilo y reacciones de Fischer-Tropsch. Este tipo de reactor dispone una cierta cantidad ajustada de área de intercambio de calor específica para la extracción o el aporte de calor eficaz y el reactor que contiene además canales de reacción lo suficientemente estrechos como para limitar el gradiente de temperatura radial.

40 En los reactores multitubulares un gran número de tubos se encuentran estrechamente conectados a los orificios practicados en una placa de cabezal superior y en una placa de cabezal inferior. Los tubos se llenan con el catalizador y el conjunto de tubos se coloca dentro de un cuerpo envolvente. El medio de calefacción o refrigerante se hace circular entre las cañerías. Los reactivos se alimentan por la placa de cabezal superior o inferior y se distribuyen sobre los tubos. Al fluir a través de los tubos, los reactivos en contacto con el catalizador reaccionan para dar lugar al producto final que fluye hasta salir de los tubos por el lado opuesto al lado de alimentación. Las corrientes de reactivos y productos y las corrientes del medio de calefacción/refrigeración deben permanecer separadas.

50 Los reactores multitubulares muestran una serie de desventajas. Con el fin de limitar los gradientes de temperatura, es preferente el uso de tubos estrechos. Sin embargo, cuando más estrechos sean los tubos, mayor es el número de tubos necesario para obtener un volumen de reacción y una capacidad de producción deseados. Cada uno de estos tubos debe conectarse a la placa de los cabezales superior e inferior del reactor, conectarse al cabezal de distribución de reactivos y al cabezal de recogida de producto, y llenarse de catalizador. Esto casi siempre se traduce en un equilibrio no óptimo entre el número y el diámetro de los tubos. Asimismo, la adición de más tubos significa que resulta más complejo alcanzar el régimen de calefacción/enfriamiento deseado. Además, la alimentación suministrada no se distribuye uniformemente sobre los diversos tubos.

60 Otra desventaja es que la conexión rígida a ambos cabezales conduce a la aparición de una tensión mecánica como consecuencia de la expansión térmica de los tubos y, con frecuencia, a un fallo mecánico de los reactores multitubulares. Todo esto puede llevar a un contacto no deseado entre las corrientes de reactivos o de producto con las corrientes del medio de calefacción/refrigeración y obliga a parar la producción y proceder a una reparación. Otras desventajas son la completa construcción del cabezal necesaria para separar las corrientes de proceso de las corrientes auxiliares y los resultantes costes de inversión elevados asociados a los reactores multitubulares. Además, la mala distribución de la alimentación conduce a la obstrucción de los tubos y al efecto de obstrucción autopropulsada de los tubos adyacentes. Otra desventaja viene determinada por el tedioso procedimiento de llenado de los tubos.

65

El objeto de la presente invención es proporcionar un reactor para reacciones químicas que tiene una construcción más barata, un mantenimiento más sencillo y menor tiempo de inactividad.

5 De acuerdo a la invención, este objeto se alcanza proporcionando un panel de reactor que permite construir un reactor que contiene una pluralidad de canales de reacción de manera modular.

10 Así pues, la invención da a conocer un panel de reactor modular para procesos catalíticos, que comprende un cabezal de alimentación, un cabezal de producto y canales adyacentes sustancialmente paralelos, presentando cada canal una longitud, que discurre desde un extremo de entrada hasta un extremo de salida, y en el que los extremos de entrada se encuentran directamente conectados al cabezal de alimentación, con el cual están comunicados, y los extremos de salida se encuentran directamente conectados al cabezal de producto, con el cual están comunicados, y en el que el cabezal de alimentación presenta al menos una conexión a una tubería de alimentación y el cabezal de producto presenta al menos una conexión a una tubería de producto y en el que al menos parte de al menos uno del cabezal de alimentación y el cabezal de producto es desmontable, dando acceso a los extremos del canal.

15 Cada panel es un módulo autoportante único y, a partir de estos paneles como módulos, es posible construir un reactor con las dimensiones y la capacidad deseadas, en particular un reactor para llevar a cabo procesos catalíticos heterogéneos. En este reactor, los canales, una vez separada la pieza desmontable de al menos un cabezal, son fácilmente accesibles para su vaciado, limpieza y (re)llenado con catalizador, y los paneles pueden intercambiarse individual y fácilmente en el reactor, permitiendo los paneles disfrutar de una gran versatilidad en cuando a dimensiones y aportando una gran flexibilidad de cara a la aplicación del medio de refrigeración/calefacción para obtener los perfiles de temperatura deseados a lo largo de los canales.

20 En lugar de utilizar un único haz de cañerías enorme, como en los reactores multitubulares conocidos, el volumen de reacción necesario puede construirse a partir de una serie de paneles de reactor, cada uno de los cuales resulta más ligero que el único haz de cañerías y más fácil de manejar, mantener y reemplazar el catalizador. Durante el mantenimiento, no se tiene que izar desde el reactor ningún haz de cañerías pesado y voluminoso. Para aumentar el volumen de reacción no es preciso conectar más y más tubos a las mismas placas inferior y superior, sino que basta simplemente con agregar más paneles u otro tipo de paneles.

25 En el documento US 3.453.087 se describe un horno reformador modular que contiene una fila de tubos o canales de reacción («arpa») conectados a un cabezal de alimentación y de producto. No obstante, estas partes esenciales no forman un panel modular independiente, sino que necesitan el soporte estructural del horno, incluso si se coloca uno de los cabezales fuera del horno.

30 Además los canales no están conectados directamente al cabezal de alimentación, sino cada uno de ellos individualmente a través de un bucle de expansión flexible. Esto provoca la combinación de los canales, y que los cabezales de alimentación y de producto no sean autoportantes, en contraste con el panel de acuerdo con la invención, que es una unidad autoportante gracias a la conexión directa de los canales a los cabezales. Esto permite colgar los paneles en un reactor con su extremo inferior libre, de forma que es posible la expansión térmica del panel sin que sea necesario añadir un bucle de expansión para cada canal individual. Como una desventaja adicional de la construcción conocida, solamente resulta posible acceder a los canales retirando uno por uno ambos extremos de los bucles de expansión de los canales y del cabezal de alimentación individualmente, tal como se describe en la referencia en la columna 8, tuberías 16 a 20. En el panel de acuerdo con la invención, la retirada de solamente la pieza desmontable de un cabezal da acceso directo a todos los canales al mismo tiempo.

35 El panel de reactor comprende un cabezal de alimentación, un cabezal de producto y canales adyacentes sustancialmente paralelos que conectan el cabezal de alimentación con el cabezal de producto. Así pues, los reactivos de alimentación suministrados al cabezal de alimentación fluirán a través de los canales desde su extremo de entrada hasta su extremo de salida en el cabezal de producto. Durante el funcionamiento, los canales se llenarán con un catalizador adecuado y los reactivos se convertirán en el producto deseado en contacto con el catalizador al fluir a través de los canales. Seguidamente, el producto formado saldrá del panel por el cabezal de producto.

40 Ha de tenerse en cuenta que el panel de reactor también resulta adecuado para su uso con iniciadores o catalizadores gaseosos. En tal caso, el catalizador se agrega a los reactivos en forma de gas o líquido antes de que la corriente de alimentación entre en el cabezal de alimentación. El líquido se evaporará a gas cuando entre en contacto con los reactivos calientes. Cuando el panel se usa para una reacción catalítica homogénea, pueden omitirse los elementos estructurales descritos más adelante que sirven para evitar que un catalizador sólido caiga fuera de los canales de reacción.

45 La ventaja del panel de acuerdo con la invención también se aplica a las reacciones que utilicen un catalizador gaseoso, ya sea para la eliminación del coque en lugar de para reemplazar el catalizador.

50 Los extremos de entrada de los canales se encuentran conectados directamente al cabezal de alimentación, al cual están directamente abiertos, lo que debe interpretarse como que existe una conexión abierta a través de la cual los

reactivos procedentes del cabezal de alimentación pueden entrar en los canales, siendo visible el extremo de entrada del canal desde el interior del cabezal. Por consiguiente, debe entenderse por directamente que no contiene elementos estructurales intermedios, tales como conexiones flexibles, fuelles, cañerías y similares, sino solamente medios de conexión directa, del tipo bridas con pernos y soldaduras.

5 De manera análoga, el producto que sale de los canales puede entrar en el cabezal de producto.

10 El cabezal de alimentación y el cabezal de producto presentan medios para conectarse a una tubería de alimentación y una tubería de producto, respectivamente, con el fin de alimentar los reactivos y retirar del panel los productos formados. Estos medios, por ejemplo, pueden comprender un extremo roscado, una brida u otros dispositivos conocidos para realizar conexiones en equipos con transporte de fluidos.

15 La combinación de los canales conectados al cabezal de alimentación en uno de sus extremos y al cabezal de producto en el otro extremo forma una construcción estable que permite colgar el panel dentro de un alojamiento del reactor solamente soportado por su lado superior. Esto permite que el panel sufra una expansión térmica causando una tensión mínima en comparación con la ejercida por la combinación de las placas de los cabezales superior e inferior y el conjunto de tubos en los reactores multitubulares.

20 Preferentemente, al menos un extremo de cada canal termina con un material de malla que permite el paso de los reactivos fluidos y del producto. Sin embargo, cualquier abertura en el material de malla debe ser lo suficientemente pequeña como para mantener un catalizador en forma de partículas en el canal contra la acción de gravedad o del arrastre hacia uno de los cabezales por acción de las corrientes de alimentación de fluido y de producto a través del canal. Este material de malla se acoplará de forma desmontable con el fin de facilitar el llenado, la retirada y el rellenado del catalizador en los tubos.

25 Al menos uno del cabezal de alimentación y del cabezal de producto se puede desmontar por completo o parcialmente, dando acceso a los extremos del canal.

30 Un cabezal parcialmente desmontable puede comprender una abertura bloqueada por una pieza desmontable. La pieza puede estar unida de forma articulada a un borde del cabezal con posibilidad de colocarse en una posición abierta o puede ser una pieza suelta diseñada para conectarse a la abertura y retirarse de la misma. La pieza debe ser hermética a gases y líquidos, conectable al cabezal y, preferentemente, también fácilmente desmontable. La conexión puede establecerse atornillando la pieza desmontable al cabezal, si bien la pieza también puede soldarse al cabezal y cortarse a lo largo de la línea de soldadura para desmontar la pieza.

35 Después de desmontar la pieza desmontable, la abertura da acceso a los extremos de los canales. Esto facilita el vaciado, la limpieza y el relleno de los canales. Preferentemente, tal abertura se presenta tanto en el cabezal de alimentación como en el cabezal de producto. Esto permite vaciar los canales a través de un cabezal, colocando el panel de tal manera que el cabezal se encuentre en una posición inferior a la del otro cabezal y rellenando los canales desde la parte superior a través del otro cabezal, manteniendo los paneles en la misma posición.

45 La abertura puede presentarse en una pared del cabezal orientada hacia los extremos de los canales o en una pared normal a la dirección longitudinal de los canales. De estas dos formas de realización, la primera es la preferente, dado que permite un acceso más sencillo.

Los canales se encuentran configurados como máximo en dos filas, definiendo cada fila un plano, de superficie plana o curvada, discurriendo los planos sustancialmente en paralelo. Así, los paneles pueden ser delgados en una primera dimensión y ofrecen una gran área para el intercambio de calor en relación con su volumen.

50 Sustancialmente, se entiende como que discurre en la misma dirección con una desviación mutua entre cualquier par de canales en un panel de al menos 5°, preferentemente al menos 3° y más preferentemente al menos 1°. Preferentemente, los canales están configurados en una fila recta o curvada con el fin de adaptarse a la forma del alojamiento del reactor en el que han de colocarse los paneles. Por consiguiente, los cabezales de alimentación y de producto siguen la forma de la fila de canales. Así pues, los paneles son planos y, cuando se encuentran dispuestos en paralelo a una distancia apropiada, un medio de refrigeración/calefacción puede acceder fácilmente a los canales al fluir por el espacio entre los paneles, permitiendo así un control preciso de la temperatura de los canales.

60 Los canales de un panel pueden colocarse en filas en contacto directo a lo largo de toda su longitud o separados. Si se encuentran separados, los canales se encuentran conectados preferentemente a los canales adyacentes al menos a lo largo de una parte de su longitud. Estas conexiones ofrecen una superficie adicional de calefacción/refrigeración y preferentemente los canales se encuentran conectados entre sí a lo largo de toda su longitud. Estas conexiones pueden ser tiras que conectan los canales entre su distancia más corta, pero también puede tratarse de una lámina que se extiende a lo largo de una superficie del panel y se une a los canales sobre una parte de la longitud total de los canales. Así pues, la anchura de estas tiras será igual a la distancia entre los canales adyacentes. Para lograr un transporte de calor efectivo a través de las tiras o de los canales, generalmente la anchura de las tiras es más pequeña que el diámetro del canal más grande y preferentemente inferior al 50 % o

incluso al 25 % de este diámetro. La anchura adecuada puede llegar hasta 4 cm; preferentemente, la anchura es de 3 cm o menos. Las conexiones también promueven el intercambio de calor entre los canales, minimizando aún más la tensión térmica en el panel.

- 5 El panel en sus dimensiones distintas de la primera dimensión puede adoptar cualquier forma que pueda construirse con filas de canales. Como ejemplos prácticos de tales formas se pueden citar rectángulos, paralelogramos y trapecios. Para su aplicación en un alojamiento del reactor de forma de caja o cilindro, una forma sustancialmente rectangular es la más práctica, en la que los canales discurren sustancialmente paralelos. Cuando los paneles se incorporan en una parte frustocónica de un alojamiento del reactor, resulta más práctica una forma trapezoidal. En un panel de este tipo, los canales discurrirán formando un ángulo entre sí.

15 El panel de acuerdo con la invención puede construirse de forma sencilla y barata, por ejemplo, a partir de elementos básicos como tubos, placas plegadas, accesorios, láminas y usando técnicas de construcción comúnmente conocidas, tales como soldadura, unión por medio de pernos y otras.

20 En una realización preferente de la invención, el panel de reactor de acuerdo con la invención está compuesto por una primera y una segunda placa paralela, bordeada por un primer par de bordes exteriores sustancialmente paralelos y un segundo par de bordes exteriores que conectan los bordes del primer par, en el que al menos la primera placa comprende tiras de conexión planas y rebajes del canal alternantes que presentan un extremo de entrada y un extremo de salida, discurriendo las tiras y los rebajes normales al primer par de bordes, en el que las placas se unen entre sí al menos a lo largo del segundo par de bordes exteriores y las tiras de conexión, combinando los rebajes del canal de la primera placa y la parte frontal la segunda placa en canales, comprendiendo el panel además un cabezal de alimentación y un cabezal de producto, discurriendo ambos sustancialmente en paralelo al primer par de bordes, estando conectado el cabezal de alimentación a los extremos de entrada de los canales y estando conectado el cabezal de producto a los extremos de salida de los canales.

25 Los cabezales de alimentación y de producto pueden formarse también como una combinación de un rebaje en una o ambos de las placas y los rebajes en la parte frontal la segunda placa.

30 En ese caso, al menos la primera placa presenta un rebaje del cabezal de alimentación que discurre sustancialmente en paralelo a un primer borde del primer par y directamente a lo largo del citado primer borde o separado de este por una primera tira de borde plano y un rebaje en el cabezal de producto que discurre sustancialmente en paralelo a un segundo borde del primer par opuesto al primer borde y directamente a lo largo del citado segundo borde o separado de este por una segunda tira de borde plano, en el que las placas se encuentran unidas entre sí en las tiras de borde, las tiras de conexión y a lo largo de los bordes exteriores, combinando el rebaje de alimentación, el rebaje del producto y los rebajes del canal de la primera placa en un cabezal de alimentación, un cabezal de producto y respectivos canales, con la parte frontal de la segunda placa.

40 Esta forma de realización presenta la ventaja de que solamente las partes desmontables deben estar presentes como elemento independiente del panel.

En otra forma de realización, al menos uno del cabezal de alimentación y el cabezal de producto como elemento independiente se encuentra conectado al extremo correspondiente de los canales.

45 Esta forma de realización presenta la ventaja de que la accesibilidad de los extremos de entrada y de salida del canal es más versátil y puede resultar más sencilla la colocación y retirada de las mallas para el catalizador y de las placas de distribución de la alimentación.

50 Este panel puede construirse fácilmente y con alta versatilidad mediante técnicas conocidas, p. ej., para fabricar paneles de radiador para calefacción central o en la industria de la automoción. La formación de placas metálicas en la forma y perfil deseados, p. ej., por prensado en caliente, permite producir placas que presentan complejos patrones de forma y perfil. En otro proceso adecuado para la construcción de este panel, conocido como prensado hidráulico en frío, dos placas planas se sueldan entre sí en la posición de los bordes y en todas las demás posiciones en las que las placas deben conectarse al panel que se desea formar y se aplica una presión hidráulica entre las dos placas con el fin de expandir las partes no soldadas en los canales y cabezales requeridos.

55 Preferentemente, se incluye una tira de borde plano a lo largo de cada uno de los bordes del segundo par con el fin de garantizar un ajuste más seguro del panel a lo largo del borde.

60 Las uniones del panel deben ser herméticas a gases y líquidos, aparte de las conexiones a las tuberías de alimentación y de producto. Asimismo, la conexión entre las tiras planas de una placa con la placa opuesta deben ser herméticas gases y líquidos, logrando así unos canales cerrados a lo largo de su longitud. En su conjunto, el panel debe ser hermético a gases y líquidos, aparte de las conexiones a las tuberías de alimentación y de producto. Este requisito afecta a cualquier panel de acuerdo con la invención, esté construido a partir de piezas sencillas o de dos placas paralelas.

65

El panel de acuerdo con esta forma de realización consiste básicamente en dos placas metálicas estrechamente conectadas, p. ej., mediante soldadura o unión por pernos, sobre al menos una parte de su área superficial. De esta manera, los rebajes practicados en una placa se encuentran protegidos del exterior por la parte orientada en sentido opuesto de la otra placa, formando así los canales y cabezales requeridos, y en una forma de realización también
5 consiste en uno o más cabezales independientes.

Al menos una de las placas posee la forma requerida, mientras que la otra puede ser plana, pero preferentemente ambas placas poseen una forma similar según un patrón complementario. En un primero ejemplo preferente de tal patrón complementario, ambas placas presentan los citados rebajes y tiras en posiciones especulares, en donde los rebajes y las tiras de una placa se orientan hacia los rebajes y las tiras especulares de la otra placa.
10

En particular, la profundidad de los rebajes especulares en las dos placas puede ser diferente.

Como segundo ejemplo del patrón complementario, los cabezales de alimentación y de producto se encuentran en una posición especular, mientras que las tiras planas y los rebajes de reacción alternantes se encuentran en posiciones especulares escalonadas, de modo que un rebaje de reacción de una de las placas queda orientado hacia una tira plana de la otra placa y viceversa. En este caso, la anchura de las tiras planas es preferentemente más grande que la anchura de los rebajes. Así pues, al menos una parte de las tiras planas de una placa a lo largo de su longitud se encuentra en contacto con las tiras planas de la placa opuesta, ofreciendo de esta forma un área de separación entre los canales formados por los rebajes del canal. En esta forma de realización, el panel contiene dos filas paralelas de canales.
15
20

En el panel compuesto por las dos placas, están presentes los espacios vacíos necesarios, es decir, los canales y los cabezales. A este respecto, el cabezal de alimentación está formado como la combinación de los rebajes de alimentación de una placa y los rebajes de alimentación especulares de la otra placa. Lo mismo se aplica al cabezal de producto.
25

Los rebajes de alimentación y de producto pueden presentarse como rebajes independientes conectados a los rebajes del canal. Estos también pueden consistir en una parte terminal, posiblemente menos profunda, de los rebajes del canal y un rebaje de la misma profundidad presente en los extremos de las tiras planas y extendiéndose más allá de estas, formando así un rebaje continuo que se extiende a lo largo de los bordes del primer par. Preferentemente, los bordes del rebaje continuo se doblan luego hacia el interior o hacia el exterior para formar una brida en la cual se monta una pieza desmontable para permitir el acceso a los canales.
30

La aplicación de la misma construcción en los extremos de los rebajes del canal y las tiras de conexión permite lograr un montaje seguro de cabezales de alimentación y/o de producto independientes.
35

Los canales están formados como una combinación de un rebaje del canal de una placa y la parte opuesta de la otra placa. Esta parte puede ser un rebaje del canal, una tira plana u otra parte plana de la otra placa.
40

Los canales están diseñados para llenarse con partículas del catalizador de tal manera que se evite en la medida de lo posible la aparición de espacios vacíos que discurran a lo largo de toda la longitud del canal. Así pues, se evita que el fluido que entra a los canales por el extremo de entrada llegue al extremo de salida sin haber tenido un contacto suficiente con el catalizador y sin haber reaccionado. Aunque la sección transversal de los canales puede adoptar cualquier forma, por la razón indicada anteriormente la sección transversal de los canales presenta preferentemente una forma lisa y regular, sin ángulos agudos. Como ejemplos de tales formas pueden citarse las formas circulares, elípticas o poligonales con bordes redondeados.
45

Una ventaja adicional del panel de acuerdo con la invención es que un panel puede presentar diferentes formas, en particular en el caso de un panel compuesto por dos placas. La forma de la sección transversal de los canales puede ser la misma a lo largo de la longitud del canal, pero también es posible que su forma varíe a lo largo de la longitud del canal. Como ejemplo de esto, la sección transversal de un canal puede ser frustocónica en una o dos dimensiones.
50

Los paneles están concebidos para su aplicación en reactores químicos, y las reacciones químicas tendrán lugar en los canales. Por consiguiente, los elementos estructurales que forman los paneles deberán consistir en materiales compatibles con las condiciones de reacción y del proceso, así como con los componentes a los que se verán expuestos. Como materiales conocidos para su uso en las condiciones de las reacciones químicas se encuentran los metales, las aleaciones metálicas y los materiales cerámicos. También se conoce en la técnica la aplicación de capas de recubrimiento protectoras. El experto en la materia será capaz de seleccionar los materiales apropiados, en vista del uso buscado. Preferentemente, los materiales presentan una suficiente conductividad térmica.
55
60

Las dimensiones de los paneles vienen determinadas principalmente por la longitud y el número de canales. Estos valores pueden variar ampliamente, dependiendo del tipo de reacción, la capacidad de producción, el tamaño y el tipo de catalizador para los que estén diseñados. Dado que una de las grandes ventajas del panel es su carácter modular, un conjunto de paneles puede presentar un tamaño considerablemente menor que un único haz
65

multitubular de cañerías necesario en un reactor para la misma reacción y que posea la misma capacidad de producción.

El área de sección transversal de los canales dependerá del tipo de catalizador y de la reacción. Cuanto más exotérmica o endotérmica sea la reacción, menor deberá ser esta área con el fin de evitar un perfil de reacción heterogéneo, en particular la creación de grandes gradientes de temperatura radial, en el lecho del catalizador y para garantizar un suficiente transporte de calor desde el lecho del catalizador hasta las paredes del canal o desde estas. En la práctica, la citada área se encuentra entre 5 y 300 cm². Preferentemente, el área es menor de 200, 100 o incluso 50 cm².

Más crítico que el área de los canales es la menor dimensión lineal de una sección transversal de los canales. Preferentemente, la distancia lineal más corta desde cualquier punto del área de sección transversal del canal hasta la pared del canal es como máximo de 3,5 cm. Más preferentemente, la distancia es como máximo de 2,5 cm. La forma de los canales puede ser circular, elipsoidal u otras formas lisas y regulares sin bordes agudos.

Los canales no deben presentar una forma demasiado plana con el fin de permitir el flujo deseado por su interior. Para este fin, como regla práctica, la más larga de todas las distancias lineales más cortas deberá ser, preferentemente, de al menos 1 cm cuando se utilice un catalizador sólido y al menos de 2 mm cuando se utilice un catalizador gaseoso.

La longitud de los canales puede variar dentro de los límites de la anchura, encontrándose potencialmente restringida la longitud superior por la caída de presión a lo largo de la longitud del canal. Esta caída de presión también puede depender del tipo y densidad del lecho de catalizador. Las longitudes adecuadas se encuentran comprendidas entre 0,5 y 10 metros.

El grosor de la pared de los canales, siendo este grosor el grosor de las placas en el caso en que el panel esté construido a partir de dos placas paralelas, será suficiente para resistir a las fuerzas mecánicas ejercidas sobre ellas, por ejemplo, como consecuencia de las diferencias de presión, de la gravedad o de las actividades de montaje. En el extremo más alto, el grosor vendrá limitado en la práctica, para los paneles de acuerdo con la invención compuestos por dos placas paralelas, por el requisito de que las placas deben ser conformables mediante las técnicas habituales. El grosor en la práctica puede variar entre 0,5 y 5 mm.

De igual modo, la dimensión del panel vendrá determinada por la suma de las dimensiones de las piezas que lo compongan. Como ejemplo, esta dimensión en la dirección de la longitud de los canales será al menos igual a la longitud de los canales más la altura de los cabezales de alimentación y de producto en esa dirección. Asimismo, el grosor del panel, siendo la dimensión normal a la dirección de la longitud de los canales, será al menos igual al diámetro del canal en esa dirección más el grosor de la pared del canal y el grosor de cualesquiera láminas presentes sobre la superficie exterior.

La invención se refiere además a un reactor que comprende un alojamiento que contiene uno o más paneles de reactor de acuerdo con la invención, tal y como se ha descrito anteriormente en la presente memoria, comprendiendo además el reactor una tubería de alimentación y una tubería de producto, encontrándose conectados los paneles a la tubería de alimentación y a la tubería de producto.

El reactor de acuerdo con la invención, en particular un reactor para llevar a cabo procesos catalíticos heterogéneos, comprende así pues una serie de paneles de reactor, en lugar de un único haz de cañerías enorme. Por consiguiente, se alcanza la misma capacidad de producción del reactor de una manera modular al combinar el número adecuado de paneles debidamente dimensionados.

Un reactor de acuerdo con la invención que presente la misma capacidad de producción que uno que contenga un único haz de cañerías incluirá una serie de paneles, siendo cada panel considerablemente más pequeño y ligero que el único haz de cañerías. Estos paneles son mucho más fáciles de manejar y es más sencillo realizar el mantenimiento del reactor de acuerdo con la invención que el de un reactor convencional. Durante el mantenimiento, no se tiene que izar desde el reactor ningún haz de cañerías pesado y voluminoso. Para aumentar la capacidad del reactor no es preciso conectar más y más tubos a las mismas placas inferior y superior, sino que basta simplemente con agregar más paneles u otro tipo de paneles.

Asimismo, el reactor de acuerdo con la invención ofrece gran versatilidad con respecto a las propiedades de intercambio de calor. La posición y distancia relativas de los paneles puede elegirse libremente, lo que permite crear el flujo eficaz de intercambio de calor deseado a través de los canales y patrones. Por el contrario, en un reactor que comprende un único conjunto de tubos, la distribución de los tubos sobre el conjunto es fija y no puede elegirse libremente ni adaptarse fácilmente.

El reactor de acuerdo con la invención puede aplicarse para procesos de reacción continuos y por lotes.

Como ventaja adicional del reactor de acuerdo con la invención, en el caso de que se produzca una rotura del canal,

fugas u otros incidentes, solamente será necesario retirar del reactor el panel implicado y sustituirlo por otro o simplemente eliminarlo antes de que sea posible reanudar la producción. La reparación o reposición puede llevarse a cabo fuera de línea para cada panel sin necesidad de detener la producción. En el reactor conocido que comprende un único conjunto de tubos, la producción se detiene hasta que finaliza la reparación.

5 Los paneles están conectados a una tubería de alimentación, para el suministro de los reactivos, y a una tubería de producto, para la retirada de los productos de la reacción. Esta conexión puede realizarse mediante la conexión a las tuberías presentes en los paneles de acuerdo con la invención. La realización de tales conexiones es un proceso rutinario en el campo de la tecnología de reactores. Así por ejemplo, los diferentes paneles pueden conectarse a un colector o distribuidor de alimentación en el interior o en el exterior del alojamiento del reactor, y estando conectado a su vez el colector o distribuidor a una tubería de alimentación común, proporcionando la alimentación requerida desde el almacenamiento de alimentación exterior o desde otra fuente de alimentación. Preferentemente, las dimensiones del colector o las tuberías de conexión individuales se seleccionarán, por ejemplo, según sus diámetros, adecuadamente con el fin de garantizar una distribución uniforme de la alimentación de entrada sobre los paneles. También preferentemente, la conexión del panel a la tubería de alimentación es flexible, en el sentido de que se pueden absorber las diferencias de expansión térmica entre los paneles y la conexión a la tubería de alimentación, minimizando así las tensiones. Se conocen en la técnica los elementos estructurales que permiten alcanzar esta flexibilidad, y como ejemplos puede mencionarse que la tubería de alimentación incluya una parte de tubo flexible o una pieza de conexión en forma de fuelle.

10 La distribución homogénea de la alimentación sobre los canales de cada panel se controla mediante la caída de presión en el interior de cada canal. Preferentemente, el extremo de entrada de cada tubo de catalizador está dotado de medios de restricción de flujo adecuados destinados a imponer una caída de presión próxima a la crítica en un flujo de alimentación que entra en el tubo. Esto garantiza un caudal de alimentación constante a los canales, aun cuando los canales no presenten exactamente la misma caída de presión. Puede aparecer una diferencia en la caída de presión debido a diferencias en el llenado o empaquetado del catalizador dentro de intervalos considerables, y también puede aparecer durante la operación como consecuencia de la acumulación de coque. La caída de presión próxima a la crítica se define como la caída de presión que provoca que la velocidad de flujo sea al menos del 50 %, preferentemente al menos del 70 %, más preferentemente al menos de 80 % de la velocidad de flujo crítica.

15 La caída de presión del cabezal de alimentación a los canales puede controlarse limitando el área de la entrada de los canales. Habitualmente, los paneles se montarán verticalmente en un reactor y se colocará una malla en el lado inferior para retener el catalizador. Si la alimentación se ha de introducir por el lado superior, entonces puede disponerse en el lado superior una placa que cierra el extremo de entrada y que presenta uno o más orificios de tamaño adecuado para alcanzar la caída de presión deseada. Tal placa puede presentar un tubo abierto que desciende desde la placa hacia el interior del canal. Si la alimentación se ha de introducir por el lado inferior, la malla destinada a retener el catalizador puede presentar orificios, en número y tamaño adecuados, que en su conjunto presentan un área de entrada deseada para la alimentación con el fin de alcanzar la caída de presión deseada. Alternativamente, en combinación con tal malla, únicamente dimensionada en este caso para retener el catalizador, puede disponerse además en el extremo inferior de entrada del canal una placa que cierra el extremo de entrada y que presenta uno o más orificios de tamaño adecuado. Tal placa puede presentar un tubo abierto que asciende desde la placa hacia el interior del canal. También es posible cerrar la entrada de los canales solamente con una placa que presenta un tubo que funciona al mismo tiempo como dispositivo para retener el catalizador en el canal y para determinar el flujo de alimentación en el canal. El cálculo del número y tamaño apropiado de los orificios resulta sencillo para el experto en la materia a partir de los datos disponibles, tales como la presión en el cabezal de alimentación, el número de canales, la presión deseada sobre los canales y la longitud de los canales. Preferentemente, cualquier placa se monta de un modo manera desmontable con el fin de facilitar el llenado y vaciado de los canales.

20 Los paneles se conectan además a una tubería de producto para recoger y transportar el producto formado al exterior del reactor para su procesamiento posterior.

25 Normalmente, los paneles se colocarán en posición vertical dentro del reactor. Así pues, los canales discurrirán de forma sustancialmente vertical y los cabezales discurrirán de forma esencialmente horizontal. Generalmente, los paneles se configurarán en paralelo, guardando cierta distancia entre sí. Esta distancia puede depender del régimen de intercambio de calor previsto y puede encontrarse en el intervalo comprendido entre 1 mm y 3 cm. Se pueden contemplar mayores distancias, si bien se ha demostrado que resultan menos eficaces en términos de intercambio de calor, además de requerir un mayor flujo de gas de intercambio de calor. La distancia entre los paneles a la que se hace referencia aquí es la distancia normal más corta entre los dos paneles paralelos adyacentes, medida entre el canal de un panel y la parte, el canal, el cabezal o la tira en posición opuesta del panel adyacente.

30 En todas las forma de realización del panel es ventajoso cuando al menos uno del cabezal de alimentación y del cabezal de producto se extienden fuera de los canales en una dirección normal a los lados planos del panel. En este caso, la distancia entre los paneles adyacentes es más pequeña en los cabezales que en los canales. Esto introduce una restricción de presión para el medio de calentamiento que entra entre los paneles adyacentes que promueve

una distribución más uniforme del medio de calentamiento sobre la fila de paneles en el reactor.

Los paneles pueden montarse dentro del reactor soportados por elementos constructivos del alojamiento, pero, preferentemente, sin estar fijados a los mismos. Preferentemente, los paneles pueden moverse con respecto al alojamiento cuando sufren contracción o expansión. Esto evita la aparición de tensiones térmicas entre los paneles y el alojamiento.

Preferentemente, los paneles se cuelgan soportados solamente por su extremo superior. Esto permite la expansión o contracción térmica de los paneles causando únicamente tensiones mínimas, lo que amplía la vida operativa y la fiabilidad de los paneles y, en consecuencia, del reactor en su conjunto.

El alojamiento del reactor protege el volumen interior del reactor del ambiente y poseerá las propiedades normales y conocidas de un alojamiento de reactor adaptado a la reacción que debe albergar y a las condiciones de intercambio de calor. La parte interior del reactor solamente está abierta a un sistema de cañerías controladas de entrada y salida para el suministro y la salida de la alimentación, del producto, del medio de intercambio de calor y otros elementos auxiliares habituales, conocidos en la técnica de operación de reactores.

Entre el alojamiento y los paneles del reactor pueden disponerse pantallas térmicas. El objetivo de esto es prevenir que los paneles exteriores orientados hacia el alojamiento sean irradiados por el alojamiento, que también se calienta o se enfría por acción del medio de intercambio. Esto causaría que los paneles exteriores se calentasen o se enfriasen más que los paneles interiores. En el caso de sobrecalentamiento, esto podría incluso llevar a la formación de coque en los canales del panel exterior. Estas pantallas pueden ser, por ejemplo, placas enfriadas o calentadas. También pueden ser paneles del reactor de acuerdo con la invención, que no estén llenos de catalizador, pero a través de los cuales fluya el medio de intercambio de calor.

El reactor comprende además medios para transportar un medio de calefacción o un refrigerante a lo largo de los paneles.

Como medio de intercambio de calor pueden usarse gases o líquidos calentados o enfriados, por ejemplo, el vapor o los gases de combustión son medios del intercambio de calor adecuados. La dirección de flujo del medio de intercambio de calor puede ser en contracorriente, en corrientes paralelas o en flujo cruzado con respecto a la dirección de flujo desde el extremo de entrada de alimentación de los canales hasta el extremo de salida de producto de los mismos. Pueden disponerse deflectores con el fin de guiar el flujo, si bien no son necesarios en el reactor de acuerdo con la invención.

En el reactor, es posible conectar dos paneles adyacentes a lo largo de la longitud de los bordes del segundo par mediante una tira que permita el movimiento relativo de los paneles, formando un panel doble. La tira puede, por ejemplo, estar plegada o presentar una forma de zigzag o fuelle. Así pues, se forma un espacio abierto en sus extremos superior e inferior entre los dos paneles conectados. Un reactor que contenga tales paneles dobles conectados comprende un número de espacios que pueden conectarse por separado a un primer medio de intercambio de calor que solamente se encuentra en contacto con las superficies del panel doble orientadas una hacia la otra. Seguidamente, las demás superficies del panel pueden conectarse a un medio de intercambio de calor diferente del primer medio en términos de composición y/u otras propiedades. Esto permite ajustar adicionalmente el régimen de intercambio de calor en el reactor. Si el primer medio de intercambio de calor es vapor, este puede mezclarse, tras fluir a lo largo de las superficies, con la alimentación con el fin de precalentarla.

Además, el reactor estará dotado de todos los elementos y servicios auxiliares adicionales, necesarios según es bien sabido en la técnica, destinados a explotar este tipo de reactores de manera fiable, segura y eficaz.

Los canales de los paneles pueden contener el catalizador adecuado para la reacción que tiene previsto realizarse en el reactor. El catalizador puede presentarse en forma de partículas, pero también como un recubrimiento en la pared de los canales. En este caso, los canales deben ser estrechos, en particular la mayor dimensión radial del canal debe encontrarse comprendida entre 5 mm y 10 cm. Cabe contemplar mayores dimensiones, si bien podrían resultar menos eficaces debido a la relación desfavorable entre el volumen del canal del reactor y su superficie recubierta por el catalizador.

El reactor resulta particularmente adecuado para llevar a cabo reacciones en las que es necesario realizar un intercambio del calor producido por la reacción o necesario para la misma. En particular, las reacciones catalíticas heterogéneas pueden efectuarse en el reactor de acuerdo con la invención de forma eficaz y con gran versatilidad. Preferentemente, el catalizador se presenta en los canales como un lecho fijo. El catalizador se presenta preferentemente en forma de partículas. El tamaño adecuado del catalizador en la relación con la menor dimensión radial de los canales es comúnmente conocido en el campo de los reactores catalíticos. Como regla heurística, el tamaño de partícula del catalizador será inferior a 0,1 veces el diámetro del canal. Cabe contemplar mayores diámetros, si bien pueden entrañar un riesgo de fuga del reactivo entre la pared del canal y el lecho de catalizador.

En vista de lo anterior, la invención también se refiere al uso del reactor de acuerdo con la invención para llevar a

cabo una reacción exotérmica catalítica heterogénea o una reacción endotérmica.

Como ejemplos de tales reacciones químicas se incluyen la oxidación parcial de, por ejemplo, etileno, xileno, naftaleno, propeno, acriloina, metanol y etanol, la alquilación de, por ejemplo, benceno con etileno o propileno, la
5 deshidrogenación de, por ejemplo, alcanos C2-C8, etilbenceno o ciclohexanol, las reacciones de (des)hidratación, las reacciones de hidroformilación y oxicloraación.

A continuación se explicará la invención con mayor detalle mediante los siguientes dibujos ilustrativos, son restringirse a los mismos.

10 En estos dibujos:

la figura 1 es una vista frontal de un panel de acuerdo con la invención, construido a partir de elementos independientes;

15 la figura 2 es una sección transversal de este panel a lo largo de la línea A-A;

la figura 3 es una vista superior de este panel que tiene su abertura desbloqueada;

20 en la figura 4, las figuras 4a-d muestran una vista frontal de las secciones del panel que muestran diversas formas de realización de los canales adyacentes no conectados y conectados térmicamente y mecánicamente;

en la figura 5, las figuras 5a - 5d muestran una sección transversal de las figuras 4a - 4d a lo largo de la línea B-B;

25 la figura 6 muestra un número de formas adecuado de la sección transversal del canal;

la figura 7 es una vista frontal de un panel rectangular de acuerdo con la invención, construido a partir de dos placas paralelas;

30 la figura 8 es una sección transversal del panel de la figura 7 a lo largo de la línea C-C;

la figura 9 es una sección transversal del panel de la figura 7 a lo largo de la línea D-D;

35 en la figura 10, las figuras 10a - 10d muestran secciones transversales normales a la dirección longitudinal de los canales para diferentes combinaciones de placas paralelas; y

la figura 11 es una vista elevada de un reactor de acuerdo con la invención.

40 Ha de tenerse en cuenta que, en los dibujos, el canal de alimentación se encuentra en el lado superior de los paneles, si bien en el panel y el reactor de acuerdo con la invención también es posible disponer este lado de alimentación en la parte inferior de los paneles.

45 En la figura 1 se muestra un panel 1, constituido por tubos 3 como canales, estando conectado cada canal al cabezal de alimentación 5 y al cabezal de producto 7. El cabezal de alimentación 5 presenta una conexión 9 concebida para conectarse a una tubería de alimentación. El cabezal de producto 7 presenta una conexión 11 concebida para conectarse a una tubería de producto.

50 En la figura 2, el canal 3 se comunica a través del orificio 13 en la placa 15, colocada en el extremo de entrada del canal 3, con el cabezal de alimentación 5. A través de la malla de retención del catalizador 17, el canal 3 se comunica con el cabezal de producto 7. La abertura 19 en la parte superior del cabezal de alimentación 5 se cierra con la pieza desmontable o la tapa 21.

55 En la figura 3, la abertura 19 del cabezal de alimentación 5 se encuentra desbloqueada (tapa retirada) y se observa que se extiende sobre casi toda su longitud y da acceso a los canales 3.

60 En la figura 4a los canales 3 no se encuentran conectados. En la figura 4b los canales 3a-3d se encuentran conectados de dos en dos por tiras planas independientes 23 que mejoran la rigidez mecánica del panel y las propiedades de intercambio térmico. Con un efecto similar, pero mejorado, en la figura 4c los canales 3e a 3h se encuentran conectados a cada canal adyacente por medio de un tira plana 25 que se extiende a lo largo de la longitud de los canales. En la figura 4d se muestra parte de una lámina plana 27, conectada a los canales 3 a los que cubre.

65 En las figura 5a - 5d los canales 3 no se encuentran conectados o se encuentran conectados, respectivamente, con sus partes centrales mediante las tiras 23 y 25 y la hoja plana 27.

En la figura 6 se muestran diversas formas adecuadas de sección transversal del canal para los canales 3. Los

canales adyacentes se encuentran conectados por tiras planas 25.

En la figura 7 se muestra un panel 29, que consiste en la placa frontal 31 y la placa posterior especular (no visible) 33. Los canales 3 y las tiras de canal 35 discurren desde el cabezal de alimentación 5 hasta al cabezal de producto 7. El límite superior del cabezal de alimentación 5 forma un primer borde del primer par de bordes exteriores y el límite inferior del cabezal de producto 7 forma el segundo borde de este primer par. El panel 29 también presenta una conexión 9 concebida para su conexión a una tubería de alimentación y una conexión 11, concebida para su conexión a una tubería de producto. También presenta salientes de soporte 37 conectados al cabezal de alimentación 5.

En la figura 8, las tiras de canal plano de las placas 31 y 33 se encuentran unidas entre sí y conectan mecánicamente, si bien son herméticas a gases y líquidos, el cabezal de alimentación 5 al cabezal de producto 7. El cabezal de alimentación 5 y el cabezal de producto 7 son elementos independientes conectados a las tiras plegadas hacia fuera 39 de las placas 31 y 33. El cabezal de alimentación está cerrado con la tapa 21.

En la figura 9, los rebajes especulares 41 de las placas 31 y 33 forman un canal 3. Este canal 3 se comunica a través del orificio 13 en la placa 15, colocada en el extremo de entrada del canal 3, con el cabezal de alimentación 5. A través de la malla de retención del catalizador 17, el canal 3 se comunica con el cabezal de producto 7. La abertura 19 en la parte superior del cabezal de alimentación 5 se cierra con la tapa 21. El orificio 13 y la malla 17 permiten que el gas o el líquido se muevan desde el cabezal de alimentación 5 hasta el cabezal de producto 7.

En la figura 10a, la placa 31 presenta rebajes del canal 41 y tiras de canal plano 35 alternantes, mientras que la placa opuesta 33 es plana. En la figura 10b ambas placas 31 y 33 presentan rebajes del canal 41, en ambas placas de la misma profundidad, y tiras de canal plano 25 en las posiciones especulares. La figura 10c es como la figura 10b, la única diferencia es que los rebajes del canal 35 en la placa 31 son más profundos que los de la placa 33. En la figura 10d también ambas placas 31 y 33 presentan rebajes del canal 41, pero ahora en una posición especular escalonada y tiras de canal planas 35 entre los rebajes. En todos los casos 10a - 10d, las placas unidas entre sí forman canales 3. En todas las figuras se presenta una tira de borde plano en los extremos de las placas 31 y 33.

En la figura 11, el número de referencia 45 es un reactor que presenta un alojamiento 47 y contiene una fila de paneles de reactor 29, tal como se muestra en la figura 7. Las conexiones de alimentación 9 están conectadas al colector de alimentación flexible 49 que termina en la tubería de alimentación 51. Las conexiones de producto 11 están conectadas al colector de producto flexible 53 que termina en la tubería de producto 55. La tubería de alimentación 51 y la tubería de producto 55 se pueden conectar a medios de almacenamiento para la alimentación y el producto (no mostrados en la presente memoria).

Los paneles 29 reposan con sus salientes de soporte 37 sobre las vigas 57 y 59, que forman parte del alojamiento 47 del reactor 45, sin estar fijados a las mismas. Aparte de este soporte en la parte superior, los paneles 29 cuelgan libremente en el reactor.

REIVINDICACIONES

1. Un panel de reactor modular (1) para procesos catalíticos, que comprende un cabezal de alimentación (5), un cabezal de producto (7) y canales adyacentes (3), teniendo cada canal (3) una longitud, que discurre desde un extremo de entrada hasta un extremo de salida, y en el que los extremos de entrada están directamente conectados al cabezal de alimentación (5), al cual están abiertos, y los extremos de salida están directamente conectados al cabezal de producto (7), al cual están abiertos, y en el que el cabezal de alimentación (5) tiene al menos una conexión (9) a una tubería de alimentación (51) y el cabezal de producto (7) tiene al menos una conexión a una tubería de producto (55) y en el que parte (21) de al menos uno del cabezal de alimentación (5) y el cabezal de producto (7) es desmontable, dando acceso a los extremos del canal.
2. Panel de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los canales (3) están dispuestos como máximo en dos filas, definiendo cada fila un plano, de superficie plana o curvada (31), discurrendo los planos sustancialmente en paralelo.
3. Panel de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el panel (3) es rectangular y los canales discurren sustancialmente en paralelo.
4. Panel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que al menos uno del extremo de entrada y el extremo de salida de cada canal (3) termina con un material de malla (17).
5. Panel de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada canal (3) está conectado a lo largo de al menos parte de su longitud a sus canales adyacentes.
6. Panel de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, compuesto por una primera (31, 33) y una segunda placa paralela (33, 31), bordeadas por un primer par de bordes exteriores sustancialmente paralelos y un segundo par de bordes exteriores que conectan los bordes del primer par, en el que al menos la primera placa (31, 33) comprende tiras de conexión planas (35) y rebajes del canal (41) alternantes que tienen un extremo de entrada y un extremo de salida, discurrendo las tiras (35) y los rebajes (41) normales al primer par de bordes, en el que las placas están unidas entre sí al menos a lo largo del segundo par de bordes exteriores y las tiras de conexión (35), combinando los rebajes del canal (41) de la primera placa (31, 33) y la parte frontal de la segunda placa (33, 31) en canales (3), comprendiendo el panel además un cabezal de alimentación (5) y un cabezal de producto (7), discurrendo ambos sustancialmente en paralelo al primer par de bordes, estando conectado el cabezal de alimentación (5) a los extremos de entrada de los canales (3) y estando conectado el cabezal de producto (7) a los extremos de salida de los canales (3).
7. Panel de acuerdo con la reivindicación 6, en el que al menos la primera placa (31, 33) tiene un rebaje del cabezal de alimentación que discurre sustancialmente en paralelo a un primer borde del primer par y directamente a lo largo del citado primer borde o separado de este por una primera tira de borde plano y un rebaje en el cabezal de producto que discurre sustancialmente en paralelo a un segundo borde del primer par opuesto al primer borde y directamente a lo largo del citado segundo borde o separado de este por una segunda tira de borde plano, en el que las placas están unidas entre sí en las tiras de borde, las tiras de conexión y a lo largo de los bordes exteriores, combinando el rebaje de alimentación, el rebaje del producto y los rebajes del canal de la primera placa en un cabezal de alimentación (5), un cabezal de producto (7) y respectivos canales (3), con la parte frontal de la segunda placa (33, 31).
8. Panel de acuerdo con la reivindicación 6, en el que al menos uno del cabezal de alimentación (5) y el cabezal de producto (7) como elemento independiente está conectado al extremo correspondiente de los canales (3).
9. Panel de acuerdo con la reivindicación 6-8, en el que ambas placas (31, 33) tienen los citados rebajes (41) y tiras (35) en posiciones especulares, en el que los rebajes y las tiras de una placa están orientados hacia los rebajes y las tiras especulares de la otra placa.
10. Reactor que comprende un alojamiento (47) que contiene uno o más paneles de reactor (1, 29) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, comprendiendo el reactor además una tubería de alimentación (51) y una tubería de producto (55), estando conectados los paneles (29) a la tubería de alimentación (51) y a la tubería de producto (55).
11. Reactor de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además medios para transportar un medio de calefacción o un refrigerante a lo largo de los paneles.
12. Reactor de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que sustancialmente todos los canales (3) de los paneles contienen un catalizador.
13. Reactor de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el catalizador está presente en los canales (3) como un lecho fijo.

14. Reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en el que están presentes medios de apantallamiento térmico entre el alojamiento y los paneles del reactor.
- 5 15. El uso del reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-14 para llevar a cabo una reacción endotérmica o exotérmica catalítica heterogénea.

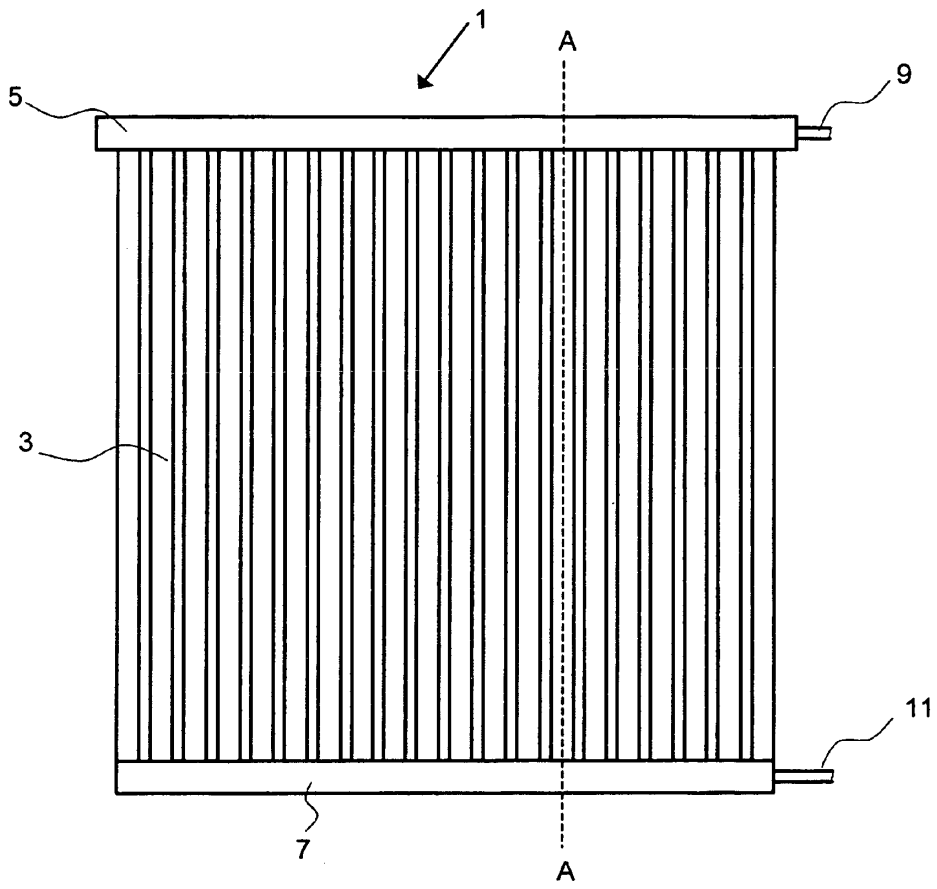


Fig. 1

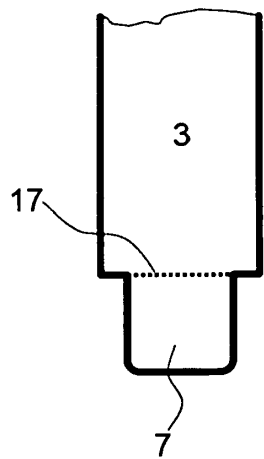
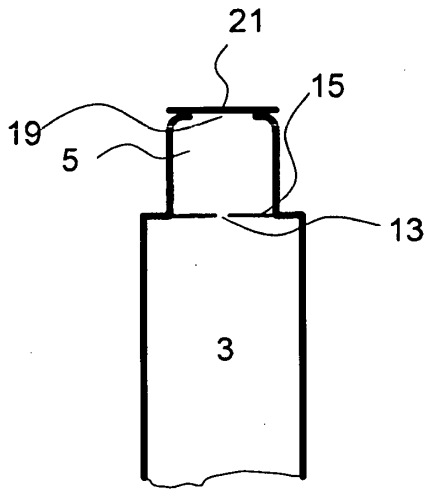


Fig. 2

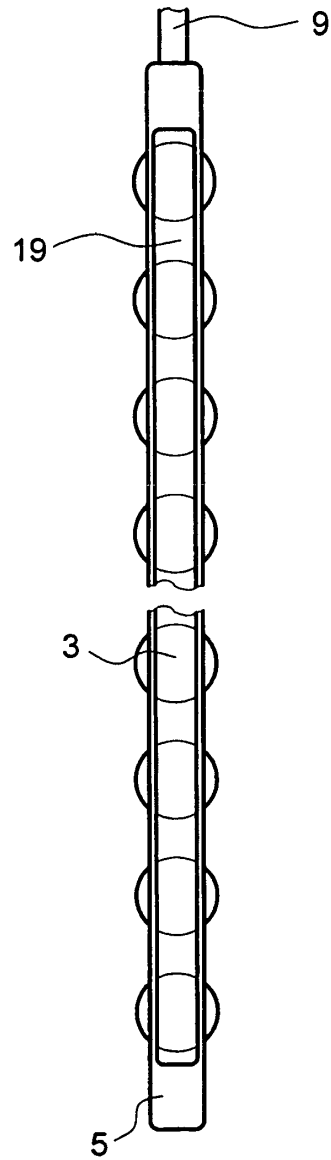


Fig. 3

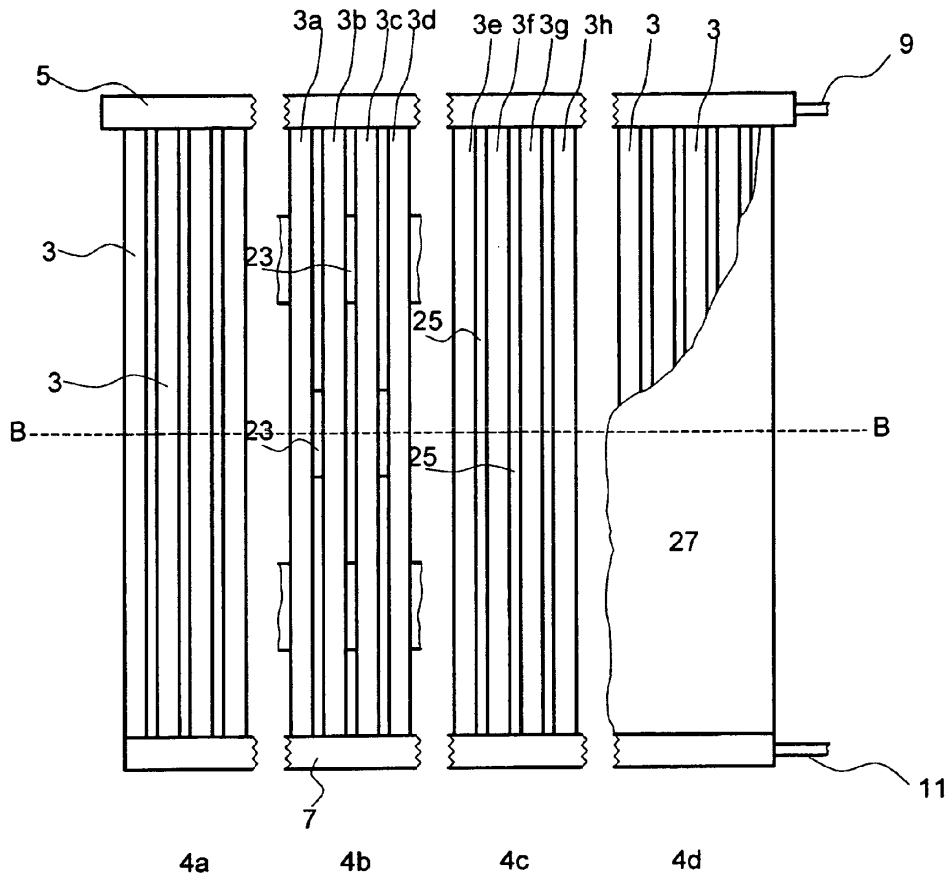


Fig. 4

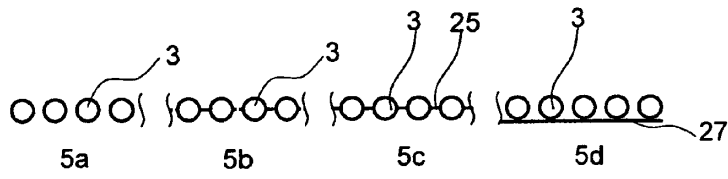


Fig. 5

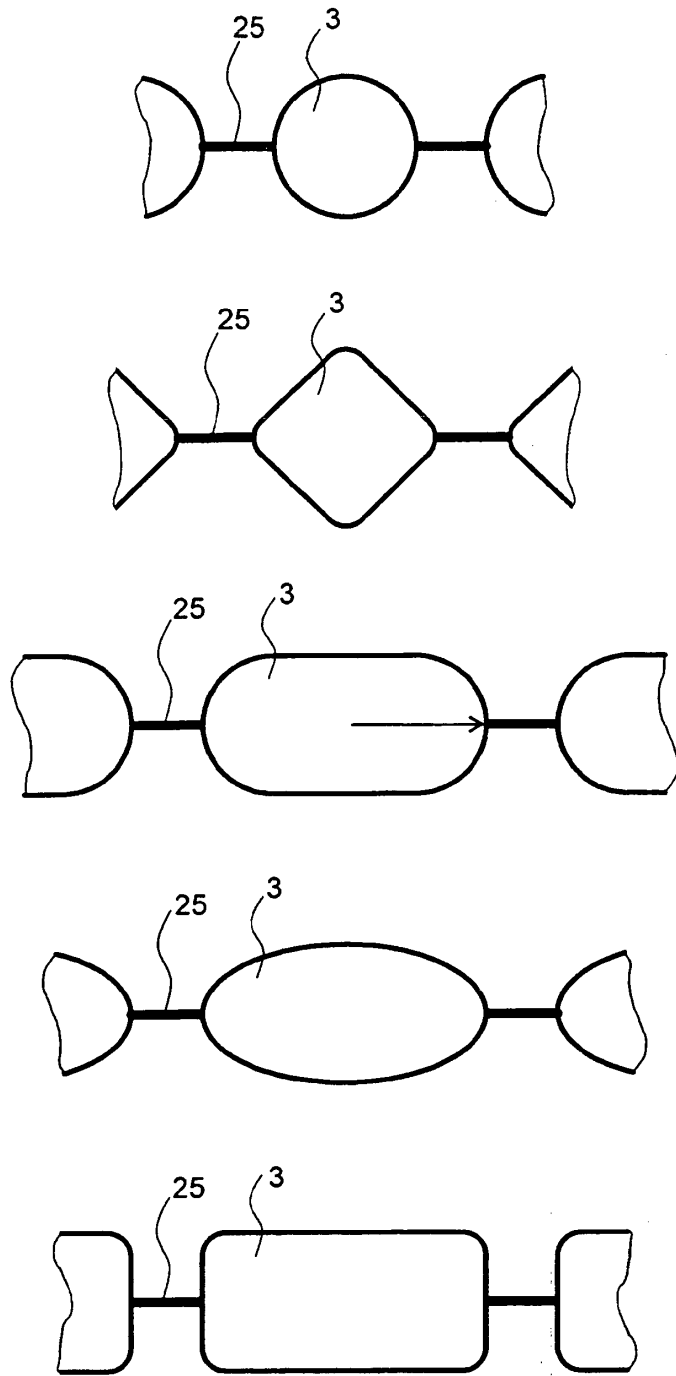


Fig. 6

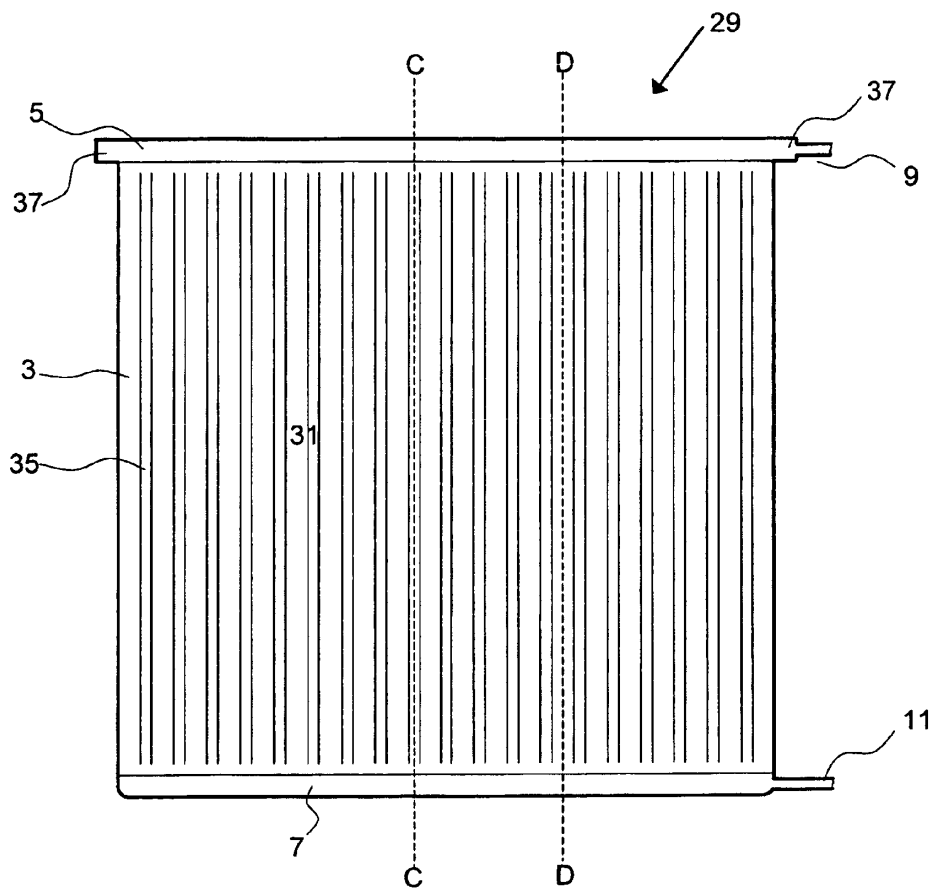


Fig. 7

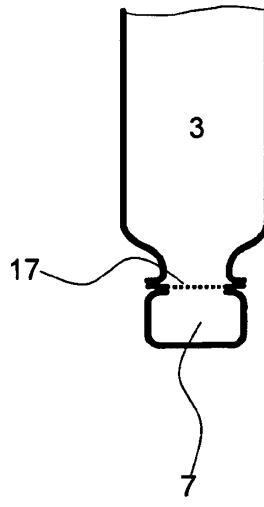
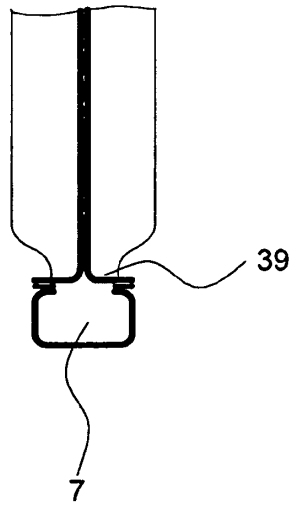
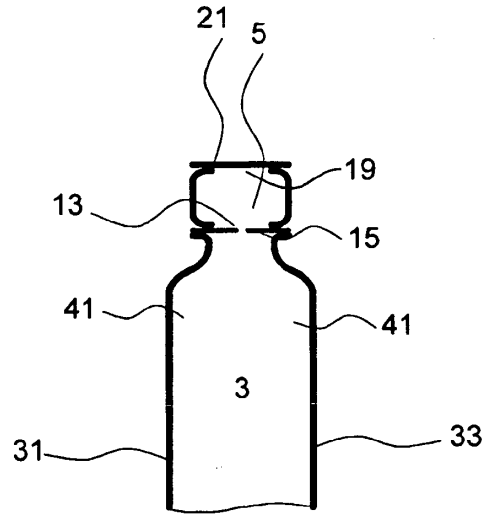
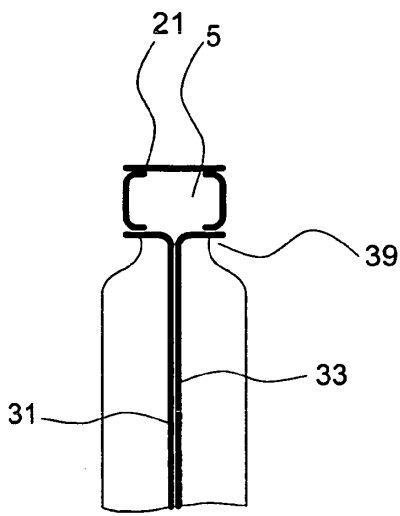


Fig. 8

Fig. 9

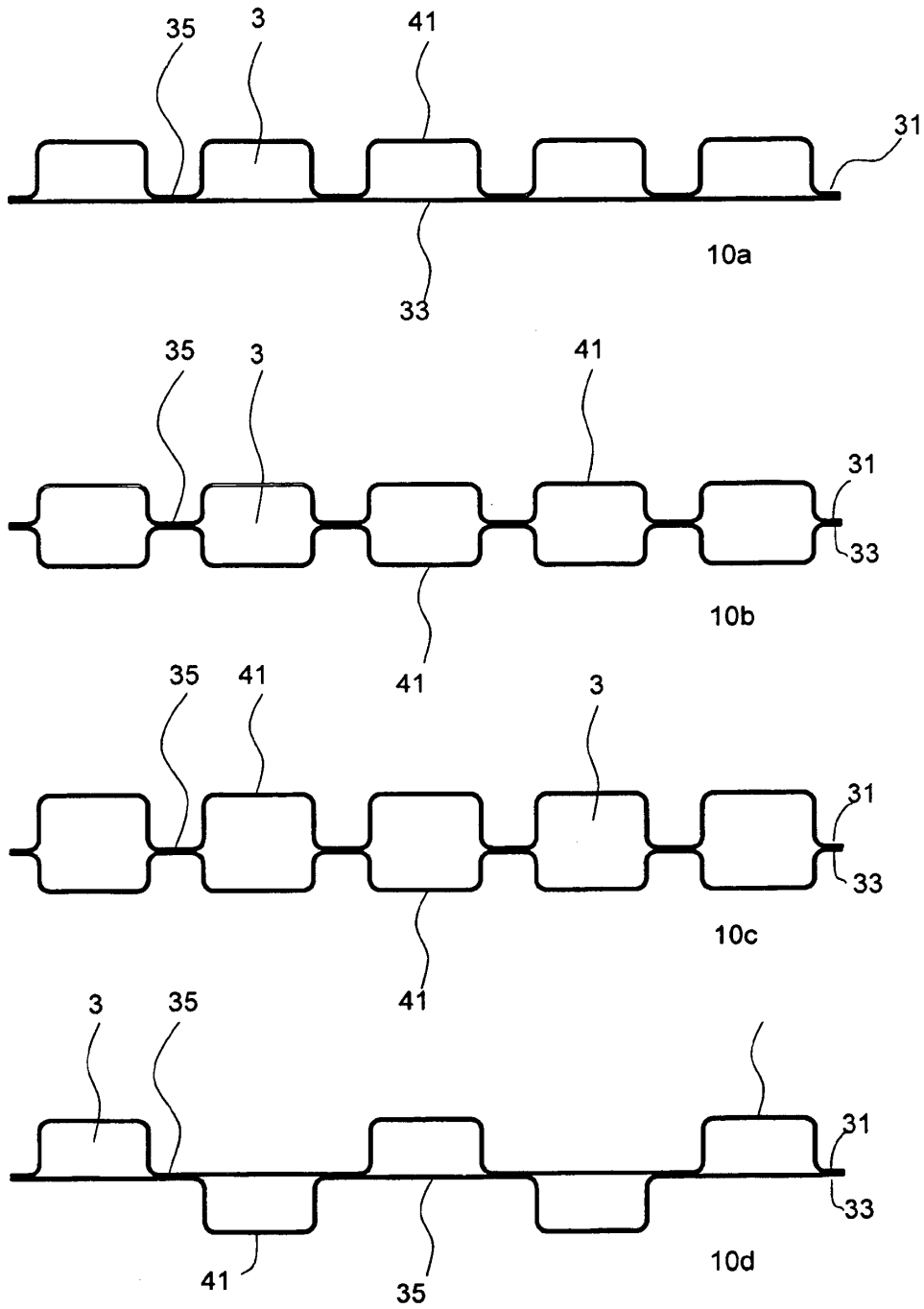


Fig. 10

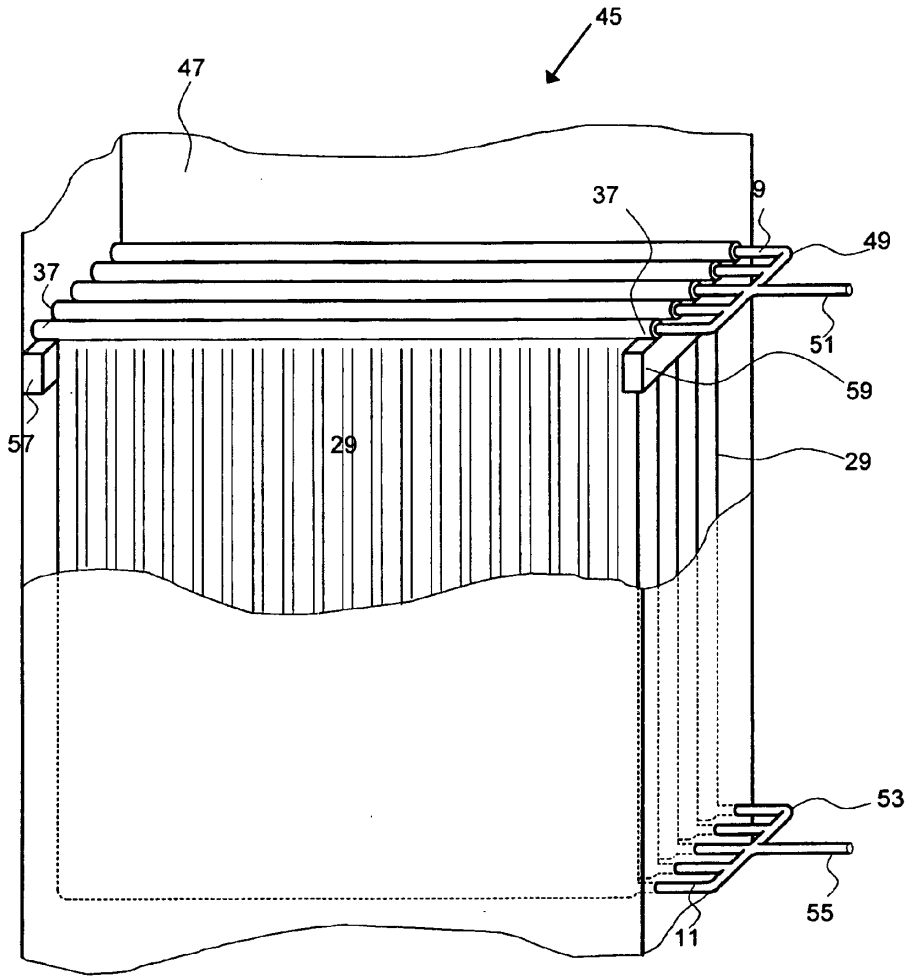


Fig. 11