



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 343 969**

51 Int. Cl.:

F28D 7/08 (2006.01)

F28B 1/06 (2006.01)

F28D 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05250957 .7**

96 Fecha de presentación : **21.02.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1568957**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.08.2005**

54 Título: **Paquete densificado de tubos de transferencia de calor.**

30 Prioridad: **26.02.2004 US 786142**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.08.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.08.2010

73 Titular/es: **Baltimore Aircoil Company, Inc.**
7595 Montevideo Road
Jessup, Maryland 20794, US

72 Inventor/es: **Aaron, David;**
Carter, Thomas P. y
Morrison, Frank T.

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 343 969 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

Paquete densificado de tubos de transferencia de calor.

5 Esta invención se refiere a un paquete de tubos de intercambio de calor que tiene una estructura con densidad uniforme. Más concretamente, esta invención se refiere a dicho paquete y método de fabricación en el que se proporcionan concavidades por lo menos en zonas de superposición de curvas de retorno de manera que los tubos superpuestos resultantes pueden agruparse con un aumento de densidad en el que la separación entre circuitos entre tubos adyacentes es menor que el área proyectada de la sección transversal de los tubos individuales.

10 Se conocen varios sistemas de paquetes de tubos de transferencia de calor. Las torres de refrigeración de circuito cerrado y los condensadores incluyen típicamente un paquete de numerosas longitudes de tubos en una formación. El tubo puede ser en forma de serpentino o como una serie de tubos separados que discurren en una sección de colector. El tubo contiene un vapor de condensación o un medio para ser enfriado, tal como agua. En el producto acabado, el aire y/o el agua es obligado a fluir por las superficies externas de los tubos.

20 Intercambiadores de calor de contracorriente por evaporación se muestran y describen, por ejemplo, en las patentes de EE.UU. N° 3.132.190 y 3.265.372. Esos intercambiadores de calor incluyen un conducto que se extiende hacia arriba que contiene una formación de tubos que forman un conjunto de serpentín. Se proporciona una sección de pulverización en el conducto por encima del conjunto de serpentín para pulverizar agua hacia abajo sobre los tubos; y hay dispuesto un ventilador para soplar aire en el conducto cerca de la parte inferior del mismo y arriba entre los tubos en relación a contracorriente al agua pulverizada que fluye hacia abajo. El calor del fluido que pasa a través de los tubos del conjunto de serpentín se transfiere a través de las paredes del tubo hacia el agua pulverizada sobre los tubos; y el aire que fluye hacia arriba provoca la evaporación parcial de una parte del agua y la transferencia de calor y masa del agua al aire. El aire así calentado y humidificado fluye entonces hacia arriba y afuera del sistema. El agua restante se acumula en la parte inferior del conducto y se bombea hacia arriba y hacia fuera a través de toberas de pulverización en forma de recirculación.

30 Hay otros intercambiadores de calor del tipo de evaporación en los que el líquido y el gas fluyen en la misma dirección sobre el conjunto de serpentín. Ejemplos de estos otros dispositivos, que generalmente se conocen como intercambiadores de calor de flujo de corriente en el mismo sentido, se muestran en las patentes de EE.UU. N° 2.752.124, 2.890.864, 2.919.559, 3.148.516 y 3.800.553.

35 Los anteriores son tipos de intercambiadores de calor solo con serpentín. Hay otros tipos, como tipos de serpentín/relleno que están provistos tanto con una sección de intercambiador de calor por evaporación indirecto como de un sistema de intercambiador de calor por evaporación directo. La patente de EE.UU. n° 5.435.382 es un ejemplo de ese intercambiador de calor.

40 En los sistemas convencionales mencionados antes se han probado varias metodologías diferentes de diseños de paquetes de tubos de transferencia calor. En los primeros diseños; los conjuntos de serpentín de tubos redondos se agrupaban en formaciones apretadas para aumentar el área de la superficie. El número de circuitos que podían ser agrupados en un paquete de tubos de serpentino estaba limitado por el diámetro de los tubos. Esto se debía a que las curvas de retorno se superponían entre sí y por lo tanto se tocaban cuando estaban separadas muy próximas.

45 Diseños posteriores, tales como la patente de EE.UU. N° 4.196.157, se orientaron a un paquete de tubos de transferencia de calor disperso en que se aumentó la separación para permitir más flujo de aire entre los tubos, un mayor coeficiente de película interior y una mejor humectación de los tubos en los intentos de aumentar las tasas de transferencia total de calor. Otros diseños como los de las Patentes de EE.UU. N° 5.425.414 y 5.799.725 mantenían alta la densidad de agrupamiento y utilizaban sistemas circulares de curvas de retorno, pero proporcionaban secciones de tubo elípticas en los tramos rectos en un intento de aumentar el flujo de aire. El agrupamiento en tales ejemplos estaba limitado de nuevo por el diámetro de la curva de retorno circular. La publicación de patente alemana N° DE3.413.999C2 se orienta a tubos ovalados y describe los problemas de conformación de tubos ovales en curvas con forma de U.

55 Algunos diseños de la técnica anterior intentaron aumentar la capacidad de “arrastrar hacia abajo” ligeramente el paquete de tubos, por ejemplo, sujetando comprimidos todo el paquete durante el montaje. Si bien se ha encontrado que esto permite apretar ligeramente la separación para un determinado tamaño de intercambiador de calor (normalmente 0,4 mm (1/64”) o algo así), dicha compresión no actúa de manera homogénea en el paquete de tubos, sino que concentra las fuerzas de compresión en los tubos que están más en los extremos. Si el arrastre hacia abajo es excesivo, se produce un paquete de tubos con propiedades de flujo inconsistente, ya que los tubos que están más en los extremos (el más alto y el más bajo) pueden resultar deformados desproporcionadamente para provocar un problema de flujo o presión en estos circuitos. Por estas razones, el “arrastré hacia abajo” ha sido limitado típicamente a no más del 2% de la anchura de la curva de retorno. Así, el agrupamiento se ha limitado a una densidad que era típicamente inferior a 1,0, y, posiblemente, ligeramente mayor a 1,0 (hasta 1,02) por medio del “arrastré hacia abajo”. Sin embargo, este aumento de la densidad no se controlaba de manera uniforme y precisa.

65 Hay una necesidad de mejorar el diseño de un paquete de tubos de intercambiador de calor y un método de fabricación que pueda aumentar el área de la superficie de transferencia de calor para un tamaño de intercambiador de calor dado.

ES 2 343 969 T3

También hay una necesidad de un diseño de paquete de tubos de intercambiador de calor que puedan aumentar la densidad del paquete. Hay una necesidad particular de un diseño de paquete de tubos de intercambiador de calor que aumente la densidad del paquete de manera uniforme, de modo que todos los circuitos puedan mantener una funcionalidad consistente.

5

La invención permite agrupar una mayor área de superficie de transferencia de calor en las mismas limitaciones de espacio y de tamaño que los diseños anteriores o, por el contrario, permite que la misma área de superficie de transferencia de calor sea incluida en un recinto que ocupa menos espacio. Cualquiera de estas técnicas aumenta la ratio área de superficie de transferencia de calor/coste. La invención también reduce la caída de presión en el intercambiador de calor al proporcionar más circuitos sobre los diseños de la técnica anterior.

10

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un conjunto de serpentín, como se define en la reivindicación 1. La invención se caracteriza por la descripción del documento de los EE.UU. 4.196.157 por la parte caracterizadora de la reivindicación 1. El número de tubos en el conjunto de serpentín de un intercambiador de calor de acuerdo con realizaciones preferidas es mayor de lo que previamente se hubiera considerado posible para proporcionar la máxima área de superficie de transferencia de calor para un tamaño de intercambiador de calor dado. El conjunto de serpentín se compone de formaciones de segmentos de tubo sustancialmente equidistantes situados en diferentes niveles en el conjunto de serpentín. De acuerdo con la invención, el conjunto de serpentín está dispuesto para tener circuitos individuales de un diámetro efectivo D y una separación S entre circuitos que es inferior a D . Cuando se utiliza una sección no circular, el perímetro exterior del tubo dividido por π es considerado como el diámetro efectivo D .

15

20

La invención puede ser puesta en práctica en la mayoría de cualquier tipo de intercambiador de calor en los que se proporcionan circuitos de tubos superpuestos. Los tubos pueden ser continuos o discontinuos, tales como tubos rectos con curvas de retorno fabricadas por separado. Ejemplos no limitantes incluyen intercambiadores de calor refrigerados por evaporación, intercambiadores de calor refrigerados por aire e intercambiadores de calor de carcasa y tubos. El conjunto de serpentín inventivo es particularmente ventajoso para el uso con tubos de serpentino. Los intercambiadores de calor de tipo sólo de serpentín pueden mostrar una mejora de las propiedades de rendimiento ya que el conjunto de serpentín inventivo permite proporcionar una mayor área de la superficie de transferencia de calor en la misma limitación de espacio. Sin embargo, en ciertas aplicaciones, puede producirse un descenso adverso del flujo de aire, ya que la trayectoria del flujo entre los circuitos es marginalmente menor, lo que contrarresta algunas de las ventajas térmicas de más área de superficie de transferencia de calor. La invención, sin embargo, es más útil preferentemente en intercambiadores de calor de tipo serpentín/relleno, porque el aumento en la densidad del paquete de tubos no disminuye el flujo de aire global de la unidad en el mismo grado en que lo puede ser en un paquete de tubos tradicional solo de serpentín.

25

30

35

El uso de concavidades para reducir localmente las dimensiones exteriores de los tubos en la zona de superposición es ventajoso, ya que sólo tiene un aumento mínimo en la caída de presión del fluido interno en comparación con toda la curva de retorno. Por otra parte, las concavidades son más fáciles de formar que la compresión de toda una curva de retorno, a la vez que tiene un mínimo efecto, si hay algo, sobre las características estructurales de los tubos. Por otra parte, el apilamiento de tubos adyacentes que se anidan en las concavidades sirve para reforzar la zona de la concavidad, reduciendo cualquiera de tales efectos.

40

En realizaciones de la invención, hendiduras o "concavidades" de dimensiones predeterminadas, preferiblemente con una profundidad de 2,5% a un 50% del diámetro del tubo, se disponen localmente en uno o más puntos predeterminados en al menos una de las dos secciones superpuestas de tubos adyacentes. Cuando dichas secciones de tubo se apilan juntas, las curvas de retorno adyacentes se anidan en estas concavidades, permitiendo que los circuitos sean agrupados más apretadamente que las curvas de retorno sin concavidades. Un ejemplo de realización tiene concavidades con una profundidad de entre 1,6 a 4,8 mm (1/16" a 3/16"). Sin embargo, la formación de concavidades no se limita a esto. El tamaño real de las concavidades puede ser seleccionado en base a varios criterios, entre ellos el grado deseado de compresión/densidad, consideraciones estructurales y la reducción máxima del área en sección transversal que se permita por la caída de presión y/o velocidad del fluido, gas o las dos fases.

45

50

En un ejemplo de realización, la formación de concavidades se proporciona a ambos lados de cada curva de retorno. En una realización alternativa, la formación de concavidades se proporciona en ambos lados de cada dos curvas de retorno, dejando curvas de retorno adyacentes sin concavidades pero produciendo el mismo efecto general. En incluso otro ejemplo de realización, cada curva de retorno tiene concavidades en dos lugares en un lado de los tubos para que, independientemente del orden de apilamiento de los circuitos, los paquetes de tubos se aniden siempre de manera uniforme. En incluso un ejemplo de realización adicional, las concavidades se pueden realizar en ambos lados de todos los tubos, pero con un tamaño de concavidad reducido o menos pronunciado. Esto tendrá el mismo resultado neto que las concavidades más grandes que se proporcionan en un solo lado. En incluso otra realización, el mismo efecto puede lograrse mediante el uso de una sección transversal reducida no circular en la dirección del proceso. Un ejemplo de esto sería una sección elíptica.

55

60

En ejemplos de realizaciones de la invención, las concavidades pueden formarse en masa con un troquel o plantilla que forma las concavidades sustancialmente de manera simultánea a todas las zonas necesarias en un circuito. Alternativamente, se pueden formar concavidades individuales durante la formación de las curvas de retorno del serpentino. El método particular de producción puede ser seleccionado basándose en el método particular de fabricación del tubo utilizado.

65

ES 2 343 969 T3

La invención será descrita con referencia a los dibujos siguientes, en los que:

5 La figura 1 es una vista en alzado lateral de la sección parcial de un ejemplo de intercambiador de calor de tipo serpentín/relleno que incluye una sección de intercambiador de calor indirecto por evaporación y una sección de intercambio de calor directo por evaporación que incorpora un paquete de tubos de calor densificados de acuerdo con la presente invención;

10 La figura 2 es una vista lateral de otro ejemplo de realización de la invención en la que el conjunto de serpentín densificado se dispone en un intercambiador de calor solo de tipo serpentín;

15 La figura 3 es una vista en planta de la sección parcial del paquete de tubos de calor en los intercambiadores de calor de ejemplo de las figuras 1 y 2;

20 La figura 4 es una vista tomada a lo largo de la línea 4-4 de la figura 3;

25 La figura 5 es una vista parcial en perspectiva que muestra una formación de segmentos de tubo que forman una parte de un conjunto de serpentín de acuerdo a un primer intercambiador de calor de la técnica anterior;

30 La figura 6 es una vista parcial en perspectiva que muestra una formación de segmentos de tubo que forman una parte de un conjunto de serpentín de acuerdo a un segundo intercambiador de calor de la técnica anterior;

35 La figura 7 es una vista parcial en perspectiva que muestra una formación de segmentos de tubo que forman una parte de un conjunto de serpentín de acuerdo a un tercer intercambiador de calor de la técnica anterior;

40 La figura 8 es una vista parcial en perspectiva que muestra una formación de segmentos de tubo que forman una parte de un conjunto de serpentín de acuerdo a un ejemplo de realización de la invención;

45 La figura 9 es una vista en alzado frontal de un ejemplo de tubo de serpentino que forma un circuito individual de acuerdo con la invención;

50 La figura 10 es una vista parcial en alzado frontal de cada curva de retorno del tubo de la figura. 9;

55 La figura 11 es una vista parcial en planta de la curva de la figura 10 en la zona de concavidad;

60 La figura 12 es una vista de extremo de un colector que recibe los extremos del conjunto de tubos de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención, y

65 La figura 13 es un ejemplo de herramienta con forma de V formadora de concavidades para forma una zona de concavidades con dos lados en las curvas de retorno.

La disposición inventiva de conjunto de serpentín es aplicable a muchos tipos diferentes de intercambiadores de calor, incluyendo, pero no limitado a los intercambiadores de calor indirectos por evaporación, intercambiadores de calor refrigerados por aire, unidades de almacenamiento térmico e intercambiadores de calor de carcasa y tubos. En un intercambiador de calor indirecto por evaporación participan tres corrientes de fluido: una corriente de aire, una corriente de líquido de evaporación y una corriente de fluido encerrado, que puede ser un líquido o gas. La corriente de fluido encerrado intercambia primero calor con el líquido de evaporación a través de transferencia de calor indirecta, ya que no hace contacto directo con el líquido de evaporación, y luego el líquido de evaporación y la corriente de aire intercambian calor por evaporación cuando hacen contacto directo entre sí. En un intercambiador de calor directo por evaporación, sólo participan una corriente de aire y una corriente de líquido por evaporación y las dos corrientes intercambian calor por evaporación cuando entran en contacto directo entre sí. El líquido de evaporación es normalmente agua.

Los intercambiadores de calor por evaporación de ciclo cerrado pueden agruparse a grandes rasgos en tres categorías generales: 1) intercambiadores de calor indirectos autónomos por evaporación, 2) combinación de intercambiadores de calor directos e indirectos por evaporación y 3) cobertizos de serpentines.

Los intercambiadores de calor autónomos indirectos por evaporación representan el primer grupo. Los productos con corrientes de líquido de evaporación y aire en contracorriente, flujo cruzado o flujos en el mismo sentido están disponibles comercialmente, aunque el diseño de contracorriente predomina.

El segundo grupo implica productos que combinan secciones de intercambio de calor por evaporación tanto directo como indirecto. El último grupo incluye cobertizos de serpentines, que consisten en un intercambiador de calor indirecto no ventilado y directo de evaporación.

65 Un primer ejemplo de intercambiador de calor al que se puede proporcionar el conjunto de serpentín de tubos densificados de la invención se muestra en la figura 1. El aparato 10 de intercambiador de calor es de tipo serpentín/relleno y puede servir como una torre de refrigeración de circuito cerrado. En general, el aparato 10 incluye una estructura de recinto que contiene una sección 80 de refrigeración de fluido indirecta por evaporación en múltiples circuitos,

ES 2 343 969 T3

una sección 90 de intercambio de calor directo por evaporación, un sumidero en la parte más inferior de recogida de líquido de evaporación que entrega líquido a un conjunto 14 de pulverización de agua en la parte más superior a través de un sistema 50 de distribución de tuberías con toberas 52, y un conjunto de ventilador 18. El conjunto 14 de agua pulveriza líquido de evaporación hacia abajo a través del aparato 10. El ventilador 18, impulsado por un motor 42 por medio de la correa 40, mueve una corriente de aire a través de cada una de las secciones 80 y 90 de intercambio de calor, aunque una corriente de aire natural es también un medio viable para mover el aire. El ventilador 18 puede ser un ventilador de corriente de aire inducida o forzada o un tipo de ventilador de hélices comunes.

El aparato 10 tiene muchas aplicaciones en el campo de intercambio de calor. Por ejemplo, el aparato 10 puede utilizarse para enfriar un fluido sensible de una sola fase, tal como el agua, que fluye dentro de un sistema de circuito cerrado externamente suministrado, o puede ser utilizado para bajar el recalentamiento y condensar un fluido latente y sensible de varias fases, tal como un gas refrigerante, también suministrado por un sistema externo de circuito cerrado. Por último, el campo de funcionamiento de uso para el aparato 10 también incluye funciones como un enfriador de aire húmedo, en el que el aire descargado es conducido fuera del sitio para ser utilizado como una fuente de aire refrigerado nuevo para una operación tal como la minería.

Como se hará evidente, las estructuras de torre que contienen los componentes mencionados antes también se pueden disponer y estar formadas de varias maneras diferentes; el aparato 10 no se limita estrictamente a una forma o disposición.

La sección 80 de intercambio de calor indirecto, que se compone de un solo conjunto de serpentín que tiene una formación de tubos 66, se superpone por encima de la sección 90 de intercambio de calor directo por evaporación. La sección 80 de intercambio de calor indirecto recibe un fluido caliente fluyente a enfriar desde un proceso fuera del lugar y se enfría en esta sección por una combinación de intercambio de calor sensible indirecto e intercambio de calor directo por evaporación. El líquido de evaporación, que suele ser agua de refrigeración, se pulveriza hacia abajo por el conjunto 14 sobre la sección indirecta, intercambiando por tanto calor sensible indirecto con el fluido a enfriar, mientras que una corriente de aire ambiente que entra por la entrada primaria 100 de aire, enfría por evaporación del líquido de evaporación cuando los dos medios se mueven hacia abajo a través del conjunto de serpentín. En esta realización particular, la corriente de aire entrante se muestra entrando y fluyendo en un sentido que es paralelo o concurrente con la dirección del agua de refrigeración, aunque la corriente de flujo de aire no se limita a ningún tipo de patrón de flujo particular, como se verá más adelante, donde se explicará un patrón de flujo de aire a contracorriente. Una vez que los medios de refrigeración de aire y agua llegan a la parte inferior de la sección indirecta 80, se separan, con la corriente de aire arrastrada por el ventilador 18, mientras que el agua desciende por gravedad en la sección 90 de intercambio de calor directo. El aire se descarga entonces desde el aparato 10 por el ventilador, mientras que el agua se enfría en la sección de intercambio de calor directo, como se explicará en breve. La corriente de aire que entra por la entrada 100 suministra aire que sólo se utilizará con fines de enfriamiento en la sección de intercambio de calor indirecto, independientemente del patrón actual de flujo de aire a través de dicha sección.

La sección 90 de intercambio de calor directo por evaporación funciona para enfriar el agua que se calienta y desciende desde la sección 80 de intercambio de calor indirecto. La sección 90 de intercambio de calor directo por evaporación se compone de una formación de láminas de plástico paralelas, separadas estrechamente, que forman un paquete relleno 92, a pesar de que el relleno 92 podría estar formado por relleno convencional de tipo salpicadura. El agua caliente recibida por el paquete relleno 92 desde la sección indirecta 80 se distribuye a través de cada lámina de relleno de manera que una fuente de aire ambiente exterior, que entra por una entrada de aire secundaria, enfría por evaporación el agua caliente que descendente por las láminas. Aquí, la corriente de aire ambiente se muestra entrando en la sección directa 90 en manera de corriente cruzada con el agua caliente descendente que drena a través del paquete relleno 92, aunque se pueden usar otros esquemas de flujo de aire.

Un segundo ejemplo de intercambiador de calor al que se puede proporcionar el conjunto de serpentín de tubos de la invención se muestra en la figura 2 e incluye un conducto generalmente vertical 10, de construcción de chapa de metal y que tiene, en diferentes niveles de su interior, un conjunto superior 12 eliminador de vaporización, un conjunto 14 pulverizador de agua, un conjunto de serpentín 16, un conjunto de ventilador 18 y una cuba inferior 20 de agua.

El conducto vertical 10 pueden ser de forma rectangular, sección transversal generalmente uniforme y comprende paredes verticales delantera y trasera 24 y 22 (Figura 2) y paredes laterales verticales 26 y 28 (Figura 3). Una pared en diagonal 30 se extiende hacia abajo desde la pared delantera 24 hacia la parte inferior de la pared trasera 22 para definir la cuba 20 de agua. El conjunto de ventilador 18 se coloca detrás y debajo de la pared en diagonal 30. Sin embargo, este es sólo un ejemplo ilustrativo de colocación. Pueden ser sustituidas otras disposiciones convencionales o desarrolladas posteriormente. El conjunto de ventilador se compone de un par de ventiladores centrífugos 32 cada uno de los cuales tiene una campana 34 de salida que sobresale a través de la pared en diagonal 30 y en el conducto 10 por encima de la cuba 20 de agua y por debajo del conjunto de serpentín. Los ventiladores 32 pueden compartir un eje de tracción común girado por medio de una polea de accionamiento 38 conectada a través de una correa 40 a un motor de accionamiento 42.

Una línea de recirculación 44 se puede disponer para extenderse a través de la pared lateral 26 del conducto 10, cerca de la parte inferior de la cuba 20 para recircular el agua de regreso arriba al conjunto 14 de pulverización de agua.

ES 2 343 969 T3

El conjunto 14 de pulverización de agua se compone de una caja 48 de agua que se extiende a lo largo de la pared lateral 26 y un par de tuberías de distribución 50 que se extienden horizontalmente desde la caja de agua a través del interior del conducto 10 hacia su pared opuesta 28. Cada una de las tuberías 50 está equipada con una pluralidad de toberas 52, que emiten chorros de agua con forma de ventilador que se cortan mutuamente para proporcionar una distribución uniforme del agua en todo el conjunto de serpentín 16.

El conjunto 12 de eliminador de vaporización comprende una pluralidad de tiras alargadas 54 muy próximas entre sí, que están dobladas a lo largo de su longitud para formar recorridos sinuosos desde la zona del conjunto de pulverización de agua afuera a través de la parte superior del conducto 10. Cabe señalar que el conjunto de eliminador de vaporización se extiende a través de sustancialmente toda la sección transversal del conducto y, puesto que la sección transversal del conducto 10 es sustancialmente uniforme, el conjunto de eliminador de vapor ocupa sustancialmente el mismo área en sección transversal del conducto 10 que el conjunto de serpentín 16.

El conjunto de serpentín 16 acorde con cualquier realización se muestra mejor en las figuras 3-4 y se compone de un colector superior 56 de entrada y un colector inferior 58 de salida que se extienden horizontalmente por el interior del conducto 10 junto a la pared lateral 26. Los colectores se mantienen en su sitio por medio de soportes 60 en la pared lateral 26. Los conductos de entrada y salida 62 y 64 de líquido se extienden a través de la pared lateral 26 y se comunican con los colectores superior e inferior 56 y 58, respectivamente. Estos conductos de fluidos están conectados para recibir un fluido a enfriar o condensar, por ejemplo el refrigerante de un compresor en un sistema de aire acondicionado (no mostrado).

Una pluralidad de tubos de refrigeración 66 se conecta entre los colectores superior e inferior 56 y 58. Cada tubo está formado preferentemente en una disposición de serpentino por medio de curvas de retorno 68 (y 70) de 180 grados, cerca de las paredes laterales 26 y 28 de manera que los diferentes segmentos de cada tubo se extiendan generalmente en horizontal en el interior del conducto 10 de una parte a otra entre las paredes laterales 26 y 28 en diferentes niveles en el conducto a lo largo de un plano vertical en paralelo y muy próximo al plano de cada uno de los otros tubos. También se observará que los tubos 66 están dispuestos en formaciones desviadas alternativamente. Se puede ver que cada uno de los colectores 56 y 58 está provisto de una fila superior y una inferior de aberturas para aceptar los tubos 66 en estos dos niveles diferentes. Estos tubos pueden tener cualquier diámetro exterior D adecuado, tal como 9,5-50 mm (3/8"-2"). Sin embargo, en un ejemplo de realización preferido, tienen un diámetro de 25-32 mm (1.0-1.25"). Las curvas de retorno 68 de 180 grados también pueden tener cualquier radio de curvatura adecuado. Sin embargo, un ejemplo de realización tiene un radio de 38-63.5 mm (1.5-2.5"). Además los niveles correspondientes de los segmentos de tubos adyacentes deben estar desviados verticalmente entre sí una cantidad aproximadamente igual al radio de la curva de 180 grados.

A fin de apoyar los tubos 66 en las curvas 68 (y 70) se proporcionan unas varillas de apoyo 72 que se extienden horizontalmente que están montadas en la pared 26, entre los soportes 60 y, en la pared 28, entre unos soportes 74.

El conjunto de serpentín 16 consta en sección transversal de formaciones de segmentos 66 de tubo dispuestas en diferentes niveles o alturas debido a la disposición desviada de los tubos adyacentes. Este conjunto es similar a muchos diseños de conjuntos de serpentín anteriores, pero difiere en el nivel de densificación, como se ilustra mejor en las figuras 5-8 explicadas a continuación.

Como se explica en el manual estándar de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers), dos procesos separados de transferencia de calor están involucrados en el funcionamiento de los intercambiadores de calor por evaporación. En el primer proceso de transferencia de calor, el calor del líquido que se enfría o condensa pasa a través de las paredes del tubo hacia el agua que fluye por los tubos. En el segundo proceso, el calor se transfiere desde el agua que fluye por los tubos hacia el aire que fluye hacia arriba. Estos dos procesos se describen por las siguientes ecuaciones:

$$1. \quad q = A (t_c - t_s) U_s; \text{ y}$$

$$2. \quad q = A (h_s - h_1) U_c,$$

donde q = calor total transferido, A = superficie total del tubo; t_c = temperatura del fluido en los tubos; t_s = temperatura del agua fuera de los tubos; U_s = coeficiente de transmisión térmica del fluido al agua, h_s entalpía del aire saturado a t_s ; h_1 = entalpía del aire ambiente, y U_c = coeficiente de transmisión térmica del agua al aire.

En ambos procesos de transferencia de calor, la cantidad de calor que se transfiere es generalmente proporcional al área total de la superficie del tubo siempre que no haya pérdidas de compensación a los coeficientes de transferencia de calor y haya un correspondiente aumento en el flujo de aire. Esto puede ser especialmente ventajoso en un diseño serpentín/relleno que reduce al mínimo esos efectos compensatorios.

La figura 5 muestra una vista en despiece ordenado de una sección transversal del conjunto de serpentín 16 de una configuración de tubos de la técnica anterior en la que los tubos redondos 66 de serpentín de un diámetro D_1 se disponen en una configuración de superposición y están apoyados juntos estrechamente en una agrupación apretada.

ES 2 343 969 T3

Con esta disposición, se puede lograr una mejor separación S1 entre circuitos, que es igual o ligeramente mayor que D1. Esto da lugar a una densidad de circuito $D_1/S_1 < 1,0$.

5 La figura 6 muestra una vista en despiece ordenado de una sección transversal de otro conjunto de serpentín de la técnica anterior, ejemplificada por la patente de EE.UU. n° 5.425.414. En esta disposición, se disponen unos tubos elípticos 66 de serpentín en una configuración de superposición y se apoyan juntos muy próximos en una agrupación apretada como en la figura. 5. Aunque los recorridos longitudinales de los tubos son elípticos, las curvas de retorno son circulares, como se muestra con un diámetro D2. Debido a los tubos elípticos, se proporciona un flujo de aire adicional entre los tubos elípticos. Sin embargo, a causa de la sección transversal en general circular, en la zona de las curvas de retorno, la separación S2 de circuito a circuito se mantiene igual o ligeramente mayor que D2 como en la figura. 5. Una vez más, la densidad circuito $D_2/S_2 < 1,0$.

15 La figura 7 muestra una vista en despiece ordenado de una sección transversal de un conjunto de serpentín 16 de la técnica anterior, como el ejemplificado por la patente EE.UU. n° 4.196.157. En esta disposición, unos tubos redondos 66 de serpentín de diámetro D1 se disponen en una configuración de superposición y están separados por barras separadoras 76. Esto da lugar a una separación S3 entre circuitos que era más grande que D3. En particular, la separación S3 es igual al diámetro D3 del segmento de tubo 66 más el espesor de la barra separadora 76. Esto da lugar a una disposición de tubos dispersados con menor densidad que en las figuras 5-6. Es decir, la densidad de circuito $D_3/S_3 < 1,0$.

20 Antes de ahora, se creía que había un límite para la densidad que se podía conseguir en los paquetes de tubos. Con el apilamiento convencional, la densidad ($D_x:S_x$) era $\leq 1,0$ debido al contacto de las partes superpuestas. Incluso con métodos imprecisos de "arrastré hacia abajo", la densidad sólo podría aumentarse a $< 1,02$. Sin embargo, con este conjunto de serpentín y el método inventivos, los circuitos de tubos individuales pueden ser precisamente agrupados con precisión con una densidad ($D_x:S_x$) mayor a 1, preferiblemente superior a 1,02, de forma que se puede proporcionar un área de superficie aumentada dentro de una determinada área del intercambiador de calor.

30 La figura 8 muestra una vista en despiece ordenado de un conjunto de serpentín 16 de acuerdo con la invención en el que los tubos 66 de serpentín se disponen en una configuración de superposición y están apoyados estrechamente juntos en un agrupamiento más apretado, más densificado. Los tubos tienen un diámetro D4. Sin embargo, al proporcionar una o más depresiones en los tubos en una o más zonas de cada superposición, el conjunto de serpentín inventivo dispone de una separación entre circuitos S4 que es ligeramente menor que D4, lo que da lugar a una densidad de serpentín $D/S > 1,0$, preferiblemente superior a 1,02. Además, debido a que las depresiones se pueden formar en las zonas de superposición antes del montaje, las depresiones pueden ser hechas con más precisión, de manera que se puede proporcionar una separación S4 precisa entre circuitos, preferentemente uniforme, por todo el conjunto. Esto logra un funcionamiento más consistente del intercambiador de calor en el que cada circuito tiene sustancialmente el mismo flujo, caída de presión y otras propiedades características de intercambiador de calor.

40 Las depresiones pueden incluir abolladuras, huecos, surcos, muescas o concavidades, por ejemplo, que reducen las dimensiones exteriores de los tubos en las zonas de superposición. Las depresiones tendrán una profundidad predeterminada en base a varios criterios, incluyendo el grado deseado de compresión/densidad, y la reducción máxima del área en sección transversal según se permita por la caída de presión y/o la velocidad del fluido, gas o las dos fases. Ejemplos de depresiones se forman por formación de concavidades y tienen una profundidad de 5% a 50% del diámetro del tubo cuando se proporcionan en un lado de los tubos. En un ejemplo de realización particular, la formación de concavidades, es del orden de 1,6 a 4,8 mm (1/6" a 3/16"). Sin embargo, cuando la formación de concavidades se proporciona en ambos lados, la formación de concavidades puede tener una profundidad reducida de 2,5% a 25%, ya que la formación de concavidades complementaria tendrá el doble del aumento efectivo del aumento de densidad en comparación a la formación de concavidades en un solo lado.

50 En el ejemplo de la figura 8, se ilustra una sección transversal circular. Aunque esta es una configuración preferida, en algunos casos puede ser preferible el uso de tubos de sección no circular. El término "diámetro" en tales casos se debe entender como la distancia diametral a través de la sección transversal del tubo en sentido de apilamiento o superposición. Esto también puede ser a veces conocido como el área en sección transversal proyectada cuando el tubo no es redondo.

55 Durante el funcionamiento del intercambiador de calor de ejemplo de las figuras 2-4 y 8, un fluido que hay que enfriar o condensar, tal como un refrigerante de un sistema de aire acondicionado, fluye en el intercambiador de calor a través del conducto de entrada 62. Este fluido se distribuye entonces por el colector superior 56 hacia los extremos superiores de los tubos de refrigeración 66, y fluye hacia abajo a través de los tubos, de un lado al otro en el interior del conducto 10 a diferentes niveles en él hasta que llega al colector inferior 58 en donde es recogido y trasladado fuera del intercambiador de calor a través del conducto de salida 64. Cuando el líquido que se enfría fluye a través de los tubos 66, el agua se pulveriza desde las toberas 52 hacia abajo sobre las superficies exteriores de los tubos y el aire es impulsado desde los ventiladores 32 arriba entre los tubos. El agua pulverizada se acumula en la cuba 20 y se recircula a través de las toberas. El aire que fluye hacia arriba pasa a través del conjunto 12 de eliminador de vapor y se impulsa arriba fuera del sistema.

Durante su flujo hacia abajo a través de los tubos de refrigeración 66, el fluido que se enfría proporciona calor a las paredes de los tubos. Este calor pasa al exterior a través de las paredes de los tubos al agua que fluye hacia abajo

ES 2 343 969 T3

sobre su superficie exterior. Cuando el agua que fluye hacia abajo se encuentra con el aire que se mueve hacia arriba, el agua cede calor al aire, tanto por transferencia de calor sensible como por transferencia de calor latente, es decir, por la evaporación parcial. El resto del agua cae hacia abajo en la cuba 20, donde se acumula para la recirculación. Cuando el aire que se mueve hacia arriba se encuentra con el agua que fluye hacia abajo y extrae calor del agua, el
5 aire también arrastra una cierta cantidad de agua en forma de gotas que lleva arriba fuera del conjunto de serpentín 16 y arriba fuera del conjunto 14 de pulverización de agua. Sin embargo, cuando el aire pasa a través del conjunto 12 de eliminador de vaporización, su flujo es cambiado rápidamente en sentido lateral y las gotitas líquidas transportadas por el aire que se separan del aire y se depositan en los elementos del eliminador de vaporización. El agua cae de nuevo en los conjuntos de serpentín y pulverización. Mientras tanto, el aire resultante con alta humedad, pero esencialmente
10 sin gotas, se expulsa fuera a través de la parte superior del conducto 10 a la atmósfera.

En algunas realizaciones de la invención, el área de superficie de los tubos 66 del conjunto de serpentín puede ser aumentada adicionalmente con el uso de aletas muy próximas entre sí que se extienden hacia el exterior, en dirección
15 horizontal, desde la superficie de los segmentos de tubo.

En ciertas aplicaciones en las que la caída de presión admisible es una preocupación, se utilizan normalmente paquetes de tipo cuádruple. Aunque el área de la superficie y la longitud total de los tubos usados es la misma, los paquetes cuádruples alimentan el doble que muchos circuitos de la mitad de la longitud del tubo como los paquetes estándar. Esto reduce las caídas de presión del fluido interno por un factor de aproximadamente siete, pero también
20 reduce el coeficiente global de transferencia de calor debido a la velocidad más baja en el tubo, aunque se proporciona un área de superficie de transferencia de calor comparable. Sin embargo, los paquetes de tubos cuádruples son típicamente más caros que los paquetes estándar, con alrededor del 5% al 15% de menos rendimiento térmico. Esto se debe en parte a la cantidad adicional de circuitos que deben ser fabricados, manipulados y soldados en el colector principal, junto con un menor coeficiente de película interior debido a la velocidad más baja en el tubo. Sin embargo,
25 el paquete de tubos densificado de la invención permite que el diseño estándar de paquete de tubos amplíe su rango de funcionamiento térmico antes de que se alcance el límite de caída de presión al permitir que una mayor área interna de flujo sea agrupada en el mismo espacio. Como tal, con el uso del conjunto de paquete de tubos densificado, se puede reducir la necesidad de paquetes cuádruples.

Un ejemplo de método de fabricación del conjunto de serpentín se describirá haciendo referencia a las figuras 9-
30 13. La figura 9 muestra un circuito de tubo individual formado por extrusión y doblando de una longitud continua de tubo de acero 66 en la forma de serpentino mostrada. Cuarenta de estos circuitos se pueden combinar para formar un intercambiador de calor de 40 circuitos. Cada tubo 66 está formado de un tubo redondo de diámetro 26,7 mm (1,05") para tener: una longitud interior L1 de 33 cm (130-9/16") desde el extremo del tubo a la línea central de la curva de
35 retorno; una longitud L2 de 34 cm (133-1/8") desde la línea central del radio de la curva de retorno a la línea central del radio de la curva de retorno; y una longitud total L3 de 35 cm (137-1/2"). Sin embargo, los tamaños específicos tienen la intención ser ilustrativos y no limitativos.

Como se muestra en la figura 10, cada curva de retorno 68 del tubo 66 tiene un radio exterior de 66 mm (2-19/32")
40 (ancho total de 132 mm (5-3/16")). Por lo menos una zona de concavidad 68B se forma en el extremo más exterior de la curva de retorno. Cada zona de concavidad está dimensionada y conformada para emparejarse y anidarse con un perfil de tubo de curva de retorno adyacente por superposición. En el ejemplo mostrado, se proporcionan dos zonas con concavidades simétricas a ambos lados derecho e izquierdo de una superficie superior de cada curva de retorno. Más concretamente, en este ejemplo específico, se usó un ángulo de aproximadamente 30°, medido desde el plano
45 de extremo perpendicular al eje longitudinal del tubo. Éste se calculó mediante la triangulación de los puntos en los que los ángulos cruzan los ejes longitudinales y transversales. Sin embargo, el ángulo puede variar dependiendo de la forma y la superposición de las curvas de retorno.

Las zonas de concavidades 68B tienen una anchura de tamaño para recibir la curva de retorno adyacente superpuesta.
50 La anchura real depende de la profundidad de la concavidad. Preferentemente, la concavidad tiene una curvatura que se corresponde con el perfil del tubo. En este caso, la concavidad es semiesférica y tiene una profundidad de aproximadamente 3,8 mm (0,15") como se muestra en la figura. 1.

En realizaciones de ejemplo de la invención, las concavidades pueden formarse en masa con un troquel o plantilla que forma las concavidades sustancialmente de manera simultánea a todas las zonas necesarias en un circuito.
55 Alternativamente, se pueden formar concavidades individuales durante la formación de las curvas de retorno del serpentino. El método particular de producción puede ser seleccionado basándose en el método particular de fabricación de tubo utilizado. En un ejemplo de realización, las concavidades pueden formarse de forma manual utilizando una herramienta convencional de formación de concavidades, ya sea cuando se forma cada curva de retorno individual 68 de los tubos 66, o realizado manualmente tras la finalización de los circuitos individuales 66. En otra realización, el proceso también se puede automatizar mediante la formación de una plantilla, como la plantilla 120 de formación de
60 concavidades mostrada en la figura. 13. Esta plantilla permite la formación al mismo tiempo de ambas zonas 68B de concavidades. Este proceso se puede automatizar aún más proporcionando una pluralidad de tales plantillas de formación de concavidades, una por cada curva de retorno. Si todas estas plantillas de formación de concavidades se unen o clasifican, la formación de concavidades se puede lograr en una sola operación o golpe para cada circuito individual
65 66. Esta última realización tiene la ventaja de aumentar la productividad y asegurar la calidad de la formación de concavidades.

ES 2 343 969 T3

En los tubos se pueden proporcionar varias configuraciones diferentes de concavidades. En el ejemplo de realización de la figura 10, cada curva de retorno tiene concavidades en dos lugares en un lado (superior o inferior) de los tubos para que, independientemente del orden de apilamiento de los circuitos, los paquetes de tubos se anidarán siempre de manera uniforme. Sin embargo, la formación de concavidades se puede proporcionar en ambos lados de cada curva de retorno. En una realización alternativa, la formación de concavidades se proporciona en ambos lados una curva de retorno de cada dos curvas de retorno, dejando curvas de retorno adyacentes sin concavidades pero produciendo el mismo efecto general. En incluso un ejemplo de realización adicional, las concavidades se pueden realizar en ambos lados de todos los tubos, pero con un tamaño de concavidad reducido o menos pronunciado. Esto tendrá el mismo resultado neto que las concavidades más grandes que se proporcionan en un solo lado. En incluso otra realización, el mismo efecto puede lograrse mediante el uso de una sección transversal reducida no circular en la dirección del proceso. Un ejemplo de esto sería una sección elíptica. Sin embargo, una reducción continua de la sección transversal en la curva de retorno puede tener efectos adversos sobre las características del flujo o la transferencia de calor de los tubos. Es decir, la formación de concavidades tiene la ventaja de añadir sólo un aumento mínimo de caída de presión interna de fluido, en comparación con la compresión de la curva de retorno entera. Las concavidades son más fáciles de formar que la compresión de toda una curva de retorno, a la vez que tiene un mínimo efecto, si hay algo, sobre las características estructurales de los tubos. Por otra parte, como los tubos adyacentes se anidan en la zona de la concavidad, esto sirve para reforzar esta zona.

La figura 12 muestra un colector principal 56 con 40 aberturas desviadas 56A dimensionadas para recibir los extremos de los cuarenta circuitos individuales 66 de tubo. En este ejemplo, las aberturas son cada una de un diámetro de 28 mm (1-3/32"). Como se muestra, el colector tiene una altura total H1 de 9,6 cm (37-3/4"). Una primera fila de 20 de las aberturas son equidistantes por 19 separaciones de 45 mm (1-25/32") cada una entre centros, para un total de separación H2 de 8,6 cm (33-27/32") entre centros. Una segunda fila de 20 aberturas son equidistantes también por 19 separaciones de 45 mm (1-25/32") cada entre centros, para un total de separación H2 de 8,6 cm (33-27/32") entre centros. Sin embargo, la segunda fila está desviada respecto la primera. La primera y segunda filas de aberturas están separadas por una distancia W1 de 48 mm (1-7/8").

El conjunto de serpentín 16 resultante tiene una separación individual S entre circuitos que es menor que el diámetro de los tubos (es decir, $S=23$ mm (57/64"), $D=27$ mm (1,05"), relación de densidad de agrupamiento = $D/S = 27$ mm \div 23 mm (1,05 " \div 57/64") = 1,179). Esto permite el agrupamiento de circuitos adicionales en un menor alojamiento de intercambiador de calor ya que el ejemplo de reducción de 3,8 mm (0.15") en la separación S (respecto la densidad máxima que se pensaba de 1,02) multiplicado por el número de circuitos formará finalmente una diferencia suficientemente grande para permitir la adición de uno o más circuitos adicionales. Por otra parte, la formación de serpentines resultante puede hacerse de manera uniforme y/o separada con precisión con esta densidad de $>1,02$ por la disposición de las zonas de depresión, formadas con precisión, tales como concavidades.

El conjunto de serpentín densificado de la invención puede ser beneficioso en muchos entornos diferentes de intercambiadores de calor. El conjunto de serpentín densificado permite una mayor área de superficie de transferencia de calor en las mismas limitaciones de espacio y de tamaño que los diseños anteriores o, por el contrario, permite que la misma área de superficie de transferencia de calor sea incluida en un recinto más pequeño. Esto tiene ventajas cuando el tamaño del recinto está fijado.

El conjunto de serpentín densificado también reduce la caída de presión en el intercambiador de calor al proporcionar más circuitos. Esto puede ser ventajoso en muchos tipos de intercambiadores de calor, tales como el tipo serpentín/relleno de la figura 1, en los criterios de presión pueden conducir el diseño.

El conjunto de serpentín densificado de la invención también permite una separación más precisa y controlable entre los circuitos. Por ejemplo, haciendo que todos los circuitos estén uniformemente separados y con concavidades, cada circuito puede tener, substancialmente, el mismo flujo de aire, caída de presión y otras propiedades. Esto permite un mejor diseño de intercambiador de calor.

Los mejores resultados parecen ser alcanzados cuando el conjunto de serpentín densificado de la invención se utiliza en un intercambiador de calor de tipo serpentín/relleno, es decir, uno que incluye una combinación de aparato de intercambio de calor directo e indirecto por evaporación como en la figura. 1. Esta realización puede lograr mejores resultados en comparación con los intercambiadores de calor sólo de tipo serpentín, como en la figura 2, ya que el aumento de la densidad de tubos no disminuye el flujo de aire global de la unidad en la misma medida que es posible en un intercambiador de calor de tipo solo de serpentín.

Un ejemplo de una aplicación para un intercambiador de calor de combinación serpentín/relleno con un serpentín densificado es una torre de refrigeración de ciclo cerrado, en la que un fluido inicialmente caliente, como el agua, se dirige en general hacia arriba a través de una serie de circuitos que comprenden una sección de intercambio de calor indirecto por evaporación, donde el agua caliente experimenta un intercambio indirecto de calor sensible con una contracorriente de líquido enfriador por evaporación que gravita sobre las superficies exteriores de los circuitos. En la realización preferida, el agua más fría que sale de cada uno de los circuitos es igualmente expuesta al líquido de evaporación de temperatura más fría uniforme y a las corrientes de aire ambiente de temperatura más fría uniforme disponibles. Esto conduce a un método de transferencia de calor más uniforme y necesariamente más eficiente que el realizado por la técnica anterior. Cuando el calor se transfiere de forma sensible desde el fluido caliente, el líquido de evaporación aumenta de temperatura ya que gravita hacia abajo a través de la sección de intercambio de calor

ES 2 343 969 T3

indirecto por evaporación. Al mismo tiempo, el aire ambiente más fresco es echado sobre los circuitos en un recorrido que es concurrente con el líquido por evaporación gravitando. Parte del calor absorbido por el líquido de evaporación se transfiere a la corriente de aire que se mueve de manera concurrente, mientras que el resto del calor absorbido da lugar a un aumento de la temperatura del líquido de evaporación cuando fluye hacia abajo sobre los circuitos.

5 El líquido de evaporación gravita entonces sobre una sección de intercambio de calor directo por evaporación. La sección de intercambio de calor directo por evaporación utiliza una fuente separada de aire ambiente fresco para enfriar directamente el líquido calentado ahora de evaporación a través del intercambio de calor por evaporación. El flujo de aire a través de la sección directa puede ser cruzado o en contracorriente con el líquido de evaporación descendente. Este líquido enfriado ahora de evaporación se recoge después en un sumidero, dando lugar a un líquido

10 de evaporación refrigerado a temperatura uniforme que luego se redistribuye hacia la parte superior de la sección de evaporación indirecta.

15 Cuando se aplica como un condensador por evaporación, el proceso es el mismo que se ha explicado para el aparato de refrigeración por fluido en circuito cerrado, salvo que como el refrigerante se condensa en una condición isotérmica, el flujo del líquido, ahora un gas refrigerante, se invierte típicamente con el fin de facilitar el drenaje del condensado.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 343 969 T3

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de serpentín (16) para un intercambiador de calor (10), que comprende:

5 una formación de al menos dos circuitos de serpentino, cada circuito incluye secciones (66) de tubo longitudinal de un diámetro efectivo D, secciones (68) de curva de retorno de un diámetro efectivo D, y extremos de entrada y salida, donde

10 los por lo menos dos circuitos de serpentino se apilan en una disposición plana escalonada con curvas de retorno adyacentes (68) que están al menos parcialmente superpuestas;

caracterizado porque:

15 al menos uno de los dos circuitos de serpentino está provisto con al menos una zona de depresión (68B) que coincide con el punto de superposición con la curva de retorno (68) de un circuito de serpentino adyacente,

20 en el que los por lo menos dos circuitos de serpentino son agrupados de manera densa para que los circuitos de serpentino adyacentes se aniden en la al menos una zona de depresión (68B) para proporcionar una densidad de agrupamiento D/S entre circuitos mayor que 1,02, donde S es la separación entre cada uno de los circuitos adyacentes y D es el diámetro efectivo de las secciones de tubo (66).

2. El conjunto de serpentín (16) acorde con la reivindicación 1, en el que la zona de depresión (68B) tiene una profundidad de entre 2,5-50% del diámetro D.

25 3. El conjunto de serpentín (16) acorde con la reivindicación 1 ó 2, en el que la zona de depresión (68B) tiene una profundidad de entre 0,8 mm-13 mm (1/32"-1/2").

30 4. El conjunto de serpentín (16) acorde con la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que la zona de depresión (68B) tiene un perfil que coincide sustancialmente con la curva de retorno adyacente (68) en el punto de superposición.

5. El conjunto de serpentín (16) acorde con la reivindicación 4, en el que el perfil es semicilíndrico.

35 6. El conjunto de serpentín (16) acorde con cualquier reivindicación anterior, en el que la zona de depresión (68B) se proporciona en al menos uno de los lados superior e inferior de al menos los circuitos de serpentino alternos.

7. El conjunto de serpentín (16) acorde con la reivindicación 6, en el que la zona de depresión (68B) se proporciona en ambos lados superior e inferior de los circuitos de serpentino alternos.

40 8. El conjunto de serpentín (16) acorde con la reivindicación 6, en el que la zona de depresión (68B), se dispone en los lados superior e inferior de todos los circuitos de serpentino intermedios de la formación y cada zona de depresión (68B) tiene una profundidad de entre el 1,25% y el 25% del diámetro D.

45 9. El conjunto de serpentín (16) acorde con la reivindicación 6, en el que la zona de depresión (68B) se dispone en ambos extremos izquierdo y derecho de la parte superior o inferior para dar cabida a la desviación y la superposición en cualquier dirección.

50 10. El conjunto de serpentín (16) acorde con cualquier reivindicación anterior, en el que la zona de depresión (68B) se logra mediante la formación de al menos el punto de superposición de las curvas de retorno (68) en una forma aplastada en sección transversal.

11. El conjunto de serpentín (16) acorde con cualquier reivindicación anterior, en el que la zona de depresión (68B) está formada por una concavidad.

55 12. El conjunto de serpentín (16) acorde con cualquier reivindicación anterior, en el que la formación de al menos dos circuitos de serpentino incluye tres o más circuitos y la separación S entre circuitos es uniforme entre todos los circuitos de serpentino del conjunto de serpentín.

13. Un intercambiador de calor (10), que comprende:

60 El conjunto de serpentín (16) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores;

un colector de admisión (56) conectado a las entradas de cada uno de los al menos dos circuitos de serpentino;

65 un colector de salida (56) conectado a las salidas de cada uno de los al menos dos circuitos de serpentino; y

un conducto de un tamaño predeterminado que aloja al conjunto de serpentín (16) e incluye una entrada y salida de gas.

ES 2 343 969 T3

14. El intercambiador de calor (10) acorde con la reivindicación 13, que comprende además un ventilador (32) dispuesto para mover un gas desde la entrada de gas del conducto, a través del conjunto de serpentín y afuera por la salida de gas del conducto.

5 15. El intercambiador de calor (10) acorde con la reivindicación 13 ó 14, que comprende además un sistema (52) de distribución del líquido dispuesto por encima del conjunto de serpentín (16) para distribuir el líquido hacia abajo sobre el conjunto de serpentín.

10 16. El intercambiador de calor (10) acorde con la reivindicación 13, 14 ó 15, en el que el intercambiador de calor es un intercambiador de calor por evaporación.

17. El intercambiador de calor (10) acorde con la reivindicación 16, en el que el intercambiador de calor por evaporación es un intercambiador de calor indirecto.

15 18. El intercambiador de calor (10) acorde con la reivindicación 16, en el que el intercambiador de calor por evaporación incluye un sistema de intercambiador de calor directo por evaporación y un sistema de intercambiador de calor indirecto por evaporación.

20 19. El intercambiador de calor (10) acorde con la reivindicación 18, en el que el intercambiador de calor es de tipo serpentín/relleno.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

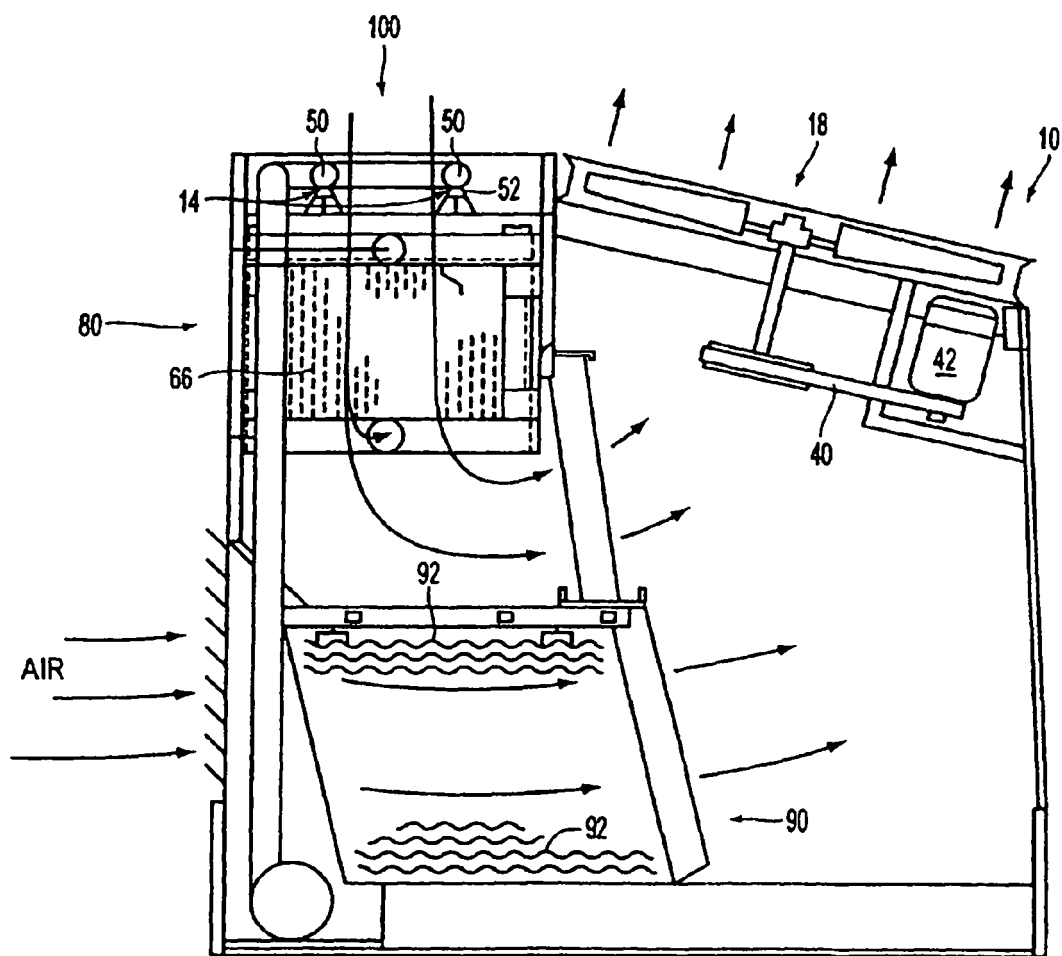


FIG. 2

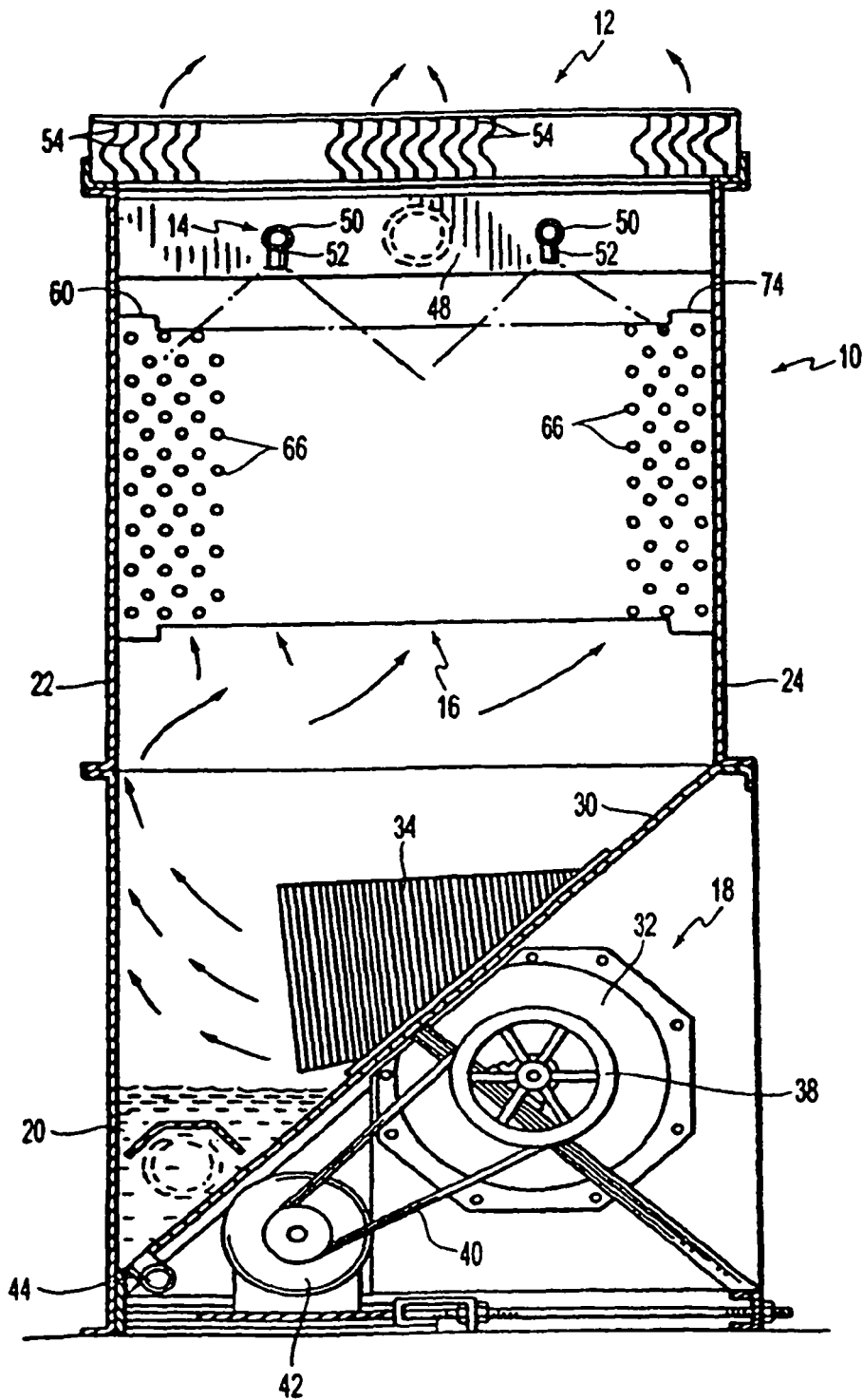


FIG. 3

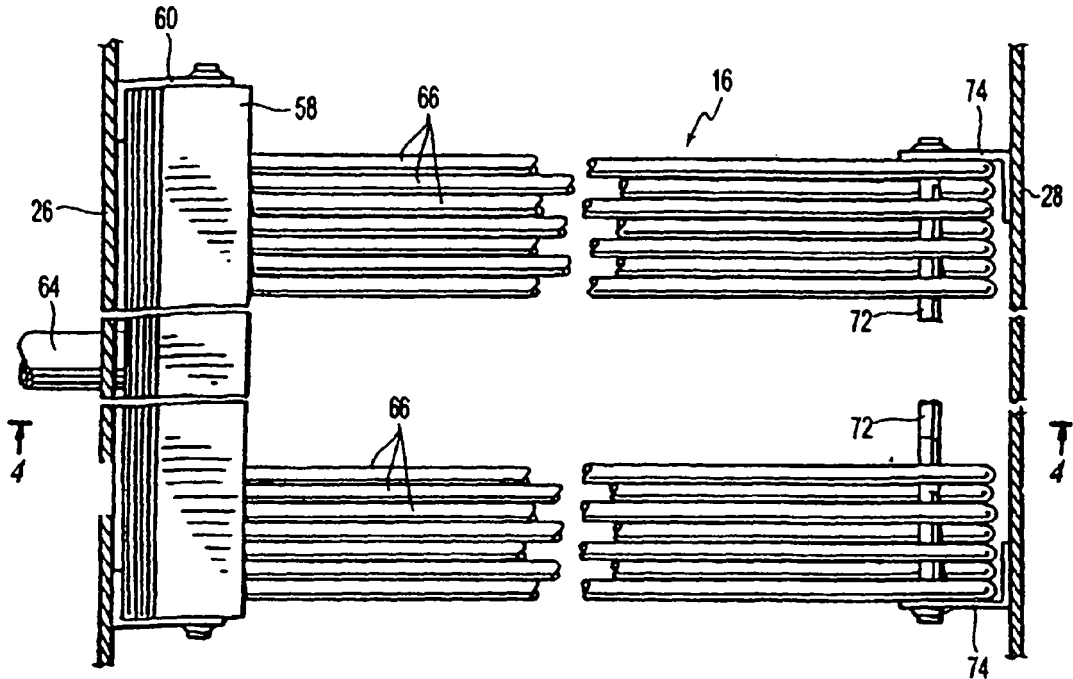


FIG. 4

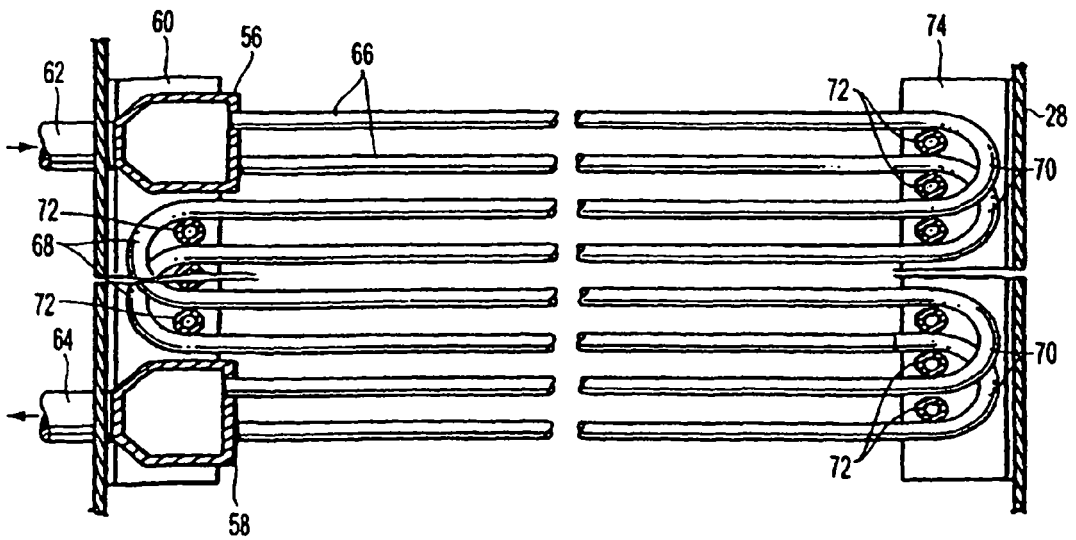


FIG. 7

TÉCNICA ANTERIOR

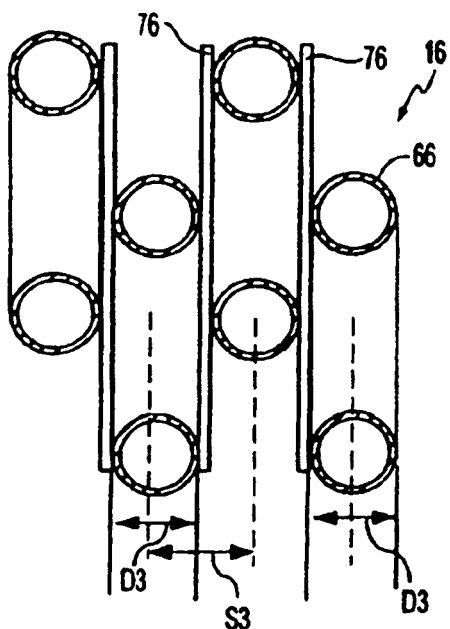


FIG. 5

TÉCNICA ANTERIOR

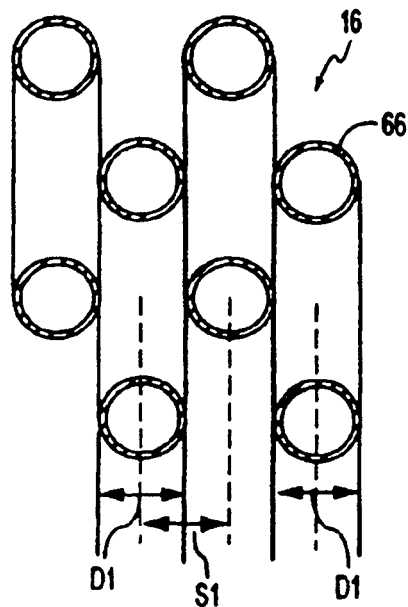


FIG. 6

TÉCNICA ANTERIOR

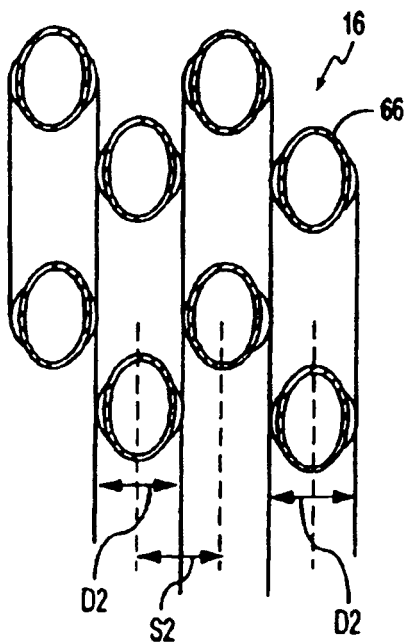


FIG. 8

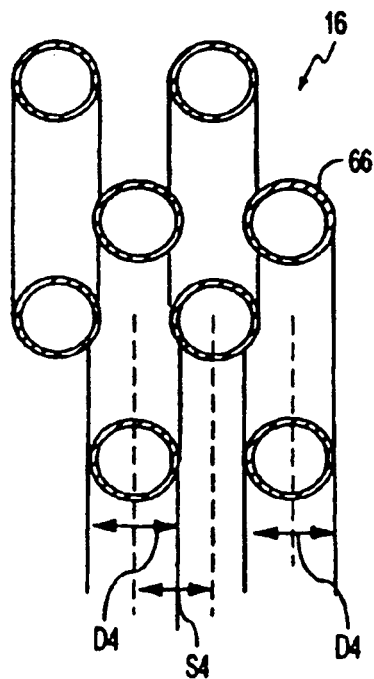


FIG. 9

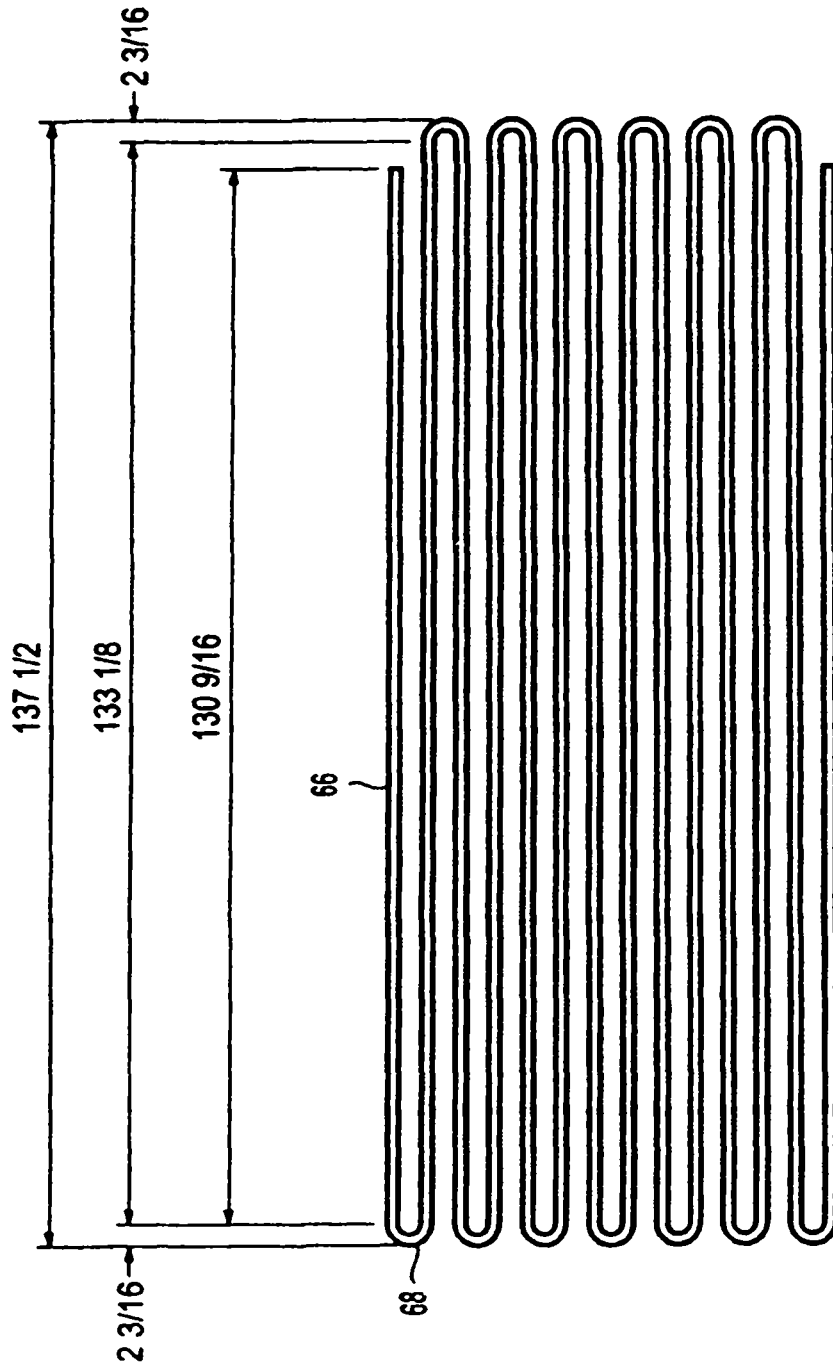


FIG. 10

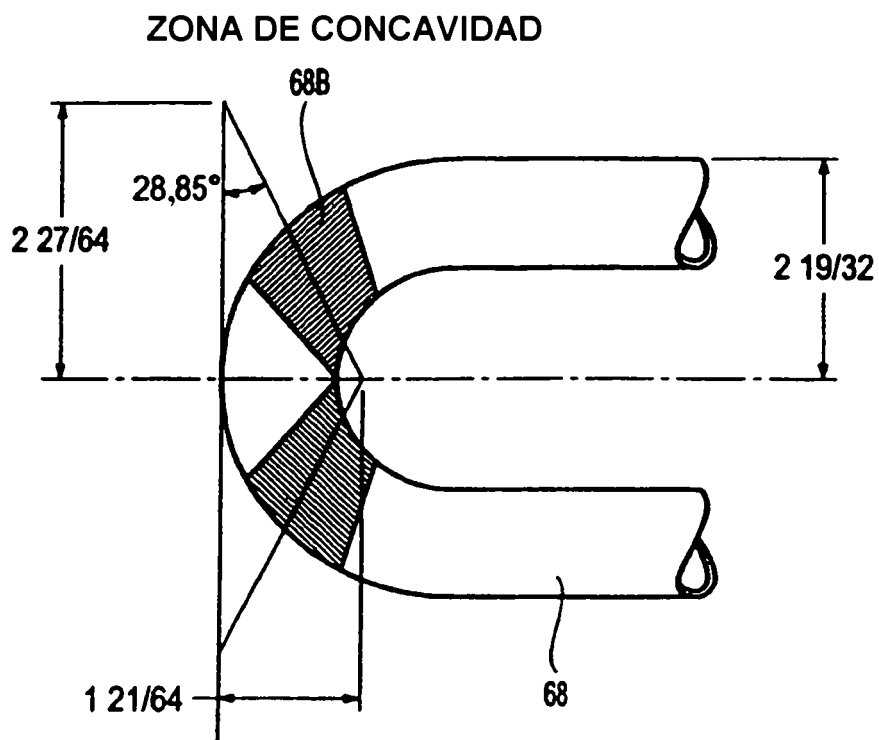


FIG. 11

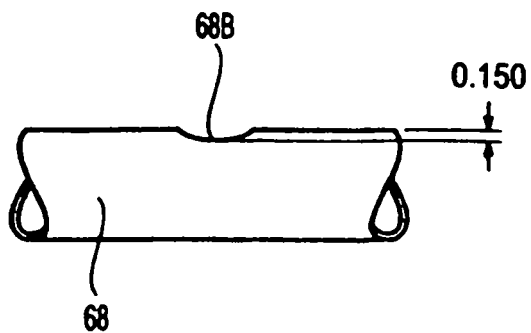


FIG. 12

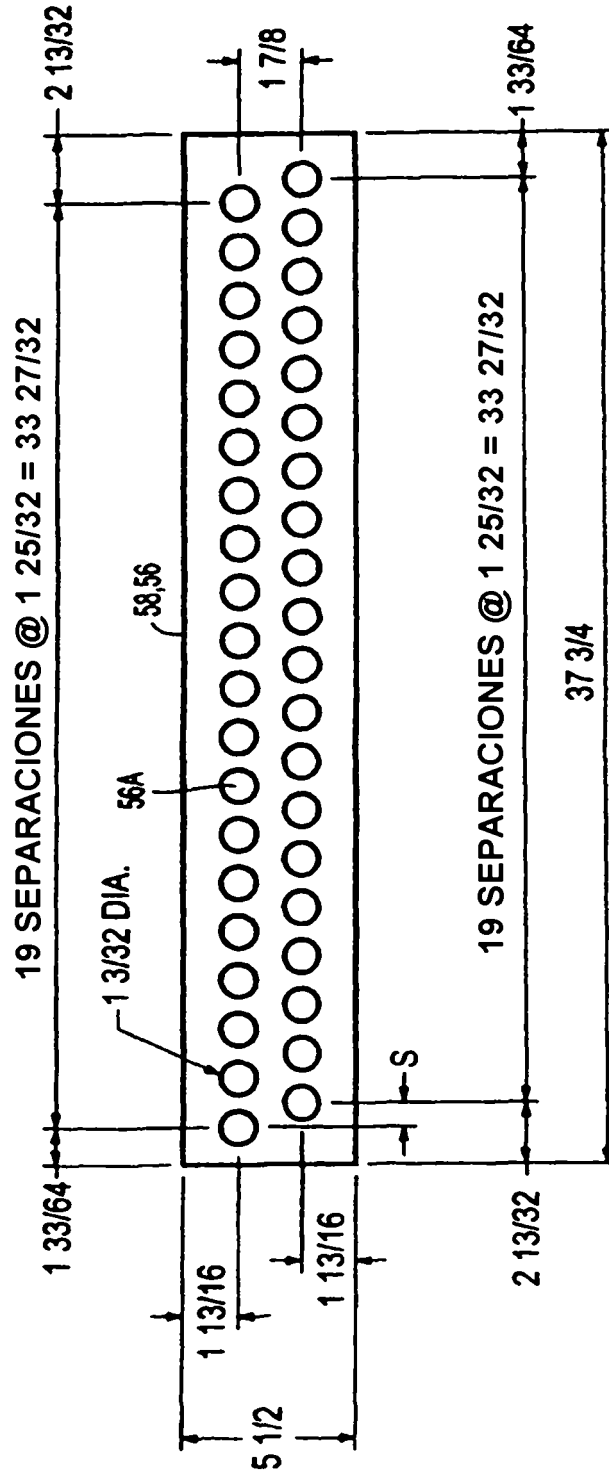


FIG. 13

