

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 901**

51 Int. Cl.:

F28D 1/047 (2006.01)

F28F 1/00 (2006.01)

F28F 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2017** **E 17195695 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019** **EP 3309491**

54 Título: **Intercambiador de calor indirecto**

30 Prioridad:

12.10.2016 US 201615291773

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

01.06.2020

73 Titular/es:

**BALTIMORE AIRCOIL COMPANY, INC. (100.0%)
7600 Dorsey Run Road
Jessup, MD 20794, US**

72 Inventor/es:

**BEAVER, ANDREW;
AARON, DAVID ANDREW y
ROUSSELET, YOHANN LILIAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 763 901 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

Intercambiador de calor indirecto

5 Antecedentes y sumario de la invención

La presente invención se refiere a intercambiadores de calor y, más particularmente, a un intercambiador de calor indirecto compuesto por una pluralidad de circuitos de proyección de tubos de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 o el preámbulo de la reivindicación 9. El documento US 6 470 878 desvela un intercambiador de calor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. El documento DE 40 33 636 desvela un intercambiador de calor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 9. Cada circuito está compuesto por un tubo que tiene una pluralidad de proyecciones de tubo y una pluralidad de curvas de retorno. Cada tubo puede tener la misma superficie desde cerca de su conexión a un cabezal de entrada hasta cerca de su conexión a un cabezal de salida. Sin embargo, la geometría de la proyección de tubo cambia a medida que las proyecciones de tubo se extienden desde la entrada hasta cerca del cabezal de salida. En un caso, la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo disminuye a medida que las proyecciones de tubo se extienden a cerca del cabezal de salida. Dicha disminución de la dimensión transversal horizontal puede ser progresiva desde cerca del cabezal de entrada hasta cerca del cabezal de salida o cada proyección de tubo de la bobina puede tener una dimensión transversal horizontal uniforme, con al menos una dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo disminuyendo más cerca del cabezal de salida.

En particular, se proporciona un intercambiador de calor indirecto que comprende una pluralidad de circuitos, con un cabezal de entrada conectado a un extremo de entrada de cada circuito y un cabezal de salida conectado a un extremo de salida de cada circuito. Cada circuito está compuesto de una proyección de tubo que se extiende en una serie de proyecciones y curvas de retorno desde el extremo de entrada de cada circuito al extremo de salida de cada circuito. En las realizaciones, las proyecciones de tubo pueden tener curvas de retorno o pueden ser un tubo largo y recto sin curvas de retorno, tal como con una bobina del condensador de vapor. Cada proyección de tubo de circuito tiene una dimensión transversal horizontal preseleccionada cerca del extremo de entrada de cada circuito de bobina, y cada proyección de tubo de circuito tiene una dimensión transversal horizontal decreciente a medida que el tubo de circuito se extiende desde cerca del extremo de entrada de cada circuito hasta cerca del extremo de salida de cada circuito de bobina.

Las realizaciones presentadas comienzan con una geometría de tubo más grande, ya sea en dimensión transversal horizontal o área transversal en las primeras proyecciones cerca del cabezal de entrada y luego tienen una reducción o aplanamiento (al menos una vez) en la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo procedentes de la entrada a la salida y generalmente en la dirección del flujo de aire. Una ventaja clave para el aplanamiento progresivo en un condensador es que el área transversal interior debe ser la más grande donde el vapor menos denso entra en la proyección de tubo. Esto provoca que entre gas en la proyección de tubo reduciendo la caída de presión lateral interior permitiendo que entre más vapor en las proyecciones de tubo. La reducción de dimensión transversal de la proyección de tubo horizontal, o el aplanamiento del tubo en la dirección del flujo de aire logra diversas ventajas respecto a los intercambiadores de calor de la técnica anterior. En primer lugar, el área proyectada reducida reduce el coeficiente de resistencia que impone una menor resistencia al flujo de aire permitiendo así que fluya más aire. Además de los aumentos de flujo de aire, para los condensadores, a medida que se condensa refrigerante, hay menos necesidad de un área transversal interior a medida que se avanza desde el principio (vapor-baja densidad) hasta el final (líquido-alta densidad), por lo que es beneficioso reducir el área transversal interior a medida que el fluido fluye desde la entrada a la salida permitiendo mayores velocidades de fluido interior y, por tanto, mayores coeficientes de transferencia de calor interior. Esto es cierto para condensadores y refrigeradores de fluidos, especialmente refrigeradores de fluidos con velocidades de fluido interior más bajas. En una realización mostrada, el tubo puede comenzar redondo y la forma geométrica se aerodinamiza progresivamente para cada grupo de dos proyecciones de tubo. La decisión de cuántas proyecciones de tubo tienen una forma más aerodinamizada y una reducción en la dimensión transversal horizontal y cuánta reducción es necesaria es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la cantidad de coeficiente de transferencia de calor interior deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida.

Los diámetros de proyección de tubo habituales que cubren intercambiadores de calor indirecto varían de 0,635 cm a 5,08 cm ($\frac{1}{4}$ pulgadas a 2,0 pulgadas), pero esto no es una limitación de la invención. Cuando las proyecciones de tubo empiezan con un área transversal interior grande y luego se aplanan progresivamente, la circunferencia del tubo y, por lo tanto, el área superficial permanecen esencialmente sin cambios en cualquiera de las relaciones de aplanamiento para un diámetro de tubo determinado, mientras que el área transversal interior se reduce progresivamente y el área proyectada en el flujo de aire externo al intercambiador de calor indirecto también se reduce. La forma general del tubo aplanado puede ser elíptica, ovalada con uno o dos ejes de simetría, un óvalo de lado plano o cualquier forma aerodinamizada. Una medida clave para determinar el rendimiento y los beneficios de la caída de presión de cada paso es la relación del lado largo (vertical) del óvalo con el lado más corto (horizontal). Un tubo redondo tendría una relación 1:1. El nivel de aplanamiento se indica aumentando las relaciones de los lados. Esta invención se refiere a relaciones que varían de 1:1 a 6:1 para ofrecer compensaciones de rendimiento óptimo. La relación de óvalo máxima óptima para cada proyección de tubo de intercambiador de calor indirecto depende del fluido

5 de trabajo dentro de la bobina, la cantidad de aumento de rendimiento en la zona de operaciones deseado, el aumento de la velocidad del fluido interior deseado y el aumento de los coeficientes de transferencia de calor interior, las condiciones de funcionamiento de la bobina, la caída de presión lateral del tubo interior permitida, así como la capacidad de fabricación de la geometría de la bobina deseada. En una situación ideal, todos estos parámetros se equilibrarán para satisfacer la necesidad exacta del cliente de optimizar el rendimiento del sistema, minimizando así el consumo de energía y agua.

10 La granularidad de la progresión del aplanamiento es un aspecto importante de esta invención. En un extremo, hay un diseño donde la cantidad de aplanamiento aumenta progresivamente a lo largo de múltiples pasos o proyecciones de tubo de cada circuito. Esto podría lograrse mediante un sistema de rodillos automatizado integrado en el proceso de fabricación de los tubos. Un diseño similar con menos granularidad implicaría al menos la reducción de una etapa para que uno o más pasos o proyecciones de tubo de cada circuito tuviesen el mismo nivel de aplanamiento. Por ejemplo, un diseño podría tener la primera proyección de tubo sin ningún grado de aplanamiento, como ocurriría con un tubo redondo, y las siguientes tres proyecciones de tubo de circuito tendrían un nivel de factor de compresión (grado de aplanamiento) y los cuatro últimos pasos de tubo tendrían otro nivel (mayor grado) de factor de compresión. El diseño menos granular tendría uno o más pasos o proyecciones de tubo de tubo redondo seguido/s de uno o más pasos o proyecciones de tubo de un solo nivel de tubo aplanado. Esto podría lograrse con un conjunto de rodillos o suministrando una bobina superior con tubos redondos y la bobina inferior con tubos elípticos o aplanados. Otro medio más para fabricar las diferentes formas geométricas de los tubos sería terminar las diversas formas de los tubos y soldar las placas entre sí como se descubre en la patente de Estados Unidos 4.434.112. Es probable que los intercambiadores de calor se diseñen y produzcan pronto mediante impresoras 3D con las geometrías exactas para optimizar la transferencia de calor como se propone en esta invención.

25 El aplanamiento de la proyección de tubo podría lograrse en línea con el proceso de fabricación de tubos mediante la adición de rodillos automatizados entre la fresa de tubos y el proceso de doblado. Como alternativa, el proceso de aplanamiento podría lograrse como una etapa distinta con una operación de prensado después de producirse el doblado. Las realizaciones presentadas son aplicables a cualquier material de tubo de intercambiador de calor habitual, siendo el más habitual el acero al carbono galvanizado, cobre, aluminio y acero inoxidable, pero el material no es una limitación de la invención.

30 Ahora que los circuitos de los tubos se pueden aplanar progresivamente, reduciendo así la dimensión transversal horizontal, es posible densificar extremadamente los circuitos de la extensión de tubo sin obstruir el flujo de aire externo. Las realizaciones propuestas permiten así una "densificación extrema" de los circuitos de tubo del intercambiador de calor indirecto. Se puede emplear un método descrito en la patente de Estados Unidos 6.820.685 para proporcionar áreas de depresión en el área de superposición de las curvas en U para reducir localmente el diámetro en la curva de retorno si se desea. Adicionalmente, los usuarios expertos en la técnica podrán fabricar curvas de retorno en proyecciones de tubo a las relaciones de aplanamiento deseadas y esto no es una limitación de la invención.

40 Otra forma de fabricar un cambio en la forma de las geometrías es emplear el uso de un intercambiador de calor indirecto superior e inferior. El intercambiador de calor superior puede estar todo hecho de tubos redondos, mientras que el intercambiador de calor inferior puede estar hecho con una forma más aerodinamizada. Esto conserva la superficie de transferencia de calor mientras aumenta el flujo de aire general y disminuye el área transversal interior. Otra forma de fabricar un cambio en la forma geométrica es emplear el uso de un intercambiador de calor indirecto superior e inferior. El intercambiador de calor superior puede estar todo hecho de tubos redondos, mientras que el intercambiador de calor inferior puede estar hecho con una reducción en los circuitos en comparación con la bobina superior. Esto reduce la superficie de transferencia de calor mientras aumenta el flujo de aire general y disminuye el área transversal interior. Siempre que las bobinas superior e inferior tengan al menos un cambio en la forma geométrica o el número de circuitos, el sistema de intercambio de calor indirecto estaría de acuerdo con esta realización.

50 Un objeto de la invención es comenzar con grandes proyecciones de tubo transversales interiores y luego reducir progresivamente la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo a medida que avanzan desde la entrada a la salida para reducir el coeficiente de resistencia y permitir más flujo de aire externo.

55 Un objeto de la invención es comenzar con grandes proyecciones de tubo transversales interiores y luego reducir progresivamente la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo a medida que avanzan desde la entrada a la salida para permitir que entre el fluido (vapor) de menor densidad a la proyección de tubo con muy poca caída de presión para maximizar el caudal de fluido interior.

60 Un objeto de la invención es comenzar con grandes proyecciones de tubo transversales interiores y luego reducir progresivamente la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo a medida que avanzan desde la entrada hasta la salida para permitir una densificación extrema del circuito del tubo sin obstruir el flujo de aire externo.

65 Un objeto de la invención es comenzar con grandes proyecciones de tubo transversales interiores y luego reducir progresivamente la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo a medida que avanzan desde la entrada hasta la salida para aumentar la velocidad del fluido interior y aumentar los coeficientes de transferencia de

calor interior en la dirección de la trayectoria de flujo del fluido interior.

5 Un objeto de la invención es comenzar con grandes proyecciones de tubo transversales interiores y luego reducir progresivamente la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo a medida que avanzan desde la entrada hasta la salida en los condensadores para aprovechar el hecho de que, a medida que se condensa el vapor, se necesita menos área transversal, dando como resultado coeficientes de transferencia de calor interior más altos con más flujo de aire y, por tanto, más capacidad.

10 Un objeto de la invención es comenzar con grandes proyecciones de tubo transversales interiores y luego reducir progresivamente la dimensión transversal horizontal de las proyecciones de tubo a medida que avanzan desde la entrada hasta la salida equilibrando la demanda del cliente sobre la capacidad deseada y la caída de presión de fluido interior permitida para personalizar el diseño del intercambiador de calor indirecto para satisfacer y superar las expectativas del cliente.

15 Un objeto de la invención es cambiar la forma geométrica de una proyección de tubo de circuito al menos una vez a lo largo de la trayectoria del circuito para permitir el equilibrio simultáneo del flujo de aire externo, Los coeficientes de transferencia de calor interior, el área transversal y la superficie de transferencia de calor para optimizar la transferencia de calor.

20 Un objeto de la invención es cambiar la forma geométrica de una bobina de placa al menos una vez a lo largo de la trayectoria del circuito para permitir el equilibrio simultáneo del flujo de aire externo, los coeficientes de transferencia de calor interior, el área transversal y la superficie de transferencia de calor para optimizar la transferencia de calor.

Breve descripción de los dibujos

25 En los dibujos:

la figura 1 es una vista lateral de un intercambiador de calor indirecto de la técnica anterior que incluye una serie de proyecciones de tubos en serpentina;

30 la figura 2A es una vista frontal de un intercambiador de calor indirecto de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la figura 2B es una vista frontal de un intercambiador de calor indirecto de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;

35 la figura 3 es una vista lateral de un circuito desde el intercambiador de calor indirecto de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la figura 4A es una vista frontal de un intercambiador de calor indirecto de acuerdo con una tercera realización de la presente invención;

la figura 4B es una vista frontal de un intercambiador de calor indirecto de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención;

40 la figura 5 es una vista frontal de un intercambiador de calor indirecto de acuerdo con una quinta realización de la presente invención;

la figura 6 es una vista frontal de dos intercambiadores de calor indirecto de acuerdo con una sexta realización de la presente invención;

45 la figura 7A es una vista frontal de dos intercambiadores de calor indirecto de acuerdo con una séptima realización de la presente invención;

la figura 7B es una vista frontal de dos intercambiadores de calor indirecto de acuerdo con una octava realización de la presente invención;

la figura 7C es una vista frontal de dos intercambiadores de calor indirecto de acuerdo con una novena realización de la presente invención;

50 la figura 8 es una vista frontal de dos intercambiadores de calor indirecto de acuerdo con una décima realización de la presente invención;

la figura 9 es una vista tridimensional de un intercambiador de calor indirecto de acuerdo con una undécima realización de la presente invención.

la figura 10A, la figura 10B y la figura 10C son vistas en perspectiva parciales de la undécima realización de la presente invención;

55 la figura 11A es una vista frontal de un intercambiador de calor indirecto de acuerdo con una duodécima realización de la presente invención;

la figura 11B es una vista tridimensional de la duodécima realización de la presente invención.

60 Descripción detallada

Con referencia ahora a la figura 1, un producto de bobina 10 refrigerada por evaporación de la técnica anterior que podría ser una torre de refrigeración de circuito cerrado o un condensador evaporativo. Ambos productos se conocen bien y pueden funcionar en húmedo en modo evaporativo, parcialmente en húmedo en modo híbrido o pueden funcionar en seco, con la bomba 12 pulverizadora apagada cuando lo permiten las condiciones ambientales o cargas más bajas. La bomba 12 recibe el fluido pulverizado por evaporación refrigerado más frío, normalmente agua, desde

un sumidero 11 de agua fría y lo bombea a un colector 19 de agua pulverizada primaria donde el agua sale de boquillas 17 u orificios para distribuir agua sobre el intercambiador de calor directo 14. El colector 19 de agua pulverizada y las boquillas 17 sirven para distribuir uniformemente el agua sobre la parte superior del intercambiador de calor indirecto 14. A medida que el agua más fría se distribuye sobre la parte superior del intercambiador de calor indirecto 14, el motor 21 hace girar el ventilador 22 que induce o atrae aire ambiente a través de rejillas de entrada 13, hacia arriba a través del intercambiador de calor indirecto 14, luego a través de eliminadores de dispersión 20 que sirven para evitar que la dispersión salga de la unidad, y después el aire calentado se expulsa al medio ambiente. El aire generalmente fluye en una dirección de contraflujo hacia el agua pulverizada que cae. Aunque la figura 1 se muestra con un ventilador axial 22 induciendo o atrayendo aire a través de la unidad, el sistema de ventilador real puede ser cualquier tipo de sistema de ventilador que mueva aire a través de la unidad, incluyendo, pero sin limitación, una corriente inducida y forzada en un contraflujo general, flujo cruzado o flujo paralelo con respecto a la pulverización. Adicionalmente, el motor 21 puede accionarse por correa como se muestra, accionarse por engranaje o conectarse directamente al ventilador. El intercambiador de calor indirecto 14 se muestra con un tubo de conexión de entrada 15 conectado al cabezal de entrada 24 y un tubo de conexión de salida 16 conectado al cabezal de salida 25. El cabezal de entrada 24 se conecta a la entrada de los múltiples circuitos de tubos en serpentina mientras que el cabezal de salida 25 se conecta a la salida de los múltiples circuitos de tubos en serpentina. Las proyecciones de tubo en serpentina están conectadas con secciones de curva de retorno 18. Las secciones de curva de retorno 18 pueden formarse continuamente en el circuito denominado proyecciones de tubo en serpentina o pueden soldarse entre proyecciones de tubo rectas. Cabe señalar que la dirección del fluido del proceso puede invertirse para optimizar la transferencia de calor y no es una limitación a las realizaciones presentadas. También cabe señalar que el número de circuitos y el número de pasos o filas de proyecciones de tubo dentro de un intercambiador de calor indirecto en serpentina no es una limitación a las realizaciones presentadas.

Con referencia ahora a la figura 2A, la bobina indirecta 100 está de acuerdo con una primera realización de la presente invención. La figura 2A muestra ocho circuitos y ocho pasos o filas de tubos de la realización 100. El intercambiador de calor indirecto 100 tiene cabezales de entrada y salida 102 y 104 y está compuesto de tubos 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 y 113. Las proyecciones de tubo 106 y 107 son un par de tubos redondos de geometría idéntica y tienen diámetros de tubo equivalentes 101. Las proyecciones de tubo 108 y 109 son otro par de proyecciones de tubo que tienen una geometría diferente en comparación con los pares de proyecciones de tubo 106 y 107 con formas equivalentes que tienen dimensiones horizontales reducidas D3 y una dimensión vertical aumentada D4 con respecto a los tubos redondos 106 y 107. La relación de D4 a D3 suele ser mayor que 1,0 y menor que 6,0. Además, las proyecciones de tubo de intercambiador de calor indirecto 108 y 109 pueden tener una relación uniforme de D4 a D3 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D4 a D3 a lo largo de su longitud. El par de proyecciones de tubo 110 y 111 tienen todavía una geometría diferente y tienen formas equivalentes con dimensiones horizontales reducidas D5 y una dimensión vertical aumentada D6 con respecto a las proyecciones de tubo 108 y 109. La relación de D6 a D5 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y también es mayor que la relación D4 a D3. Además, las proyecciones de tubo 110 y 111 pueden tener una relación uniforme de D6 a D5 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D6 a D5 a lo largo de su longitud. El par de proyecciones de tubo 112 y 113 tienen todavía una geometría diferente y tienen formas equivalentes con dimensiones horizontales reducidas D7 y una dimensión vertical aumentada D8 con respecto a las proyecciones de tubo 110 y 111. La relación de D8 a D7 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y también mayor que la relación D6 a D5. Además, las proyecciones de tubo 112 y 113 pueden tener una relación uniforme de D8 a D7 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D8 a D7 a lo largo de su longitud. La proyección de tubo 106 está conectada al cabezal de entrada 102 del intercambiador de calor indirecto 100 y la proyección de tubo 113 está conectada al cabezal de salida 104. En una disposición de realización preferida, los tubos son redondos en la entrada con una relación de dimensión de proyección de tubo vertical a horizontal de 1,0 y se aplanan progresivamente hasta una relación de dimensión de proyección de tubo vertical a horizontal de casi 3,0 cerca de la salida. Los límites prácticos de las relaciones de dimensión horizontal a vertical están entre 1,0 para tubos redondos y pueden ser tan elevados como 6. Cabe señalar en esta primera realización, que a medida que aumenta la relación de dimensión de la proyección de tubo vertical a horizontal, las proyecciones de tubo se aplanan y se aerodinamizan más, lo que permite un mayor flujo de aire manteniendo al mismo tiempo la superficie interior y exterior constante. Hay que señalar que en la primera realización, la dimensión horizontal se reduce progresivamente desde la entrada a la salida de las proyecciones de tubo, mientras que la dimensión vertical aumenta progresivamente desde la entrada a la salida. Hay que señalar además que las formas de los tubos pueden comenzar redondas y aplanarse progresivamente como se muestra, pueden comenzar aplanadas y aplanarse progresivamente o comenzar aerodinamizadas y aerodinamizarse más. Al tratar con formas elípticas, la relación B/A suele ser mayor que 1 y se refiere al eje mayor y menor respectivamente. También hay que señalar que la primera proyección de tubo podría ser elíptica con una relación B/A próxima a 1,0 y aumentar progresivamente la relación elíptica B/A desde la entrada hasta la salida. Debe entenderse que la primera realización muestra dimensiones horizontales progresivamente reducidas y dimensiones verticales progresivamente aumentadas desde la primera proyección de tubo hasta la última y que la forma inicial, ya sea redonda, elíptica o aerodinamizada no es una limitación de la realización. También hay que entender que uno de cada dos pasos puede tener la misma forma de tubo que la que se muestra o todo el tubo puede aplanarse o aerodinamizarse progresivamente. La decisión sobre cómo hacer los circuitos intercambiadores de calor indirecto es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida.

Con referencia ahora a la figura 2B, la bobina indirecta 150 está de acuerdo con una segunda realización de la presente invención. La figura 2B muestra ocho circuitos y ocho pasos o filas de tubos de la realización 150. El intercambiador de calor indirecto 150 tiene cabezales de entrada y salida 102 y 104 y está compuesto por proyecciones de tubo 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 y 113. Las proyecciones de tubo 106 y 107 en la figura 2B no son redondas como lo eran en la figura 2A, en cambio, son un par de proyecciones de tubo que tienen una dimensión horizontal inicial D1 y una dimensión vertical inicial D2. Las proyecciones de tubo 108 y 109 son otro par de proyecciones de tubo que tienen una geometría diferente en comparación con los pares de proyecciones de tubo 106 y 107 con formas equivalentes que tienen dimensiones horizontales reducidas D3 y una dimensión vertical aumentada D4 con respecto a los tubos redondos 106 y 107. La relación de D4 a D3 suele ser mayor que 1,0 y menor que 6,0 y la relación de D4 a D3 suele ser mayor que la relación de D2 a D1. Además, las proyecciones de tubo de intercambiador de calor indirecto 108 y 109 pueden tener una relación uniforme de D4 a D3 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D4 a D3 a lo largo de su longitud. El par de proyecciones de tubo 110 y 111 tienen todavía una geometría diferente y tienen formas equivalentes con dimensiones horizontales reducidas D5 y una dimensión vertical aumentada D6 con respecto a las proyecciones de tubo 108 y 109. La relación de D6 a D5 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y también es mayor que la relación D4 a D3. Además, las proyecciones de tubo 110 y 111 pueden tener una relación uniforme de D6 a D5 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D6 a D5 a lo largo de su longitud. El par de proyecciones de tubo 112 y 113 tienen todavía una geometría diferente y tienen formas equivalentes con dimensiones horizontales reducidas D7 y una dimensión vertical aumentada D8 con respecto a las proyecciones de tubo 110 y 111. La relación de D8 a D7 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y también mayor que la relación D6 a D5. Además, las proyecciones de tubo 112 y 113 pueden tener una relación uniforme de D8 a D7 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D8 a D7 a lo largo de su longitud. La proyección de tubo 106 está conectada al cabezal de entrada 102 del intercambiador de calor indirecto 100 y la proyección de tubo 113 está conectada al cabezal de salida 104. En una disposición, los tubos comienzan casi redondos en la entrada con una relación de dimensión de proyección de tubo vertical a horizontal próxima a 1,0 y se aplanan progresivamente hasta una relación de dimensión de proyección de tubo vertical a horizontal de casi 3,0 cerca de la salida. Los límites prácticos de las relaciones de dimensión horizontal a vertical están entre 1,0 para tubos redondos y pueden ser tan elevados como 6. Cabe señalar en esta segunda realización, que a medida que aumenta la relación de dimensión de la proyección de tubo vertical a horizontal, las proyecciones de tubo se aplanan y se aerodinamizan más, lo que permite un mayor flujo de aire manteniendo al mismo tiempo la superficie interior y exterior constante. Cabe señalar que en esta segunda realización, la dimensión horizontal se reduce progresivamente desde la entrada a la salida de las proyecciones de tubo, mientras que la dimensión vertical aumenta progresivamente desde la entrada a la salida. Hay que entender además que las formas de tubo pueden comenzar ligeramente aplanadas, en comparación con la primera realización mostrada en la figura 2A que comenzaba con tubos redondos, y luego se aplanaba progresivamente como se muestra o comenzaba aerodinamizada y se aerodinamizaba más. Al tratar con formas elípticas, la relación B/A suele ser mayor que 1 y se refiere al eje mayor y menor respectivamente. También hay que señalar que la primera proyección de tubo podría ser elíptica con una relación B/A próxima a 1,0 y aumentar progresivamente la relación elíptica B/A desde la entrada hasta la salida. Debe entenderse que la segunda realización muestra dimensiones horizontales progresivamente reducidas y dimensiones verticales progresivamente aumentadas desde la primera proyección de tubo hasta la última y que la forma inicial, ya sea redonda, elíptica o aerodinamizada no es una limitación de la realización. También hay que entender que uno de cada dos pasos puede tener la misma forma de tubo que la que se muestra o todo el tubo puede aplanarse o aerodinamizarse progresivamente. La decisión sobre cómo hacer los circuitos intercambiadores de calor indirecto es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida.

Con referencia ahora a la figura 3, el circuito 103 de la primera realización de la figura 2 se muestra desde una vista lateral para entender cómo se puede construir cada circuito. Las proyecciones de tubo 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 y 113 también se muestran desde la vista en sección AA. Las proyecciones de tubo 106 y 107 son generalmente tubos redondos y tienen diámetros de tubo equivalentes 101. La proyección de tubo 106 tiene una curva en U 120 redonda que la conecta a la proyección del tubo 107. La proyección de tubo 107 está conectada a la proyección de tubo 108 con una transición 115. La transición 115 comienza redonda en un extremo y pasa a la forma de la relación D4 a D3 en el otro extremo. La transición 115 simplemente puede prensarse o fundirse, extruirse, o puede ser un accesorio que normalmente se une con soldadura o soldadura fuerte en las proyecciones de tubo. La transición 115 también se puede prensar dentro del tubo cuando el tubo está pasando por la operación de doblado en serpentina. El método para formar la transición 115 no es una limitación de la invención. Las curvas en U 120 redondas pueden formarse para encajar en la siguiente curva de retorno de modo que el número de circuitos en el intercambiador de calor indirecto se pueda densificar como se enseña en la patente de Estados Unidos 6.820.685. Las curvas en U 120 también se pueden aplanar mecánicamente mientras las proyecciones de tubo se están doblando y adoptar la forma general en cada paso de proyección de tubo, que sería una forma de curva de retorno cambiante en todo el circuito de la bobina. El análisis anterior es el mismo para las transiciones 115, 116 y 117. Las proyecciones de tubo 108 y 109 tienen dimensiones horizontales reducidas D3 equivalentes y una dimensión vertical aumentada D4. La relación de D4 a D3 suele ser mayor que 1,0 y menor que 6,0. Además, las proyecciones de tubo 108 y 109 de bobina pueden tener una relación uniforme de D4 a D3 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D4 a D3 a lo largo de su longitud. Las proyecciones de tubo 110 y 111 tienen dimensiones horizontales reducidas D5 equivalentes y una dimensión vertical aumentada D6. La relación de D6 a D5 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y también mayor que la relación D4 a D3. Además, las proyecciones de tubo 110 y 111 pueden tener una relación

uniforme de D6 a D5 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D6 a D5 a lo largo de su longitud. Las proyecciones de tubo 112 y 113 tienen dimensiones horizontales reducidas D7 equivalentes y una dimensión vertical aumentada D8. La relación de D8 a D9 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y también mayor que la relación D6 a D5. Además, las proyecciones de tubo 112 y 113 pueden tener una relación uniforme de D8 a D7 a lo largo de su longitud como se muestra, o una relación de aumento uniforme de D8 a D7 a lo largo de su longitud.

Con referencia ahora a la figura 4A, el intercambiador de calor indirecto 200 está de acuerdo con una tercera realización de la presente invención. La realización 200 tiene ocho circuitos y ocho pasos o proyecciones de tubo. La realización 200 tiene al menos una reducción en la dimensión horizontal y un aumento en la dimensión vertical dentro de las proyecciones de tubo del circuito. El intercambiador de calor indirecto 200 tiene cabezales de entrada y salida 202 y 204 respectivamente y está compuesto por tubos de bobina que tienen longitudes de proyección 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212 y 213. Cabe señalar que las proyecciones de tubo 206, 207, 208 y 209 tienen diámetros de tubo 201 equivalentes. La realización 200 también tiene proyecciones de tubo 210, 211, 212 y 213, cada una con dimensiones transversales horizontales D3 equivalentes y dimensiones transversales verticales D4 equivalentes. La relación de D4 a D3 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y la dimensión vertical D4 es mayor que el diámetro del tubo 201, mientras que la dimensión horizontal D3 es menor que el diámetro del tubo 201. En una disposición de la tercera realización, la primera relación es mayor o igual que 1,0 y menor que 2,0 (es igual a 1,0 con tubos redondos) y la segunda relación es mayor que la primera relación pero menor que 6,0. Hay que destacar que en la tercera realización de la figura 4A, cada longitud de proyección de tubo del circuito tiene al menos un cambio en la forma geométrica a medida que la proyección del tubo del circuito se extiende desde la entrada hasta la salida. La decisión de cuántas proyecciones de tubo han reducido las dimensiones transversales horizontales como se muestra con las figuras 6 y 7 es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida y no es una limitación de la invención.

Con referencia ahora a la figura 4B, el intercambiador de calor indirecto 250 está de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención. La realización 250 tiene ocho circuitos y ocho pasos o proyecciones de tubo. La realización 250 tiene al menos una reducción en la dimensión horizontal y un aumento en la dimensión vertical dentro de las proyecciones de tubo del circuito. El intercambiador de calor indirecto 250 tiene cabezales de entrada y salida 202 y 204 respectivamente y está compuesto por tubos de bobina que tienen longitudes de proyección 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212 y 213. Cabe señalar que, a diferencia de la realización mostrada en la figura 4A, que comenzó con tubos redondos en los primeros pasos o filas, la realización 250 tiene proyecciones de tubo 206, 207, 208 y 209, cada una con dimensiones transversales horizontales D1 equivalentes y dimensiones transversales verticales D2 equivalentes. La relación de D2 a D1 suele ser mayor que 1,0 y menor que 6,0. La realización 250 también tiene proyecciones de tubo 210, 211, 212 y 213, cada una con dimensiones transversales horizontales D3 equivalentes y dimensiones transversales verticales D4 equivalentes. La relación de D4 a D3 suele ser mayor que 1,0, menor que 6,0 y generalmente más grande que la relación de D2 a D1. En una disposición de la cuarta realización, la primera relación (D2/D1) es mayor o igual que 1,0 y menor que 2,0 (D2/D1 es mayor que 1,0 como se muestra) y la segunda relación (D4/D3) es mayor que la primera relación pero menor que 6,0. Hay destacar que en la cuarta realización de la figura 4B, cada longitud de proyección de tubo del circuito tiene al menos un cambio en la forma geométrica a medida que la proyección del tubo del circuito se extiende desde la entrada hasta la salida. La decisión de cuántas proyecciones de tubo han reducido las dimensiones transversales horizontales es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida y no es una limitación de la invención.

Con referencia ahora a la figura 5, el intercambiador de calor indirecto 300 está de acuerdo con una quinta realización de la presente invención. La realización 300 tiene ocho circuitos y ocho pasos o proyecciones de tubo donde cada par de proyecciones de tubo tiene un diámetro diferente y tiene diámetros progresivamente más pequeños desde la proyección de tubo de entrada 306 hasta la proyección de tubo de salida 313. La realización 300 tiene cabezales de entrada y salida 302 y 304 respectivamente y está compuesta por tubos de bobina que tienen proyecciones de tubo 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312 y 313. Cabe señalar que el par de proyecciones de tubo 306 y 307 tienen un diámetro D1, las proyecciones de tubo 308 y 309 tienen un diámetro de tubo D2, las proyecciones de tubo 310 y 311 tienen un diámetro de tubo D3, y las proyecciones de tubo 312 y 313 tienen un diámetro de tubo D4. Hay que destacar que hay diámetros de proyección de tubo progresivamente más pequeños procedentes de la proyección de tubo de entrada 306 a la proyección de tubo de salida 313 y que $D1 > D2 > D3 > D4$. Es posible que cada proyección de tubo tenga un diámetro diferente o puede que solo haya un cambio en el diámetro de la proyección de tubo dentro de las proyecciones del circuito de tubos y ambos seguirían estando de acuerdo con la quinta realización. Los tubos se muestran redondos en la quinta realización, pero cada tubo también podría aplanarse o aerodinamizarse para proporcionar aún más flujo de aire y la geometría real no es una limitación de la invención. La decisión sobre cuántas proyecciones de tubo tienen un diámetro diferente es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida. Las proyecciones de tubo de diferentes diámetros pueden unirse mediante soldadura o soldadura fuerte, unirse mediante un acoplamiento reductor, unirse deslizando el tubo de diámetro más pequeño dentro del tubo de diámetro más grande y después con soldadura fuerte o podría fijarse mecánicamente. Los medios para conectar proyecciones de tubo de diferentes diámetros no son una limitación de la invención. La quinta realización tiene una reducción en el área transversal, una reducción en la superficie del tubo con un aumento en el flujo de aire externo.

Con referencia ahora a la figura 6, la sexta realización 450 se muestra con al menos dos intercambiadores de calor indirecto 400 y 500. La realización 450 tiene un intercambiador de calor indirecto 400 superior con ocho circuitos y cuatro pasos o proyecciones de tubo y el intercambiador de calor indirecto 500 inferior también tiene ocho circuitos y cuatro pasos o proyecciones de tubo. El intercambiador de calor indirecto 400 superior se encuentra encima del intercambiador de calor indirecto 500 inferior de manera que hay un total de ocho circuitos y ocho pasos o proyecciones de tubo para todo el intercambiador de calor indirecto de la realización 450. La bobina indirecta 400 superior tiene cabezales de entrada y salida 402 y 404 y está compuesta por proyecciones de tubo 406, 407, 408 y 409 que tienen proyecciones de tubo generalmente redondas del mismo diámetro 465. Cabe señalar que las proyecciones de tubo 406, 407, 408 y 409 son cuatro pasos y comprenden uno de los ocho circuitos de la bobina indirecta 400 y que los tubos de bobina están conectados por curvas en U que no se muestran. El intercambiador de calor indirecto 500 inferior tiene cabezales de entrada y salida 502 y 504 y está compuesto por proyecciones de tubo 510, 511, 512 y 513. Todas las proyecciones de tubo en el intercambiador de calor indirecto 500 inferior tienen la misma relación D2 a D1, que generalmente es mayor que 1,0, menor que 6,0 y la dimensión vertical D2 es mayor que el diámetro 465 de proyección de tubo indirecto superior. Cabe señalar que las proyecciones de tubo 510, 511, 512 y 513 son cuatro pasos y comprenden uno de los ocho circuitos del intercambiador de calor indirecto 500 y que las proyecciones de tubo están conectadas por curvas en U que no se muestran. Hay que entender además que todos los tubos mostrados en el intercambiador de calor indirecto 500 inferior generalmente tienen la misma forma de tubo aplanado y la misma relación D2 a D1. El cabezal de salida 404 del intercambiador de calor indirecto superior está conectado al cabezal de entrada 502 del intercambiador de calor indirecto 500 inferior por medio de la tubería de conexión 520 como se muestra. Como alternativa, los cabezales de entrada 402 y 502 pueden conectarse juntos en paralelo y los cabezales de salida 404 y 504 pueden conectarse en paralelo (no se muestra). Cabe destacar que el intercambiador de calor indirecto 500 inferior puede emplear a su vez tubos de menor diámetro o simplemente una forma de tubo más aerodinamizada que las proyecciones de tubo del intercambiador de calor indirecto 400 superior y seguir estando de acuerdo con la sexta realización. El intercambiador de calor indirecto 400 superior se muestra con tubos redondos pero, como se muestra en la figura 4B, los tubos en la sección indirecta 400 superior pueden comenzar con una forma menos aplanada que la sección de intercambio de calor indirecto 500 inferior y seguir estando de acuerdo con la sexta realización. Las proyecciones de tubo del intercambiador de calor indirecto superior e inferior también pueden ser elípticas con la relación B/A de las proyecciones de tubo del intercambiador de calor indirecto superior menor que la relación B/A de las proyecciones de tubo del intercambiador de calor indirecto inferior y seguir estando de acuerdo con la sexta realización. La decisión sobre la diferencia de geometría entre los intercambiadores de calor indirecto superior e inferior es un equilibrio entre la cantidad de mejora de flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida.

Haciendo referencia ahora a las figuras 7A, 7B y 7C, las realizaciones séptima, octava y novena se muestran respectivamente. Para aumentar aún más la eficiencia del intercambio de calor de la sexta realización 450 mostrada en la figura 6, la séptima realización 550 se muestra en la figura 7A con un espacio 552 que separa el intercambiador de calor indirecto 400 superior y el intercambiador de calor indirecto 500 inferior. El espacio 552, que tiene más de 2,54 cm (una pulgada) de altura, permite más refrigeración de la zona de lluvia del agua pulverizada al permitir el contacto directo entre el aire que fluye y el agua pulverizada que generalmente fluye hacia abajo. Otra forma de aumentar aún más la eficiencia del intercambio de calor de la sexta realización 450 de la figura 6 es añadir la sección de intercambio de calor directo 554 entre la sección de intercambio de calor indirecto 400 superior y la sección de intercambio de calor indirecto 500 inferior como se muestra en la octava realización 560 en la figura 7B. Añadir la sección directa 554, que tiene al menos 2,54 cm (una pulgada) de altura, permite la refrigeración del agua pulverizada entre las secciones de intercambio de calor indirecto 400 y 500 al permitir el intercambio de calor directo entre el aire que fluye y el agua pulverizada que generalmente fluye hacia abajo. Para lograr un modo de operación híbrido de la sexta realización 450 mostrada en la figura 6, se añade una sección de pulverización secundaria 556 entre la sección de intercambio de calor indirecto 400 superior y la sección de intercambio de calor indirecto 500 inferior como se muestra en la novena realización 570 en la figura 7C. Añadir la sección de pulverización secundaria 556 permite que el intercambiador de calor indirecto 500 inferior funcione en húmedo cuando la sección de intercambio de calor 400 superior puede funcionar en seco, lo que ahorra agua y añade un modo de operación híbrido.

Con referencia ahora a la figura 8, la décima realización 650 se muestra con al menos dos intercambiadores de calor indirecto 600 y 700. La realización 650 tiene un intercambiador de calor indirecto 600 superior con ocho circuitos y cuatro pasos o proyecciones de tubo. Obsérvese, sin embargo, que el intercambiador de calor indirecto 700 inferior tiene una reducción en el número de circuitos en comparación con la sección de intercambio de calor indirecto 600 superior. En este caso, la sección indirecta 700 inferior tiene seis circuitos, mientras que la sección indirecta 600 superior tiene ocho circuitos. El intercambiador de calor indirecto 600 superior se encuentra encima del intercambiador de calor indirecto 700 inferior de manera que hay un total de ocho proyecciones de tubo, pero obsérvese que la reducción de la proyección de tubo horizontal se logra cambiando el número de circuitos y, por tanto, cambiando la geometría de los tubos proyectados en la dirección del flujo de aire. Este cambio en la geometría entre las secciones indirectas superior e inferior 600 y 700 respectivamente disminuye el área transversal de tubo total, reduce la superficie total de transferencia de calor del tubo mientras aumenta el flujo de aire externo. La sección de intercambio de calor indirecto 600 superior tiene cabezales de entrada y salida 602 y 604 y está compuesta por proyecciones de tubo 606, 607, 608 y 609 que tienen proyecciones de tubo generalmente redondas del mismo diámetro 665. Cabe señalar que las proyecciones de tubo 606, 607, 608 y 609 son cuatro pasos y comprenden uno de los ocho circuitos de la sección

de intercambio de calor indirecto 600 y que las proyecciones de tubo están conectadas por curvas de retorno que no se muestran. La sección de intercambio de calor indirecto 700 inferior tiene cabezales de entrada y salida 702 y 704 y está compuesta por proyecciones de tubo 710, 711, 712 y 713, todas con proyecciones de tubo generalmente redondas del mismo diámetro 765, que suele ser el mismo diámetro que los diámetros de proyección de tubo 665.

5 Cabe señalar que las proyecciones de tubo 710, 711, 712 y 713 son cuatro pasos y comprenden uno de los seis circuitos del intercambiador de calor indirecto 700 y que las proyecciones de tubo están conectadas por curvas de retorno que no se muestran. El cabezal de salida 604 del intercambiador de calor indirecto superior está conectado a la entrada 702 del intercambiador de calor indirecto 700 inferior por medio de la tubería de conexión 620 como se muestra. Como alternativa, los cabezales de entrada 602 y 702 pueden conectarse juntos en paralelo y los cabezales

10 de salida 604 y 704 pueden conectarse en paralelo (no se muestra). Obsérvese que las secciones de intercambio de calor indirecto superior e inferior 600 y 700 respectivamente pueden emplear la misma forma de tubo, ya sea redonda, elíptica, aplanada o aerodinamizada. La reducción de circuitos en la sección de intercambio de calor 700 inferior es la metodología para reducir la geometría de tubo proyectada horizontal para aumentar el flujo de aire, aumentar la velocidad de fluido interior y los coeficientes de transferencia de calor interior en la décima realización 650. La decisión

15 sobre las geometrías utilizadas y la diferencia en el número de circuitos entre las secciones del intercambiador de calor indirecto superior e inferior es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral del tubo interior permitida. Como se mostró en las figuras 7A, 7B y 7C sobre cómo aumentar aún más la eficiencia del intercambio de calor de la sexta realización que incluía dos secciones de intercambiador de calor indirecto, lo mismo se puede hacer con la décima realización donde el intercambiador de calor indirecto 600 superior y el intercambiador de calor indirecto 700 inferior se pueden separar

20 añadiendo un espacio superior a 2,54 cm (una pulgada) como se muestra en la figura 7A o añadiendo una sección de intercambio de calor directo como se muestra en la figura 7B. Para añadir un modo de operación híbrido a la décima realización, se puede añadir una sección de pulverización secundaria entre los dos intercambiadores de calor indirecto 600 y 700 como se muestra en la figura 7C.

Haciendo referencia ahora a la figura 9, la undécima realización 770 se muestra como un condensador de vapor refrigerado por aire. El cabezal de vapor 772 suministra vapor a las proyecciones de tubo 774. Las proyecciones de tubo 774 se fijan al cabezal de vapor 772 y a los cabezales de recogida de condensado 779 mediante diversas técnicas que incluyen soldadura y soldadura fuerte en horno y no es una limitación de la invención. Aletas onduladas 804 se

30 fijan a las proyecciones de tubo 774 mediante diversas técnicas tales como soldadura y soldadura fuerte en horno y no es una limitación de la invención. El propósito de las aletas onduladas 804 es permitir que el calor se transfiera desde el tubo a la aleta a la corriente de aire que fluye. A medida que el vapor se condensa en las proyecciones de tubo 774, se recoge condensado de agua en cabezales de recogida de condensado 779. El motor del ventilador 776 hace girar el ventilador 777 para expulsar aire a través de aletas onduladas 804 del condensador de vapor. La

35 plataforma del ventilador 775 bloquea el aire presurizado que sale del ventilador 777, por lo que tiene que salir a través de las aletas onduladas 804. Existen múltiples circuitos de tubos 774 paralelos y para mostrar los detalles del cambio en la geometría de las proyecciones de tubo 774 y las aletas onduladas 804, en las figuras 10A, 10B y 10C aparecen dos circuitos mostrados dentro de las líneas de puntos 800 para mayor claridad.

Haciendo referencia ahora a las figuras 10A, 10B y 10C, la undécima realización 770 de la figura 9 se vuelve a dibujar para mostrar dos proyecciones de tubo en la figura 10A, que es una vista detallada de las proyecciones de tubo 774 de la figura 9. Cabe señalar que las proyecciones de tubo 774 no tienen curvas de retorno, sino que son a su vez una proyección de tubo larga. La longitud de las proyecciones de tubo suele tener desde unos pocos centímetros hasta

40 30,48 centímetros (cien pies) y no es una limitación de la invención. Los circuitos de proyecciones de tubo 774 se muestran con solo dos de un gran número (cientos) de proyecciones de tubo paralelas repetidas ahora con proyecciones de tubo 774 y aletas onduladas 804. Las aletas onduladas 804 se instalan habitualmente a cada lado de la proyección de tubo 802 y funcionan para aumentar la transferencia de calor del aire que se expulsa a través de las aletas onduladas 804 para condensar indirectamente el vapor dentro de las proyecciones de tubo 774. Las

45 proyecciones de tubo 774 tienen una sección transversal interior redonda en la parte superior (que tiene un área transversal interior máxima en la conexión de vapor) con un diámetro 865 que se muestra en la figura 10C. La proyección de tubo 774 se aplanada progresivamente de arriba hacia abajo de manera que la dimensión transversal horizontal D5 es menor que el diámetro 865 y la relación de D6 a D5 es generalmente mayor que 1 y menor que 6. En el caso de comenzar con una forma no redonda, tal como con micro canales por ejemplo, la relación puede incrementarse hasta 20.0. La clave de esta realización es un cambio en la forma geométrica de arriba hacia abajo y

50 puede ser cualquier forma que esté más aerodinamizada cerca de la parte inferior que la parte superior y no esté limitada a una forma aplanada. La distancia entre las proyecciones de tubo 774 se puede ver en 838 en la dimensión superior y más ancha 840 en la parte inferior. El ancho de las aletas onduladas 804 es 850 en la parte superior y una dimensión más ancha 852 en la parte inferior. Este ensanchamiento progresivo de la aleta ondulada 804 permite más

55 área de contacto entre el tubo a medida que se avanza de arriba hacia abajo y más superficie con aletas a medida que se avanza de arriba a abajo, lo que aumenta la transferencia de calor total a la proyección de tubo 774. Con referencia a la figura 10C, donde se ha eliminado la aleta ondulada 804 para mayor claridad, se puede ver que la proyección de tubo 774 es redonda con un diámetro 865 en la parte superior y está aplanada con un ancho D5 y una longitud D6. Como se analizó con todas las demás realizaciones, el aplanamiento progresivo se puede realizar en etapas que tienen una dimensión de aplanamiento uniforme cada pocos pies o las proyecciones de tubo pueden tener

60 una relación uniformemente creciente de longitud a ancho (aparece como D6 a D5 en la parte inferior) a lo largo de toda su longitud como se muestra en la figura 10C. Hay múltiples mejoras de la undécima realización de la figura 10

respecto a la técnica anterior. En primer lugar, el área transversal interior está al máximo en la parte superior donde el vapor a condensar entra en el tubo. Esto permite que el gas de baja densidad entrante fluya a una velocidad de flujo más alta con una caída de presión más baja. Más adelante, cuando el vapor se condensa, la necesidad de un área transversal interior se reduce porque hay un fluido mucho más denso que tiene tanto vapor como condensado en la trayectoria de flujo y el cambio de geometría permite un uso óptimo de la superficie de transferencia de calor. Adicionalmente, la superficie exterior e interior es igual en la parte superior e inferior de cada proyección de tubo pero, a medida que la dimensión transversal horizontal se reduce progresivamente, se provoca que fluya más aire a medida que la proyección de tubo se aplana progresivamente. Adicionalmente, la dimensión transversal horizontal reducida con respecto a la trayectoria del flujo de aire aumenta las velocidades del fluido interior y los coeficientes de transferencia de calor interior mientras permite que fluya más aire externo, lo que aumenta la capacidad de condensar más vapor. Otra ventaja es que a medida que la proyección de tubo se aplana, la aleta ondulada puede aumentar de tamaño tanto en ancho como en longitud si se desea, y el área de contacto de la aleta al tubo aumenta a medida que se avanza desde la punta hasta el fondo de la proyección de tubo, lo que aumenta la transferencia de calor al tubo.

5

10

15 Haciendo referencia ahora a la figura 11, una vista frontal y una vista tridimensional de una duodécima realización de la presente invención aparece como 950. La sección de intercambio de calor indirecto 950 consta de placas de intercambio de calor indirecto 952 donde, en una torre de refrigeración de circuito cerrado o condensador evaporativo, se pulveriza agua evaporativa en el lado externo de las placas y también se pasa aire en el lado externo de las placas para refrigerar o condensar indirectamente el fluido interior. El cabezal de la placa de entrada 951 permite que el fluido entre al interior de las placas y el calor de salida 953 permite que el fluido dentro de las placas salga de vuelta al proceso. De particular interés es que la separación 954 superior de la línea central y la separación 954 inferior de la línea central entre las placas sean uniformes y generalmente iguales, mientras que el espacio 956 de separación de aire de la placa exterior sea deliberadamente menor que la separación de aire 957. De este modo, las placas tienen una forma ahusada en grosor decreciente desde junto al extremo de entrada hasta junto al extremo de salida. Este cambio en la geometría de la placa logra muchos de los mismos beneficios mostrados en todas las demás realizaciones. En la duodécima realización 950 existe esencialmente la misma superficie de transferencia de calor, una reducción progresiva del área transversal interior desde la entrada (parte superior) a la salida (parte inferior) y un espacio de aire progresivamente más grande 956 en la parte superior en comparación con 957 en la parte inferior que permite más flujo de aire, aumenta la velocidad de fluido interior y aumenta los coeficientes de transferencia de calor interior a medida que se avanza de arriba hacia abajo. La decisión sobre las geometrías utilizadas y los espacios de aire progresivos entre las secciones superior e inferior del intercambiador de calor de placa indirecto es un equilibrio entre la cantidad de mejora del flujo de aire deseada, la dificultad en el grado de fabricación y la caída de presión lateral de la placa interior permitida.

20

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor indirecto (100; 200) que comprende:

5 una pluralidad de circuitos de bobina,
 un cabezal de entrada (102; 202) conectado a un extremo de entrada de cada circuito de bobina y un cabezal de
 salida (104; 204) conectado a un extremo de salida de cada circuito de bobina,
 con cada circuito de bobina compuesto por un tubo de circuito (106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113; 206, 207,
 10 208, 209, 210, 211, 212, 213) que se extiende en una serie de longitudes de proyección y curvas de retorno (120)
 desde el extremo de entrada de cada circuito de bobina al extremo de salida de cada circuito de bobina,
 teniendo cada longitud de proyección de tubo de circuito una dimensión transversal horizontal decreciente y una
 dimensión transversal vertical creciente a medida que la longitud de proyección de tubo del circuito se extiende
 desde cerca del extremo de entrada de cada circuito de bobina hasta cerca del extremo de salida de cada circuito
 de bobina,
 15 caracterizado por que cada tubo de circuito tiene un área transversal que disminuye desde el extremo de entrada
 de cada circuito de bobina hasta el extremo de salida de cada circuito de bobina.

2. El intercambiador de calor indirecto de la reivindicación 1

en donde la superficie de cada tubo de circuito es igual desde cerca de su conexión al cabezal de entrada hasta cerca
 20 de su conexión al cabezal de salida.

3. El intercambiador de calor indirecto de la reivindicación 1 o 2

en donde existe una primera relación de la dimensión transversal vertical de cada longitud de proyección de tubo del
 circuito con respecto a la dimensión transversal horizontal de cada longitud de proyección de tubo del circuito cerca
 25 del extremo de entrada de cada circuito de bobina, y existe una segunda relación de la dimensión transversal vertical
 de cada la longitud de proyección de tubo del circuito con respecto a la dimensión transversal horizontal de cada
 longitud de proyección de tubo del circuito cerca del extremo de salida de cada circuito de bobina, y en donde la
 segunda relación es mayor que la primera relación.

4. El intercambiador de calor indirecto de la reivindicación 3

en donde la primera relación está entre 1,0 y 2,0, y la segunda relación es mayor que la primera relación pero menor
 30 que 6,0.

5. El intercambiador de calor indirecto de cualquier reivindicación precedente, en el que la longitud de cada proyección
 35 de tubo de circuito tiene una dimensión transversal horizontal que disminuye progresivamente y una dimensión
 transversal vertical que aumenta progresivamente a medida que la longitud de proyección de tubo de circuito se
 extiende desde cerca del extremo de entrada de cada circuito de bobina hasta cerca del extremo final de cada circuito
 de bobina.

6. El intercambiador de calor indirecto de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde cada tubo de circuito está
 40 compuesto por una serie de longitudes de proyección y curvas de retorno desde el extremo de entrada de cada circuito
 de bobina al extremo de salida de cada circuito de bobina, y en donde cada longitud de proyección de tubo de circuito
 individual tiene una dimensión transversal horizontal uniforme y una dimensión transversal vertical uniforme entre las
 curvas de retorno, y en donde la dimensión transversal horizontal de las longitudes de proyección de tubo de circuito
 45 disminuye más cerca del extremo de salida de cada tubo de circuito y la dimensión transversal vertical de cada longitud
 de proyección de tubo del circuito aumenta más cerca del extremo de salida de cada circuito de bobina.

7. El intercambiador de calor indirecto de cualquier reivindicación precedente en donde cada curva de retorno del tubo
 50 del circuito es circular en sección transversal.

8. El intercambiador de calor indirecto de cualquier reivindicación precedente en donde la longitud de proyección de
 tubo del circuito en el extremo de entrada de cada circuito de bobina conectado al cabezal de entrada es circular en
 sección transversal.

9. Un intercambiador de calor indirecto (300) que comprende:

una pluralidad de circuitos de bobina,
 un cabezal de entrada (302) conectado a un extremo de entrada (306) de cada circuito de bobina y un cabezal de
 salida (304) conectado a un extremo de salida (313) de cada circuito de bobina,
 60 estando cada circuito de bobina compuesto de un tubo de circuito (306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313) que se
 extiende en una serie de longitudes de proyección y curvas de retorno desde el extremo de entrada de cada circuito
 de bobina al extremo de salida de cada circuito de bobina,
 teniendo cada longitud de proyección de tubo del circuito una dimensión transversal horizontal preseleccionada
 para toda su longitud,
 65 con las dimensiones horizontal y transversal de todas las longitudes de extensión de tubo del circuito disminuyendo
 a medida que los tubos del circuito se extienden desde cerca del extremo de entrada de cada circuito de bobina

hasta cerca del extremo de salida o cada circuito de bobina, caracterizado por que la dimensión transversal vertical de todas las longitudes de extensión de tubo del circuito también está disminuyendo a medida que los tubos del circuito se extienden desde cerca del extremo de entrada de cada circuito de bobina hasta cerca del extremo de salida de cada circuito de bobina.

- 5
10. El intercambiador de calor indirecto de la reivindicación 9 en donde cada longitud de extensión de tubo del circuito tiene un área transversal que disminuye desde el extremo de entrada de cada circuito de bobina hasta el extremo de salida de cada circuito de bobina.
- 10
11. El intercambiador de calor indirecto de la reivindicación 9 o 10 en donde existe una primera relación de la dimensión transversal vertical de cada longitud de proyección de tubo del circuito con respecto a la dimensión transversal horizontal de cada longitud de proyección de tubo del circuito cerca del extremo de entrada de cada circuito de bobina, y existe una segunda relación de la dimensión transversal vertical de cada la longitud de proyección de tubo del circuito con respecto a la dimensión transversal horizontal de cada longitud de proyección de tubo del circuito cerca del extremo de salida de cada circuito de bobina, y en donde la segunda relación es mayor que la primera relación.
- 15
12. El intercambiador de calor indirecto de la reivindicación 11 en donde la primera relación está entre 1,0 y 2,0, y la segunda relación es mayor que la primera relación pero menor que 6,0.
- 20
13. El intercambiador de calor indirecto de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 en donde cada tubo de circuito está compuesto por una serie de longitudes de proyección y curvas de retorno desde el extremo de entrada de cada circuito de bobina al extremo de salida de cada circuito de bobina, y en donde cada longitud de proyección de tubo de circuito individual tiene una dimensión transversal horizontal uniforme y una dimensión transversal vertical uniforme entre las curvas de retorno, y en donde la dimensión transversal horizontal de cada longitud de proyección disminuye más cerca del extremo de salida de cada tubo de circuito y la dimensión transversal vertical de cada longitud de proyección aumenta más cerca del extremo de salida de cada circuito de bobina.
- 25
14. El intercambiador de calor indirecto de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13 en donde cada tubo de circuito está compuesto por una serie de longitudes de proyección y curvas de retorno desde el extremo de entrada de cada circuito de bobina al extremo de salida de cada circuito de bobina, y cada curva de retorno de tubo de circuito es circular en sección transversal.
- 30
15. El intercambiador de calor indirecto de cualquier reivindicación precedente en donde cada tubo de circuito está compuesto de acero galvanizado, acero inoxidable, aluminio o cobre.
- 35

FIG. 2B

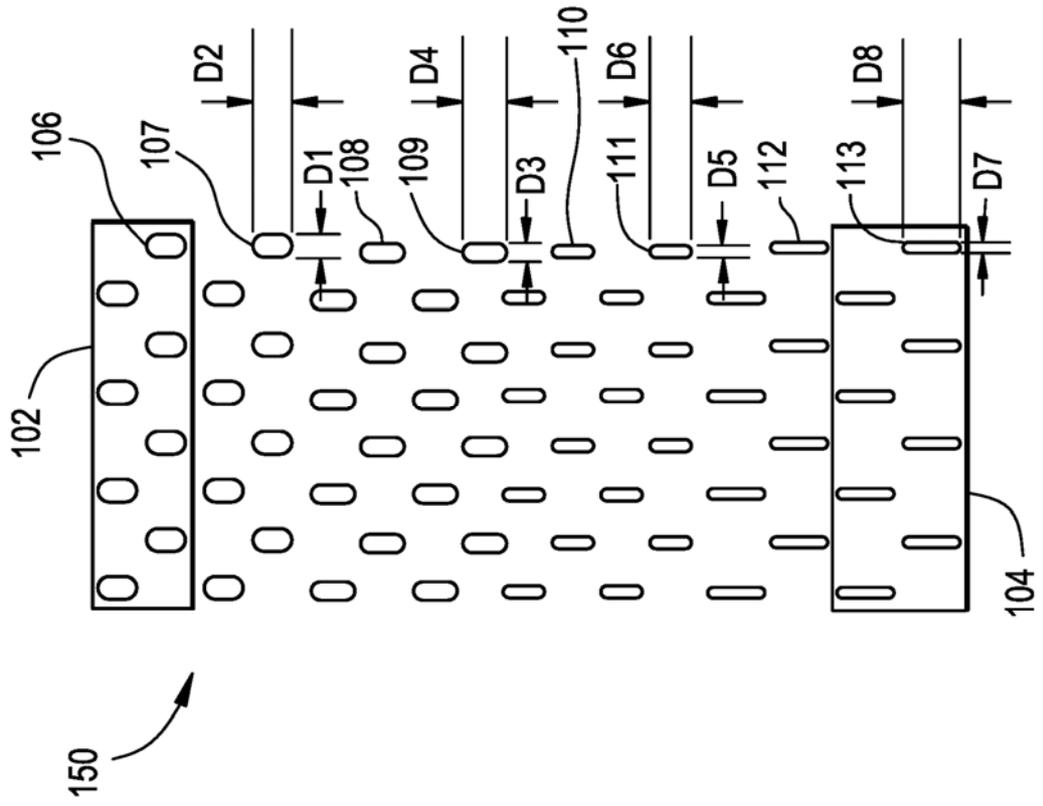


FIG. 2A

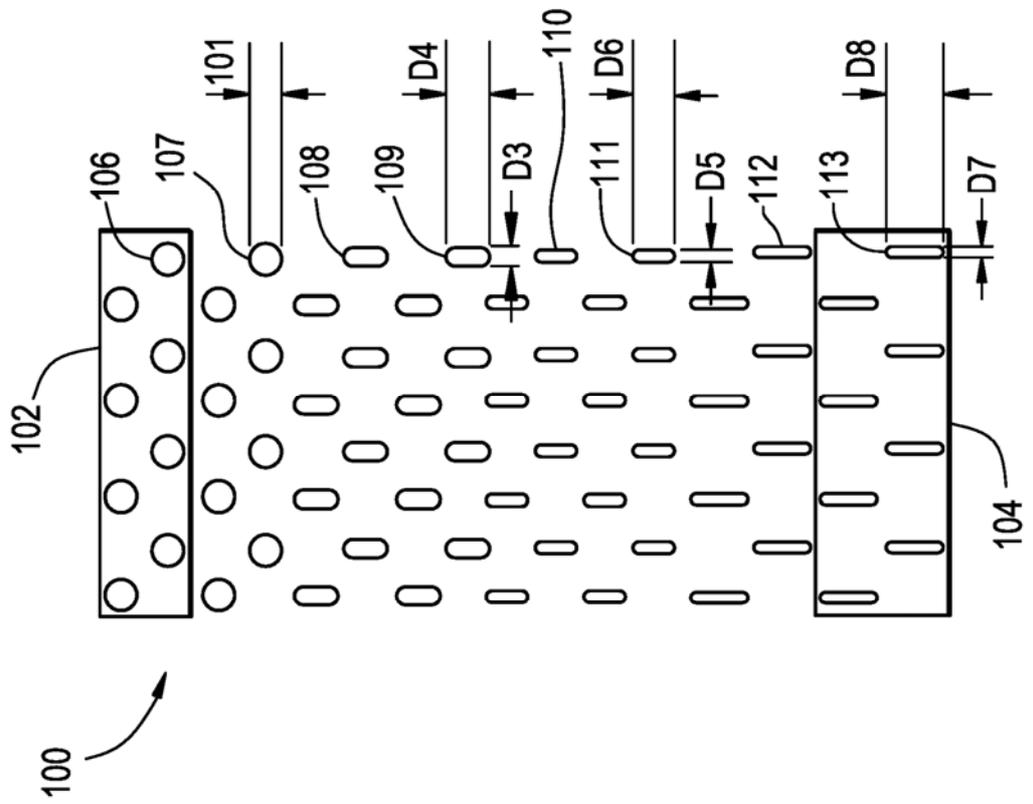


FIG. 3

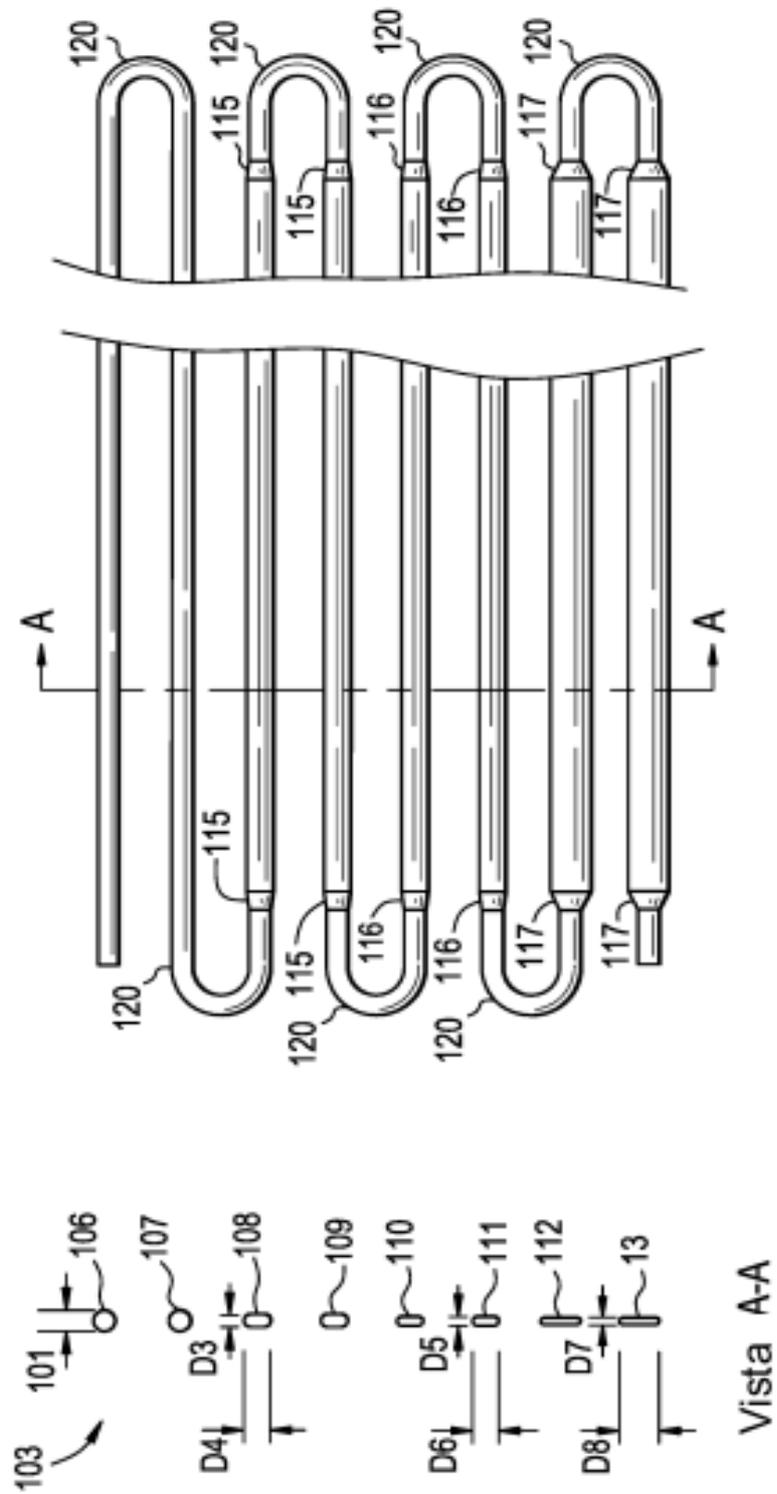


FIG. 4A

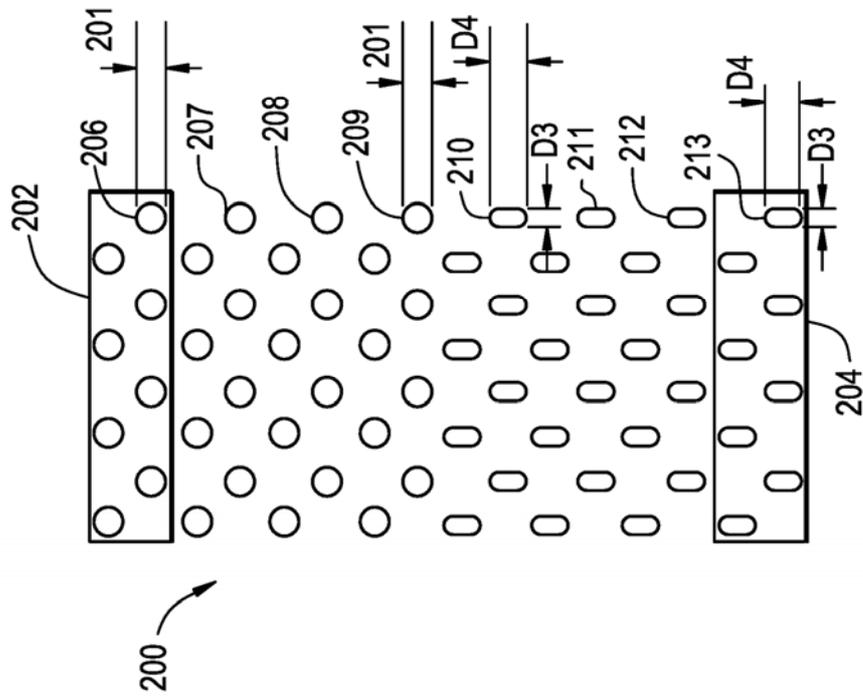


FIG. 4B

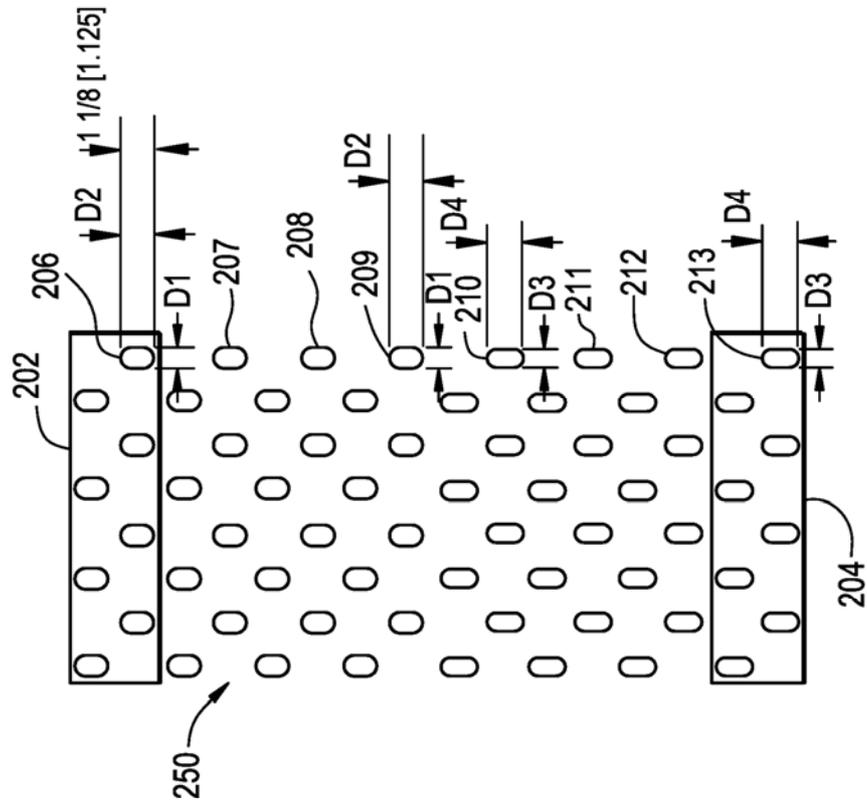


FIG. 5

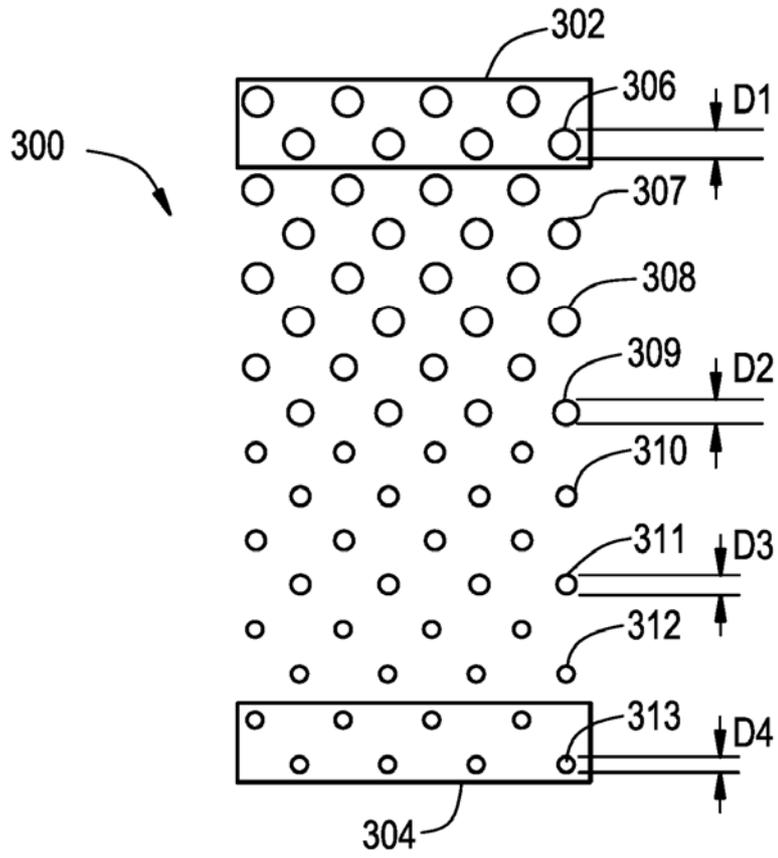
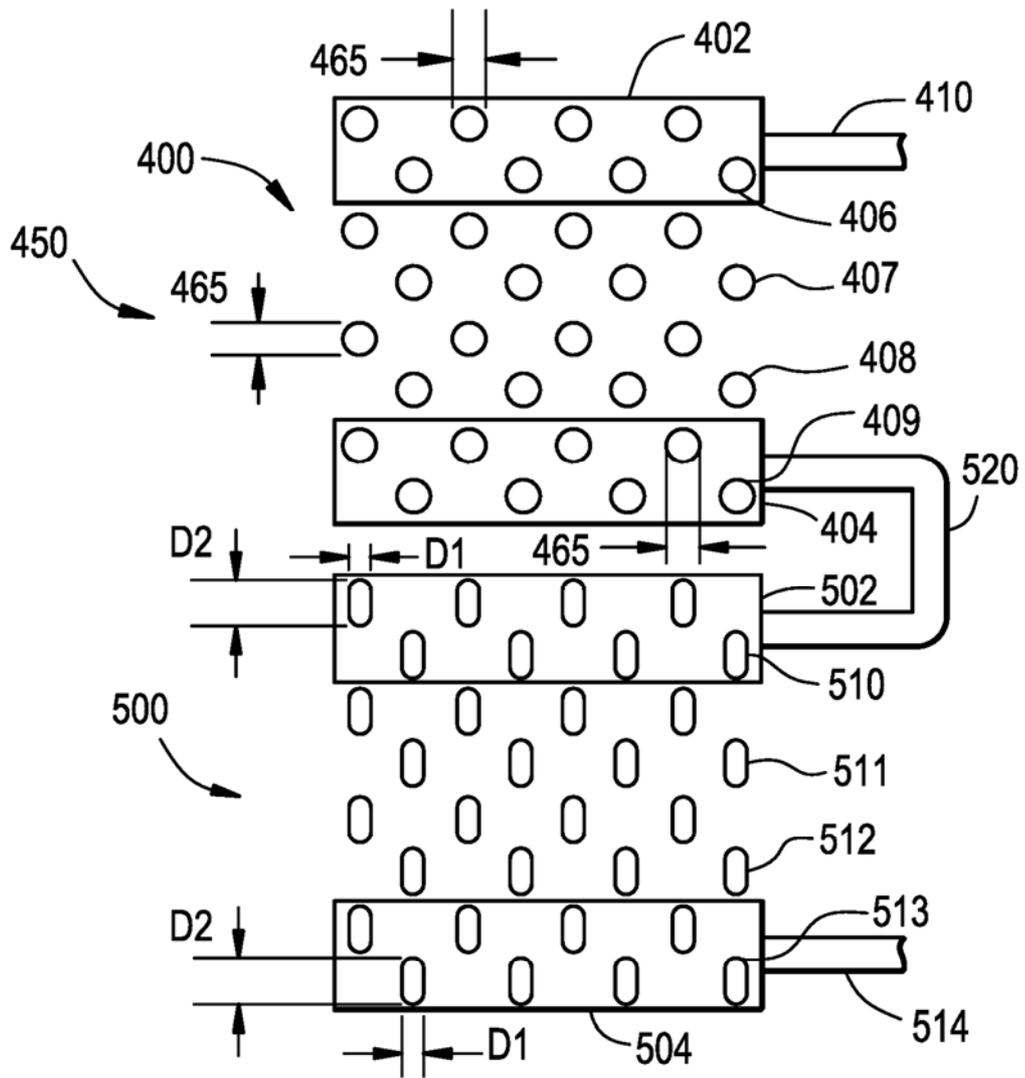


FIG. 6



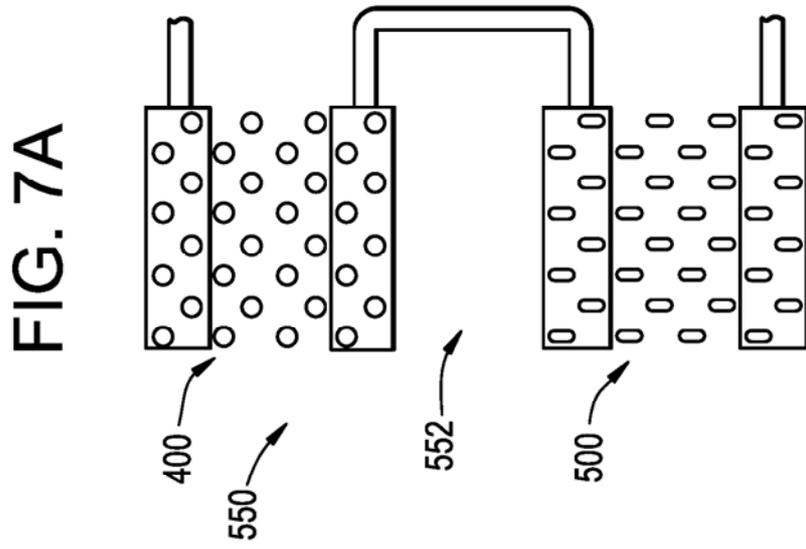
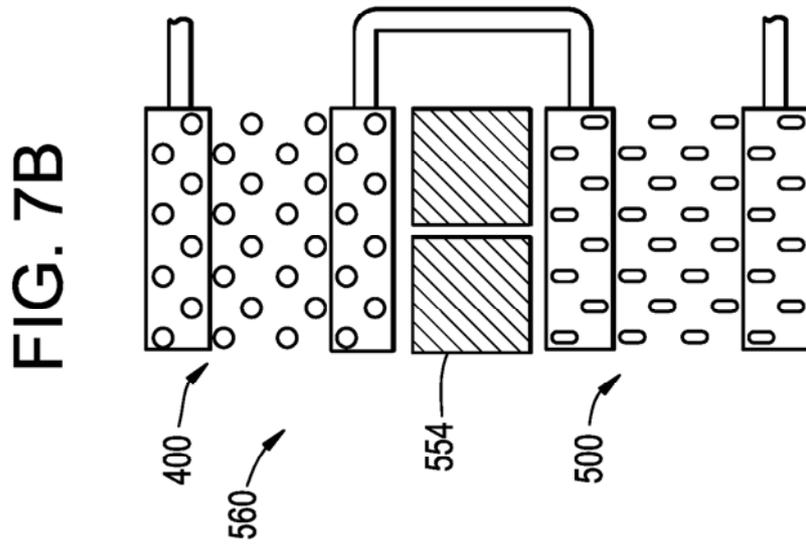
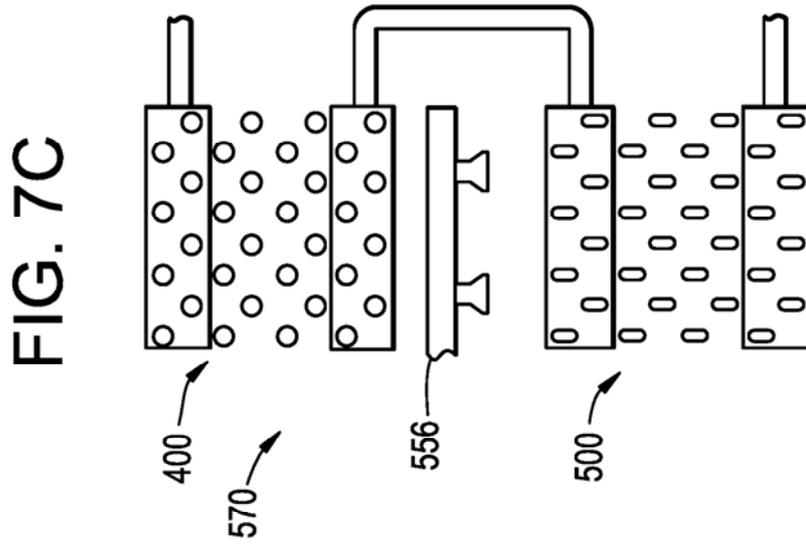


FIG. 8

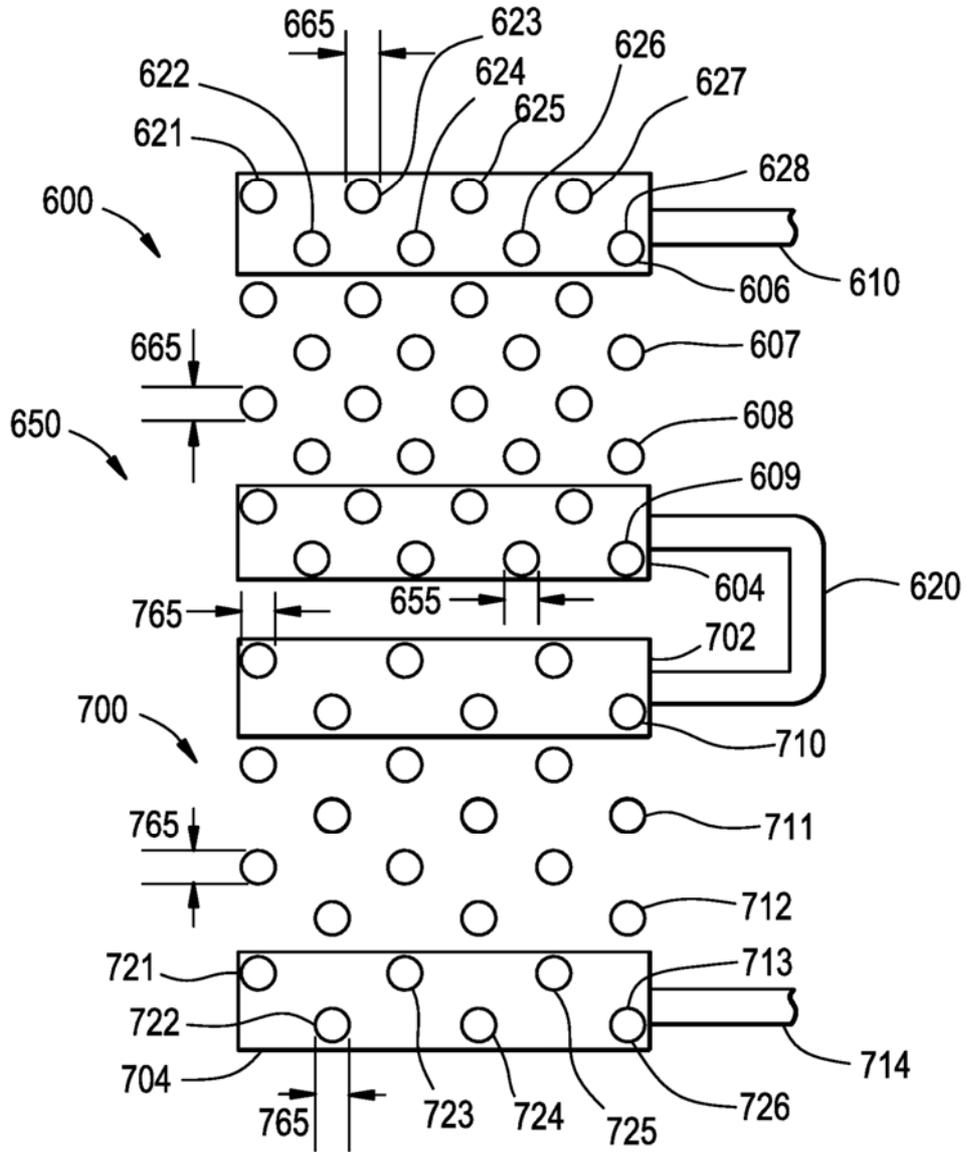


FIG. 9

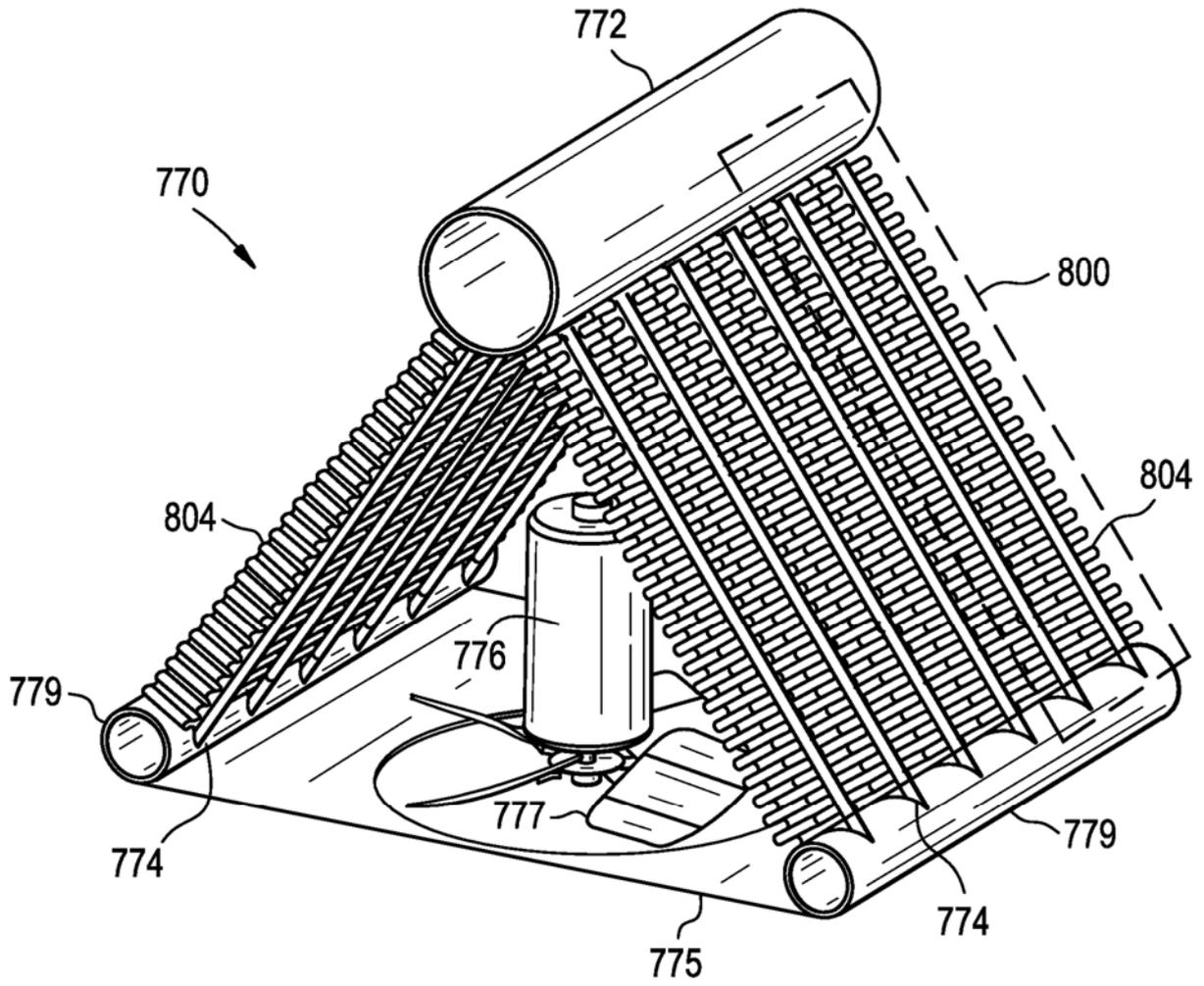


FIG. 10C

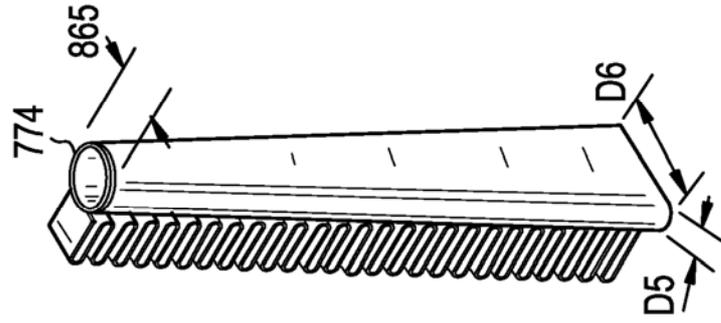


FIG. 10B

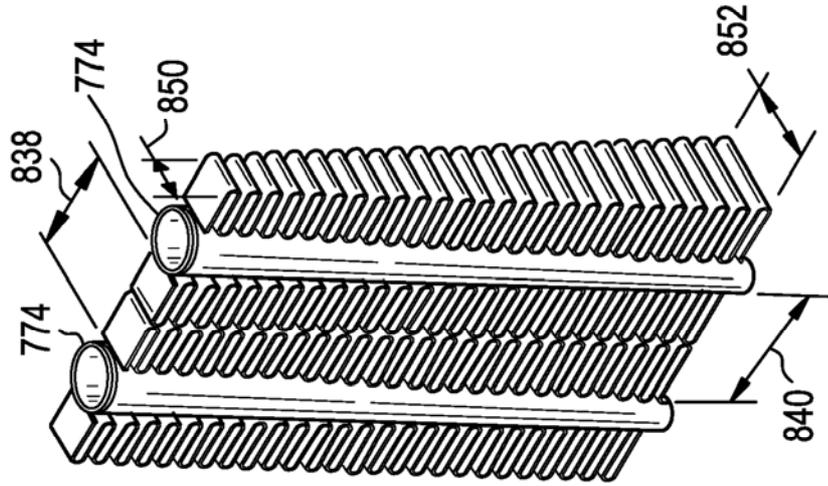


FIG. 10A

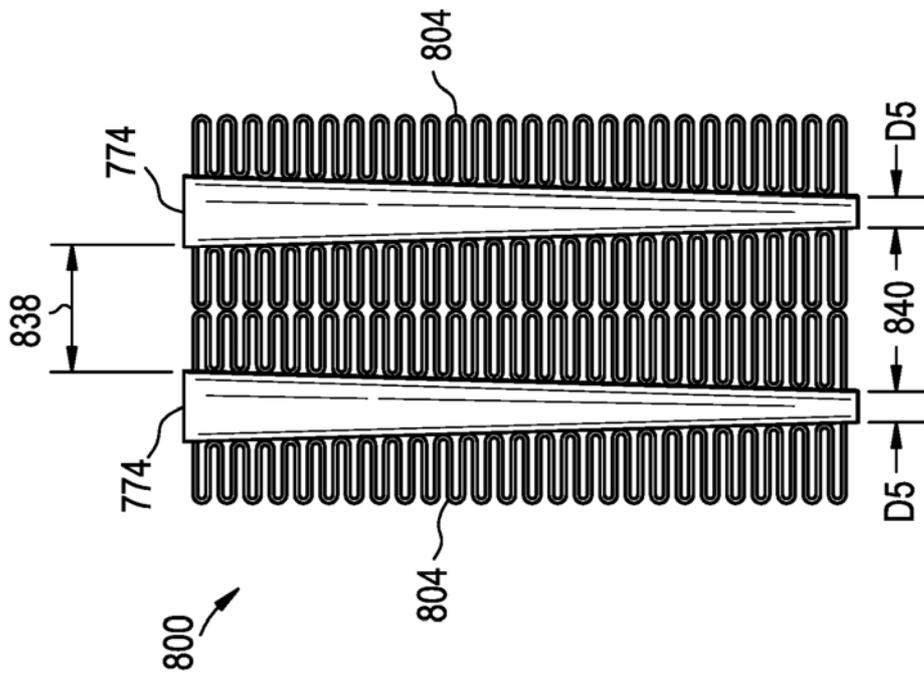


FIG. 11A

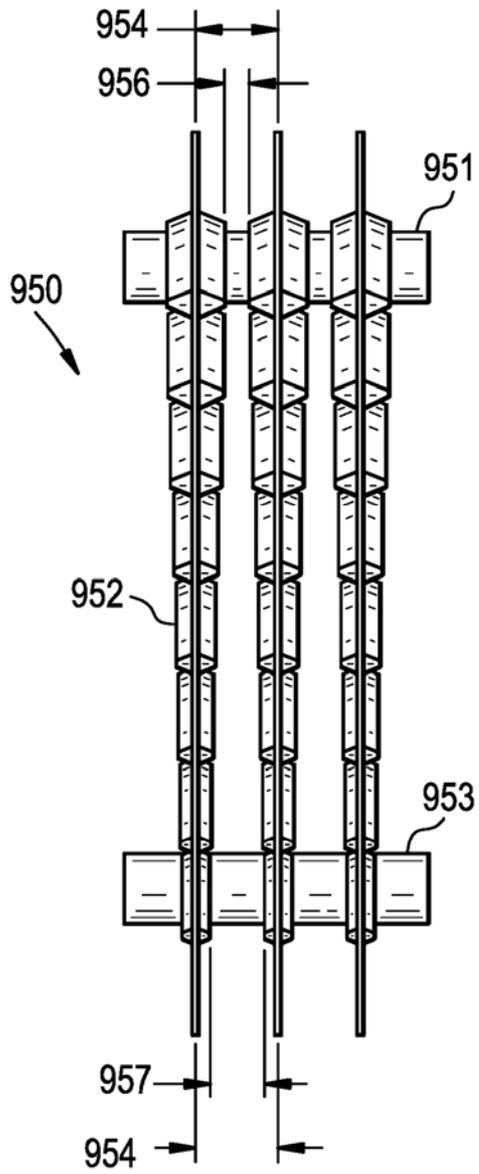


FIG. 11B

