

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 379**

51 Int. Cl.:

F28F 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.06.2013 PCT/EP2013/061761**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.12.2013 WO13182666**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2013 E 13727205 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2859296**

54 Título: **Sistema de intercambiador de calor, procedimiento para su producción y elemento de distribución de fluido**

30 Prioridad:
08.06.2012 DE 102012011520

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2017

73 Titular/es:
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80636 München, DE**

72 Inventor/es:
**STREHLOW, ANDREAS;
NITSCH, BIRGO;
OLTERS DORF, THORE y
WERNER, MARKUS**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 612 379 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

Sistema de intercambiador de calor, procedimiento para su producción y elemento de distribución de fluido

La presente invención se refiere al menos a un sistema de intercambiador de calor, que comprende un elemento de distribución de fluido y a un transmisor de calor de 1 paso. El elemento de distribución de fluido presenta a este respecto unas posibilidades en cascada para la distribución de corrientes de fluido, partiendo de una entrada central, en donde las corrientes de fluido distribuidas se alimentan al menos a un transmisor de calor. A este respecto es característico que el elemento de distribución de fluido presente el mismo número de salidas de fluido que tubos posea el transmisor de calor de 1 paso, a través de los cuales existe un flujo. La unión entre los elementos de distribución de fluido y el transmisor de calor de 1 paso se realiza a este respecto mediante una unión directa entre el elemento de distribución de fluido y el transmisor de calor de 1 paso, y la presente invención comprende igualmente una unión indirecta del elemento de distribución de fluido al transmisor de calor de 1 paso, en donde cada salida de fluido del elemento de distribución de fluido está unido al transmisor de calor a través de un elemento de unión. La presente invención hace también referencia a un procedimiento para producir un sistema de intercambiador de calor conforme a la invención, así como a un elemento de distribución de fluido conformado específicamente.

Un parámetro importante para evaluar la eficiencia de un evaporador accionado por corriente cruzada es la distribución de temperatura óptima sobre la superficie. Esta distribución de temperatura es una premisa para una diferencia de temperatura reducida entre los medios de trabajo implicados. Esta diferencia recibe el nombre de diferencial de temperatura. Para conseguir un diferencial de temperatura óptimo de transmisor de calor, es necesaria una distribución homogénea del refrigerante y de la corriente de aire en el lado exterior. Aparte del diferencial de temperatura es importante la pérdida de presión. Unas pérdidas de presión homogéneas y lo más optimizadas posible en el lado del refrigerante significan una pequeña variación en la temperatura de vaporización y, de este modo, a su vez en total una elevada homogeneidad de temperatura. Esto se consigue particularmente bien en los llamados transmisores de calor de 1 paso, en los que el flujo a través del transmisor de calor a través de un registro de tubo/tubo plano se reduce a una sola vez. La distribución de fluido y el colector se componen casi siempre de unos sencillos cilindros huecos con rendijas u orificios rasgados para la conexión de los tubos planos. De este modo, sin embargo, se producen unos problemas graves para la distribución de fluido, ya que según la potencia del vaporizador se utiliza una multitud variable de estos tubos planos en el transmisor de calor, que se conectan al menos a un distribuidor y al menos a un colector. Tanto el distribuidor utilizado convencionalmente como el colector presentan a este respecto unos grandes volúmenes muertos, lo que casi siempre provoca una separación de fase mediante unas velocidades de flujo bajas, a causa de las grandes secciones transversales por las que existe flujo al entrar el refrigerante en el evaporador. A causa de la utilización de tubos planos, en particular de tubos MPE, que a su vez reúnen en sí varios canales por los que existe un flujo, la distribución de fluido no sólo debe acordarse teniendo en cuenta la totalidad de los tubos planos, sino también con relación al gran número de canales a la hora de utilizar tubos MPE. Una ventaja de estos transmisores de calor frente a los transmisores de calor compuestos por un bloque de nervios y registros de tubos – habitualmente registros de tubos redondos – es la reducción de los volúmenes internos. La minimización de estos volúmenes internos es una premisa necesaria para minimizar el refrigerante de los circuitos de refrigeración. La minimización del refrigerante juega un papel importante a la hora de poder aplicar refrigerantes combustibles así como de aumentar la rentabilidad de numerosos circuitos de refrigeración herméticos que, en función de la cantidad de llenado, tienen que mantenerse con una complejidad variable. Incluso para la introducción en el mercado y el diseño de transmisores de calor de microcanal soldados de aluminio como diluyentes se ha partido de una reducción de aprox. un 40% del volumen interno, a pesar de que los volúmenes de los cilindros huecos utilizados siguen siendo bastante generosos para distribuidores y colectores. Aquí debe partirse de otros potenciales de reducción, lo que hace posible una minimización adicional de refrigerante.

Como ya se ha mencionado, los grandes volúmenes muertos son la causa principal de la separación de fases y de este modo de una mala distribución de fases. Unas estructuras internas que desplacen el volumen sólo cambian algo en esta situación de forma limitada. El volumen por el que existe flujo en el distribuidor es asimismo coherente, lo que conduce exactamente a estos volúmenes muertos, y las velocidades de flujo muy diferentes a causa de los circuitos de refrigeración regulados por potencia dificultan además un diseño optimizado.

El documento US5979547 revela un sistema de intercambiador de calor, que comprende un elemento de distribución de fluido y un transmisor de calor de 1 paso.

El documento DE10141526 revela un elemento de distribución.

Partiendo de los sistemas conocidos, la tarea de la invención consiste en proporcionar un sistema de intercambiador de calor, con el que puedan conseguirse los volúmenes muertos más pequeños posible. Además de esto, la tarea de la presente invención consiste en proporcionar un elemento de distribución de fluido, en particular para conectarse a un transmisor de calor, con el que pueda producirse un sistema de intercambiador de calor conforme a la invención.

Esta tarea es resuelta con relación al sistema de intercambiador de calor de 1 paso con las características de la reivindicación 1, con relación a un procedimiento para producir el sistema de intercambiador de calor de 1 paso conforme a la invención con las características de la reivindicación 12 así como con relación a un elemento de

distribución de fluido con las reivindicaciones de la reivindicación 14. A este respecto las reivindicaciones dependientes respectivas representan unos perfeccionamientos ventajosos.

La presente invención hace referencia de este modo a un sistema de intercambiador de calor, que comprende

- 5 a) un elemento de distribución de fluido con una entrada central y una guía de fluido de tipo canal, estanca a los fluidos, que se ramifica en cascada y binariamente en varios canales de guiado de fluido respectivamente con una salida de fluido,
- 10 b) al menos un transmisor de calor de 1 paso, que se compone de varios tubos dispuestos en un plano por los que existe un flujo con superficies parciales planas, de forma preferida tubos planos, así como unos nervios que están unidos a los tubos en estas superficies parciales planas, y alrededor de los nervios puede fluir aire para el intercambio de calor, en donde cada uno de los tubos dispuestos en un plano por los que puede existir flujo presenta una entrada de tubo para un fluido y una salida de tubo para un fluido, en donde las salidas de tubo (34) desembocan en un sistema colector de fluido, en donde el elemento de distribución de fluido presenta el mismo número de salidas de fluido que tubos por los que puede existir flujo presenta el transmisor de calor de 1 paso, y
- 15 c) está realizada una unión directa del elemento de distribución de fluido al transmisor de calor de 1 paso, en donde cada salida de fluido del elemento de distribución de fluido está unida mediante la aportación de material y de forma estanca a los fluidos respectivamente a una entrada de tubo del transmisor de calor, o
- 20 d) está establecida una unión indirecta del elemento de distribución de fluido al transmisor de calor de 1 paso, en donde cada salida de fluido del elemento de distribución de fluido está unida mediante la aportación de material y de forma estanca a los fluidos respectivamente a una entrada de tubo del transmisor de calor, en donde la unión está establecida a través de respectivamente un elemento de unión estanco a los fluidos, a través del cual puede existir flujo, o a través de un elemento de unión con un número de guías de fluido que unen que se corresponde con el número de las salidas de fluido y entradas de tubo a unir.

25 La presente invención se refiere de este modo a una unión entre un elemento de distribución de fluido y al menos un transmisor de calor de 1 paso, en donde o bien el elemento de distribución de fluido está unido directamente al transmisor de calor (unión directa) o bien el elemento de distribución de fluido está unido al transmisor de calor a través de unos elementos de unión correspondientes (unión indirecta). A este respecto es decisivo respectivamente, que el elemento de distribución de fluido presente el mismo número de salidas de fluido que tubos por los que puede existir flujo posee el transmisor de calor. En este sentido es posible una distribución directa del fluido a través del
30 elemento de distribución de fluido y una alimentación en el transmisor de calor de 1 paso.

En la presente solicitud se presenta un nuevo concepto combinado para la distribución de fluido y la conexión de un distribuidor de fluido a transmisores de calor impulsados por aire, que se compone al menos de tubos planos como p.ej. tubos MPE y nervios ondulados o curvados y alargados, p.ej. de chapas de aluminio. El distribuidor se usa a este respecto para la distribución de fluidos en una o varias fases. La base de este nuevo concepto es la conexión
35 de unas estructuras de canal conocidas introducidas en chapa, como se conoce del documento WO2009/01659 para evaporadores en neveras y captadores solares, que

- pueden producirse mediante roll-bonding e hinchado de la chapa doble disponible obtenida, o
- mediante conformado basada en medios activos o energía activa con disponibilidad subsiguiente.

40 Entre los procedimientos de conformado basados en medios activos se encuentran por ejemplo procedimientos de conformado por alta presión interior y exterior con medios activos líquidos y gaseosos, el conformado electrohidráulico así como generador de gas y conformado por explosión. Como procedimiento de conformado basado en energía activa se plantea el conformado electromagnético.

45 Por transmisor de calor de 1 paso se entienden a este respecto transmisores de calor, en los que cada tubo es al mismo tiempo un registro de tubo, es decir, no tiene lugar ninguna realimentación en la unión formada por tubos y laminillas de un tubo a través de codos. A diferencia de esto, un transmisor de calor de 2 pasos tiene por ejemplo por cada registro de tubo al menos 2 tubos, que se realimentan en la unión formada por nervios y tubos.

A diferencia de estas estructuras conocidas, la invención planteada se usa para una prefabricación combinada tanto de la estructura de canal que distribuye el fluido como para la conexión de los tubos planos. En especial para
50 transmisores de calor como p.ej. evaporadores de refrigerador por aire en circuitos de refrigeración se hace posible, con este procedimiento, una estrategia de solución para la fabricación subsiguiente del transmisor de calor. El transmisor de calor acabado se combina en este caso con un distribuidor de fluido, que conlleva un menor volumen muerto incluso en la zona de conexión, lo que ofrece una estructura ventajosa con relación a los distribuidores de fluido conocidos. Estas ventajas consisten en que

- 55 - por un lado, se reduce a un mínimo una separación de fases a causa de una retención del flujo en estos volúmenes muertos, y
- por otro lado, en la posibilidad de que la zonas de conexión premoldeadas para el tubo plano se encuentren separadas unas de otras en la estructura de chapa, lo que impide una mezcla retroactiva del flujo.

Con el nuevo distribuidor de fluido se hacen posibles estos potenciales de reducción incluso en el componente evaporador. La combinación de la fabricación del distribuidor de fluido con y sin estructuras internas para la orientación y estabilización controlada del flujo hace posible unas zonas de conexión directas para el tubo MPE en una pieza de trabajo.

- 5 El sistema de intercambiador de calor en el que se basa la invención así como el sistema de distribución de fluido conforme a la invención son apropiados para optimizar tecnologías de evaporador modernas. A este respecto se trata sobre todo de evaporadores para instalaciones de bomba de frío y calor por compresión. Esto resuelve el problema clave de la mala distribución de las fases del refrigerante en el circuito de refrigeración a la entrada del evaporador de transmisores de calor de aluminio soldados. El margen de potencia es a este respecto cualquiera, por lo que el campo de aplicación es muy amplio. Si se analizan con cuidado las instalaciones de refrigeración por compresión de las posibles tecnologías generadoras de frío, en el campo de la refrigeración y de la generación de frío, tienen una cuota de mercado superior al 90%. Para la generación de calor las bombas de calor, que funcionan con el mismo principio, tienen una cuota de mercado creciente y en total una cuota de aprox. un 5-10% en el mercado alemán, con una fuerte tendencia al alza.
- 10
- 15 El volumen muerto del distribuidor y en particular de la pieza de conexión puede minimizarse de esta forma y por ello prometen una separación de fase muy reducida. Siempre que las pérdidas de potencia para un determinado modo de realización del distribuidor no se hagan demasiado grandes y ya no esté garantizada una capacidad de regulación de la válvula de expansión en el circuito de refrigeración, puede variarse la corriente máscica con una influencia reducida sobre la calidad de la distribución. Se trata de un paso importante para hacer posible, incluso para el componente evaporador, una robustez para el funcionamiento regulado por potencia. Además de esta mejora directa de las características como distribuidor, la utilización significa una reducción adicional de los volúmenes internos del evaporador. Por ello este distribuidor tiene unas claras ventajas con respecto a los planteamientos actuales, para disminuir también la reducción de refrigerantes dañinos para el medio ambiente o combustibles. La presente invención se refiere en particular a una tecnología de unión específica entre el distribuidor de fluido e el bloque de nervios y tubos planos que transmiten calor, es decir, al verdadero transmisor de calor de 1 paso. A este respecto puede tratarse, o bien de una zona de conexión en el mismo componente de chapa, o de una pieza de conexión aparte. Sin embargo, esto último causa muchas uniones individuales entre el distribuidor y la pieza de conexión, lo que dificulta un modo constructivo estanco a la presión del componente. Sin embargo, la ventaja consiste en que en las piezas intermedias tubulares puede usarse e insertarse una boquilla (60), que a la entrada de la zona de conexión causa una pulverización del fluido procedente del distribuidor. De este modo puede controlarse una distribución de fases incluso a la entrada del único tubo plano. También es concebible que estos suplementos de boquilla estén dispuestos directamente en canales delante de la zona de conexión en el componente combinado, que reúne tanto el distribuidor como la zona de conexión.
- 20
- 25
- 30 Una forma de realización preferida de la invención prevé que la ramificación en cascada y binaria de los canales de guiado de fluido del elemento de distribución de fluido esté realizada simétricamente. Una distribución simétrica en el distribuidor de fluido prevé que cada canal de guiado de fluido se desdoble en un número igual de canales de guiado de fluido, de tal manera que para cada canal de guiado de fluido se obtiene la misma pérdida de presión.
- 35
- Las distancias entre los diferentes planos de ramificación y/o la longitud de los planos de ramificación pueden adaptarse a una estabilización del flujo. Es concebible que, además de las citadas boquillas a la salida del elemento de distribución de fluido, se usen otros suplementos o unas zonas conformadas específicamente para una estabilización del flujo en cada plano de ramificación. La rectificación o estabilización del flujo acelerada puede conducir a un modo constructivo más compacto. Esto influye en gran medida en las longitudes del recorrido del flujo necesarias, que son responsables de una distribución del flujo homogénea y que son ventajosas para el proceso de distribución.
- 40
- 45 Los planos de ramificación individuales de los canales de distribución de fluido están a este respecto distanciados unos de otros de forma preferida, de tal manera que se garantiza una configuración óptima de la forma de flujo en la zona respectivamente delante del siguiente plano de ramificación. Los diferentes puntos de ramificación de la cascada de los canales de distribución de fluido presentan de forma preferida una distancia mínima entre ellos, que se corresponde con una quinta parte del diámetro hidráulico.
- 50
- El ajuste hidráulico puede diseñarse de forma más sencilla en el modo de realización simétrico de las ramificaciones. Evidentemente también puede realizarse en un modo de realización asimétrico. La diferencia consiste a este respecto en que a partir del punto de ramificación, en el modo de realización asimétrico, en la mayoría de las ramificaciones no existe ninguna línea especular no curvada. Este modo de realización se basa en aplicaciones como las que se describen en el documento WO 2004/097323 A1.
- 55
- 60 Conforme al principio de la presente invención, el sistema de intercambiador presenta al menos un transmisor de calor de 1 paso. Para el caso en el que el sistema de intercambiador de calor solamente comprenda un transmisor de calor, éste está incrustado entre el elemento de distribución de fluido y el sistema colector de fluido y se alimenta con fluido a través del elemento de distribución de fluido, mientras que la evacuación del fluido se realiza a través del elemento colector de fluido. Para el caso en el que se disponga de varios transmisores de calor, la disposición se realiza de tal manera que los transmisores de calor de 1 paso están apilados y por ellos fluye el aire, ya sea con

5 contracorriente cruzada o corriente continua cruzada. El conexionado de los transmisores de calor de 1 paso individuales se realiza después a través de unos codos, que a su vez unen entre sí respectivamente un tubo. Cada transmisor de calor de 1 paso tiene de este modo el mismo número de tubos planos. Cada uno de estos codos debe hacer posible una variación de la dirección de flujo en 180°, para alimentarse durante la reentrada al transmisor de calor de 1 paso respectivamente subsiguiente.

En otra forma de realización preferida los canales de guiado de fluido del elemento de distribución de fluido están dispuestos en plano horizontalmente en un plano o presentan una curvatura y/o una dobladura en una dimensión adicional.

10 En otra forma de realización la salida de fluido de cada canal de guiado de fluido de un elemento de distribución de fluido está configurada al final del respectivo canal de guiado de fluido, es decir, está dispuesta en el plano en el que tiene lugar el flujo de fluido. Alternativamente a esto, sin embargo, es también posible que la salida de fluido de cada canal de guiado de fluido de un elemento de distribución de fluido esté insertada en la pared del respectivo canal de guiado de fluido, y en especial se prefiere a este respecto que la salida de fluido esté configurada como rendija o como orificio rasgado, que puede extenderse por una gran parte de la longitud del último plano de ramificación de cada canal de guiado de fluido. En esta forma de realización se desvía el flujo de fluido por ejemplo en 90° al salir del canal de guiado de fluido.

En otra forma de realización preferida el elemento de distribución de fluido, que se describe con mayor detalle más adelante, puede utilizarse en el sistema de intercambiador de calor conforme a la invención.

20 En estas formas de realización descritas anteriormente es especialmente ventajoso que la salida de fluido insertada en la pared del canal de guiado de fluido presente un saliente sencillo o con espaldilla de la pared del elemento de guiado de fluido, en donde la abertura de entrada o el elemento de unión está unido(a) mediante la aportación de material al saliente. De este modo puede controlarse la profundidad de penetración de los tubos planos encajados.

25 Alternativa o adicionalmente a esto es también posible que la entrada tubular del transmisor de calor (siempre que se establezca una unión directa entre el transmisor de calor y el distribuidor de fluido) o el elemento de unión (siempre que se establezca una unión indirecta entre el transmisor de calor y el distribuidor de fluido) presente, en la zona de la unión a establecer con el distribuidor de fluido, un estrechamiento de la respectiva pieza de conexión, es decir del tubo respectivo, de tal manera que los respectivos elementos puedan incorporarse al saliente del distribuidor de fluido. Las entradas tubulares o los elementos de unión respectiva(o)s están a este respecto también unido(a)s mediante la aportación de material al saliente del elemento de distribución de fluido.

30 Otra forma de realización preferida prevé que, en el caso de una unión directa del elemento de distribución de fluido al transmisor de calor de 1 paso, entre una salida de fluido del elemento de distribución de fluido y la abertura de entrada de un tubo correspondiente del transmisor de calor, esté dispuesto un suelo del tubo, un recipiente de distribución, una caja distribuidora, colectora o una parte de los mismos. Alternativamente a esto, en el caso de una unión indirecta del elemento de distribución de fluido al transmisor de calor de 1 paso, a través de un elemento de unión esté dispuesto un suelo del tubo, un recipiente de distribución, una caja distribuidora, colectora o una parte de los mismos, entre el elemento de unión y la abertura de entrada del tubo correspondiente del transmisor de calor.

35 Una caja colectora citada anteriormente puede presentar una carcasa con un número de entradas correspondiente al número de salidas de fluido del elemento de distribución de fluido y un mismo número de salidas, en donde cada entrada está asociada a una salida, y en el interior de la carcasa está definido a través de unas chapas de separación un canal obturado para el fluido.

La caja colectora puede estar conformada por ejemplo cilíndricamente y componerse de dos medias carcasas.

45 Las chapas de separación, que están dispuestas por parejas dentro de la carcasa de la caja colectora, forman de este modo un volumen parcial cerrado de la carcasa colectora, a través de la cual de esta forma fluye el elemento de distribución de fluido en la dirección del transmisor de calor. La restante zona volumétrica de la caja colectora no se llena de este modo con el fluido, en el caso de una unión estanca a los fluidos de las chapas de separación por parejas a la caja colectora. Esto se usa en particular para minimizar el volumen para el fluido en el sistema de intercambiador de calor.

50 Una caja colectora de este tipo tiene en especial un efecto estabilizador en un proceso de producción de cada transmisor de calor de 1 paso individual. En la caja colectora pueden incorporarse ya en las aberturas correspondientes las bocas tubulares prefabricadas, tanto del elemento de distribución de fluido como del transmisor de calor y, a continuación, unirse a la caja colectora. De forma preferida esto se confecciona en un horno de soldadura con atmósfera controlada, en donde la carcasa de la caja colectora está dividida en dos partes, para hacer posible una unión aparte mediante la aportación de material del elemento de distribución de fluido a una mitad de la caja colectora y del transmisor de calor de 1 paso a la otra mitad de la caja colectora. Hasta un paso de proceso posconectado no se une la caja colectora de nuevo mediante la aportación de material. Evidentemente no en el horno de soldadura sino más bien con un procedimiento de soldadura. Esto hace posible, por un lado, un modo de realización más compacto de los componentes, que deben unirse en la calle de soldadura (lo que es con frecuencia

5 necesario a causa de una dimensiones limitadas de las dimensiones de la calle de soldadura). Por otro lado la caja colectora dividida en dos partes puede unirse fácilmente, por ejemplo con un procedimiento de soldadura, ya que la unión presenta una costura (longitud de costura) pequeña en comparación con el volumen constructivo. También es concebible que, en algunas pocas calles de soldadura limitadas se realice una fabricación completa mediante la aportación de material sin dividir en dos partes la caja colectora.

En una caja colectora de este tipo es especialmente preferible que la geometría de las entradas y/o de las salidas de la caja colectora se corresponda con la sección transversal de las salidas de fluido del elemento de distribución de fluido o con la sección transversal de las salidas de fluido del elemento de unión o con la sección transversal de los tubos por los que puede existir flujo, de forma preferida tubos planos del transmisor de calor de 1 paso.

10 Es además ventajoso que la carcasa de la caja colectora o una parte de la carcasa, por ejemplo una media carcasa citada anteriormente de una carcasa cilíndrica, esté configurada de forma entera con las salidas de fluido del elemento de distribución de fluido. Una configuración entera de este tipo de la carcasa de la caja colectora o de una parte de la carcasa de una caja colectora correspondiente puede producirse por ejemplo mediante un procedimiento de embutición profunda o mediante conformados por alta presión, etc.

15 Pueden obtenerse otras ventajas si los elementos de unión, el elemento de distribución de fluido y el transmisor de calor están unidos entre ellos, curvados o doblados. A este respecto puede realizarse un ahorro de espacio adicional del transmisor de calor de 1 paso.

20 Es además ventajoso que el elemento de unión presente, de forma similar a como se ha descrito anteriormente, orificios rasgados o rendijas y, de este modo, esté realizado de forma similar a en una conexión directa del transmisor de calor de 1 paso al elemento de distribución de fluido. De esta manera, análogamente a la utilización por parejas de las chapas de separación en una caja colectora cilíndrica y eventualmente dividida en dos partes, puede obtenerse una unión prefabricada entre el elemento de distribución de fluido y el transmisor de calor de 1 paso, que pueda integrarse más fácilmente en un proceso de fabricación con calle de soldadura.

25 La presente invención se refiere también a un procedimiento para producir un sistema de intercambiador de calor descrito anteriormente, en el que

- a) el elemento de distribución de fluido, el transmisor de calor así como dado el caso el suelo del tubo, el recipiente de distribución, la caja distribuidora, colectora o una parte de los mismos, o bien
 - b) el elemento de distribución de fluido, el transmisor de calor y los elementos de unión así como dado el caso el suelo del tubo, el recipiente de distribución, la caja distribuidora, colectora o una parte de los mismos, se ensamblan en unión positiva de forma y además se unen entre ellos mediante la aportación de material y de forma estanca a los fluidos.
- 30

La unión mediante la aportación de material y estanca a los fluidos se realiza en especial mediante un proceso de soldadura.

35 La invención se refiere también a un elemento de distribución de fluido, que presenta una entrada central y una guía de fluido de tipo canal estanca a los fluidos, que se ramifica en cascada y binariamente en varios canales de guiado respectivamente con una salida de fluido, en donde la salida de fluido de cada canal de guiado de fluido está insertada en la pared del canal de guiado de fluido.

40 Con relación a unas formas de realización preferidas del elemento de distribución de fluido, se hace referencia a las formas de realización anteriores, realizadas con el elemento de distribución de fluido contenido en el sistema de intercambiador de calor de 1 paso conforme a la invención. Todas las formas de realización preferidas allí para este elemento fluido son también objeto del elemento de distribución de fluido conforme a la invención.

45 Otra forma de realización preferida del elemento de distribución de fluido conforme a la presente invención prevé que la sección transversal del canal de guiado de fluido, al menos en la zona de la salida de fluido, esté aumentada en comparación con la sección transversal del canal de guiado de fluido en la zona de la cascada en el caso de la unión directa entre el elemento de distribución de fluido y el transmisor de calor de 1 paso. De este modo puede variarse por un lado, por ejemplo, la profundidad de inserción de los tubos planos insertados.

La presente invención se describe con más detalle con base en las siguientes figuras, sin limitar la invención evidentemente a las formas de realización representadas específicamente.

50 La figura 1 muestra una unión indirecta entre un elemento de distribución de fluido 20, un transmisor de calor de 1 paso 30 y un elemento de unión 40 para formar el sistema de intercambiador de calor de 1 paso conjunto. El elemento de distribución de fluido 20 comprende a este respecto un gran número de canales de guiado de fluido 22 guiados en paralelo; la entrada central 21, las ramificaciones hacia los en total 8 canales de guiado de fluido 22 representados así como el sistema o elemento colector de fluido dispuesto en el lado de salida no se han representado en la figura 1. El elemento de unión se compone en esta forma de realización de una pieza, pero para cada abertura de salida del elemento de distribución de fluido así como de cada tubo del transmisor de calor de 1 paso contiene una conexión. Como se muestra en la figura 12, esta forma de realización hace posible una conexión

55

del transmisor de calor a las aberturas en forma de orificios rasgados o rendijas.

Cada uno de los canales de guiado de fluido 22 del elemento de distribución de fluido 20 presenta a este respecto una salida de fluido 23b que, en el caso de la figura 1, está insertada en la pared de cada canal de guiado de fluido 22. El contorno de la abertura de estas salidas de fluido 23b se corresponde con los de los tubos planos 33 del transmisor de calor de 1 paso 30, de tal manera que el transmisor de calor de 1 paso 30 puede encajarse en unión positiva de forma en el elemento de distribución de fluido 20. El transmisor de calor de 1 paso 30 está estructurado a este respecto con varios tubos planos 31 que discurren mutuamente en paralelo, que están unidos entre sí respectivamente a través de unas laminillas de refrigeración por aire 32. Los tubos 31 pueden recibir el fluido a través de un lado 33 (entrada tubular), y los tubos planos 31 presentan en el lado opuesto una salida de fluido 34. Las entradas de fluido 33 del transmisor de calor de 1 paso 30 sobresalen algo de los nervios 32, de tal manera que el sobrante puede implantarse en las salidas de fluido 23b respectivas del elemento de distribución de fluido 20. Una unión entre los elementos de distribución de fluido 20 y el transmisor de calor de 1 paso 30 puede establecerse por ejemplo mediante un procedimiento de soldadura.

La figura 2 muestra una exposición esquemática de otra forma de realización preferida de un sistema de intercambiador de calor de 1 paso 10 conforme a la invención. En la figura 2 se especifican dos exposiciones en perspectiva, en donde la perspectiva A representa una vista de la exposición B en el plano del dibujo desde la izquierda.

El sistema de intercambiador de calor de 1 paso 10, como se ha representado en la figura 2, está formado por un elemento de distribución de fluido 20, un transmisor de calor de 1 paso 30 así como por unos elementos de unión 40, dispuestos entre el elemento de distribución de fluido 20 y el transmisor de calor de 1 paso 30, y por una caja colectora 70.

El elemento de distribución de fluido 20 presenta a este respecto de nuevo varios canales de distribución de fluido 22 guiados en paralelo, respectivamente con una aberturas de salida de fluido 23a practicadas al final del canal de distribución de fluido. En estas aberturas de salida 23a pueden implantarse los elementos de unión 40 unirse a los canales 22, por ejemplo mediante un procedimiento de soldadura.

El transmisor de calor de 1 paso 30 está realizado de forma análoga a como se ha representado en la figura 1. Como transición entre el elemento de distribución de fluido 20 y el transmisor de calor 30 está aplicada una caja colectora, que se compone de una carcasa 71 y de unas chapas de separación 74 aplicadas a la carcasa. Mediante las chapas de separación 74 aplicadas por pareja se obtiene un canal 75 obturado dentro de la caja colectora 70. La carcasa 71 de la caja colectora 70 presenta varias aberturas de entrada 72, que están previstas en los puntos en los que los elementos de unión 40 deben unirse a la caja colectora 70 o implantarse en la misma. Las chapas de separación 74 están dispuestas a este respecto dentro de la caja colectora 70, de forma preferida de tal manera que el flujo de fluido, que entra en la caja colectora 70 desde los elementos de unión 40, se introduce directamente en los canales 75 obturados. La parte de carcasa 71 dispuesta en el otro lado de la caja colectora 70 presenta a este respecto varias aberturas de salida 73, a través de las cuales el fluido conducido por los canales de flujo 75 puede salir de la caja colectora 70. En estas aberturas 73 pueden implantarse o insertarse también las aberturas de entrada de fluido 33 del transmisor de calor de 1 paso 30. Toda la unión formada por los distintos componentes puede estar unida entre sí mediante un procedimiento de soldadura. Del mismo modo es posible una unión de uniones parciales. De forma preferida el elemento de distribución de fluido 20, los elementos de unión 40 así como la mitad de la caja colectora 71 con las conexiones para los elementos de unión 72 se procesa como unión parcial, así como el transmisor de calor 30 con la otra mitad de la caja colectora 71 con las conexiones 73 para los tubos y opcionalmente las chapas de separación 74 por parejas.

La figura 3 muestra el dibujo fragmentado de la figura 2 en una exposición en perspectiva, en donde los símbolos de referencia iguales representan los mismos elementos.

Otra forma de realización del sistema de intercambiador de calor de 1 paso conforme a la invención se ha representado en la fig. 4. Esta forma de realización es similar fundamentalmente a la forma de realización representada en la figura 3; también aquí están dispuestos los elementos de unión 40 entre el elemento de distribución de fluido 20 y el transmisor de calor 30. La figura 4A muestra una vista en planta sobre el sistema de intercambiador de calor de 1 paso conforme a la invención, mientras que la figura 4B representa un dibujo fragmentado esquematizado de este sistema. La figura 4C muestra además el ensamblaje parcial del elemento de distribución de fluido 20 y de los elementos de unión 40. Lo decisivo en la figura 4 es que los elementos de unión 40 presentan una curvatura 51 y están equipados con una zona de transición 80, en la que la sección transversal originalmente redonda del elemento de unión se transforma en una sección transversal de tubo aplanada. En este sentido es posible una unión directa de este segmento final 80 a los tubos planos 31 del transmisor de calor. La chapa de separación 70 representada en las figuras se usa a este respecto para estabilizar la reunión entre las aberturas de salida 80 de los elementos de unión y las aberturas de entrada 33 del transmisor de calor. Aquí es también concebible que para la fabricación de la unión entre el transmisor de calor 30 y la caja colectora 70 también se suelden los elementos de unión en un paso de procedimiento, y sólo la conexión al elemento de distribución de fluido 20 se realice en un paso de procedimiento subsiguiente, para dejar compactas las dimensiones para el procesamiento en la calle de soldadura.

La figura 5 muestra la forma de realización representada esquemáticamente en la figura 4 en una exposición en perspectiva, en donde los símbolos de referencia iguales designan los mismos elementos.

En la figura 6 se ha representado otra forma de realización preferida. Esta forma de realización se corresponde fundamentalmente con una combinación de las formas de realización, como se ha representado en la figura 2 y en la figura 4. También aquí muestran las figuras 6A y 6B unos dibujos fragmentados así como la figura 6C una vista en planta sobre un sistema de intercambiador de calor de 1 paso conforme a la invención. Se han representado de nuevo un elemento de distribución de fluido 20, unos elementos de unión 40, una caja colectora 70 así como un transmisor de calor de 1 paso, que pueden combinarse para formar un sistema de intercambiador de calor de 1 paso conjunto. La caja colectora 70 está realizada como se ha representado en la figura 2, además de esto los elementos de unión 40 están realizados acodados 51 y presentan, como se ha representado por ejemplo en la figura 6c, una dobladura en ángulo recto.

La figura 7 muestra la exposición en perspectiva de un sistema de intercambiador de calor de 1 paso descrito en la figura 6, en donde los símbolos de referencia iguales designan los mismos elementos. La figura 8 muestra un corte de una conexión de salidas de fluido 23 de un elemento de distribución de fluido 20 en una caja colectora 70, a través de una caja colectora 70 en un transmisor de calor de 1 paso. Pueden verse bien las dos medias carcasas que forman la carcasa 71 de la caja colectora 70. Los canales de guiado de fluido 22 están configurados a este respecto de forma enteriza con la caja colectora 70, mientras que en las aberturas de salida 73 en el lado opuesto de la caja colectora 70 están practicadas las aberturas de entrada del transmisor de calor 30.

La caja colectora 70 conforme a la figura 8 presenta además una abertura, en la que puede insertarse un elemento de fijación 76, por ejemplo una pieza metálica maciza o una chapa conformada de forma correspondiente, a través de la cual puede fijarse la caja colectora 70 junto con los otros elementos incorporados durante el proceso de producción, es decir al unir todos los elementos por ejemplo a través de un proceso de soldadura. Esta forma de realización es concebible para fijar tubos y nervios que estén sueltos y para el procesamiento en la calle de soldadura, en general para cada forma de realización del transmisor de calor de 1 paso. La figura 9 muestra en especial unas formas de realización para los canales de guiado de fluido 22 de un elemento de distribución de fluido 20, en las que las salidas de fluido 23b están practicadas en la pared del canal de guiado de fluido 22. Estos canales de salida de fluido pueden estar configurados por ejemplo como orificios rasgados o como unas rendijas correspondientes. En estas aberturas de salida 23b puede estar insertado por ejemplo un elemento de unión 40 en unión positiva de forma. El elemento de unión 40 presenta, en la zona en la que se une al canal de guiado de fluido 22, un estrechamiento 26 de la sección transversal. En la figura 9 se ha representado a la izquierda una forma de realización que representa un cuello 25a sencillo; a este respecto la pared del canal de guiado de fluido está adaptada de forma correspondiente al diámetro del elemento de unión. En la figura 9 a la derecha se ha representado una forma de realización que presenta un cuello 25 con espaldilla, en donde el saliente tiene una ligera muesca, de tal manera que puede establecerse cierta separación entre el elemento de unión 40 y el canal de guiado de fluido 22. En lugar del elemento de unión 40 puede incorporarse también, sin embargo, directamente un transmisor de calor de 1 paso 30 (no representado) en el saliente. Una forma de realización de este tipo se ha representado por ejemplo en la figura 12.

La figura 10 muestra una chapa inferior a modo de ejemplo de una estructura de distribución de fluido 20 en el modo de fabricación IHB. El elemento de distribución de fluido presenta una entrada de fluido 21 común; se produce una distribución asimétrica de los canales individuales para formar diferentes canales de distribución de fluido 22, que debe realizarse de forma preferida con simetría especular para simplificar el proceso de distribución. El elemento de distribución de fluido se acaba mediante una chapa correspondiente.

La figura 11 muestra una forma de realización especial de un elemento de distribución de fluido, en el que directamente a la abertura de salida de los canales de distribución de fluido 22 se han agregado unas boquillas 60, para influir en el flujo de fluido y/o en el comportamiento de condensación o vaporización del fluido que fluye. La figura 12a muestra un único canal de guiado de fluido 22, en el que se ha practicado un orificio rasgado 23b en la pared de este canal. Por el canal de guiado de fluido 22 fluye a este respecto un fluido en la figura 12 de derecha a izquierda, en donde el fluido abandona el canal de guiado de fluido 22 perpendicularmente al plano de dibujo, hacia arriba, a través del orificio rasgado 23b.

En la vista en planta desde arriba puede verse bien el ensanchamiento del canal de guiado de fluido 22, configurado en la zona del orificio rasgado 23b. En esta zona, el canal de guiado de fluido 22 presenta una sección transversal de tubo ensanchada o aumentada. El ensanchamiento 24 del corte del canal de guiado de fluido 22 está configurado a este respecto, adicionalmente, justo delante de la zona del orificio rasgado.

La figura 12b muestra otra exposición en perspectiva del canal de guiado de fluido 22 reproducido en la figura 12a, mientras que la exposición en perspectiva representada en la figura 12b se corresponde con una vista de la reproducción representada en la figura 12a, según se mira el plano de la imagen desde arriba sobre el canal de guiado de fluido 22. En la perspectiva representada en la figura 12b el orificio rasgado 23b está configurado arriba sobre el canal de guiado de fluido. Puede verse igualmente que el canal de guiado de fluido o toda la estructura se ha producido mediante la unión de dos chapas mediante un procedimiento de ensamblaje. Además de esto puede verse que el ensanchamiento 24 del canal de guiado de fluido está configurado en especial también en la chapa

situada debajo del canal de guiado de fluido 22, de tal manera que el canal de guiado de fluido 22 presenta una especie de depresión en la zona opuesta al orificio rasgado 23b. Mediante esta depresión se garantiza, por un lado, que puede variarse la profundidad de inserción de tubos planos encajados en el orificio rasgado 23b. Por otro lado también puede mejorarse el flujo del fluido mediante una depresión 24 de este tipo.

- 5 La figura 13 muestra otra posible forma de realización de una estructura de distribución de fluido 20, que está curvada en otra dimensión 50. También una estructura de distribución de este tipo es apropiada para producir un sistema de intercambiador de calor de 1 paso conforma a la presente invención.

- 10 La figura 14 muestra a modo de ejemplo unos procedimientos de producción para introducir una estructura de canal en un elemento de distribución de fluido. La estructura de canal se conforma en dos fases con ayuda de medios activos y/o energía activa en combinación con una herramienta de registro de moldeo, en donde la dirección de conformación o la posición de los medios sin moldeo y los elementos de registro de forma es recíproca con relación al componente a conformar. Mediante el modo de proceder recíproco se reduce el material de partida en las tres zonas I, II y III lo que, aparte de una distribución final homogénea de los grosores de pared, permite un menor grosor de pared inicial (eficiencia de material, construcción ligera) y, además de esto, hace posible un mejor moldeo geométrico de un canal de fluido semicircular. La figura 14 representa dos posibles modos de realización del proceso en dos fases, en donde por cada fase se ha representado en la mitad izquierda la situación inicial y en la mitad derecha la situación final de la fase.

- 15 Los procedimientos de conformado de este tipo de chapas pueden materializarse en especial mediante procedimientos de conformado por alta presión interior, en donde se emplean en especial fluidos. Las zonas rayadas representadas en la figura 14 representan una especie de matriz, a través de la cual pueden incorporarse mediante presión las chapas (rayas continuas negras) en el medio de herramienta de matriz. A este respecto son concebibles dos variantes, por un lado una matriz conformada negativamente (figura 14, parte izquierda), así como una matriz conformada positivamente (figura 14, parte derecha).

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de intercambiador de calor (10), que comprende

- a) un elemento de distribución de fluido (20) con una entrada central (21) y varios canales de guiado de fluido (22) respectivamente con una salida de fluido (23),
- 5 b) al menos un transmisor de calor de 1 paso (30), que se compone de varios tubos (31) dispuestos en un plano por los que puede existir un flujo con superficies parciales planas, de forma preferida tubos planos, así como unos nervios (32) que están unidos a los tubos (31) en estas superficies parciales planas, y alrededor de los nervios (32) puede fluir aire para el intercambio de calor, en donde cada uno de los tubos (31) dispuestos en un plano por los que puede existir un flujo presenta una entrada de tubo (33) para un fluido y una salida de tubo (34) para un fluido, en donde las salidas de tubo (34) desembocan en un sistema colector de fluido, en donde
- 10 el elemento de distribución de fluido (20) presenta el mismo número de salidas de fluido (23) que tubos (31) por los que puede existir flujo presenta el transmisor de calor de 1 paso (30), **caracterizado porque** el elemento de distribución de fluido (20) comprende una guía de fluido de tipo canal estanca a los fluidos, que se ramifica en cascada y binariamente en el gran número de canales de guiado de fluido (22), o
- 15 c) está establecida una unión indirecta del elemento de distribución de fluido (20) al transmisor de calor de 1 paso (30), en donde cada salida de fluido (23) del elemento de distribución de fluido (20) está unida mediante la aportación de material y de forma estanca a los fluidos respectivamente a una entrada de tubo (33) de un tubo (31) del transmisor de calor (30), o
- 20 d) está realizada una unión indirecta del elemento distribuidor de fluidos (20) con el transmisor de calor de 1 paso (30) en donde cada salida de fluido (23) del elemento distribuidor de fluidos (20) está unido con aportación de material y de forma impermeable con respectivamente una entrada de tubo (33) de un tubo (31) del transmisor de calor (30), en donde la unión está establecida a través de respectivamente un elemento de unión (40) por el que pueden fluir de modo estanco los fluidos, o a través de un elemento de
- 25 unión (40) con un número de guías de fluido (41) que se corresponde con el número de las salidas de fluido (23) y las entradas de unión del tubo (33).

2.- Sistema de intercambiador de calor (10) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la ramificación en cascada y binaria de los canales de guiado de fluido del elemento de distribución de fluido (20) está realizada simétricamente.

30 3.- Sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los canales de guiado de fluido (22) del elemento de distribución de fluido están dispuestos en plano horizontalmente en un plano o presentan una curvatura (50) y/o una dobladura en una dimensión adicional.

4.- Sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la salida de fluido (23) de cada canal de guiado de fluido (22)

- a) está configurada al final (23a) del respectivo canal de guiado de fluido (22), o
- 35 b) está instalada en la pared del canal de guiado de fluido (22), en especial como rendija u orificio rasgado (23b).

5.- Sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la salida de fluido (23b) insertada en la pared del canal de guiado de fluido (22) presenta un saliente (25a) sencillo o con espaldilla (25b) de la pared del elemento de guiado de fluido y/o la entrada de tubo (33) o el elemento de unión (40) presenta una sección transversal (26) estrechada, en donde la entrada de tubo (33) o el elemento de unión (40) está unid(a) mediante la aportación de material al saliente (25a, 25b).

6.- Sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la salida de fluido del elemento de distribución de fluido (20) y/o el elemento de unión (40) estanco a los fluidos, por el que puede existir flujo, presenta una boquilla (60) para influir en el perfil de flujo del fluido.

7.- Sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**

- (a) en el caso de una unión directa del elemento de distribución de fluido (20) al transmisor de calor de 1 paso (30), entre una salida de fluido (23) del elemento de distribución de fluido (20) y la entrada de tubo (33) de un tubo (31) correspondiente del transmisor de calor, o
- 50 (b) en el caso de una unión indirecta del elemento de distribución de fluido (20) al transmisor de calor de 1 paso (30), a través de un elemento de unión (40) el elemento de unión (40) y la entrada de tubo (33) del tubo (31) correspondiente del transmisor de calor (30) está dispuesto un suelo del tubo, un recipiente de distribución, una caja distribuidora o colectora (70) o una parte de los mismos.

8.- Sistema de intercambiador de calor (10) según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la caja colectora (70) presenta una carcasa (71) con un número de entradas (72) correspondiente al número de salidas de fluido del elemento de distribución de fluido y un mismo número de salidas (73), en donde cada entrada (72) está asociada a una salida (73), y en el interior de la carcasa (71) está definido a través de unas chapas de separación (74) un canal

(75) obturado para el fluido.

- 5 9.- Sistema de intercambiador de calor (10) según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la geometría de las entradas (72) y/o de las salidas (73) de la caja colectora (70) se corresponde con la sección transversal de las salidas de fluido (23) del elemento de distribución de fluido (20) o con la sección transversal de las salidas de fluido del elemento de unión (40) o con la sección transversal de los tubos (31) por los que puede existir flujo con superficies parciales planas, de forma preferida tubos planos del transmisor de calor de 1 paso (30).
- 10.- Sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones 8 ó 9, **caracterizado porque** la carcasa (71) de la caja colectora (70) o una parte de la carcasa (71a) está configurada de forma enteriza con las salidas de fluido (23) del elemento de distribución de fluido (20) o con los elementos de unión (40).
- 10 11.- Sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los elementos de unión (40) están doblados o curvados (51).
12. Procedimiento para producir un sistema de intercambiador de calor (10) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que
- 15 a) el elemento de distribución de fluido (20), el transmisor de calor (30) así como dado el caso el suelo del tubo, el recipiente de distribución, la caja distribuidora, colectora (70) o una parte de los mismos, o bien
- b) el elemento de distribución de fluido (20), el transmisor de calor (30) y los elementos de unión (40) así como dado el caso el suelo del tubo, el recipiente de distribución, la caja distribuidora, colectora (70) o una parte de los mismos,
- 20 se ensamblan en unión positiva de forma y además se unen entre ellos mediante la aportación de material y de forma estanca a los fluidos.
- 13.- Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la unión mediante la aportación de material y estanca a los fluidos se realiza mediante un proceso de soldadura.
- 25 14.- Elemento de distribución de fluido (20), que comprende una entrada central (21) y una guía de fluido de tipo canal estanca a los fluidos, que se ramifica en cascada y binariamente en varios canales de guiado de fluido (22) respectivamente con una salida de fluido (23), en donde la salida de fluido (23b) de cada canal de guiado de fluido (22) está insertada en la pared del canal de guiado de fluido (22), **caracterizado porque** la sección transversal del canal de guiado de fluido, en la zona de la salida de fluido (23b), está aumentada en comparación con la sección transversal del canal de guiado de fluido (22) en la zona de la cascada (24).

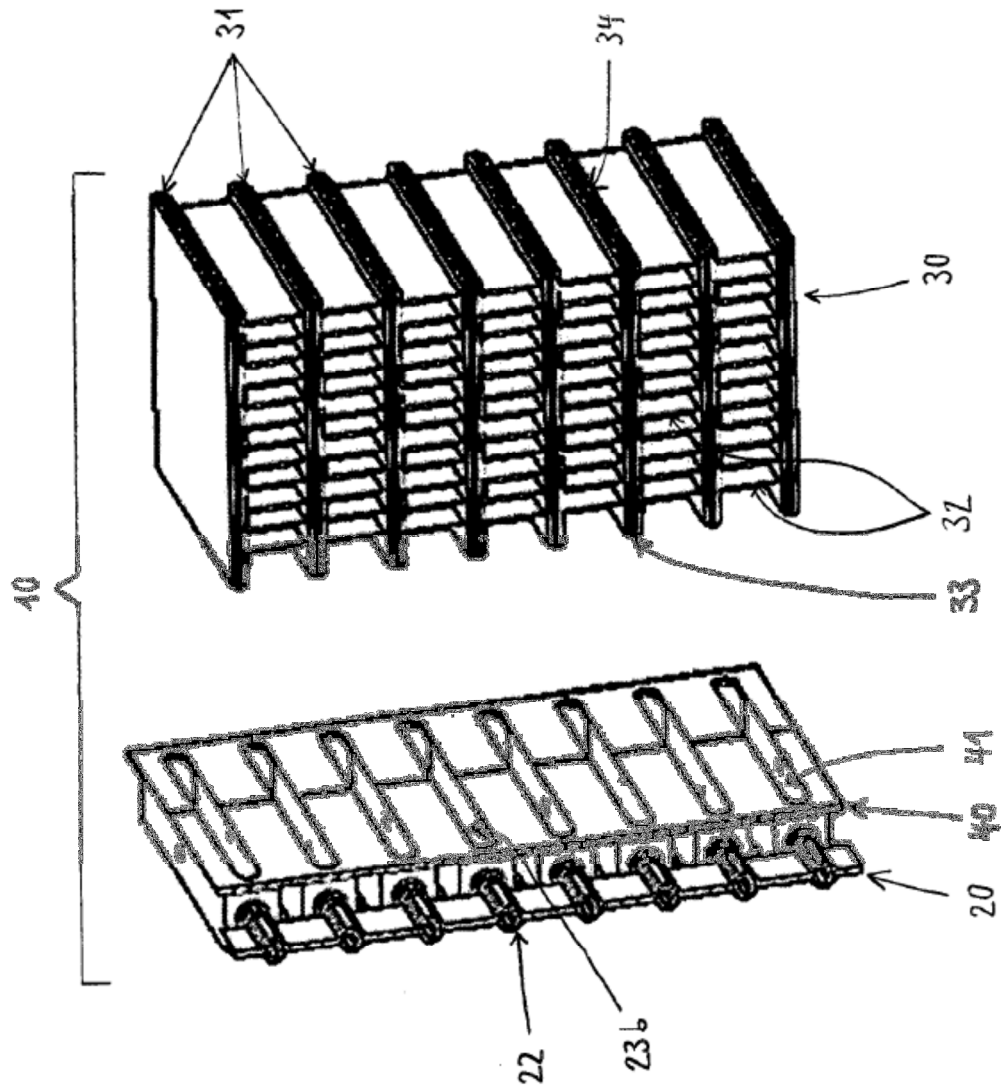


Figura 1

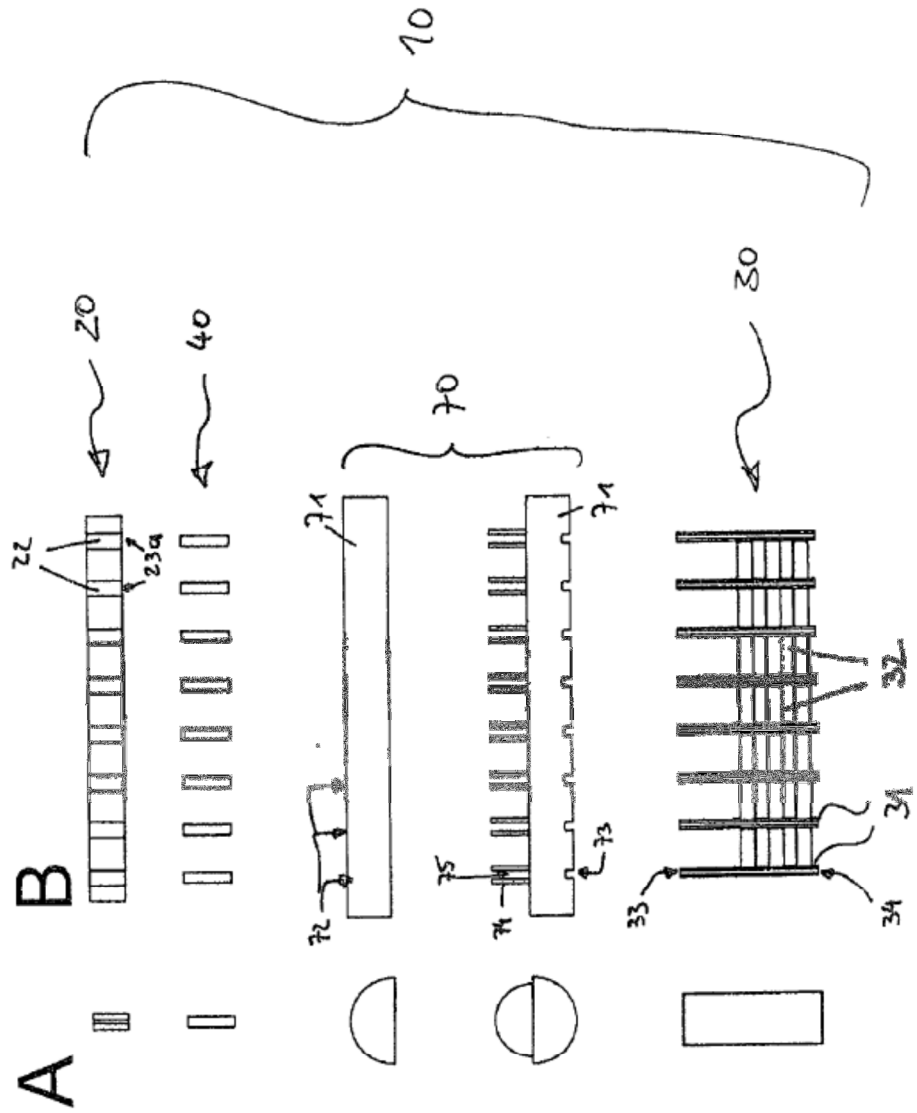


Figura 2

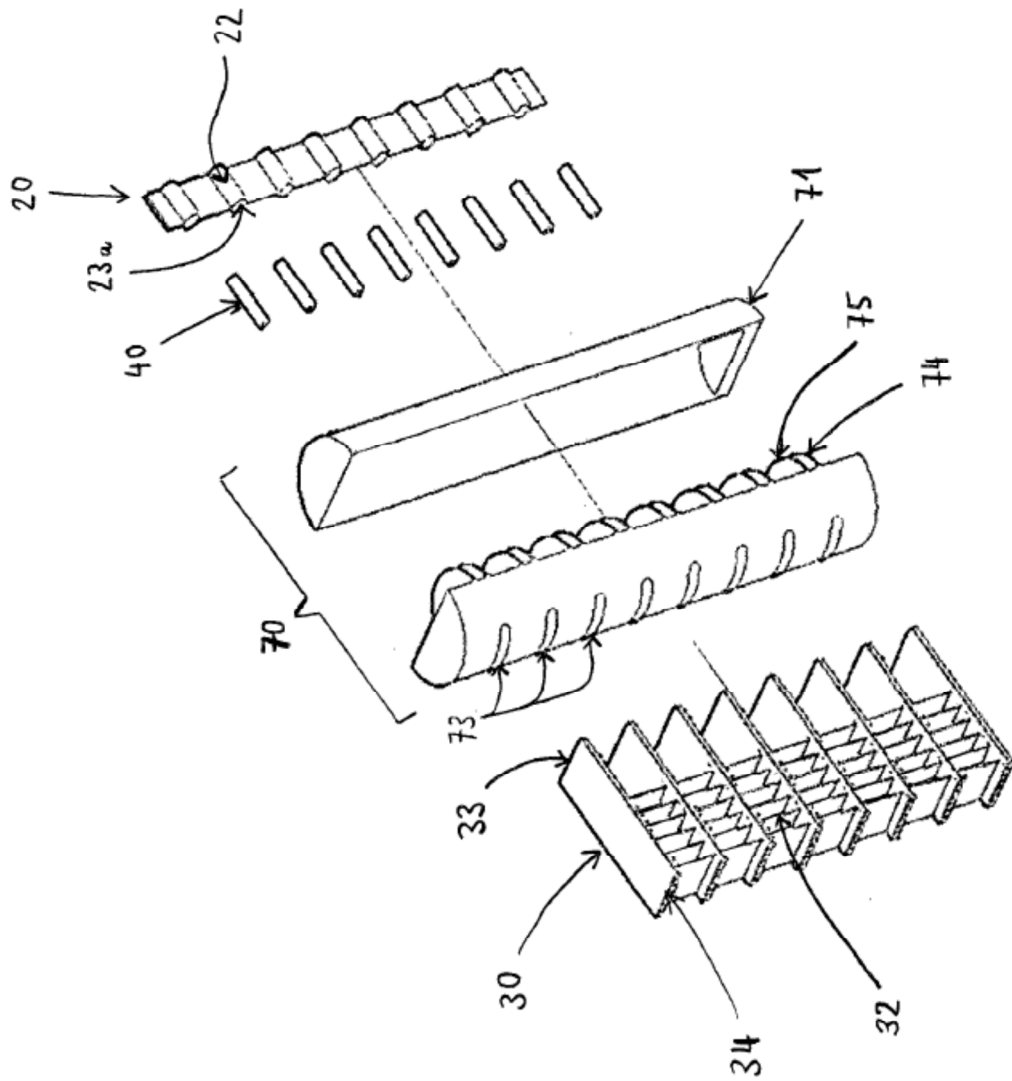


Figura 3

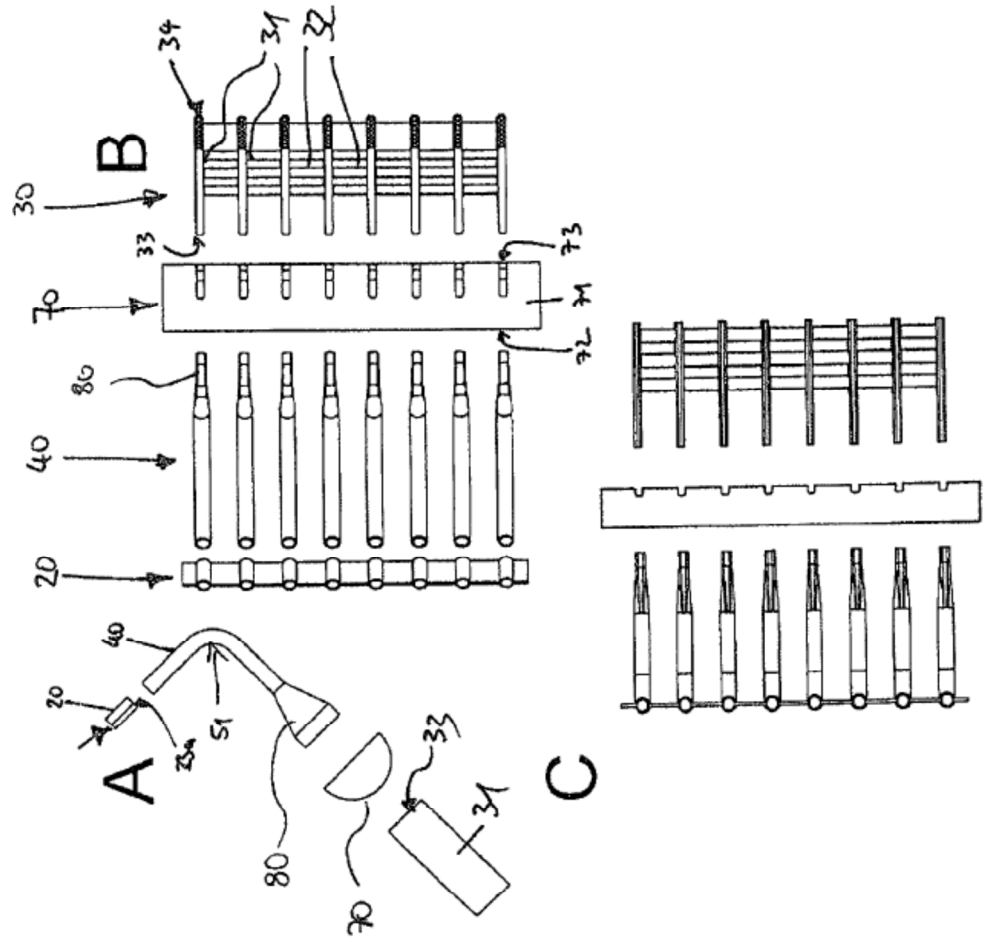


Figura 4

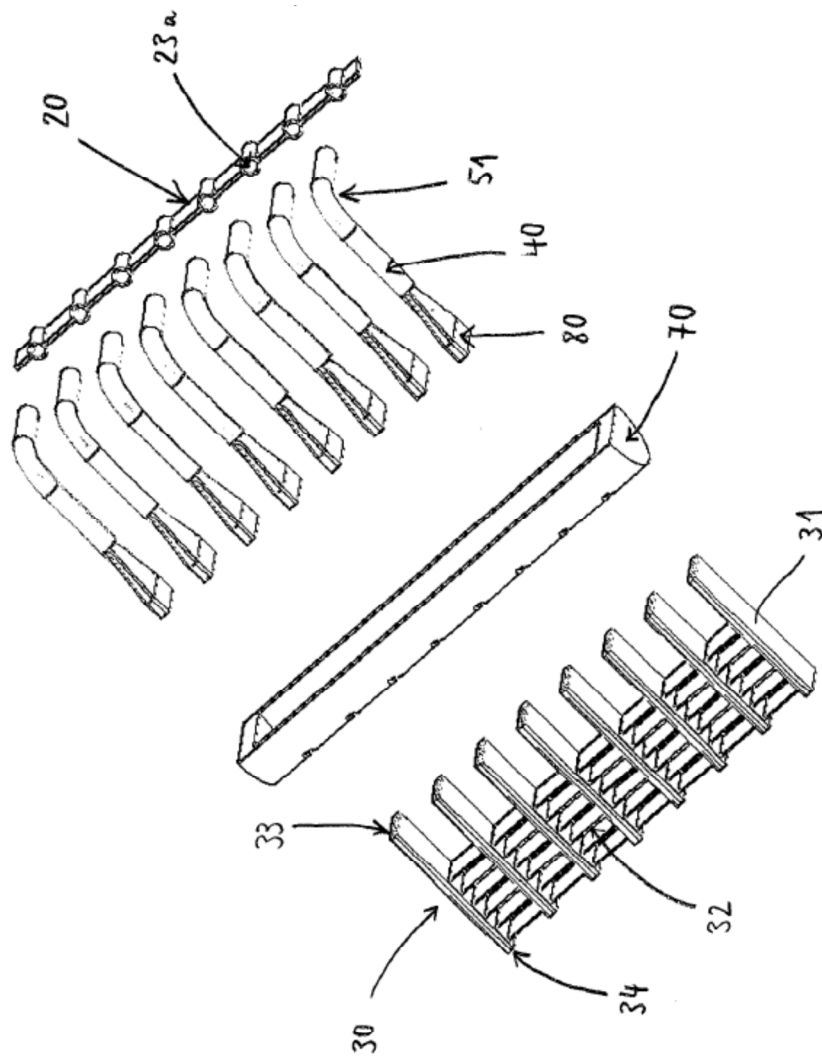


Figura 5

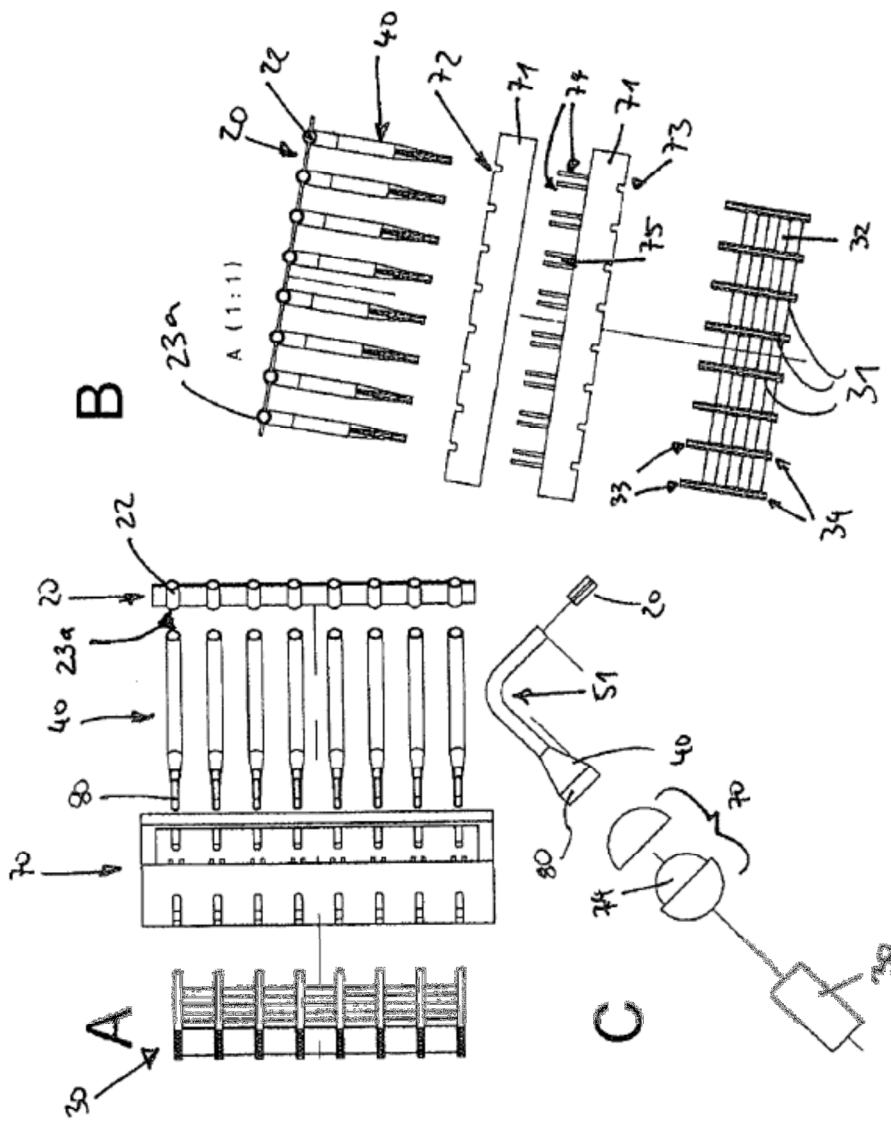


Figura 6

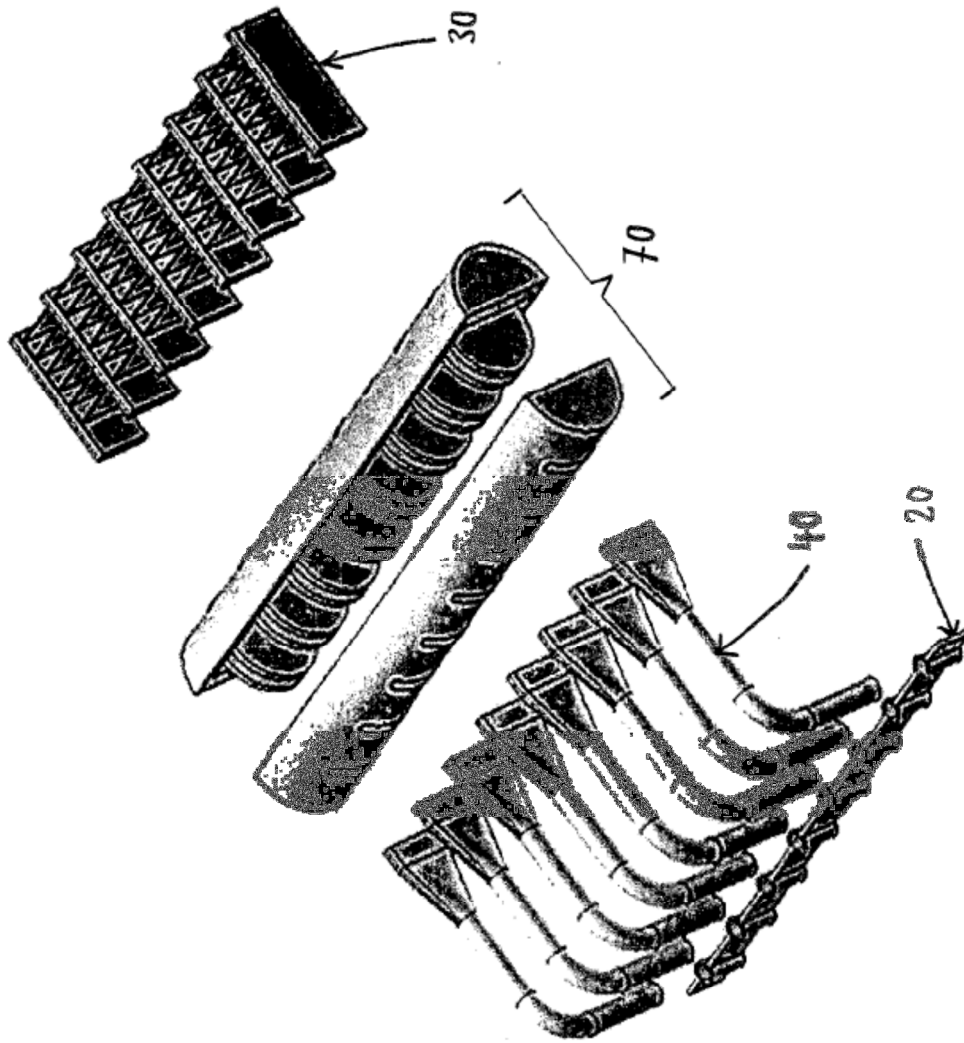


Figura 7

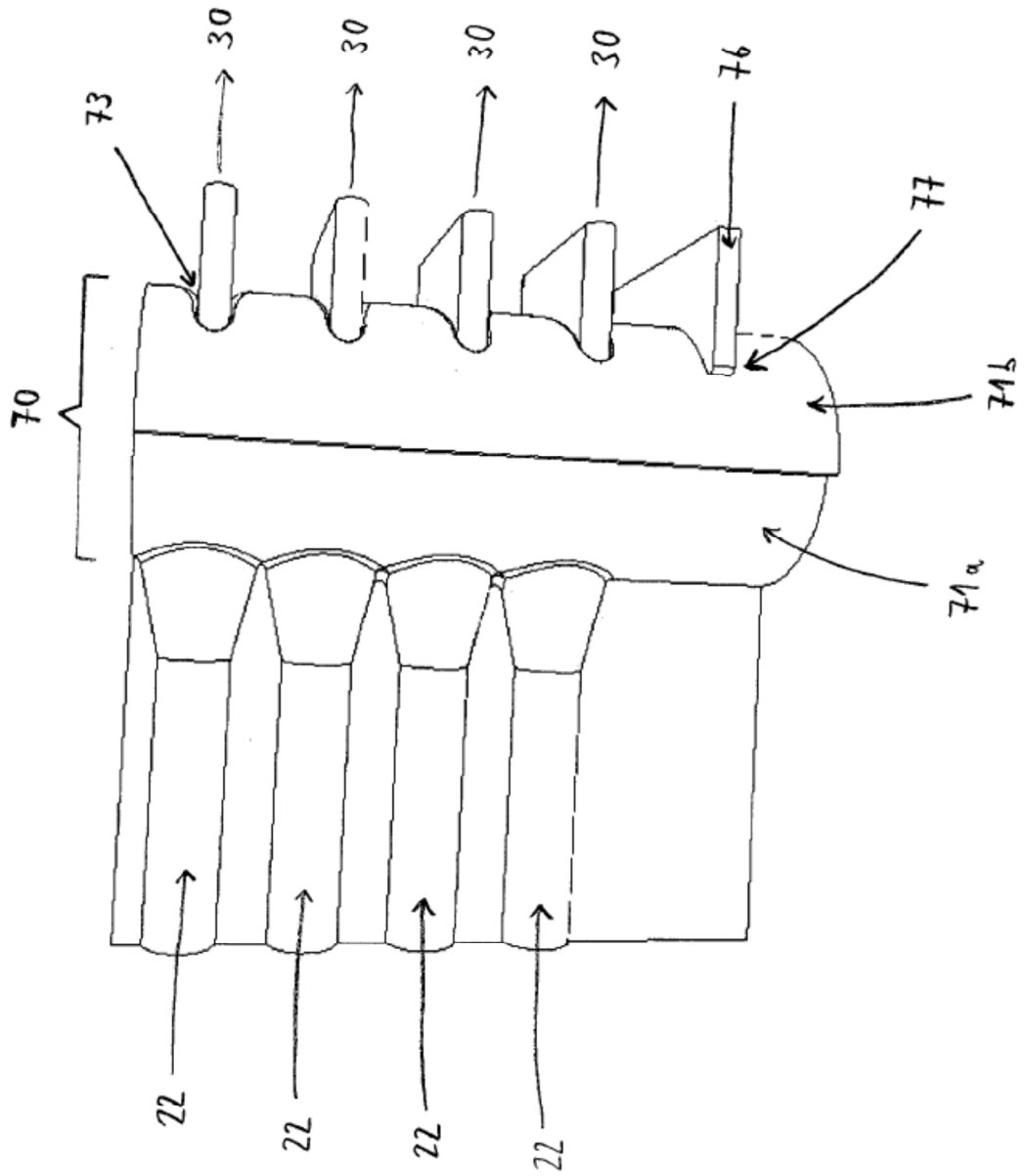


Figura 8

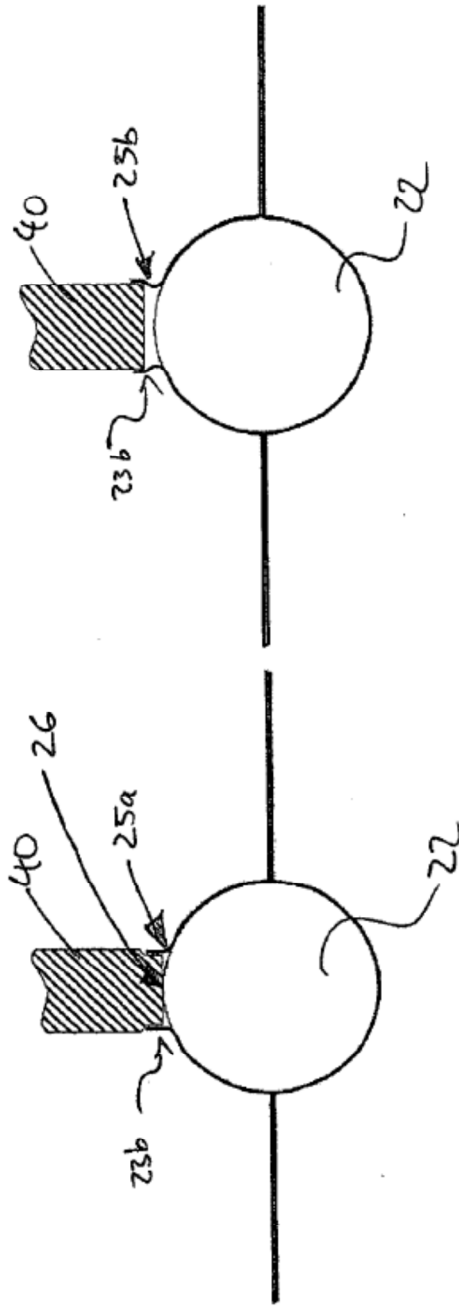


Figura 9

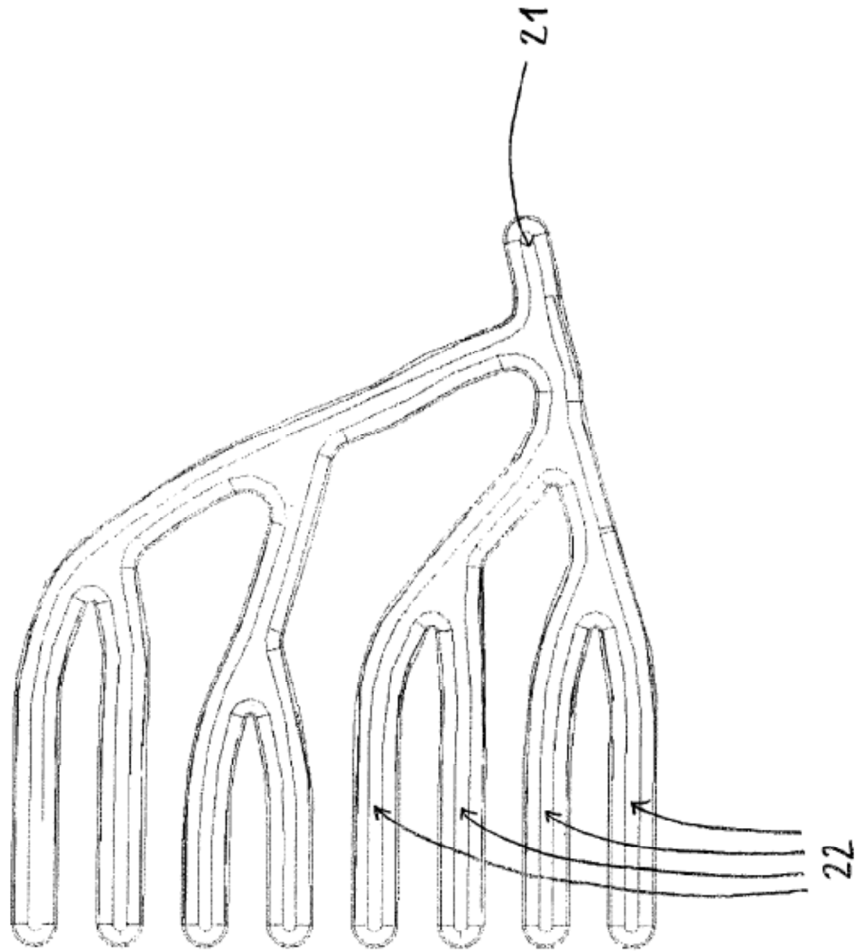


Figura 10

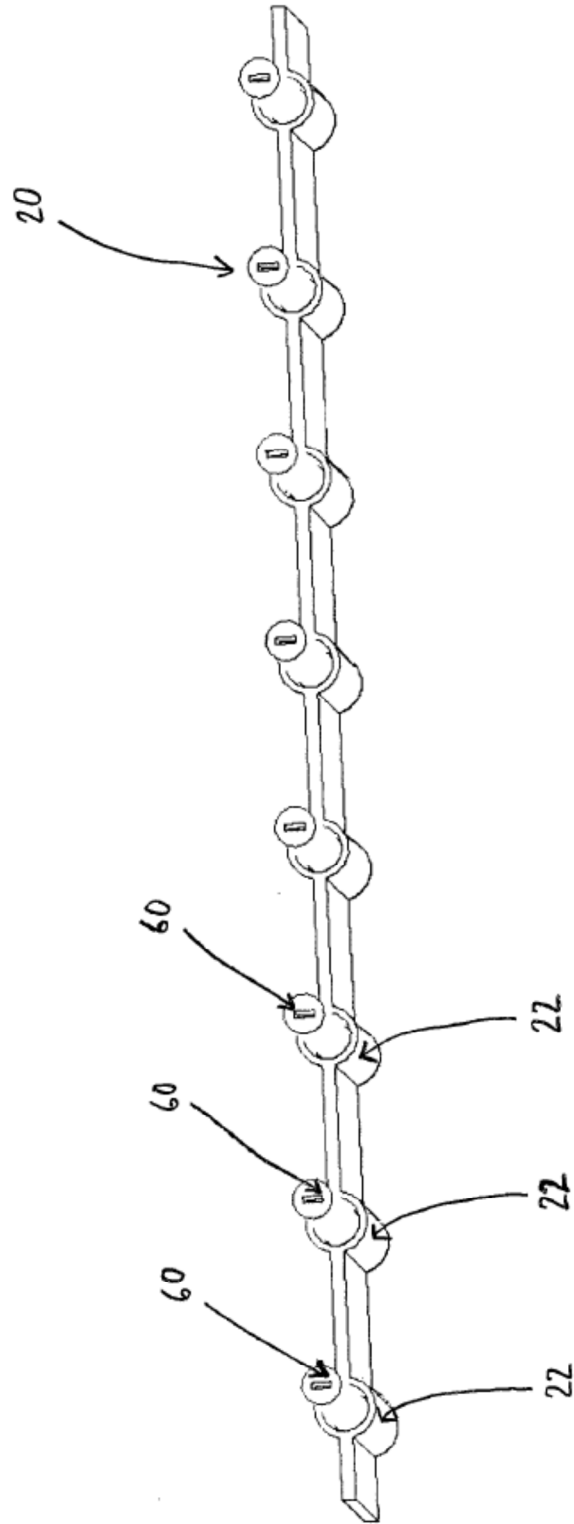


Figura 11

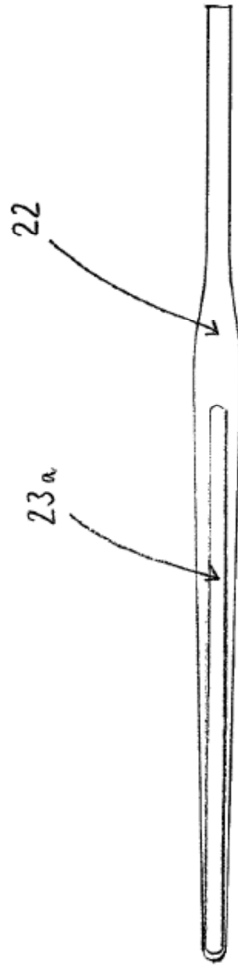


Figura 12

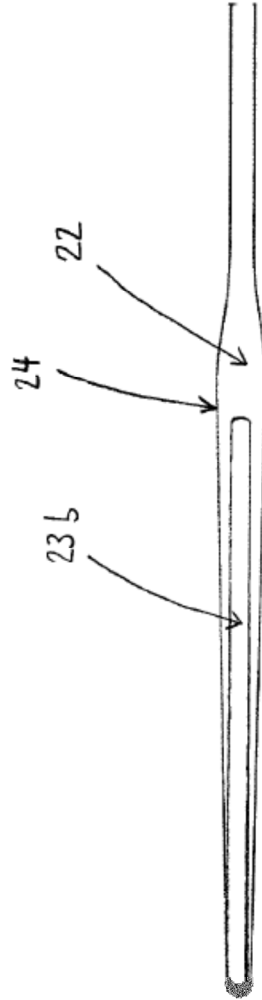


Figura 12a

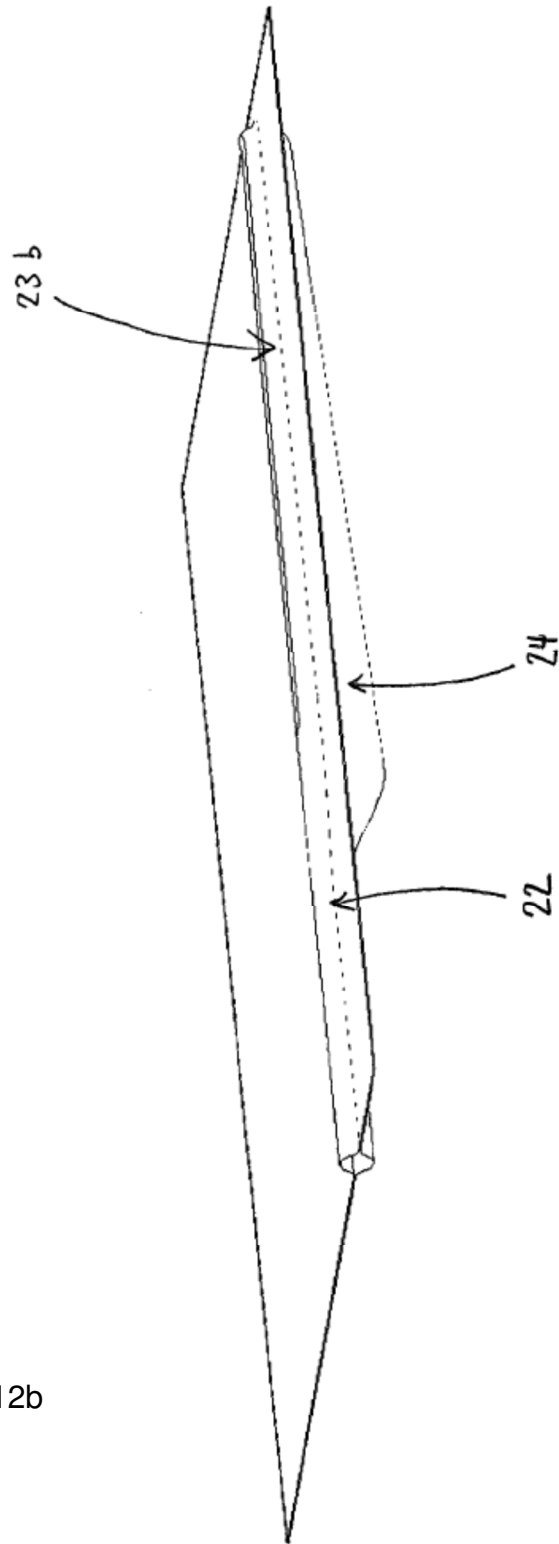


Figura 12b

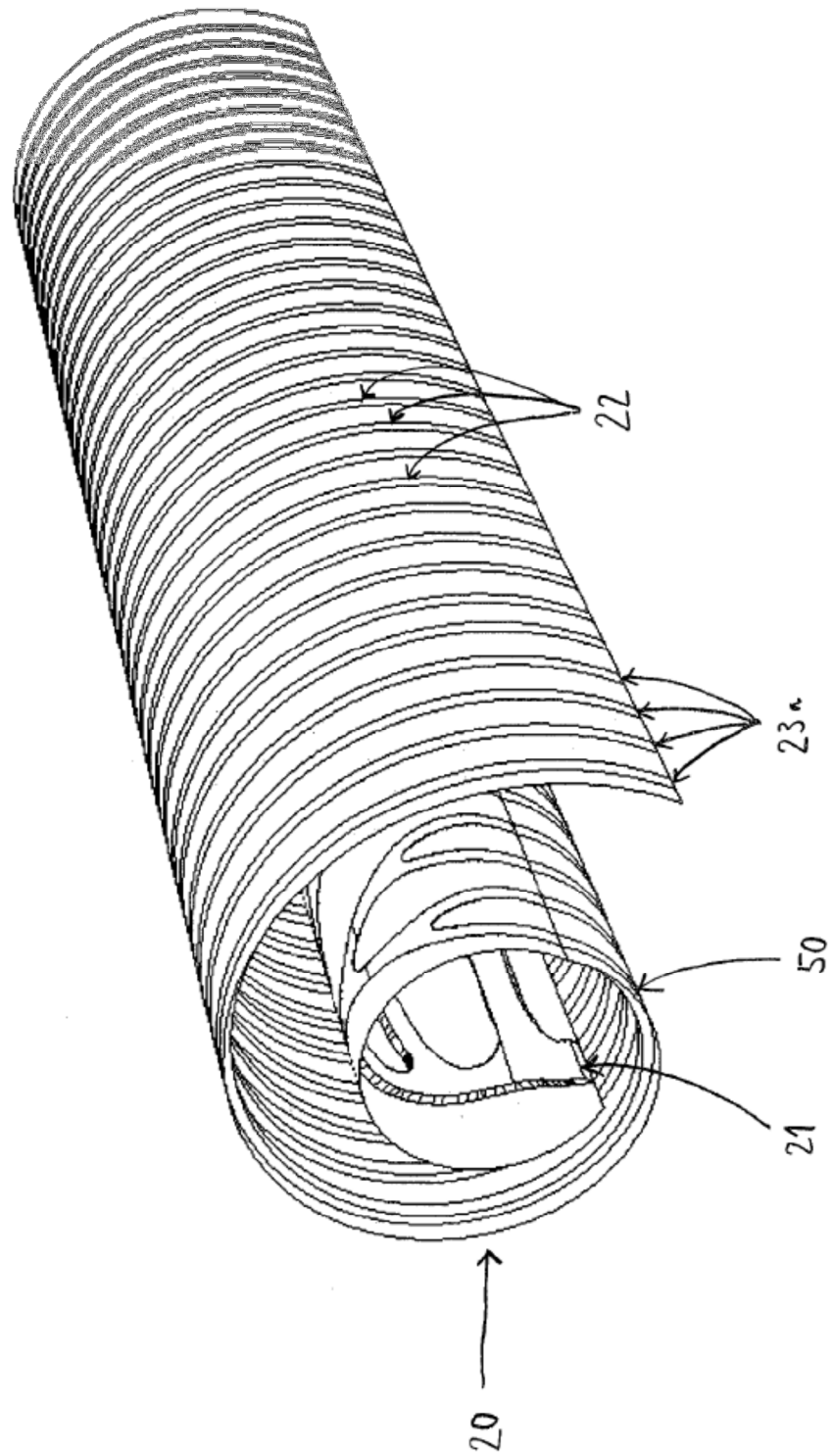


Figura 13

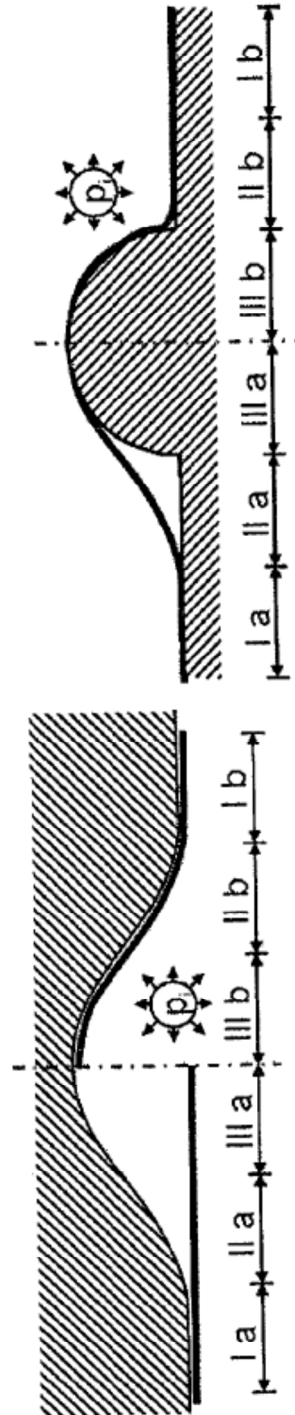


Figura 14