

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 077**

51 Int. Cl.:  
**F28F 9/013** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05076348 .1**  
96 Fecha de presentación: **09.06.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1624272**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.02.2006**

54 Título: **SOPORTE DE TUBOS.**

30 Prioridad:  
**18.06.2004 US 580984 P**  
**13.05.2005 US 128884**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.12.2011**

73 Titular/es:  
**EXXONMOBIL RESEARCH AND ENGINEERING  
COMPANY**  
**1545 ROUTE 22 EAST P.O. BOX 900**  
**ANNANDALE NJ 08801-0900, US**

72 Inventor/es:  
**Wanni, Amar S.;**  
**Calanog, Marciano M.;**  
**Rudy, Thomas M. y**  
**Keen, Malcolm D.**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

**ES 2 371 077 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

Soporte de tubos.

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a dispositivos de soporte de tubos, comúnmente denominados estacas de tubos, que son útiles con haces de tubos en intercambiadores de calor y equipos similares de tratamiento de fluidos, refiriéndose en particular, pero no exclusivamente, a soportes de tubos antivibración. Un soporte de haz de tubos como el definido en el preámbulo de la reivindicación 1 se describe en el documento US-A-5 213 155.

Antecedentes de la invención

10 Los equipos de haces de tubos tales como intercambiadores de calor de envuelta y tubos y elementos similares de dispositivos de manipulación de fluidos utilizan tubos organizados en haces para conducir los fluidos a través del equipo. En tales haces de tubos hay típicamente flujo de fluido tanto por los interiores de los tubos como por los exteriores de los tubos. La configuración de los tubos en el haz viene fijada por las placas de tubos en las cuales se insertan los tubos. Una configuración común de los tubos es la formación rectangular con los tubos colocados en filas alineadas con calles de tubos (los trayectos rectos entre los tubos) entre cada par de filas, alineadas  
15 ortogonalmente una con otra. En esta formación cada tubo está junto a otros ocho tubos, excepto en la periferia del haz de tubos, y está directamente enfrente de un tubo correspondiente al otro lado de la calle de tubos que separa su fila de las dos filas adyacentes. En la formación triangular de tubos los tubos en filas alternas están alineados uno con otro de modo que cada tubo está junto a otros seis tubos (los dos tubos adyacentes en la misma fila y cuatro tubos en las dos filas adyacentes).

20 Los patrones de flujo de fluido alrededor de los tubos y los cambios en la temperatura y la densidad de los fluidos que surgen cuando éstos circulan y que dan como resultado un intercambio de calor entre los dos fluidos que circulan en y alrededor de los tubos, pueden dar lugar a vibraciones inducidas por flujo de una naturaleza oscilatoria organizada o aleatoria en el haz de tubos. Si estas vibraciones alcanzan ciertas amplitudes críticas, pueden producirse daños en el haz. Los problemas de vibración de tubos pueden exacerbarse si se reentuba el equipo de  
25 intercambio de calor con tubos de un material diferente al de los tubos originales, por ejemplo si se sustituyen materiales relativamente rígidos por tubos de peso más ligero. La vibración inducida por el flujo puede presentarse también cuando se somete el equipo a demandas de funcionamiento más severas, por ejemplo cuando se mejora otro equipo existente y un intercambiador de calor previamente satisfactorio viene a ser sometido, en condiciones nuevas, a vibraciones inducidas por el flujo. La vibración puede incluso concentrarse en ciertas condiciones cuando  
30 un intercambiador esté todavía en la corriente de flujo, pero sin que tenga lugar transferencia de calor.

Además de un buen diseño del equipo, se pueden tomar otras medidas para reducir la vibración de los tubos. En el haz de tubos se pueden instalar dispositivos de soporte de tubos o estacas de tubos, tal como estos dispositivos de soporte se conocen comúnmente (y se denominan en esta memoria), con el fin de controlar la vibración inducida por el flujo e impedir un movimiento excesivo de los tubos. Se han propuesto una serie de soportes de tubos o estacas  
35 de tubos y éstos se encuentran disponibles en el comercio. Un tipo, descrito en el documento US 4,648,442 (Williams), tiene un configuración de forma de U en la que la distancia entre las superficies superior e inferior del canal es igual que la distancia entre filas adyacentes del haz de tubos (es decir sustancialmente igual que la dimensión de la calle de tubos). Este tipo de estaca se inserta entre las filas del haz y se asegura en el extremo con un segmento arqueado que se aplica a un segmento de un tubo en la periferia del haz de tubos para bloquear la  
40 estaca en su sitio en su posición apropiada entre las filas del haz. Las estacas de este tipo se hacen típicamente de metal resistente a la corrosión, por ejemplo acero inoxidable tipo 304, con un espesor comprendido entre 0,7 y 1,2 mm para proporcionar tanto la rigidez necesaria para el haz de tubo estacado como una resiliencia suficiente en el canal de forma de U para permitir que se inserten las estacas en las calles formadas entre los tubos del haz.

Otra forma de estaca de tubos antivibración se describe en el documento US 4,919,199 (Hahn), que revela una estaca hecha en una banda blanda de configuración en V en la que están formadas unas silletas perpendiculares al eje longitudinal de la banda en los extremos abiertos de estas secciones transversales en forma de V. Las silletas están formadas en la banda con un paso (distancia entre silletas) igual al paso de los tubos y con un radio que concuerda con el de los tubos del haz de tubos, de modo que las silletas se aplican a los tubos en un lado de la calle de tubos. La aplicación entre estos tubos y las silletas bloquea el tubo en su sitio dentro del haz de tubos. La  
50 naturaleza resiliente de la banda, acoplada con la acción tipo muelle proporcionada por la configuración en V, permite que los brazos de la V se abran y reduzcan la anchura total efectiva de la estaca y hace posible que la estaca se aplique a los tubos en ambos lados de una calle de tubos de modo que la estaca de forma de V esté bloqueada en su sitio entre dos filas de tubos.

Un tipo similar de estaca de tubos se describe en el documento US 5,213,155 (Hahn), que revela una estaca de forma de U que se inserta entre dos calles de tubos con el extremo cerrado de la U sobre uno de los tubos periféricos del haz. En los extremos abiertos de la sección transversal de forma de V están formadas silletas para aplicarse a lados opuestos de los tubos de una sola fila del haz. La estaca de forma de U se sujeta en su sitio

alrededor de los tubos del haz con sujetadores adecuados que se extienden entre los dos brazos de la estaca.

Un problema con la configuración prensada del tipo mostrado en el documento US 4,648,442 es que las estacas no crean una localización positiva para cada tubo individual, aunque la estaca sea bloqueada en su sitio dentro de su calle de tubos seleccionada. Los tubos siguen siendo libres de vibrar en un plano paralelo a la calle de tubos y paralelo a la estaca. Un problema diferente existe con el diseño mostrado en el documento US 5,213,155: aunque los tubos en filas rodeadas por las estacas de forma de U están plenamente soportados, los tubos en la periferia del haz de tubos, que no están directamente rodeados por una de las estacas, es decir, retenidos dentro de uno de los extremos cerrados de las estacas de forma de U (éstos son los tubos exteriores de filas alternas que no están rodeados por los extremos de las estacas de forma de U), son libres de moverse y en estos tubos se puede esperar vibración en ciertas condiciones. Además, debido a que la corrugación del soporte de tubos tiene una región de transición antes de alcanzar su plena profundidad, los dos tubos adyacentes a cada uno de los tubos más exteriores no reciben tampoco ninguna mitigación de las vibraciones.

Una desventaja de los diseños de estaca que utilizan piezas prensadas acanaladas para acomodar la distancia entre los tubos que forman una sola calle de tubos es que se requieren piezas prensadas en forma de canal profundo u otras medidas necesarias cuando la calle de tubos es relativamente ancha. Una forma más complicada de soporte de tubos se muestra en el documento US 6,401,803 (Hahn). Esta estaca utiliza dos piezas prensadas de forma de V separadas por muelles de compresión que fuerzan las estacas contra los tubos en lados opuestos de la calle de tubos a fin de amortiguar vibraciones oscilatorias. Sin embargo, esta forma de estaca es bastante cara de fabricar. Por tanto, sigue siendo deseable una estaca unitaria que acomode calles de tubos relativamente anchas sin la complicación de piezas separadas.

La presente invención persigue en general obviar o al menos mitigar los problemas anteriormente descritos y/o proporcionar mejoras.

#### Sumario de la invención

Según la presente invención, se proporcionan un soporte de tubos y un haz de tubos según se definen en cualquiera de las reivindicaciones que se acompañan.

De este modo, se amortiguan, absorben o mitigan por otra vía vibraciones de los tubos inducidas por flujo. Asimismo, se impiden o al menos se reducen significativamente daños en el haz.

En una realización se utiliza un soporte de tubos o estaca de tubos con disposiciones de tubos en línea (configuraciones de tubos rectangulares) para mitigar la posibilidad de daños en los tubos derivados de la vibración inducida por flujo en el haz de tubos del intercambiador de calor, condensador u otra colección de tubos, por ejemplo en dispositivos tales como reactores nucleares, calentadores eléctricos o cualquier colección de formas cilíndricas paralelas que tenga un flujo de fluido pasando sobre ellas. El soporte de tubos comprende un miembro o banda alargado plano que está destinado a ser insertado en una calle de tubos entre los tubos del haz de tubos. Unas zonas realizadas de aplicación a los tubos, que incluyen silletas arqueadas transversales receptoras de tubos, están dispuestas a lo largo de la longitud de la banda en localizaciones longitudinales sucesivas correspondientes a las posiciones de los tubos en el haz. Estas zonas de aplicación a los tubos se extienden lateralmente desde cada cara del miembro de manera opuesta a otra en cada localización; se extienden alejándose del plano medial del miembro, de modo que las silletas reciben y sujetan sólidamente los tubos en lados opuestos de la calle de tubos.

Los soportes de tubos pueden formarse uniendo dos bandas en forma de dorso con dorso, cada una de las cuales tiene las zonas de aplicación a los tubos estampadas hacia fuera en una cara de la banda. De esta manera, se forma una banda plana con las zonas de aplicación a los tubos extendiéndose hacia fuera en solamente una cara de la banda y luego se unen dos de estas bandas en forma de dorso con dorso para definir el soporte con las zonas de aplicación a los tubos en las caras opuestas de la banda. Una construcción alternativa utiliza una banda plana que está hendida en cada localización de tubo para proporcionar regiones transversales adyacentes a través de la banda que se transforman en zonas realizadas de aplicación a los tubos en caras opuestas de la banda. Las zonas de aplicación a los tubos en una posición transversal dada se extienden de manera alterna desde las dos caras opuestas de la banda con relación a las zonas en la misma posición transversal en cada localización longitudinal sucesiva. En ambas formas, el soporte puede verse como teniendo secciones planas (planares) que unen las secciones con las zonas de aplicación a los tubos, mientras que las zonas de aplicación a los tubos, incluidas las silletas, pueden verse como estando formadas con solamente un plano de curvatura, es decir, la banda está curvada solamente en la dirección longitudinal y no en la dirección transversal; en la dirección transversal, la banda es plana en todos los puntos a través de la anchura de la banda. Es esta característica lo que permite que se fabrique fácilmente el soporte en operaciones de prensado muy sencillas con simples moldes o troqueles de prensado.

Los soportes de tubos están destinados a utilizarse en las formaciones de tubos rectangulares (en líneas) convencionales. Los soportes pueden insertarse en cada calle de tubos o en calles de tubos alternas. Cuando se insertan en cada calle de tubos, tal como se prefiere, los tubos reciben apoyo de soportes en ambos lados con un

consiguiente apoyo mejorado.

5 Los soportes de tubos pueden fabricarse convenientemente y a bajo coste por prensado con simples moldes de troquel equipados con salientes y cavidades adecuadamente dispuestos para formar las silletas o mediante el uso de pares de rodillos que tienen salientes y cavidades (alternando entre los rodillos superiores e inferiores del juego) para formar las zonas realzadas en la banda. Muchos de los tipos conocidos de soportes de tubos no se prestan a este sencillo, económico y conveniente método de fabricación.

10 El soporte de tubos o estaca de tubos de la presente invención está concebido para proporcionar apoyo directo a tubos que están uno junto a otro, pero en lados opuestos de una calle de tubos. El soporte de tubos puede insertarse entre los tubos del haz de tubos a lo largo de una calle de tubos entre filas de tubos adyacentes. Cuando lo permita la construcción del intercambiador, el soporte puede hacerse con una longitud suficiente para que se extienda desde un lado del haz de tubos hasta el otro a fin de proporcionar apoyo para los tubos a lo largo de toda la anchura del haz; en este caso, la longitud de los soportes de tubos variará de acuerdo con la longitud de las calles de tubos a través del haz. Sin embargo, en muchos casos, la localización de calles de paso en el haz creará discontinuidades en las calles, de modo que no será posible insertar los soportes en toda la extensión del haz. En tales casos, puede ser posible insertar los soportes en el haz desde lados diferentes del haz en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del haz a fin de proporcionar tanto apoyo como sea posible para los tubos. Así, los soportes pueden insertarse verticalmente en una o más localizaciones y horizontalmente en otras localizaciones a lo largo de la longitud del haz. En vista de su sencilla y repetitiva configuración, los presentes soportes de tubos pueden cortarse fácilmente a la longitud deseada para adaptarse al haz, bien extendiéndose enteramente a través de él o solamente en parte de su recorrido. Los soportes de tubos o estacas de tubos pueden utilizarse para proporcionar mitigación de vibraciones, además de los deflectores en intercambiadores de calor estándar del tipo de envuelta y tubos o bien como el único mecanismo de soporte en haces de flujo axial. Cuando se utilizan los soportes además de deflectores estándar, se puede disponer una faja cinturón que conecte el borde exterior de todos los soportes en cualquier localización axial, y esto puede ser tan sencillo como hacer pasar un cable por un agujero del extremo de cada banda de soporte. Cuando se utilizan los soportes como el único soporte en un haz de flujo axial, se usa preferiblemente un cinturón más rígido con firme sujeción a los soportes, como se describe más abajo, junto con una construcción de deflectores separada para dirigir apropiadamente el flujo de líquido.

#### Dibujos

30 Se describirán ahora realizaciones de la invención a título de ejemplo solamente y con referencia a los dibujos que se acompañan.

La figura 1 es una sección transversal de cuatro tubos en un intercambiador de calor de disposición rectangular con un soporte de tubos según una realización de la presente invención soportando los tubos.

La figura 2 es una sección transversal de un haz de tubos de configuración rectangular con soportes de tubos insertos en el haz de acuerdo con otra realización de la invención.

35 La figura 3A es una sección transversal de cuatro tubos en un intercambiador de calor de disposición rectangular con una forma modificada de soporte de tubos de acuerdo con una realización adicional de la invención.

La figura 3B es una sección a lo largo de X-X de la figura 3A.

#### Descripción detallada

40 La figura 1 muestra cuatro tubos adyacentes A, B, C, D en un haz de tubos con una formación de tubos rectangular. Un soporte 10 de tubos está inserto en la calle L de tubos entre dos filas de tubos. El soporte 10 de tubos se extiende en una calle L de tubos definida por los tubos A y D en un lado de la calle y los tubos B y C en el otro lado de la calle de tubos. Por supuesto, en el haz de tubos completo habrá tubos adicionales que se extiendan en la fila formada por una continuación de la fila de tubos que contiene los tubos A y D y otra fila que se continúe desde los tubos B y C, con otras filas de tubos dispuestas de manera convencional similar constituyendo el haz de tubos. Las calles de tubos entre estas dos filas adyacentes y otras filas adyacentes de tubos serán de extensión similar a través del haz de tubos, a menos que estén interrumpidas por calles de paso.

45 El soporte 10 de tubos comprende un miembro plano alargado constituido por dos bandas planas de metal 11, 12 soldadas una a otra dorso con dorso mediante soldaduras por resistencia. Una soldadura está indicada en 11 y otras soldaduras están regularmente espaciadas en otras localizaciones a lo largo de la longitud del soporte. Por supuesto, se pueden utilizar métodos alternativos de fijación entre las dos bandas, por ejemplo remaches o tornillos, aunque éstos no serán en general tan económicos o fiables como una soldadura por resistencia o una soldadura por puntos. En cada cara del soporte 10 se crean zonas de aplicación a los tubos formando las dos bandas 11, 12 de manera que proporcionen silletas arqueadas transversales de recepción de tubos en localizaciones sucesivas a lo largo del miembro correspondientes a los posiciones de los tubos. Las zonas de aplicación a los tubos comprenden cada una de ellas (como se indica con respecto al tubo A) un par de extensiones laterales 14, 15 que se extienden

- lateralmente hacia fuera alejándose del plano medial del miembro de soporte en direcciones opuestas hacia los tubos adyacentes en esa localización. Los extremos de las extensiones laterales se unen uno a otro por medio de una silleta arqueada transversal 16 de recepción de tubo que tiene una curvatura que corresponde o se aproxima al diámetro del tubo, de modo que el tubo quede alojado exactamente en la silleta y sea mantenido en su sitio. En la otra cara del miembro está formada una zona correspondiente de aplicación a tubo que se extiende lateralmente hacia fuera alejándose del plano medial del miembro en dirección al tubo B, con una silleta transversal correspondiente de recepción de tubo para sujetar el tubo B. Se proporcionan zonas similares de aplicación a tubos para los tubos C y D, etc. a lo largo de la longitud del soporte en localizaciones sucesivas a lo largo de la longitud del miembro.
- Los soportes de tubos se insertan preferiblemente en el haz de tubos de modo que los tubos reciban en ambos lados el apoyo de soportes insertos en cada calle de tubos. La figura 2 muestra una sección transversal de un haz de tubos rectangular con los soportes insertos de esta manera. Los soportes 20, 21, 22, 23, 24 de tubos se insertan en las calles de tubos formadas entre las filas de tubos del haz, una de las cuales se ha designado con 30. Las silletas arqueadas de recepción de tubos en cada soporte reciben y acunan los tubos, proporcionan apoyo y reducen su propensión a la vibración, al tiempo que imponen solamente una restricción mínima del flujo paralelo a los tubos. Están previstos de manera convencional unos tirantes 31, 32, 33, 34 para el haz de tubos, los cuales se extienden esencialmente desde una placa de tubos hasta la otra en el intercambiador; para tolerar una expansión térmica diferencial entre los tirante y los tubos, los tirantes se fijan firmemente a solamente una placa de tubos y son recibidos en la placa de tubos opuestas por medio de una junta de expansión deslizante. Los tirantes actúan también como dispositivos de sellado reduciendo la derivación del flujo. En cada extremo, los soportes de tubos están fijados a una faja cinturón 35 en forma de una banda plana que se convierte en una forma adecuada para rodear el haz. Nuevamente, los soportes pueden fijarse por soldadura, remachado, por medio de tornillos o cualquier otro método que sea apropiado y conveniente. La fijación puede hacerse adecuadamente por medio de extensiones laterales de la banda formadas doblando los extremos de las dos bandas uno sobre otro y hacia fuera, alejándose uno de otro, para formar patillas que pueden fijarse después a la faja cinturón circular. Los tubos en los lados del haz (indicados solamente en el lado derecho con 40, 41) pueden ser soportados en el exterior por cortos soportes de un solo lado, que están constituidos por una de las dos bandas de los soportes principales, para proporcionar silletas arqueadas similares de recepción de tubos. Se puede usar una banda metálica 42 para proporcionar rigidez suficiente al soporte de un solo lado arriostándolo contra la faja cinturón 35. Se pueden disponer unas bandas de sellado 43 en las esquinas exteriores del haz (indicada una de ellas) para reducir aún más la derivación del flujo. Si la derivación es un problema, pueden disponerse deflectores en forma de placas perforadas a través de las cuales pasan los tubos, y en este caso se pueden formar integralmente las bandas de sellado durante la conformación de la placa. El uso de placas perforadas puede ser favorable debido a que la placa, al ser firmemente localizada por medio de tirantes que la atraviesan y que están asegurados a ella, por ejemplo por medio de soldaduras, tuercas u otros dispositivos de localización, proporcionará un soporte de localización adicional para los tubos. Las aberturas de las placas pueden estar realizadas con una forma adecuada para dirigir el flujo alrededor de los tubos de la manera deseada y para proporcionar, en unión de las bandas de sellado integrales en los bordes de la placa, un flujo mejorado a lo largo del haz de tubos. Las placas perforadas pueden formarse adecuadamente a partir de piezas brutas de placa por proyección de chorros de agua utilizando un abrasivo adecuado.
- Como alternativa a la fabricación del soporte a partir de dos bandas planas de metal, según se ha descrito anteriormente, el soporte puede fabricarse en la forma mostrada en las figuras 3A y 3B a partir de una sola banda plana que se hiende longitudinalmente en las regiones en la que han de formarse zonas de aplicación a los tubos y que se estampa hacia fuera en las regiones hendidas desde las caras opuestas de la banda de una manera alternante para formar las zonas de aplicación a los tubos. La banda 51 dispuesta en la calle L de tubos de la disposición de tubos rectangular tiene hendiduras longitudinales 52, 53, 54, 55 en las regiones en las que han de formarse las zonas de aplicación a los tubos, correspondientes a las posiciones de los tubos. Las zonas de aplicación a los tubos se producen deformando la banda hendida hacia fuera en direcciones opuestas desde cada cara de la banda originalmente plana a cada lado de las hendiduras para formar las zonas de aplicación a los tubos. Al igual que antes, se forman silletas arqueadas XA, XB, XC, XD de recepción de tubos destinadas a recibir los tubos. Es deseable que las hendiduras tengan extremos redondeados y estén bien acabadas a fin de reducir las posibilidades de propagación de grietas inducidas por esfuerzos tanto durante la operación de formación como en el uso subsiguiente, particularmente debido a que el soporte puede exponerse a una tendencia hacia la vibración inducida por flujo en condiciones operacionales. Si se desea, las hendiduras pueden terminarse con aliviadores de esfuerzos circulares del tipo de "ojo de cerradura". En esta construcción, las silletas no están directamente opuestas una a otra, sino que están lateralmente desplazadas, pero en cada localización longitudinal las zonas de aplicación a los tubos están opuestas para acomodar las fuerzas que surgen de la inserción de los miembros entre los tubos del haz de tubos.
- Las zonas de aplicación a los tubos se conforman de una manera alterna complementaria con las silletas para proporcionar apoyo para los tubos. El primer par de zonas opuestas XA y XB de aplicación a los tubos, que proporcionan apoyo para los tubos A y B, se forman con dos zonas XA de aplicación a los tubos extendiéndose desde una cara de la banda para soportar el tubo A y una zona central XB interpuesta entre las dos zonas laterales XA, que se extiende desde la cara opuesta de la banda para soportar el tubo B. En la siguiente localización

longitudinal adyacente a lo largo de la banda se forman las zonas de manera similar, pero en esta localización la única zona central XD de aplicación a tubo se forma en el lado de la banda que mira hacia el tubo D (en el mismo lado de la calle de tubos que el tubo A) con dos zonas laterales XC que se extienden desde la cara opuesta de la banda para soportar el tubo C. Esta disposición alternante se repite en localizaciones longitudinales sucesivas a lo largo de la banda, con las zonas de aplicación a los tubos extendiéndose hacia fuera alternadamente desde cada cara de la banda en cada localización y de la manera alternativa en localizaciones sucesivas a lo largo de la banda. Por ejemplo, tomando un caso en el que la banda está hendida dos veces, las tres zonas de aplicación a los tubos en cada localización longitudinal pueden formarse como sigue:

Fila 1: ARRIBA – ABAJO – ARRIBA

10 Fila 1: ABAJO – ARRIBA – ABAJO.

Nota: las designaciones “ARRIBA” y “ABAJO” no se refieren a verdaderas direcciones verticales, sino únicamente a direcciones relativas desde el plano medial y las caras de la banda.

De esta manera, las fuerzas que actúan sobre la banda en cualquier localización longitudinal única se equilibra alrededor de la línea central de la banda y la disposición asimétrica en cada localización es compensada a lo largo de la longitud de la banda, de modo que las fuerzas creadas por la aplicación de la banda a los tubos en ambos lados de la calle de tubos están en equilibrio total o sustancialmente así, ya que en cada cara de la banda están formados números iguales o aproximadamente iguales de zonas de aplicación a los tubos. Así, una sola banda de anchura suficiente puede transformarse en un soporte de tubos hendiendo la banda longitudinalmente dos veces o más en las áreas en las que han de formarse las zonas de aplicación a los tubos para obtener tres o más regiones que pueden extenderse lateralmente hacia fuera para formar las zonas opuestas de aplicación a los tubos.

La profundidad total (d) de las silletas (pico de silleta a valle de silleta) será un compromiso entre la necesidad de un buen soporte de los tubos (lo que dicta una silleta profunda) y la necesidad de una fácil inserción en el haz (lo que dicta una silleta somera) y ambas dependerán del diámetro de los tubos y del espaciamiento entre tubos. Típicamente, la profundidad de las silletas será de 1 a 5 mm, preferiblemente 2 a 4 mm. La distancia entre los puntos más bajos de las silletas en el punto en que tiene lugar la aplicación a los tubos será aproximadamente 0,25 a 2 mm mayor que el espaciamiento entre tubos en este punto a fin de crear una pequeña deflexión en los tubos para asegurar un apoyo fiable de los tubos. Este valor mayor se necesita especialmente si las bandas se insertan en calles de tubos alternas de un intercambiador existente. Si es factible fabricar la estructura de soporte de tubos como se ve en la figura 2 antes de insertar los tubos, la interferencia en este caso deberá ser más pequeña (más próxima a 0,25 mm). La elasticidad del propio soporte y la elasticidad de los tubos, acopladas con la aplicación entre las silletas y los tubos, no solo harán a los tubos más resistentes a la vibración, sino que también retendrán el soporte en su sitio dentro del haz. Una ventaja del presente tipo de soporte de tubos es que se pueden acomodar calles de tubos relativamente anchas sin un prensado profundo de las bandas, ya que la mitad de la dimensión de las calles de tubos es absorbida por cada zona realizada.

Además de la profundidad total del soporte, el espesor y la rigidez del metal de la banda serán factores para fijar la deflexión final de los tubos cuando se inserten los soportes en el haz. Normalmente, con los metales disponibles un espesor de 1 a 2 mm para cada una de las dos bandas que constituyen el soporte será satisfactorio para proporcionar un soporte de tubos adecuado y una capacidad adecuada para resistir los esfuerzos de inserción en el haz. Si se utiliza una sola banda hendida, su espesor puede incrementarse según sea necesario.

Cuando los soportes de tubos se insertan en el haz de tubos, las zonas realizadas de aplicación a los tubos tienen que ser empujadas más allá de los tubos hasta que el soporte esté en su sitio apropiado dentro del haz, con cada tubo acomodado dentro de su silleta correspondiente. Cada zona de aplicación a los tubos ha de ser empujada a través del intersticio entre cada par de tubos opuestos hasta que el soporte esté en su sitio. Debido a que la profundidad total de las zonas de aplicación a los tubos (pico a valle incluyendo espesor de placa) es de preferencia ligeramente mayor que el espaciamiento intertubos, los tubos tienen que doblarse ligeramente para dejar paso a las silletas; aunque esto mantiene el soporte en su sitio cuando éste se encuentra en su posición final, ello hace que la inserción sea mucho más difícil, ya que tiene que vencerse la resistencia al doblado de cada fila de tubos. Se puede dar una mayor pendiente a las extensiones laterales 14, 15 que penetran en las silletas para facilitar la inserción: si se hace esto, las extensiones laterales proporcionarán rampas que apartarán más fácilmente los tubos cuando se inserte el soporte en el haz.

Cada soporte de tubos se aplica a tubos en lados opuestos de una calle de tubos de modo que la inserción de un soporte en cada calle de tubos proporcione apoyo para dos filas de tubos dentro de la periferia interior del haz de tubos. En la periferia del haz algunos tubos pueden recibir apoyo de un soporte que no soporte un tubo en el otro lado. Esto reduce el apoyo efectivo proporcionado a esos tubos, pero, dado que la longitud del soporte que se extiende hacia fuera desde el último par de tubos dentro del haz es relativamente corta, se proporciona cierto apoyo efectivo a estos tubos exteriores en un lado al menos por medio del extremo en voladizo del soporte. Sin embargo, se puede proporcionar apoyo por medio de tirantes y bandas de soporte adicionales, como se muestra en la figura 2.

Aunque la aplicación friccional entre los soportes y los tubos proporcionará una retención de los soportes en el haz, los soportes de tubos se fijan preferiblemente en su sitio, bien como se muestra en la figura 2 por fijación a una faja o bien por el uso de un codo de aplicación a tubo que se engancha sobre el extremo de un tubo al final de la calle de tubos para impedir la retirada del soporte en una dirección.

- 5 Los soportes de tubos se hacen adecuadamente de un metal que resistirá la corrosión en el medio ambiente del haz de tubos en el que ha de usarse dicho soporte. Normalmente, para resistir la corrosión tanto en agua como en otros ambientes será satisfactorio el acero inoxidable, aunque pueden utilizarse también otros metales, como el titanio. El acero inoxidable SS 304 es adecuado, excepto cuando es de esperar corrosión por cloruros, en cuyo caso se preferirá un acero inoxidable dúplex. Los aceros inoxidables dúplex, que contienen diversas cantidades de los
- 10 elementos de aleación cromo, níquel y opcionalmente molibdeno, se caracterizan por una microestructura mixta con proporciones aproximadamente iguales de ferrita y austenita (de aquí el designador común "Dúplex"). La composición química basada en altos contenidos de cromo, níquel y molibdeno proporciona un alto nivel de resistencia a la corrosión intergranular y a la corrosión por picaduras. Las adiciones de nitrógeno promueven el endurecimiento estructural por un mecanismo de solución sólida intersticial, lo que incrementa el límite aparente de
- 15 elasticidad y los valores finales de resistencia sin perjudicar la tenacidad. Además, la microestructura de dos fases garantiza mayor resistencia al agrietamiento por corrosión de picaduras y de esfuerzos en comparación con aceros inoxidables convencionales. Son también notables por un alta conductividad térmica, un bajo coeficiente de expansión térmica, una buena resistencia a la corrosión por esfuerzos de sulfuros y una mayor conductividad calorífica que los aceros austeníticos, así como por una buena trabajabilidad y soldabilidad. Los aceros inoxidables
- 20 dúplex son una familia de grados que fluctúan en sus prestaciones de corrosión dependiendo de su contenido de aleación. Normalmente los grados dúplex tales como 2304, 2205 serán adecuados para el servicio de intercambiadores de calor, siendo la selección final a realizar compatible con requisitos reconocidos de resistencia a la corrosión. Cualquiera que sea la forma de dispositivo de soporte que se utilice, la banda puede estar constituida por dos o más bandas alojadas estrechamente una contra otra si se requiere un espesor o módulo adicional. Puede resultar deseable en ciertos casos, por ejemplo si se forman las bandas a base de titanio que resiste operaciones de
- 25 conformación profunda, que se confiera la profundidad requerida en la banda (desde el fondo de una silleta hasta el fondo de la silleta opuesta) conformando las silletas con una profundidad ligeramente menor que la de la banda en su sección más delgada y superponiendo después las dos bandas una sobre otra para proporcionar el espesor total o profundidad de silleta deseados. Así, en el caso de la variante de dos bandas según la figura 1, podría haber
- 30 cuatro bandas reales con dos bandas superpuestas alojadas una encima de otra a cada lado del dispositivo de soporte final completamente ensamblado. En el caso de la modificación de una sola banda (figura 3), habría un total de dos bandas en disposición alojada superpuestas una sobre otra. Los dispositivos de soporte constituidos de esta manera pueden tener las bandas alojadas sujetas una a otra en sus extremos y posiblemente entre medias con ayuda de medios tales, tales como soldadura o remachado.
- 35 En la realización de dos bandas un medio alternativo para proporcionar un ajuste del espesor del dispositivo de soporte consiste en colocar una placa de suplemento entre las dos bandas con silletas y conectarla a las dos bandas con silletas por algún mecanismo tal como soldadura o remachado. El espesor de esta banda de suplemento puede variarse según se requiera a fin de proporcionar la dimensión correcta para salvar el canal de una manera que proporcione la interferencia de soporte necesaria.
- 40 La inserción de los soportes de tubos en el haz de tubos puede facilitarse insertando primero una barra metálica con bordes biselados que tenga un espesor que sea ligeramente mayor que la profundidad total del soporte (incluyendo las silletas u otras zonas realzadas), después de lo cual se inserta el soporte en su sitio y se retira lentamente la barra metálica para asegurar el enclavamiento apropiado de los tubos y el soporte de tubos. La barra puede utilizarse también de manera similar para facilitar la retirada de los soportes. Una técnica de inserción alternativa
- 45 utiliza una manguera expandible que puede ser presurizada desde dentro para desplazar los tubos del intercambiador hacia fuera mientras se inserta el dispositivo de soporte cerca de la manguera. Mangueras expandibles adecuadas de esta clase pueden fabricarse a partir de un tubo interior de material polímero resiliente, tal como nylon, caucho u otro material elastómero, con un manguito trenzado circundante, por ejemplo de acero inoxidable o nylon, para proporcionar una regularidad de funcionamiento mejorada y una seguridad incrementada.
- 50 La manguera, que es preferiblemente plana en su estado no presurizado, tiene un diámetro (o un espesor en el caso de una manguera plana) elegido para que sea justamente menor que el espaciado entre los tubos del intercambiador de modo que dicha manguera pueda insertarse fácilmente en una calle de tubos. La manguera tiene un extremo cerrado, estando fijado el extremo abierto a un suministro de fluido presurizado, bien aire, gas o líquido. En una forma el extremo abierto puede tener simplemente una unión o un conector que permita que la manguera se conecte a la fuente de fluido y que posteriormente se desinfe o se despresurice. En el caso de una manguera
- 55 destinada a ser inflada por presión de aire, por ejemplo, el conector puede tener la forma de un conector de Schraeder. Por razones de seguridad, deberá incluirse una válvula reguladora de la presión a fin de impedir un sobreinflado. Alternativamente, se puede disponer una bomba hidráulica para que forme una unidad integrada con su propia presurización dedicada. La bomba hidráulica puede ser activada a mano, a la manera de un gato hidráulico, o incluso por un motor si puede tolerarse la complejidad adicional. Por seguridad, puede estar previsto
- 60 nuevamente un regulador de presión. En uso, se enchufa el extremo cerrado de la manguera en la calle de tubos en la que ha de insertarse el dispositivo de soporte, y se expande dicha manguera aplicando presión al interior; la

5 manguera se expande hacia fuera y desplaza los tubos en una pequeña distancia para facilitar la inserción del dispositivo de soporte, después de lo cual se puede liberar la presión para permitir que la manguera recupere su diámetro o espesor normal de modo que pueda ser retirada de la calle de tubos, dejando el dispositivo de soporte en su sitio, aplicado a los tubos a cada lado de la calle de tubos. Los soportes pueden insertarse en localizaciones axiales determinadas por experiencia o por estudios de vibración para el equipo relevante.

10 Con la forma de construcción dorso con dorso, las zonas de aplicación a los tubos pueden formarse mediante una sola operación de prensado en la dirección transversal, produciendo varias filas de silletas de una vez, con prensados sucesivos a lo largo de la longitud del soporte, en una sola prensa con una baja fuerza de prensado. El uso de dos rodillos de prensa representaría, por supuesto, la opción más económica para fabricación a gran escala, pero ello no es necesario, y se podría utilizar un equipo más barato y más sencillo a falta de acceso a mayores recursos. Las piezas prensadas pueden sujetarse después una a otra para formar el soporte final. Las bandas unitarias hendidas y conformadas se harán normalmente en dos operaciones, en primer lugar troquelando las hendiduras y en segundo lugar conformando las silletas mediante el uso de una prensa con troqueles opuestos. Sin embargo, no se excluye, si está disponible el equipo adecuado, una sola operación que hienda las bandas, estampe  
15 las zonas opuestas de aplicación a los tubos y conforme las silletas. Una ventaja de los presentes soportes de tubos de ambos tipos descritos anteriormente es que pueden conformarse mediante una simple operación de prensado en una banda metálica plana, sin necesidad de hacer piezas prensadas tridimensionales. Las zonas de aplicación a los tubos se conforman mediante una simple operación de conformación lateral que no requiere el prensado de las silletas en secciones complicadas de ningún tipo, tales como secciones en V o canales.



## REIVINDICACIONES

1. Un soporte (10) de haces de tubos para un haz de tubos u otra colección de tubos o barras con tubos dispuestos en filas y con calles de tubos separando las filas de tubos, comprendiendo el soporte un miembro que se extiende longitudinalmente y que tiene una pluralidad de zonas de aplicación a los tubos situadas en localizaciones longitudinales sucesivas a lo largo del miembro, **caracterizado** porque cada zona de aplicación a tubo comprende una silleta transversal de recepción de tubo para aplicarse a un tubo del haz de tubos, en donde las zonas de aplicación a los tubos están realizadas y opuestas en cada cara del miembro.
2. Un soporte de tubos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el miembro está formado por dos bandas (11, 12) unidas una a otra, con una cara de cada una contra una cara de la otra, teniendo cada banda unas zonas de aplicación a los tubos que comprenden las silletas transversales de recepción de los tubos que se extienden hacia fuera desde una cara de la banda.
3. Un soporte de tubos según la reivindicación 2, **caracterizado** porque las dos bandas planas (11, 12) están unidas una a otra por medio de soldaduras.
4. Un soporte de tubos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las zonas realizadas de aplicación a los tubos incluyen extensiones laterales (14, 15) que se extienden hacia fuera desde el miembro y soportan las silletas arqueadas de recepción de tubos.
5. Un soporte de tubos según la reivindicación 4, **caracterizado** porque las extensiones laterales (14, 15) que soportan las silletas arqueadas de recepción de tubos están inclinadas para formar rampas que se extienden hacia arriba desde la cara del miembro hasta las silletas.
6. Un soporte de tubos según la reivindicación 5, **caracterizado** porque unas regiones transversales adyacentes de la banda en una sola localización longitudinal se extienden alternadamente desde caras opuestas de la banda para formar las zonas realizadas opuestas de aplicación a los tubos.
7. Un soporte de tubos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el miembro comprende una banda alargada en la que unas regiones transversales adyacentes de la banda en una sola localización longitudinal se han transformado en las zonas realizadas opuestas de aplicación a los tubos en cada cara de la banda.
8. Un soporte de tubos según la reivindicación 7, **caracterizado** porque las zonas realizadas opuestas de aplicación a los tubos en posiciones transversales dadas a través de la banda se extienden alternadamente en las caras opuestas de la banda con relación a las regiones realizadas en la misma posición transversal en localizaciones longitudinales sucesivas para formar las zonas realizadas opuestas de aplicación a los tubos.
9. Un soporte de tubos según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado** porque las zonas realizadas de aplicación a los tubos incluyen extensiones laterales (14, 15) que se extienden hacia fuera desde el miembro y soportan las silletas arqueadas de recepción de tubos, las cuales están inclinadas para formar rampas que se extienden hacia arriba desde la cara del miembro hasta las silletas.
10. Un soporte de tubos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el soporte incluye en cada extremo unas patillas de fijación que se extienden lateralmente.
11. Un haz de tubos que comprende tubos dispuestos en filas, con calles de tubos separando las filas de tubos, estando soportados los tubos por soportes de tubos (10) localizados en las calles de tubos, viniendo definido el soporte de tubos por cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
12. Un haz de tubos según la reivindicación 11, **caracterizado** porque los tubos están dispuestos en una configuración rectangular.
13. Un haz de tubos según la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque el haz de tubos está rodeado por una faja cinturón a la que están fijados los extremos de los soportes de tubos (10).
14. Un haz de tubos según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado** porque cada soporte de tubos (10) incluye patillas de fijación que se extienden lateralmente en cada extremo y que están fijadas a la faja cinturón.
15. Un método de fabricar un soporte de tubos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende unir bandas en forma de dorso con dorso, comprendiendo cada banda unas zonas de aplicación a los tubos estampadas hacia fuera en una cara de la banda.
16. Un método de fabricar un soporte de tubos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende hender una banda en cada localización de tubo para proporcionar regiones transversales adyacentes a través de la

banda y transformar las regiones en zonas realzadas de aplicación a los tubos en caras opuestas de la banda.

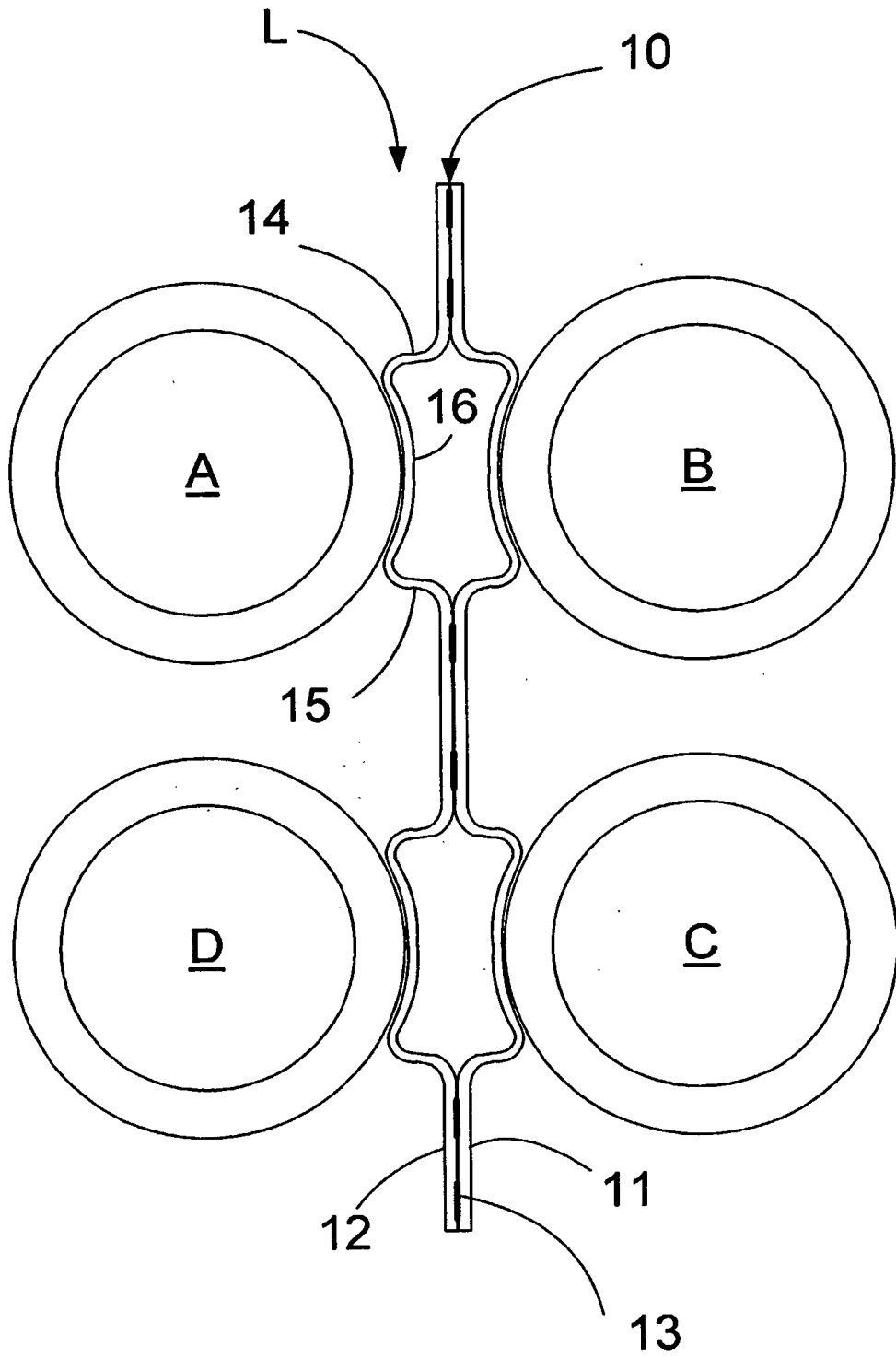


Fig. 1

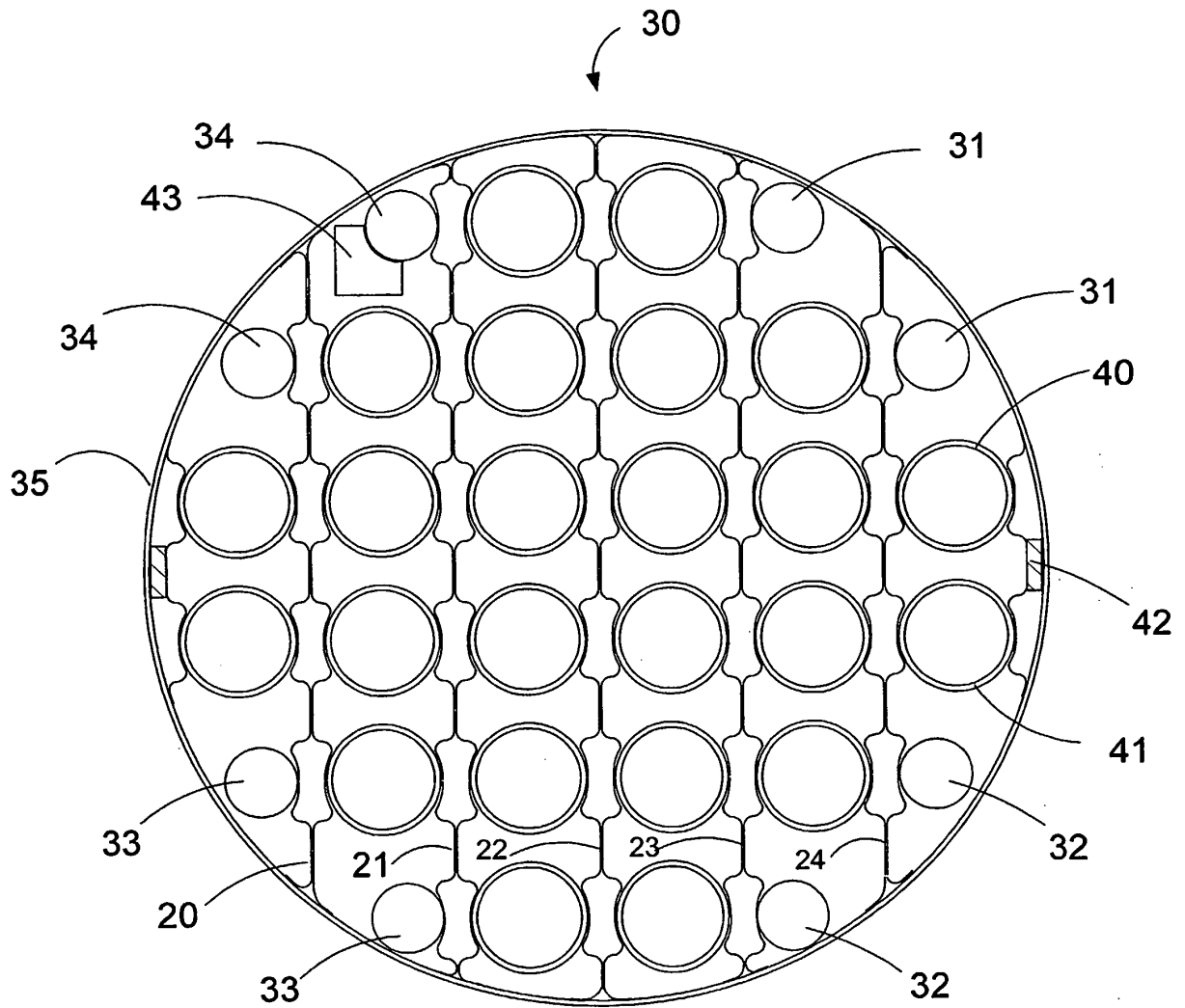


Fig. 2

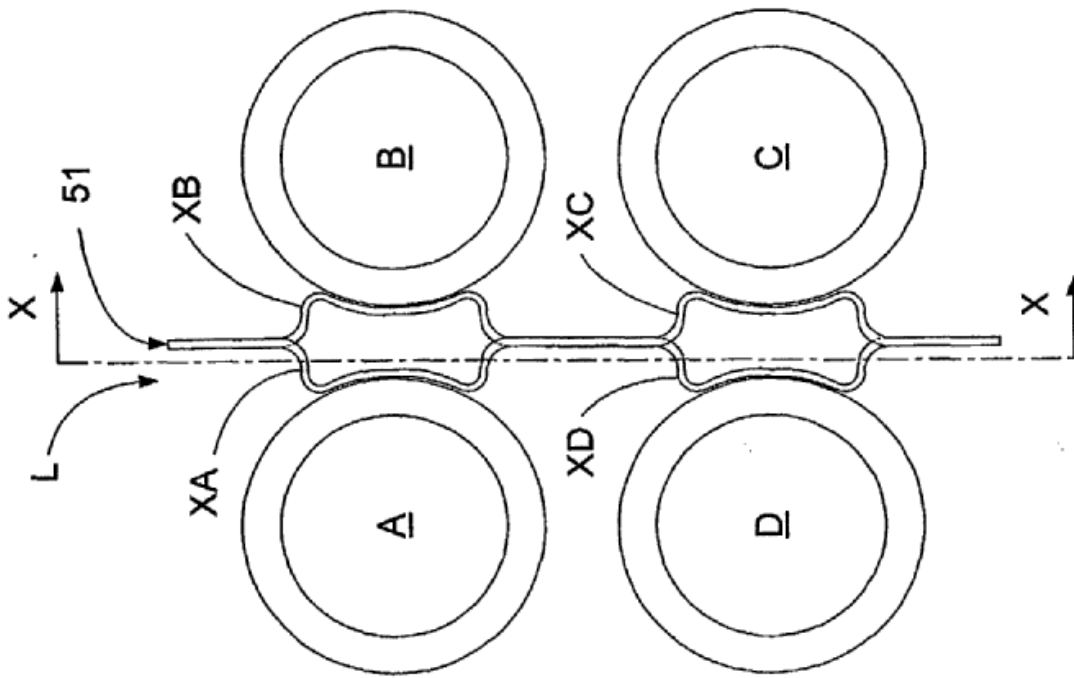
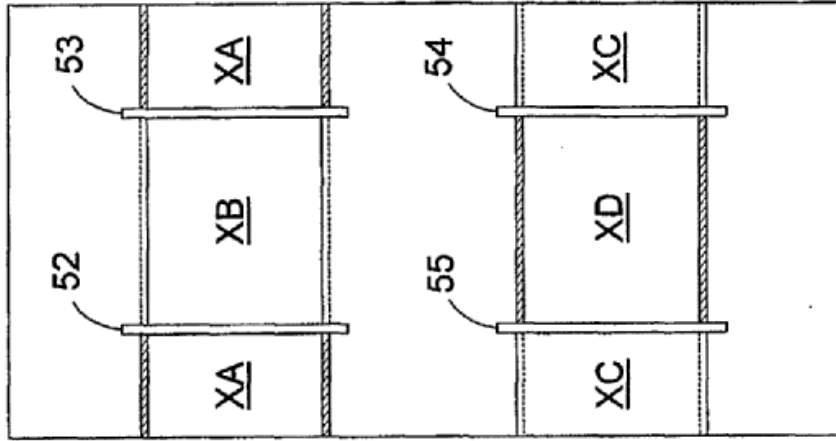


Fig. 3A



Sección X-X

Fig. 3B