



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 588**

51 Int. Cl.:
B01J 19/00 (2006.01)
B01J 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07009388 .5**
96 Fecha de presentación : **10.05.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1857174**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.11.2007**

54 Título: **Reactor con estructura expandible con mejorada transferencia de calor.**

30 Prioridad: **17.05.2006 US 435541**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.06.2011

73 Titular/es: **AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, Inc.**
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, Pennsylvania 18195-1501, US

72 Inventor/es: **Repasky, John Michael;**
Broekhuis, Robert Roger y
He, Xiaoyi

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 360 588 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 con estructura expandible con mejorada transferencia de calor

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un reactor y a un método de fabricación de un reactor que contiene una estructura.

10 Se han descrito reactores que contienen estructuras con catalizador, por ejemplo reactores tubulares empleados en procesos de reformado. Las estructuras comparadas a empaquetados aleatorios como pellets catalizadores, pueden proporcionar una menor pérdida de presión, no son fácilmente solubles y no son propensos a apelmazamiento o rotura. Teniendo en cuenta que usualmente los reactores son calentados o enfriados externamente, otra característica importante del reactor guarda relación con la transferencia de calor entre la fuente/sumidero de calor externo y el fluido procesado dentro del reactor. Dependiendo de la geometría del empaquetado, la transferencia de calor en reactores con empaquetados aleatorios, puede ser mayor que en los reactores con estructuras puesto que el fluido procesado dentro del reactor con empaquetado aleatorio se mueve aleatoriamente entre el centro de la tubería y la pared de la misma.

20 A partir de WO 01/94006 A2 , es conocido un reactor/intercambiador de calor que tiene una cavidad de vasija de reacción con tubos de reacción. La vasija contiene una estructura interna formada con una lámina plegada de metal o material similar.

25 Davidson, Patente de Estados Unidos No. 4,340,501, describe una estructura en una vasija de reactor donde el fluido es puesto en contacto con las paredes de la vasija de forma intermitente pero controlada. Como resultado, Davidson establece que es posible obtener características de flujo suave de las estructuras de panel de nido de abeja con las características de transferencia de calor de lechos particulados.

30 En la invención según Davidson, el proceso para poner en contacto un fluido con las paredes de una vasija se caracteriza por causar que el fluido fluya alternativamente (a) a través de una estructura dentro de la vasija, y (b) a través de un espacio entre la estructura y las paredes de la vasija. Davidson también describe un aparato para llevar a cabo el proceso que comprende una vasija y una estructura en el interior de la vasija.

35 Teniendo en cuenta que la transferencia de calor es ciertamente importante, sería deseable incrementar la transferencia de calor entre una fuente/sumidero de calor exterior a la vasija de reactor y el fluido del interior de la vasija.

40 La presente invención puede ser particularmente útil para un proceso y reactor de reformado con vapor de hidrocarburos en los que los gases procesados comprenden vapor y un hidrocarburo gaseoso o vaporizado y la estructura comprende un catalizador de reformado de vapor de hidrocarburos.

Breve descripción de la invención

45 Los inventores de la presente invención han descubierto que puede obtenerse un mayor aumento de la transferencia de calor, desde una fuente exterior a la vasija al fluido interior de la vasija, disminuyendo la separación entre la estructura y la pared de la vasija.

50 Por consiguiente, la presente invención se refiere a un método y un reactor fabricado por tal método, como se define en las reivindicaciones independientes adjuntas a la presente memoria. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones ventajosas de la invención.

La vasija puede ser una tubería de reformado.

Breve descripción de múltiples vistas de los dibujos

55 Las FIG. 1 (a) y (b) ilustran dos secciones en alzado de una vasija de forma cilíndrica y una estructura.

60 Las FIG. 2 ilustran, en vista en planta, una primera realización de acuerdo con la invención que tiene una estructura y un retenedor. La FIG. 2a ilustra una estructura retenida por un retenedor de tirante y la FIG. 2b ilustra una estructura expandida y retenedores de tirante separados.

FIG. 3 ilustra, en vista en planta, una vasija y estructura con sección transversal cuadrada.

65 La FIG. 4 ilustra, en vista en planta, una segunda realización de la invención que comprende una estructura y un separador. La FIG. 4a ilustra una estructura que tiene dos segmentos complementarios de estructura y la FIG. 4b ilustra una estructura expandida con un separador entre los dos segmentos de estructura.

La FIG. 5 ilustra, en vista en planta, otro ejemplo de la segunda realización de la invención que comprende una estructura y un separador. La FIG. 5a ilustra una estructura que tiene cuatro segmentos complementarios de estructura y la FIG. 5b ilustra una estructura expandida con un separador entre los cuatro segmentos de estructura.

La FIG. 6 ilustra, en vista en planta, otro ejemplo de la segunda realización de la invención que comprende una estructura que tiene dos segmentos complementarios de estructura y un separador con forma cilíndrica.

La FIG. 7 ilustra, en vista en planta, otro ejemplo de la segunda realización que comprende una estructura que tiene dos segmentos complementarios de estructura y un separador que tiene forma de barra rectangular.

La FIG. 8 ilustra, en vista en planta, otro ejemplo de la primera realización de la invención que tiene una estructura y un retenedor. La FIG. 8 ilustra una estructura retenida por una brida y la FIG. 8 ilustra una estructura expandida y una brida separada.

La FIG. 9 presenta los resultados de simulaciones por ordenador que muestran el coeficiente de transferencia de calor en función del desplazamiento de la estructura hacia la superficie interior de vasija.

Descripción detallada de la invención

A los efectos de la presente memoria, el término "reactor" se define como un aparato utilizado para llevar a cabo una reacción química.

A los efectos de la presente memoria, el término "vasija" es cualquier medio provisto de paredes es contenido y transportado un fluido.

A los efectos de la presente memoria, el término "estructura" se refiere a medios de guiado de flujo que tiene una pluralidad de conductos sustancialmente paralelos. Por sustancialmente paralelo se entiende paralelo dentro de los límites de las tolerancias de fabricación.

La presente invención se refiere a un método y un reactor fabricado mediante un método que comprende proporcionar una vasija, introducir una estructura en la vasija y expandir la estructura hacia la superficie interior de vasija para hacer el reactor. La vasija tiene un eje longitudinal de vasija y una superficie interior de vasija. La estructura tiene una pluralidad de conductos sustancialmente paralelos que tienen una pluralidad de ejes longitudinales de conducto los cuales no son paralelos al eje longitudinal de vasija. Durante la etapa de introducir la estructura en la vasija, la estructura y la superficie interior de vasija determinan una primera separación media. Después de expandir la estructura hacia la superficie interior de vasija, la estructura y la superficie interior de vasija determinan una segunda separación media que es menor que la primera separación media.

La forma de la sección transversal de la vasija puede seleccionarse de entre varias formas pero es generalmente circular. Dependiendo de la forma de la vasija, el eje longitudinal, que tiene la dirección de la línea principal, puede ser recto o curvo. Con el fin de utilizar eficazmente las características del flujo dentro de la vasija, la vasija tiene una longitud de al menos 3 o al menos 5 veces su anchura. La vasija puede construirse convenientemente mediante materiales conocidos en la técnica.

Las FIGS. 1a y 1b ilustran secciones de un reactor 1 que tiene una vasija 2 con un eje 10 longitudinal y una superficie 12 interior de vasija.

La estructura puede ser de empaquetamiento estructurado ("structured packing"). Entre las estructuras que se pueden utilizar se incluyen paneles de nido de abeja de material cerámico, paneles de nido de abeja de material metálico, laminados de placas y similares. La estructura puede construirse de cualquier material y/o aleación comúnmente utilizados para estructuras, como por ejemplo, cordierita, corindón, aleación de FeCr, serie 300 de acero, Inconel, aluminio, o incluso acero al carbono. Los materiales adecuados que tienen resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas para la aplicación para la que está prevista su uso son conocidos en la técnica.

El reactor puede ser de reformado y la vasija puede ser una tubería de reformado de vapor de hidrocarburos. En un reactor de reformado, el combustible es quemado para formar llamas en un espacio exterior de las tuberías de reformado y el calor se transfiere desde las llamas a las tuberías de reformado para efectuar una reacción química endotérmica en el interior de la tubería de reformado.

En el caso de un reactor catalítico, la estructura puede comprender catalizador tal como por ejemplo níquel sobre alúmina u otro catalizador adecuado conocido en la técnica para obtener la reacción catalítica deseada. La estructura puede llevar una capa de catalizador. Con la geometría prescrita de la estructura, formada por catalizador, los reactivos fluyen alternativamente desde la pared, donde son calentados, a través de la estructura, donde tiene lugar una reacción endotérmica sobre el catalizador.

Aunque se describe en términos de un proceso endotérmico en el que el calor se transfiere desde el exterior de la vasija hacia el interior, la presente invención puede ser adecuada también para procesos exotérmicos en los que el calor se transfiere desde el interior de la vasija hacia el exterior.

5 El catalizador puede aplicarse de cualquier manera conocida en la técnica. El catalizador puede estar depositado, impregnado o recubriendo las estructuras portadoras en cualquier momento durante el proceso de fabricación de catalizador. El catalizador puede aplicarse a placas empleadas para conformar la estructura o puede aplicarse una vez que la estructura está conformada. Métodos para depositar, impregnar y/o recubrir con capas de catalizador en las estructuras portadoras son bien conocidos en la técnica y descritos por ejemplo en "Catalysis Reviews" 2001, 10 43(4), 345-380.

Los paneles de nido de abeja de material cerámicos pueden estar en la forma denominada de panel de nido de abeja de células inclinadas ("slant cell"), los cuales pueden obtenerse mediante la formación de un bloque con conductos internos, las paredes externas de los mismos son paralelas y perpendiculares a los conductos internos, y posteriormente cortando el bloque de manera que las paredes externas se encuentran a un ángulo no nulo (es decir, en ángulo) respecto a los conductos. Otra forma utilizable es la denominada de panel de nido de abeja de flujo cruzado ("cross-flow"), en el que hay dos o más grupos de conductos, los conductos de cualquiera de los grupos siendo paralelos entre sí pero en ángulo con respecto a los conductos del resto de los grupos. Si los conductos siguen una trayectoria helicoidal o tangencial con respecto a la dirección general del flujo, el panel de nido de abeja puede ser obtenido por extrusión y torsión del extruido, si es apilable en capas.

Los paneles de nido de abeja metálicos pueden tener las mismas variantes geométricas que los paneles de nido de abeja de material cerámico.

25 Los apilamientos de placas son placas apiladas conectadas entre sí, dicha conexión entre las mismas pudiendo ser permanente o no. Las placas pueden incorporar proyecciones de superficie de altura suficiente como para mantener separadas las placas con el fin de formar conductos. Los conductos no tienen por qué, por supuesto, estar mutuamente separados a lo largo de toda su longitud. En un ejemplo de un apilamiento de placa, placas corrugadas se disponen alternadas con placas planas o con otras placas corrugadas que tengan ondulaciones que se extienden formando un ángulo a aquellas placas corrugadas primeramente mencionadas. Las placas corrugadas pueden estar perforadas. Debe apreciarse que las placas del apilamiento no son necesariamente planas pero pueden ser, por ejemplo de sección helicoidal. La vasija puede ser de sección transversal anular y puede proporcionar una trayectoria de flujo radial en el que el fluido contacte alternativamente con las paredes exteriores e interiores del espacio anular.

35 La FIG. 2a ilustra un ejemplo de una estructura de apilamiento de placas. Las placas 20 corrugadas se muestran dispuestas entre placas 30 planas. Esto es un diseño común de estructura y pueden usarse placas corrugadas transversalmente con ángulos alternantes con respecto al eje longitudinal de la vasija. La estructura puede también construirse sin que las placas 30 planas sean incorporadas.

40 Las ondulaciones definen conductos de fluido de gas y la orientación de estos conductos asegura que el gas procesado fluya desde el espacio entre la estructura y la superficie interior de vasija hacia el interior de la estructura, desde ahí de vuelta al espacio y así repetidamente. De este modo el calor es transferido de forma efectiva desde el exterior de la vasija al gas procesado en ese espacio entre la estructura y la superficie interior de vasija, al interior de la estructura. La estructura de la presente invención facilita la transferencia de calor esencialmente hacia todas las zonas de la estructura.

50 En otro ejemplo de placas apiladas, cada placa se perfora con el fin de proporcionar, en cooperación con la aperturas de las placas adyacentes, los conductos requeridos. En principio, cada placa podría disponerse en un plano oblicuo a la dirección de flujo y podría configurarse para proporcionar conductos perpendicularmente a su plano. Más convenientemente, cada placa se dispone en un plano aproximadamente perpendicular o paralelo al eje longitudinal de la vasija y se dispone oblicuamente a su superficie. Esta configuración perpendicular requiere placas de igual área para una vasija cilíndrica, pero la configuración paralela requiere placas anchas cerca del eje de vasija y placas estrechas cerca de las paredes de vasija. Muy convenientemente las placas pueden fabricarse de un metal expandido. Los metales expandidos se fabrican a partir de láminas de metal sólido que son uniformemente estiradas para crear estructuras con forma de diamante u otras formas de las aberturas. Conforme el metal expandido se fabrica, cada hilera de aberturas con forma de diamante se obtiene a partir de la siguiente. Esto es un metal expandido estándar. La lámina puede enrollarse para producir metal expandido aplanado.

60 Debe apreciarse que el término "placa" incluye placas que pueden tener curvatura. Su característica común es que las mismas pueden apilarse conjuntamente para producir la estructura.

65 En cualquiera de sus formas, la estructura de acuerdo con la invención tiene una pluralidad de conductos sustancialmente paralelos formando un ángulo con respecto al eje longitudinal de la vasija, esto es los ejes longitudinales de los conductos no son paralelos al eje longitudinal de vasija. Por sustancialmente paralelo se entiende que los conductos son paralelos dentro de los límites de las tolerancias de fabricación. Paralelo puede

referirse a líneas paralelas o curvas paralelas por ejemplo en el caso de empaquetado estructurado en espiral.

Como se muestra en las FIGS. 1a y 1b, la estructura 3 puede tener más de una pluralidad de conductos 14,16 sustancialmente paralelos que tienen ejes longitudinales formando un ángulo con el eje longitudinal de la vasija. Un grupo de conductos 14 paralelos pueden disponerse formando un ángulo distinto de cero con respecto al eje longitudinal de la vasija mientras que otro grupo de conductos 16 paralelos puede disponerse formando otro ángulo distinto de cero con respecto al eje longitudinal de la vasija, por ejemplo pueden disponer en cruz con los conductos 14 paralelos. Esto permite que el fluido fluya alternativamente a través de los conductos y a través del espacio de contacto con las paredes de vasija. Para el caso de apilamientos de placas a partir de placas corrugadas separadas por placas planas, los conductos adyacentes formados a partir de placas corrugadas colindantes pueden estar a ángulos diferentes con respecto al eje longitudinal o imagen especular, al mismo ángulo pero en la dirección opuesta tal como se muestra en las FIGS. 1a y 1b. El ángulo de los conductos con respecto al eje longitudinal de la vasija está comprendido típicamente en el intervalo de 20° a 80°. Usualmente la estructura tiene una porosidad, es decir la relación entre el área de la sección transversal de los conductos y el área total está comprendida en el intervalo de 30 a 99%. La forma de la sección transversal de los conductos puede ser, por ejemplo, una combinación de dos mitades de sección semiparabólica y una sección parabólica, triangular, cuadrada, rectangular, hexagonal, trapezoidal, circular, semicircular o de cualquier otra forma deseada.

Si se desea, la vasija puede contener sucesivas secciones de estructura apiladas dentro de la vasija, cada sección de estructura teniendo una sección transversal de estructura conformante de la sección transversal de vasija. Estas secciones de estructura pueden disponerse formando un ángulo entre sí de una forma aleatoria preestablecida. En una forma, la dirección de los conductos se dispone formando un ángulo igual con respecto al eje longitudinal comparado a la sección anterior pero se dispone desplazado circunferencialmente alrededor del eje longitudinal. En otra forma, el ángulo de los conductos con el eje longitudinal va cambiando en las secciones sucesivas. Las secciones de las estructuras sucesivas pueden tener diferente formas de estructura, por ejemplo pueden emplearse apilamientos de placas y paneles de nido de abeja de metal en la misma vasija. Otros sistemas en los que un cambio en el ángulo de la dirección de los conductos es apropiado pueden ser fácilmente previstos por analogía.

La estructura es convenientemente construida provista de conductos de gases procesados para proporcionar una serie de ramificaciones de una trayectoria tales como una conducción a través de un conducto en la estructura interna y una conducción en contacto con la pared de vasija. El número de conducciones puede ser al menos 4, o más de 10, o en el intervalo de 50 a 500.

La estructura tiene una sección transversal de estructura acorde con la sección transversal de vasija. La FIG. 2a muestra una estructura 3 y una vasija 2, ambas teniendo una sección transversal de forma generalmente circular. La FIG. 3 muestra una estructura 103 y una vasija 102, ambas teniendo una sección transversal de forma generalmente cuadrada.

Como se muestra en la FIG. 2a, en cualquier sección transversal, la estructura 3 tendría un número de bordes 8 en las proximidades de la superficie 12 interior de vasija. La superficie interior de vasija es la superficie enfrentada a la estructura. Las separaciones 7 son las distancias mínimas entre los bordes y la superficie 12 interior de vasija. La separación media entre la estructura 3 y la superficie interior de vasija es la suma de las separaciones 7 para cada uno de los bordes 8 dividida por el número total de bordes 8.

Durante la etapa de introducir la estructura en la vasija, la estructura y la vasija definen un primer espaciado medio entre la estructura y la superficie interior de vasija. Una separación muy reducida o la no existencia de separación hacen que sea difícil introducir y retirar la estructura de la vasija. Puede proporcionarse cierta distancia para permitir que la estructura se fácilmente introducida en la vasija sin el uso de fuerzas que puedan dañarla. La distancia media entre la estructura y la superficie interior de vasija durante la etapa de introducir la estructura en la vasija puede ser, por ejemplo, de 1 a 8 mm, o de 2 a 4 mm. La estructura puede expandirse hacia la superficie interior de vasija por cualquier tipo de medios.

Como se muestra en las FIGS. 4a y 4b, la estructura 2 puede comprender al menos dos dos segmentos 4 complementarios de estructura. El término "complementario" dispuestos conjuntamente formando un todo. Los segmentos complementarios de estructura se ajustan conjuntamente para forman un todo de la sección transversal de estructura, que es acorde a la sección transversal de vasija.

Puede emplearse cualquier número de segmentos complementarios de estructura. Por ejemplo, las FIGS. 5a y 5b muestran una estructura 3 con cuatro segmentos 4 complementarios de estructura. Como se muestra en las FIGS. 5a y 5b, el ángulo, β , entre el borde 21 interior más próximo del segmento de estructura y las placas 22 planas puede estar $45^\circ \pm 5^\circ$. Un borde 21 interior del segmento de estructura es un borde entre los segmentos de estructura adyacentes. El borde interior más próximo es el borde interior próximo a la placa de referencia. El ángulo, β , entre el borde interior más próximo del segmento de estructura y las placas paralelas puede ser generalizado a dos o más segmentos de estructura por la ecuación

$$\beta = \frac{180^\circ}{n} \pm 5^\circ$$

donde n es el número de segmentos de estructura.

5 En referencia a las FIGS. 4a y 4b, la etapa de expandir puede comprender insertar un separador 5 entre los segmentos 4 de estructura, por los que la estructura 3 se expande hacia la superficie 12 interior de vasija. La expansión de la estructura disminuye la separación media entre la estructura 3 y la superficie 12 interior de vasija. Los segmentos complementarios de estructura pueden definir un espacio de alojamiento de separador entre los segmentos complementarios de estructura. La etapa de expandir puede comprender entonces insertar un separador en el espacio de alojamiento de separador.

10 Varias geometrías de separadores pueden usarse tal como se ilustra en las FIGS. 4b, 5b, 6 y 7. El separador puede ser de cualquier forma adecuada, por ejemplo, seleccionada de entre un cilindro, barra, viga, cono, placa, cinta, un borde o combinación de ellas. El separador puede actuar por simple inserción (por movimiento axial hacia el interior del hueco de estructura), o una combinación de inserción y cualquier otro movimiento como por ejemplo rotación.

15 La FIG. 6 ilustra, vista en planta, un ejemplo de la segunda realización de acuerdo con la invención que comprende una estructura 3 que tiene dos segmentos 4 de estructura complementarios y un separador 5 con forma de cilindro. La FIG. 7 ilustra, vista en planta, otro ejemplo de la segunda realización de acuerdo con la invención que comprende una estructura 3 que tiene dos segmentos 4 complementarios de estructura con un separador 5 con forma de barra rectangular.

20 Otro medio para efectuar la expansión de la estructura hacia la superficie interior de vasija comprende comprimir la estructura antes de la etapa de introducir la estructura en la vasija, reteniendo la estructura por un retenedor durante la etapa de introducir la estructura en el interior de la vasija, y desenganchar el retenedor.

25 Antes de introducir la estructura en la vasija, la estructura puede comprimirse por cualquier medio adecuado, por ejemplo, por una prensa hidráulica. Para el caso de placas corrugadas alternadas con placas planas, las placas corrugadas pueden tener una anchura ligeramente más pequeña, lo que permite exponer un área en las placas planas para aplicar la compresión de la estructura. Para empujar sobre las múltiples placas planas puede emplearse un accesorio de manera que comprima la estructura. La presión puede aplicarse a todas las placas planas o a un número reducido de placas seleccionado. El accesorio puede construirse para proporcionar un mayor desplazamiento de las placas planas exteriores respecto a las placas planas situadas en el centro. A medida que la estructura se comprime, las placas corrugadas pueden expandirse en una dirección perpendicular a la fuerza compresora, pero teniendo en cuenta que las placas corrugadas pueden tener una anchura más pequeña, los bordes exteriores de las placas corrugadas preferiblemente no se extienden más allá de los bordes exteriores de las placas planas adyacentes.

30 Después de que la estructura se ha comprimido, pueden emplearse retenedores de tirante insertados en la estructura para sujetar la estructura una vez comprimida. La estructura puede estar provista de orificios para insertar los retenedores de tirante. Los extremos de los retenedores de tirante pueden estar soldados o fijados de cualquier otra forma a las placas planas exteriores. Un extremo de los retenedores de tirante puede tener un cabezal mientras que el otro extremo puede fijarse por soldadura.

35 Las FIGS. 2a y 2b ilustran un ejemplo de una primera realización donde el retenedor se muestra en la forma de retenedor 15 de tirante. Los retenedores 15 de tirante pueden desengancharse cortando o rompiendo los retenedores de tirante como se muestra por las roturas 16 de retenedores de tirante en la FIG. 2b de este modo permitiendo que la estructura 3 se expanda hacia la pared 12 interior de vasija. Alternativamente, los retenedores de tirante pueden estar fabricados de un material tal como por ejemplo nylon, que puede ser desenganchado por reblandecimiento o fusión con calentamiento.

40 Como se muestra en las FIGS. 2a y 2b, la segunda separación media, la suma de las separaciones 9 dividida por el número total de bordes 8 después de desenganchar los retenedores de tirante es menor que la primera separación media, la suma de las separaciones 7 dividida por el número total de bordes antes de desenganchar los retenedores de tirante.

45 Las FIGS. 8a y 8b ilustran un ejemplo de la primera realización donde el retenedor se muestra como una brida 17. La brida 17 puede desengancharse cortando o rompiendo el cable 17 como muestra la rotura 18 de brida en la FIG. 8b, de este modo permitiendo que la estructura 3 se expanda hacia el interior de la pared 12 de vasija. Alternativamente, la brida puede fabricarse con material tal como nylon que permite ser desenganchado por reblandecimiento o fusión con calentamiento. Otras múltiples soluciones como correas, bandas y similares puede usarse también como retenedores.

50 Después de la etapa de expandir la estructura hacia la superficie interior de vasija, la estructura y la vasija definen

una segunda separación media entre la estructura y la superficie interior de vasija. La segunda separación media es menor que la primera separación media. La separación media entre la estructura y la superficie interior de vasija después de la etapa de expandir la estructura hacia la superficie interior de vasija puede ser aproximadamente entre 0 a 4 mm o aproximadamente entre 0 y 2 mm. La separación medio puede aproximarse a cero, por ejemplo cuando el separador es suficientemente grande como para empujar la estructura contra la superficie interior de vasija y deformar la estructura.

Ejemplo 1

10 Simulaciones por dinámica de fluidos computacional fueron llevadas a cabo para evaluar el coeficiente de transferencia de calor medio de una estructura compuesta de placas corrugadas y planas, donde la estructura montada estaba compuesta de dos segmentos semicilíndricos. El software empleado fue FLUENT®.

15 Las placas corrugadas se alternan con placas planas en la estructura y definen conductos que tienen un ángulo de 60° con el eje longitudinal de la vasija. La dirección de las ondulaciones se alterna de manera que el ángulo entre los conductos de ondulaciones de las placas corrugadas más próximas era de 120°. La amplitud (distancia de pico a valle) de las ondulaciones era de 3 mm. El diámetro interior de la vasija era de 100 mm.

20 Un primer cálculo fue realizado usando una distancia uniforme de 3 mm de anchura entre la estructura cilíndrica y la vasija cilíndrica, lo que implica una separación media durante la introducción de la estructura en la vasija. Esto corresponde a un desplazamiento de 0 mm en la FIG. 9.

25 El coeficiente de transferencia de calor se evaluó para flujo incompresible de aire a través de la estructura, introduciéndose a 25°C y 1 atm. y a una velocidad superficial de 5 m/s. En la superficie interna de vasija se impusieron condiciones de contorno de flujo de calor constante.

Como se muestra en la FIG. 9, para un desplazamiento de 0 mm se obtuvo un coeficiente de transferencia de calor de aproximadamente 130 W/m²K.

30 En el modelo, los segmentos se desplazaron entre 1 mm y 2 mm según una dirección radial normal al plano de división entre los segmentos. Se aplicaron las mismas condiciones que la simulación de desplazamiento nulo. Para desplazamientos de 1 mm a 2 mm se obtuvieron coeficientes de transferencia de calor de aproximadamente entre 175 y 260 respectivamente, tal como se muestra en la FIG. 9.

35 La FIG. 9 ilustra que el coeficiente de transferencia de calor aumenta significativamente cuanto más se desplazan los segmentos de estructura hacia la superficie interior de vasija.

40 Aunque se han ilustrado y descrito ciertas realizaciones concretas, la presente invención sin embargo no pretende limitarse a los detalles mostrados. Por el contrario, varias modificaciones pueden realizarse dentro del ámbito y alcance de equivalentes de las reivindicaciones y sin apartarse del espíritu de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un reactor que comprende:

5 proporcionar una vasija (2) que tiene un eje longitudinal de vasija y una superficie (12) interior de vasija;
 introducir en la vasija (2) una estructura (3) que tiene una pluralidad de conductos sustancialmente
 paralelos, determinado una primera separación media entre la estructura y la superficie (12) interior de
 vasija, la pluralidad de conductos sustancialmente paralelos teniendo una pluralidad de ejes longitudinales
 10 de conducto que no son paralelos al eje longitudinal de vasija; y
 expandir la estructura (3) hacia la superficie (12) interior de vasija de manera que se define una segunda
 separación media entre la estructura (3) y la superficie (12) interior de vasija, donde la segunda separación
 media es menor que la primera separación media para hacer el reactor;
 donde la estructura (3) comprende al menos dos segmentos (4) complementarios de estructura, y donde la
 15 etapa de expandir la estructura comprende insertar un separador (5) entre al menos dos segmentos (4)
 complementarios de estructura.

2. Un método para fabricar un reactor que comprende:

20 proporcionar una vasija (2) que tiene un eje longitudinal de vasija y una superficie (12) interior de vasija;
 introducir en la vasija (2) una estructura (3) que tiene una pluralidad de conductos sustancialmente
 paralelos, determinado una primera separación media entre la estructura y la superficie (12) interior de
 vasija, la pluralidad de conductos sustancialmente paralelos teniendo una pluralidad de ejes longitudinales
 de conducto que no son paralelos al eje longitudinal de vasija; y
 25 expandir la estructura (3) hacia la superficie (12) interior de vasija de manera que se define una segunda
 separación media entre la estructura (3) y la superficie (12) interior de vasija, donde la segunda separación
 media es menor que la primera separación media para hacer el reactor;
 comprimir la estructura (3) antes de la etapa de introducir la estructura en la vasija (2); y
 retener la estructura mediante un retenedor durante la etapa de introducir la estructura en la vasija (2);
 30 donde la etapa de expandir comprende desenganchar el retenedor.

3. El método de la reivindicación 1 ó 2 donde el método comprende adicionalmente:

aplicar un catalizador a la estructura.

35 4. El método de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

combinar una pluralidad de placas planas y una pluralidad de placas corrugadas para formar un número (n)
 de segmentos complementarios de estructura mayor que 2, donde un primer segmento complementario de
 estructura del conjunto de (n) segmentos complementarios de estructura comprende para ello una primera
 40 placa plana de la pluralidad de placas planas y una segunda placa plana de la pluralidad de placas planas,
 la segunda placa plana paralela a la primera placa plana, donde la primera placa plana define un ángulo
 con un borde interior más próximo del primer segmento complementario de estructura, donde el ángulo es

$$\frac{180^\circ}{n} \pm 5^\circ$$

45 montar el conjunto de (n) segmentos (4) complementarios de estructura partiendo de la etapa de combinar,
 formando la estructura (3) antes de introducir la estructura (3) en la vasija (2);
 donde la etapa de expandir la estructura (3) comprende insertar un separador (5) entre el primer segmento
 (4) complementario de estructura y un segundo segmento complementario de estructura a partir del
 conjunto de (n) segmentos (4) de estructura complementarios.

50 5. Un reactor fabricado mediante el método de la reivindicación 1, el reactor comprendiendo:

una vasija (2) que tiene un eje longitudinal de vasija y una superficie (12) interior de vasija;
 una estructura (3) que tiene una pluralidad de conductos sustancialmente paralelos, la estructura estando
 55 introducida en la vasija (2) determinado una primera separación media entre la estructura y la superficie
 (12) interior de vasija, la pluralidad de conductos sustancialmente paralelos teniendo una pluralidad de ejes
 longitudinales de conducto que no son paralelos al eje longitudinal de vasija; y
 la estructura (3) estando expandir hacia la superficie (12) interior de vasija de manera que se define una
 segunda separación media entre la estructura (3) y la superficie (12) interior de vasija, donde la segunda
 separación media es menor que la primera separación media para hacer el reactor;
 60 donde la estructura (3) comprende al menos dos segmentos (4) complementarios de estructura, y donde la
 etapa de expandir la estructura comprende insertar un separador (5) entre al menos dos segmentos (4)
 complementarios de estructura.

6. Un reactor fabricado mediante el método de la reivindicación 2, el reactor comprendiendo:

una vasija (2) que tiene un eje longitudinal de vasija y una superficie (12) interior de vasija;
 una estructura (3) que tiene una pluralidad de conductos sustancialmente paralelos, la estructura estando
 introducida en la vasija (2) determinado una primera separación media entre la estructura y la superficie
 (12) interior de vasija, la pluralidad de conductos sustancialmente paralelos teniendo una pluralidad de ejes
 longitudinales de conducto que no son paralelos al eje longitudinal de vasija; y
 la estructura (3) estando expandir hacia la superficie (12) interior de vasija de manera que se define una
 segunda separación media entre la estructura (3) y la superficie (12) interior de vasija, donde la segunda
 separación media es menor que la primera separación media para hacer el reactor;

donde:

la estructura se comprime antes de la etapa de introducir la estructura en la vasija (2); y
 la estructura se retiene mediante un retenedor durante la etapa de introducir la estructura (3) en la vasija
 (2);
 donde la etapa de expandir comprende desenganchar el retenedor.

7. El reactor de la reivindicación 5 ó 6 donde el método comprende adicionalmente:

aplicar un catalizador a la estructura (3).

8. El reactor de la reivindicación 5 donde el método comprende adicionalmente:

combinar una pluralidad de placas planas y una pluralidad de placas corrugadas para formar un número (n)
 de segmentos complementarios de estructura mayor que 2, donde un primer segmento complementario de
 estructura del conjunto de (n) segmentos complementarios de estructura comprende para ello una primera
 placa plana de la pluralidad de placas planas y una segunda placa plana de la pluralidad de placas planas,
 la segunda placa plana paralela a la primera placa plana, donde la primera placa plana define un ángulo
 con un borde interior más próximo del primer segmento complementario de estructura, donde el ángulo es

$$\frac{180^\circ}{n} \pm 5^\circ$$

;y
 montar el conjunto de (n) segmentos (4) complementarios de estructura partiendo de la etapa de combinar,
 formando la estructura (3) antes de introducir la estructura (3) en la vasija (2);
 donde la etapa de expandir la estructura (3) comprende insertar un separador (5) entre el primer segmento
 (4) complementario de estructura y un segundo segmento complementario de estructura a partir del
 conjunto de (n) segmentos (4) de estructura complementarios.

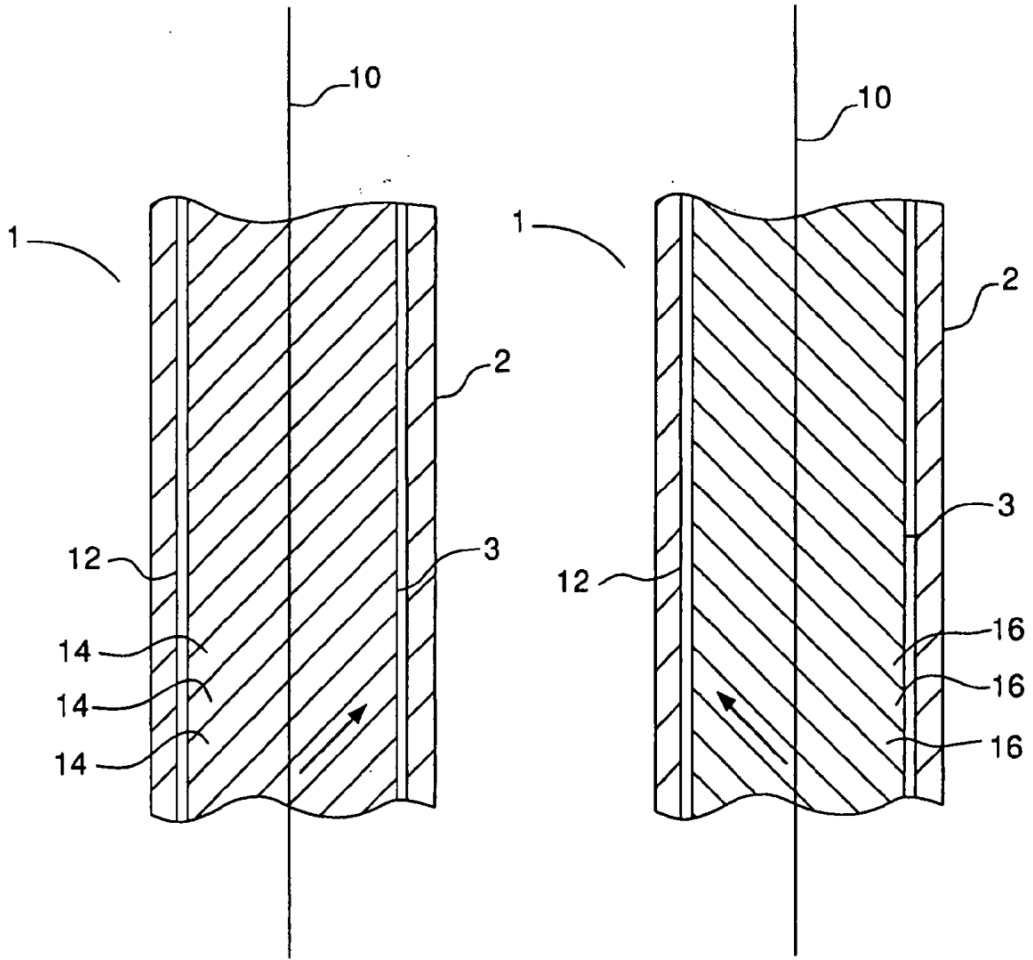


FIG. 1a

FIG. 1b

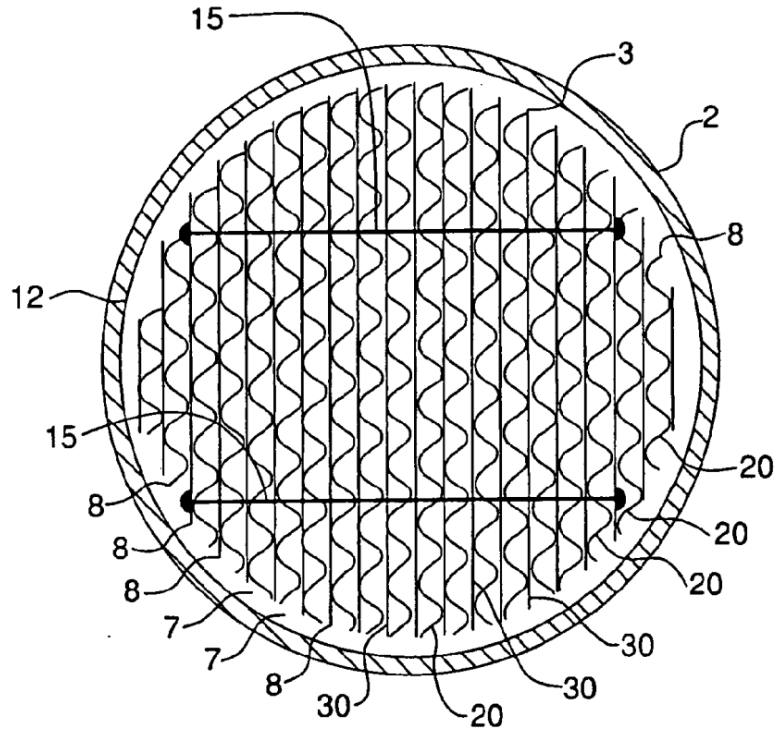


FIG. 2a

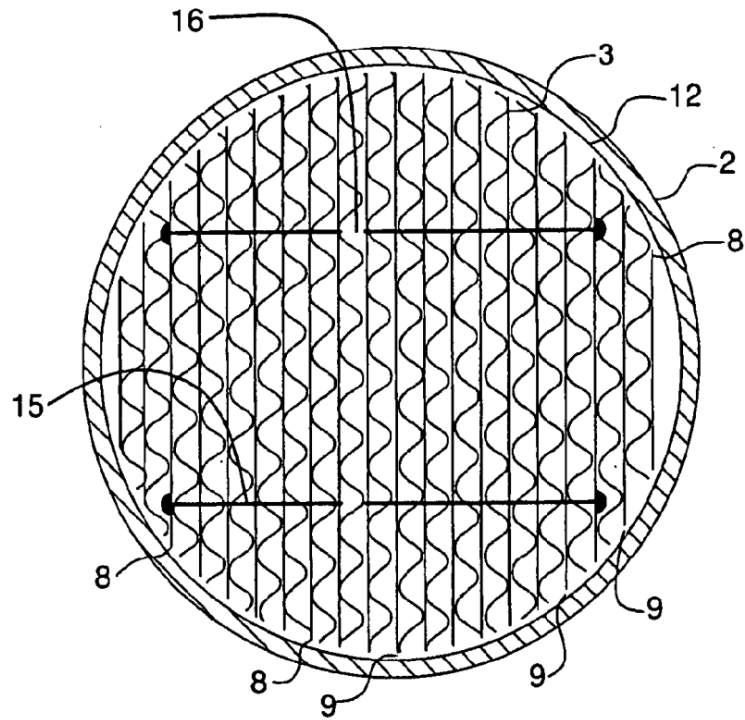


FIG. 2b

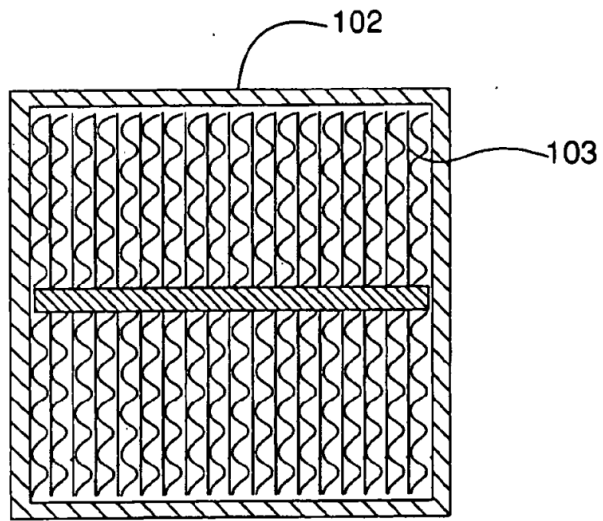


FIG. 3

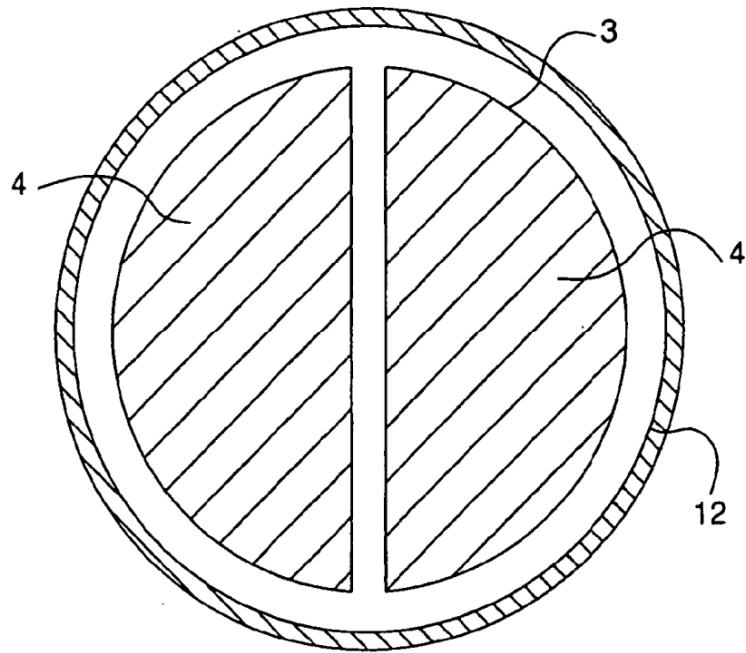


FIG. 4a

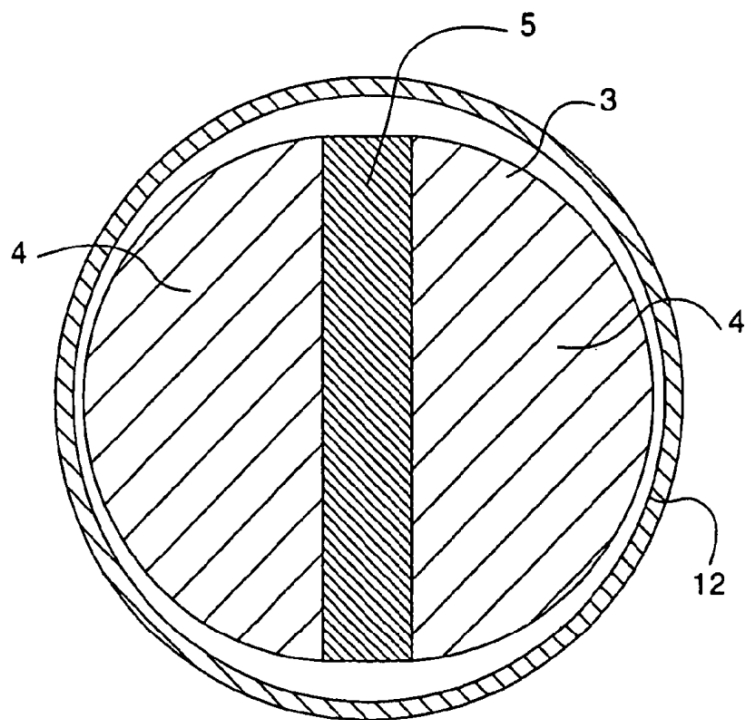


FIG. 4b

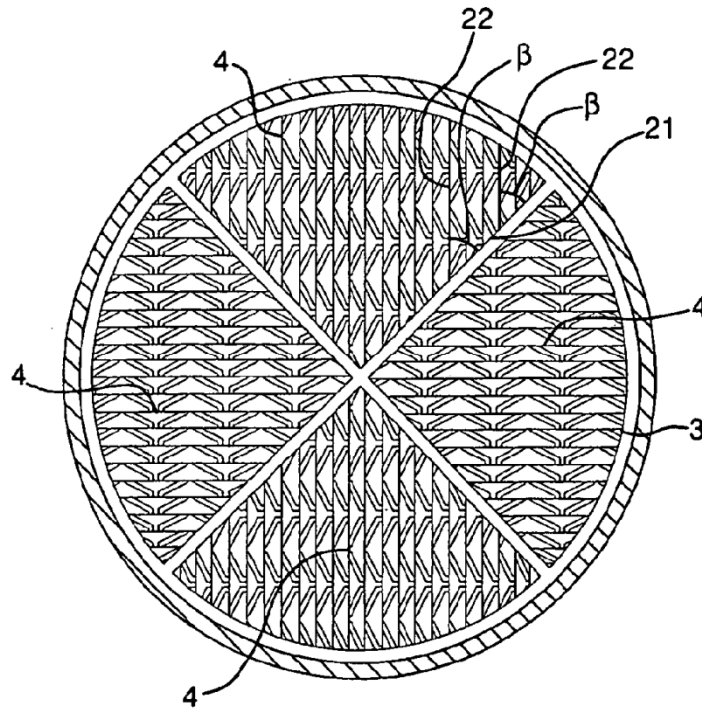


FIG. 5a

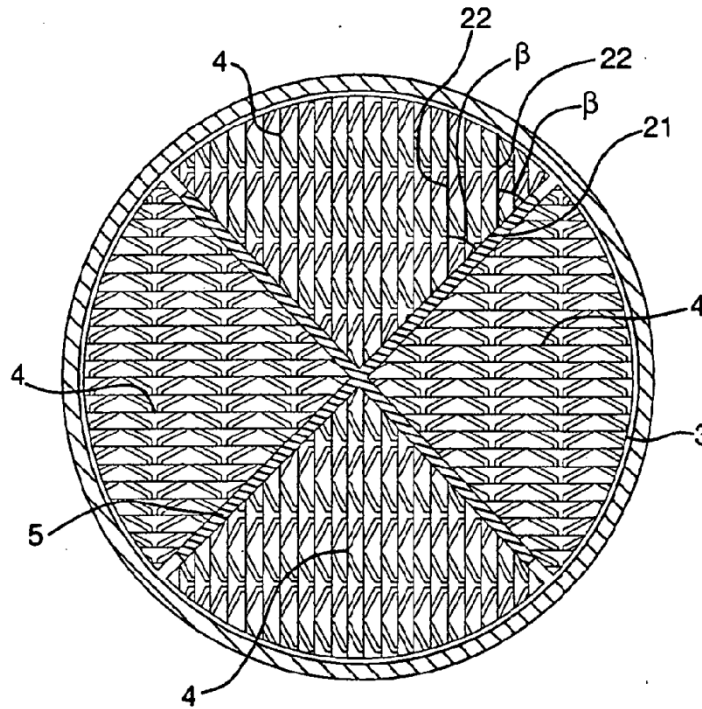


FIG. 5b

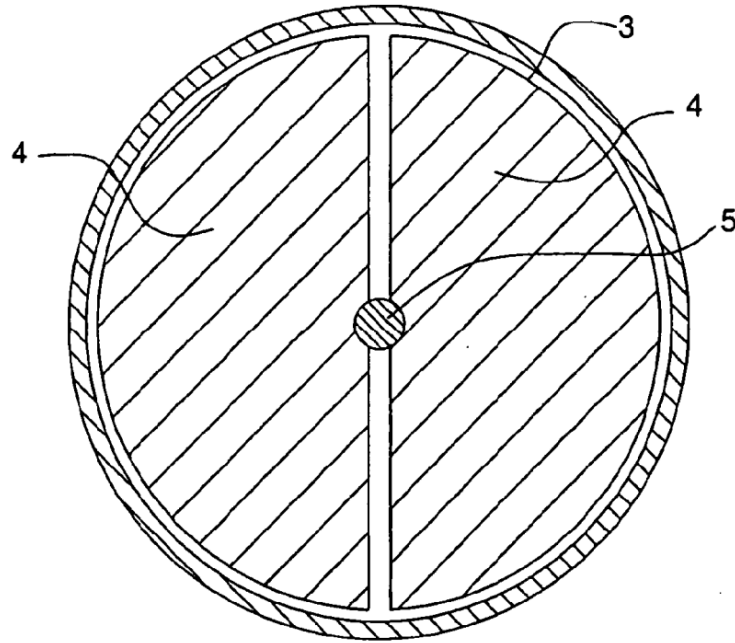


FIG. 6

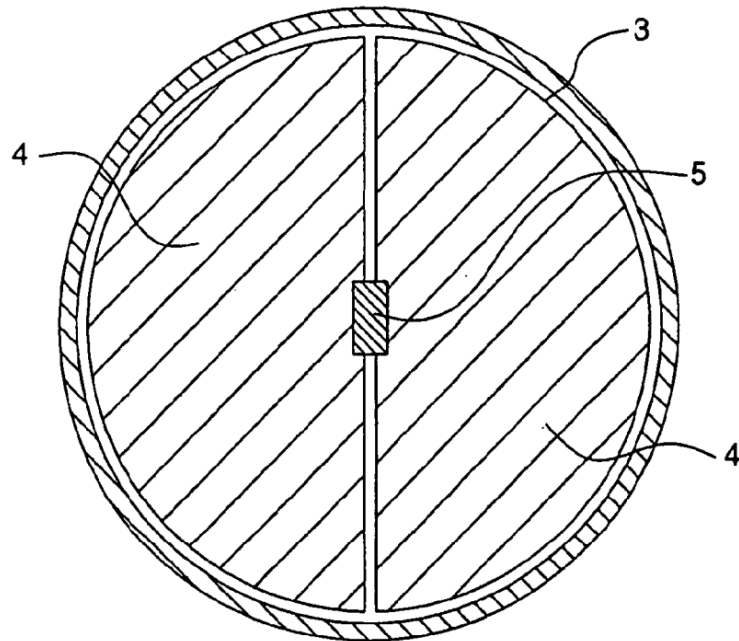


FIG. 7

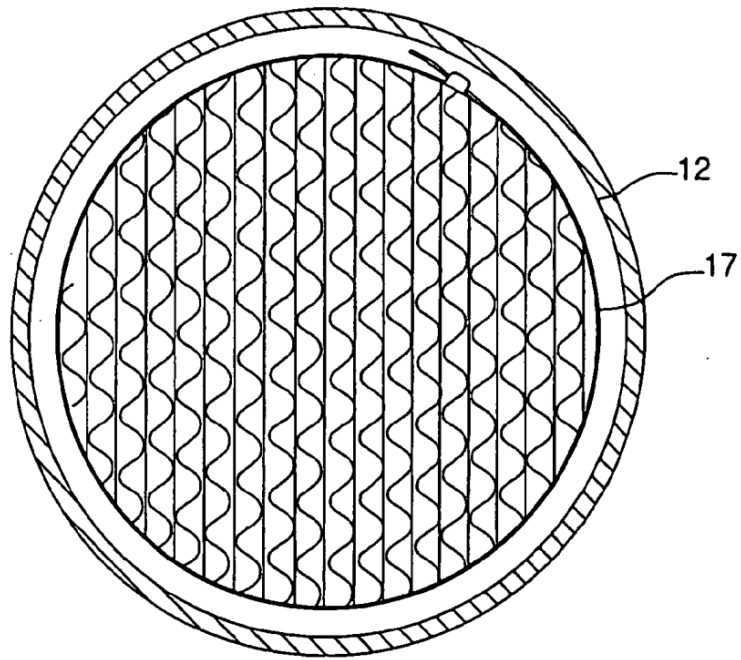


FIG. 8a

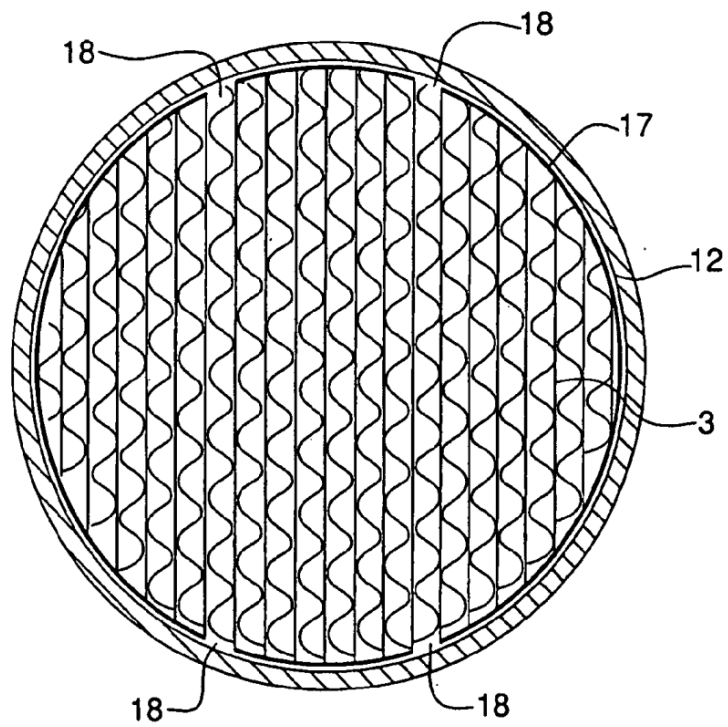


FIG. 8b

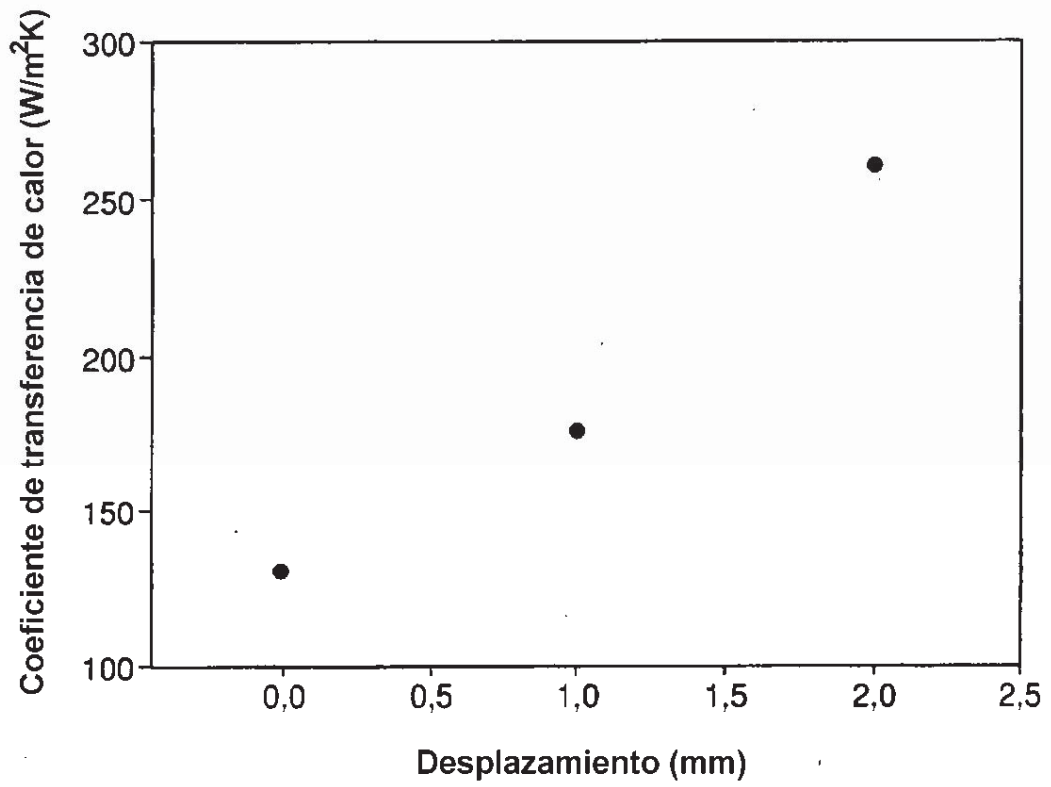


FIG. 9