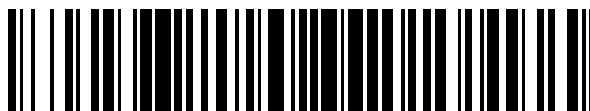


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 899**

51 Int. Cl.:

F28B 1/00 (2006.01)
F28F 13/06 (2006.01)
B63H 21/38 (2006.01)
F28F 13/12 (2006.01)
F28D 1/053 (2006.01)
F28D 1/02 (2006.01)
B63J 2/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2014** **PCT/US2014/027440**
87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014** **WO14152527**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2014** **E 14770311 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018** **EP 2972036**

54 Título: **Potenciador de turbulencia para refrigerador de quilla**

30 Prioridad:

14.03.2013 US 201361784977 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2018

73 Titular/es:

DURAMAX MARINE, LLC (100.0%)
17990 Great Lakes Parkway
Hiram, OH 44234-9681, US

72 Inventor/es:

MILLER, P. CHARLES y
HORVAT, FRANK, E.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 685 899 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

Potenciador de turbulencia para refrigerador de quilla

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 Esta invención se refiere a la mejora de transferencia térmica en un refrigerador de quilla marino, y en particular a mejorar la transferencia térmica del refrigerante interno que fluye a través de tubos de refrigerante de refrigerador de quilla.

Discusión de la técnica anterior

15 Fuentes generadoras de calor en embarcaciones marinas se refrigeran a menudo mediante agua, otros fluidos, o agua mezclada con otros fluidos. En embarcaciones marinas, fluido de refrigeración o refrigerante fluye a través del motor u otra fuente generadora de calor en la que el refrigerante capta calor y entonces fluye a otra parte del circuito de tuberías. El calor debe transferirse del refrigerante al ambiente circundante, tal como el cuerpo de agua en el que la embarcación está ubicada. Para embarcaciones pequeñas que tienen motores fueraborda, el agua ambiente sin
20 tratar que se bombea a través del motor es un refrigerante suficiente. Sin embargo, ya que la demanda de potencia de embarcación se hace más grande, agua ambiente bombeada a través del motor sirve como fuente de daño de contaminación importante, particularmente si el agua ambiente es agua salada corrosiva y/o porta desechos abrasivos.

25 Se han desarrollado diversos aparatos para refrigerar motores y otras fuentes de calor de embarcaciones marinas. Un aparato de este tipo que usa refrigerante en un circuito de tuberías de bucle cerrado es un refrigerador de quilla. Se desarrollaron refrigeradores de quilla hace más de 70 años para la unión a una estructura del casco marino, un ejemplo de lo que se describe en la patente estadounidense n.º 2,382,218 (Fernstrum). Un refrigerador de quilla está compuesto básicamente por un par de colectores espaciados fijados al casco y separados por una pluralidad de
30 tubos de refrigerante o de conducción de calor. En el circuito de tuberías de una embarcación, refrigerante caliente fluye desde el motor y al interior del colector de refrigerador de quilla situado por debajo del nivel de agua (es decir, por debajo del nivel de agua aireada), y entonces al interior de los tubos de refrigerante. El refrigerante fluye a través de los tubos de refrigerante al colector opuesto, y el refrigerante refrigerado vuelve a través del circuito de tuberías al motor. Los colectores y tubos de refrigerante dispuestos en el agua ambiente se hacen funcionar para transferir calor
35 del refrigerante, a través de las paredes de los colectores y tubos de refrigerante, y al interior del agua ambiente. El tipo mencionado anteriormente de refrigerador de quilla se denomina refrigerador de quilla de una pieza, ya que es una unidad integral con sus componentes principales estando unidos por soldadura fuerte o débil en el sitio. Sin embargo, se conocen otros tipos de refrigeradores de quilla, incluyendo refrigeradores de quilla desmontables que tienen configuraciones de tubo en espiral en las que los componentes principales, incluyendo tubos de refrigerante,
40 son desmontables.

Un aspecto importante de un refrigerador de quilla es la capacidad para transferir eficientemente calor del refrigerante que fluye a través del interior de los tubos de refrigerante al interior del agua ambiente de refrigerador
45 alrededor del exterior. Hay varios factores que impactan en la transferencia térmica de refrigerador de quilla, uno de los cuales es la velocidad a la que el calor fluye al interior de, o hacia fuera de, o bien el fluido interior (es decir, refrigerante) o el fluido exterior (es decir, agua ambiente). Una alta resistencia al calor que fluye en cualquier fluido producirá una velocidad global lenta de transferencia térmica. Para el refrigerante, la transferencia térmica interior (H_i) es una función de propiedades térmicas de refrigerante, geometría de tubo interior, caudal de refrigerante, distribución de flujo de refrigerante por tubo, características de flujo de refrigerante (es decir, laminar o turbulento), y
50 coeficientes de fricción de pared interior. Para el agua ambiente, la transferencia térmica exterior (H_o) es una función de propiedades térmicas de fluido exterior, geometría de refrigerador de quilla/tubo exterior, características de flujo y restricciones, conjunto de tubos, ubicación en el casco, y velocidad y dirección de agua ambiente que pasa por encima del refrigerador de quilla. Otros factores a considerar en la transferencia térmica global incluyen el grosor de pared de tubo de refrigerante y la conductividad térmica del material de tubo.

55 Un manera conocida de mejorar la transferencia térmica global es aumentar el área efectiva del refrigerador de quilla con el fin de aumentar la barrera conductora proporcionada para el flujo de calor. En otras palabras, un área de refrigerador de quilla más grande dará como resultado una cantidad mayor de calor que fluirá en un tiempo dado con una temperatura diferencial dada. Refrigeradores de quilla se disponen habitualmente en rebajes en la parte inferior
60 del casco de la embarcación, y a veces se montan en el lado de la embarcación, pero siempre por debajo de la línea del agua. El área en el casco de embarcación que se usa para alojar un refrigerador de quilla se denomina "espacio ocupado". Sin embargo, un aspecto importante de refrigeradores de quilla para embarcaciones marinas es el requisito de que tengan un espacio ocupado tan pequeño como sea posible, a la vez que cumplen o superan su requisito de intercambio de calor y minimizar las caídas de presión en el flujo de refrigerante. Así pues,
65 refrigeradores de quilla en la técnica anterior han minimizado su espacio ocupado utilizando tubos rectangulares y separándolos relativamente cerca entre sí para crear un área superficial de flujo de calor grande. Por consiguiente,

refrigeradores de quilla en la técnica anterior a menudo tienen un total de ocho tubos rectangulares de refrigerante que se extienden entre los dos colectores, incluyendo seis tubos intermedios y dos tubos de lado exterior, que tienen habitualmente dimensiones de sección transversal de o bien 3,493 cm x 0,5537 cm., 3,967 cm x 0,953 cm, o bien 6,033 cm x 0,953. Sin embargo, las demandas de mejorar la eficiencia de combustible de motor y capacidad de carga útil de embarcaciones han resultado en temperaturas de salida de motor más altas y una mayor demanda en eficiencia de transferencia térmica de refrigerador de quilla, y ya que el refrigerador de quilla debe mantenerse un espacio ocupado tan pequeño como sea posible, existe una necesidad de mejorar la eficiencia de transferencia térmica del refrigerador de quilla de otras maneras.

Otra manera de mejorar la transferencia térmica de refrigerador de quilla es potenciar el caudal y distribución de flujo del refrigerante interno. Se conoce bien que el caudal del refrigerante que fluye a través de los tubos de refrigerante tiene una velocidad de la que la transferencia térmica es parcialmente dependiente. Además, también se conoce bien en la técnica de refrigeradores de quilla que los dos tubos de lado exterior tienen el mayor área de exposición al agua ambiente externa, y que aumentar la distribución de flujo a estos tubos externos también mejorarán la eficiencia de refrigerador de quilla. Sin embargo, refrigeradores de quilla con colectores rectangulares y tubos de conducción de calor rectangulares pueden proporcionar flujo de refrigerante desequilibrado entre los tubos paralelos, que pueden conducir a tanto caídas de presión excesivas y transferencia térmica inferior. En particular, refrigerante que fluye a través del intercambiador de calor puede tener acceso limitado a los tubos de lado exterior incluso en la presencia de orificios diseñados para pasar refrigerante a estos tubos de lado exterior. Así pues, la gran mayoría de desarrollos de refrigerador de quilla en los 15 años anteriores se han centrado en mejorar la eficiencia de transferencia térmica potenciando además de igualando el caudal a través de los tubos de lado y tubos intermedios. Por ejemplo, la patente estadounidense n.º 6,575,227 (que tiene el mismo cesionario que la presente solicitud) se dirigió hacia un refrigerador de quilla que tiene una pared inferior biselada estando orificios de tubo de lado exterior en la trayectoria de flujo natural de flujo de refrigerante para mejorar el caudal y la distribución de flujo a los tubos de refrigerante. La patente estadounidense n.º 6,896,037 (que también tiene el mismo cesionario) proporcionó adicionalmente en el colector un desviador de flujo de fluido para facilitar el flujo de refrigerante hacia tanto los tubos interiores como los tubos de lado exterior. La patente estadounidense n.º 7,055,576 (Fernstrum) se dirigió hacia un aparato para potenciar la eficiencia de refrigerador de quilla aumentando el caudal de refrigerante a través de tubos de lado usando aperturas en un diseño en forma de flecha. Sin embargo, como ya se ha mencionado, la demanda de eficiencia de refrigerador de quilla continúa en aumento, y existe una necesidad de un nuevo desarrollo en la técnica de refrigeradores de quilla, que se satisface mediante la presente invención.

Un enfoque para mejorar la transferencia térmica de refrigerador de quilla que no ha recibido atención en la técnica anterior es a través de la potenciación de flujo turbulento del refrigerante interno que fluye a través de tubos de refrigerante. En la mayoría de diseños de refrigerador de quilla modernos, los tubos rectangulares de refrigerante tienen una superficie interior relativamente suave que promueve el flujo laminar del fluido de refrigeración en o cerca de las paredes interiores de tubo de refrigerante. Flujo laminar se define como un estado de flujo en el que un fluido viscoso fluye en contacto con una superficie de tubo a una velocidad baja para no producir ningún entremezclado del fluido. En un régimen de flujo laminar, el fluido en contacto con la pared de tubo tendrá su velocidad reducida por fricción o arrastre viscoso, que produce una "capa límite" que actúa como región de esfuerzo por cizallamiento de alta viscosidad. Esta capa de cizallamiento viscosa, o capa límite, actúa para retardar el paso de fluido a lo largo de la tubería a través del estado no deslizante en la pared. Dentro de la capa límite, estos esfuerzos de fricción viscosos provocan disipación de energía al interior del fluido en volumen, que aparece como calor. En otras palabras, la capa límite no solo inhibe la mezcla en el fluido en volumen, sino que también actúa como capa de generación de calor aislante en la pared interior de tubo de refrigerante (es decir, la superficie de transferencia térmica), por lo tanto reduciendo la transferencia térmica global del refrigerador de quilla.

Por otro lado, potenciar la turbulencia dentro del refrigerante puede ayudar a minimizar la capa límite térmicamente resistente. Turbulencia se define generalmente como el régimen de flujo en el que el fluido muestra cambios caóticos de propiedades, tal como rápidas fluctuaciones en velocidad y presión del fluido alrededor de algún valor medio. Si el flujo de fluido dará como resultado flujo turbulento o laminar, se determina principalmente mediante el número de Reynolds, que puede definirse como la razón entre la fuerza inercial y fuerza viscosa del fluido. Así pues, el número de Reynolds es una función de la velocidad de fluido, y a medida que la velocidad de fluido aumenta, una región de transición puede alcanzarse en la que las fuerzas inerciales dominan sobre las fuerzas viscosas. Esto puede permitir el desarrollo de remolinos turbulentos en el fluido que pueden impactar y destruir la capa límite, dando como resultado una disminución en el grosor de capa límite. A medida que la turbulencia se aumenta adicionalmente, el movimiento de remolino puede volverse cada vez más inestable, provocando que los remolinos golpeen la pared y se mezclen con el fluido en volumen (es decir, la región de fluido en el exterior de la capa límite que es adicional de la pared de tubo). Los remolinos turbulentos que se forman pueden transportar grandes cantidades de energía térmica. Por lo tanto, la transferencia térmica puede aumentarse cuando los remolinos golpean y/o impactan con la pared de tubo actúan para perturbar o destruir el aislamiento de capa límite y toman grandes cantidades de fluido refrigerador de la pared y se distribuyen al interior de las regiones de fluido en volumen más calientes.

Aunque la ciencia detrás de una turbulencia no se considera una técnica bien entendida, se cree generalmente que aumentar el flujo turbulento en el interior de un tubo de refrigerador de quilla dará como resultado un aumento en la caída de presión del refrigerante. Esto se cree que se provoca por los remolinos turbulentos de diversos tamaños

que interactúan entre sí a medida que se mueven alrededor de, que intercambian momento y energía, y que consumen la energía mecánica de fluido a medida que el fluido en volumen se fuerza a accionar estos movimientos de remolino inestables. En otras palabras, en la técnica de refrigeradores de quilla, se cree que potenciar la turbulencia dará como resultado arrastre aumentado y caída de presión debido al movimiento transversal aumentado de partículas de fluido que se oponen al sentido de flujo de fluido en volumen. En la técnica de refrigeradores de quilla, aumentar la caída de presión de sistema se considera devastador para el rendimiento de refrigerador de quilla y limita la utilidad general del refrigerador de quilla. Esto es debido a que los refrigeradores de quilla en embarcaciones marinas están limitadas generalmente por la capacidad de bombeo del motor marino y no tienen habitualmente bombas externas que pueden compensar la caída de presión aumentada. En otras palabras, a diferencia de sistemas de intercambiador de calor terrestres que pueden alojar espacios ocupados más grandes con bombas externas, refrigeradores de quilla tienen limitaciones de carga útil y tamaño estrictas que prácticamente impiden el uso de una bomba externa. Es por este motivo que desarrollos en la técnica de refrigeradores de quilla han evitado tradicionalmente potenciar la turbulencia de refrigerante, por preocupaciones sobre el aumento de la caída de presión.

El único refrigerador de quilla conocido en el mercado que supuestamente intenta perturbar el patrón de flujo de refrigerante en el interior de un tubo de refrigerador de quilla rectangular es un aparato que tiene una pluralidad de elementos de rugosidad en la superficie interior del tubo de refrigerante. Los elementos de rugosidad de este aparato conocido son pequeños salientes en forma de protuberancias dispuestas en la pared interior de tubo de refrigerante. Las protuberancias de este aparato son aproximadamente de 0,038 cm de altura, con un diámetro de 0,056 cm y espaciados uniformemente 0,15 cm en una configuración escalonada. Se cree que el fin de estos elementos de rugosidad es perturbar el aislamiento de capa límite en la pared interior de tubo de refrigerante. Sin embargo, se conoce bien en la industria de refrigeradores de quilla que este aparato aumenta significativamente la caída de presión con *de mínima* mejora en transferencia térmica. Por lo tanto, se cree que este dispositivo no potencia el flujo de refrigerante turbulento y/o genera movimientos de remolino inestables a medida que mezcla de manera efectiva el refrigerante en volumen para mejorar la transferencia térmica. En vez de esto, este aparato actúa para aumentar la rugosidad de superficie de la pared de tubo de refrigerante, que aumenta el factor de fricción según el bien conocido diagrama de Moody, y por lo tanto da como resultado el aumento observado en caída de presión. La introducción de este aparato en el mercado de refrigeradores de quilla se ha limitado solo aquellos expertos en la técnica de búsqueda de características de flujo de refrigerante como una vía para aumentar de manera exitosa la transferencia térmica.

Ya que pertenece generalmente a la transferencia térmica de refrigerador de quilla, se conocen refrigeradores de quilla de solo interés general que usan aletas externas para mejorar la transferencia térmica exterior (H_o) con el agua ambiente. Por ejemplo, la patente estadounidense n.º 3,841,396 (Knaebel) proporciona un intercambiador de calor de embarcación marina que tiene una serie de aletas externas que se extienden radialmente conectadas a un miembro longitudinal. La invención de Knaebel proporciona estas aletas externas para aumentar el área de superficie del intercambiador de calor y no enseña flujo turbulento para mejorar transferencia térmica interna (H_i). En la patente estadounidense n.º 3,240,179 (Van Ranst), se divulga un intercambiador de calor marino que proporciona una parte de lámina inferior en una configuración sinuosa transversal. La invención de Van Ranst se pretende que proporciona un área de intercambio de calor efectiva relativamente grande en proporción a la unidad completa. La invención de Van Ranst proporciona además una trayectoria de flujo suave del fluido de refrigerante interior, que se describe como "óptima" y se cree que enseña a partir de promover flujo de fluido turbulento. En la patente estadounidense n.º 3,650,310 (Childress), una combinación de la aleta de ajuste del barco y el intercambiador de calor se proporciona teniendo aletas alargadas fijadas a la parte inferior del exterior del cuerpo para aumentar el área de intercambio de calor. Childress proporciona además un conducto de paso de serpentín interno y aletas de refrigeración internas para aumentar además el área de intercambio de calor entre el líquido de refrigeración y el cuerpo. La invención en Childress no divulga el uso de flujo de refrigerante turbulento para aumentar la transferencia térmica. La patente estadounidense n.º 3,177,936 (Walter) proporciona un intercambiador de calor marino que incluye un tubo de intercambio de calor acanalado con un deflector helicoidal interno. El tubo acanalado de la invención de Walter se pretende que aumente el área de superficie de intercambio de calor, así como que mejore el flujo de agua marina externa sobre los tubos. El deflector helicoidal en la invención de Walter se pretende que agite mecánicamente el refrigerante y separe los tubos en al menos dos pasos de agua de una forma de serpentín. La invención de Walter no divulga promover el flujo turbulento del refrigerante, ya que este término se conocía bien en la técnica en el momento de esta invención. Más en particular, Walter no enseña potenciar la turbulencia a través de que ocurren movimientos de remolino de manera natural para mejorar la mezcla de fluido en volumen, y en cambio agita simplemente de manera mecánica el refrigerante en cierto grado conocido. Además, tal separación en el interior del tubo de refrigerante se cree que limita el flujo de refrigerante, que dará como resultado un aumento sustancial en la caída de presión en comparación con un tubo situado de manera similar sin los canales y el deflector. Por lo tanto, tal como puede verse mediante estas carencias en la técnica anterior de refrigerador de quilla, existe una necesidad de mejorar adicionalmente la transferencia térmica sin aumentar la caída de presión, que puede lograrse mediante la presente invención a través de la proporción de potenciadores de turbulencia para su uso en el refrigerante interno.

Generadores de turbulencia, que se conocen como inserciones, inserciones de tubo, impedimentos, o mezcladores estáticos, se conocen para estar dispuestos en el interior de un tubo con el fin de promover y/o potenciar el flujo de

fluido turbulento. Aunque se conocen generadores de turbulencia para potenciar la turbulencia y promover la mezcla de fluido en volumen para mejorar la transferencia térmica, también se conocen para aumentar perjudicialmente la caída de presión. Debido a que a los expertos en la técnica de refrigeradores de quilla se les ha enseñado a evitar una caída de presión aumentada debida a las limitaciones de bombeo de motores marinos, el uso y enseñanzas de generadores de turbulencia han estado generalmente confinados a sistemas de intercambiador de calor terrestres en los que la pérdida de presión puede compensarse mediante medios de bombeo externos. Además, la velocidad relativamente baja de innovación en la técnica de refrigeradores de quilla, combinada con la carencia de entendimiento de la turbulencia, solo han perjudicado adicionalmente a esas personas con habilidades ordinarias en la técnica de refrigeradores de quilla elogiando lógicamente su atención a otros sistemas de intercambiador de calor.

Por consiguiente, ha habido diversas patentes de solo interés general que pertenecen a generadores de turbulencia que se han publicado a lo largo de los años. La patente estadounidense n.º 3,981,356 (Granetzke) describe un tubo de intercambio de calor con una banda de metal expandido dispuesto en una hélice para formar un generador de turbulencia. Esta disposición se alega que dirige una parte del líquido hacia la superficie de pared interna para controlar el flujo de calor, sin embargo, también da como resultado una caída de presión aumentada. La invención de Granetzke alega que regula este aumento en la caída de presión modificando la configuración de metal expandido. Haciendo referencia a continuación a la patente estadounidense n.º 6,578,627 (Liu et al.), esta patente divulga un patrón de aletas de generadores de vórtice con rebordes para un sistema acondicionador de aire que tiene una pluralidad de estructuras en forma de prisma en la aleta. Las estructuras tienen alturas diferentes para mejorar la transferencia térmica mientras supuestamente provoca una pequeña caída de presión. De manera similar, la patente estadounidense n.º 7,637,720 (Liang) proporciona un generador de turbulencia para su uso con una pala de turbina de un motor de turbina de gas que tiene una forma de V invertida con una ranura de difusión entre generadores de turbulencia adyacentes. En la patente estadounidense n.º 4,865,460 (Friedrich), se divulga un dispositivo de mezcla estático que tiene una pluralidad de filas de tubos paralelos espaciados que se extienden a través del conducto. Los tubos se disponen de manera que los tubos adyacentes se ubican en ángulos rectos entre sí, lo que proporciona una trayectoria tortuosa para el medio de resina viscosa que va a mezclarse. La invención de Friedrich requiere el producto se alimente a través de la trayectoria tortuosa de la mezcladora estática a "alta presión", y no divulga el efecto de pérdida de presión.

El documento estadounidense 2006/201652 describe un conjunto de refrigerador de quilla según el preámbulo de la reivindicación 1.

En vista de lo anterior, debe entenderse que refrigeradores de quilla con el espacio ocupado más pequeño, la mayor transferencia térmica global, y la menor caída de presión interna se consideran lo más deseable. Sin embargo, a pesar de los diversos esfuerzos de potenciar la turbulencia y aumentar la transferencia térmica usando generadores de turbulencia en intercambiadores de calor generales, no se conoce un desarrollo en este área con respecto a refrigeradores de quilla marinos. La demanda de eficiencia de refrigerador de quilla está aumentando ya que los motores marinos deben pasar a ser más eficientes y portar cargas útiles más pesadas. Si pueden seleccionarse potenciadores de turbulencia para aumentar la transferencia térmica al tiempo que no aumentando sustancialmente la caída de presión a un nivel inaceptable, podría haber ahorros económico importantes en la industria de refrigeradores de quilla. Por lo tanto, existe una necesidad desde hace tiempo, aún insatisfecha, de un refrigerador de quilla que mejora la transferencia térmica potenciando el flujo de refrigerante turbulento en el interior de los tubos de refrigerante sin un aumento sustancial en la caída de presión. Un refrigerador de quilla de este tipo con transferencia térmica mejorada puede reducir además el tamaño requerido del refrigerador de quilla, el coste de adquisición de refrigeradores de quilla, y los costes de adquisición asociados a refrigeradores de quilla.

Sumario de la invención

La presente invención satisface las diversas necesidades desde hace tiempo, aún insatisfechas, en la técnica de refrigeradores de quilla a través de la proporción de un conjunto de refrigerador de quilla según el enunciado de la reivindicación 1.

A través de las proporciones y realizaciones comentadas en el presente documento, es un objetivo general de la invención aumentar la transferencia térmica en un refrigerador de quilla mientras que se minimiza cualquier aumento de la caída de presión del refrigerante que fluye a través del refrigerador de quilla.

Otro objetivo de la invención es potenciar la turbulencia de refrigerante que fluye a través de tubos de refrigerador de quilla mientras que no aumenta sustancialmente la caída de presión del refrigerante. Aún otro objetivo de la invención es generar de manera natural estelas turbulentas en el refrigerante; y aún además, un objetivo es generar vórtices turbulentos en el refrigerante, todo mientras que no aumenta sustancialmente la caída de presión. En realizaciones preferidas, un objetivo de la invención es generar estelas turbulentas y/o vórtices turbulentos a través de movimientos de remolino que ocurren de manera natural en la región en volumen del refrigerante sin aumentar sustancialmente la caída de presión.

Otro objetivo de la invención es potenciar la turbulencia para mejorar la transferencia térmica independiente de la velocidad de fluido en volumen o caudal. En una realización preferente, la turbulencia se potencia y transferencia térmica mejorada sin caída de presión sustancial incluso cuando paredes interiores de tubo de refrigerante son

sustancialmente uniformes entre respectivos potenciadores de turbulencia.

Es aún otro objetivo de la presente invención proporcionar un potenciador de turbulencia para un tubo de refrigerador de quilla para aumentar la capacidad de transferencia térmica del refrigerador de quilla.

Es un objetivo adicional de la invención potenciar la turbulencia en el interior de un tubo de refrigerador de quilla para aumentar la capacidad de transferencia térmica del refrigerador de quilla, para disminuir de ese modo el tamaño del espacio ocupado del refrigerador de quilla para reducir, por lo tanto, costes para el propietario de una embarcación en la que el refrigerador de quilla va a incorporarse.

Un objetivo general de la presente invención es aumentar la eficiencia y efectividad de refrigeradores de quilla de una manera práctica y económica.

Estos y otros objetivos deben ser evidentes a partir de la descripción que sigue y de las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención puede tomar forma física en determinadas partes y disposición de partes, las realizaciones preferidas de las que se describirán en detalle en la memoria e ilustradas en los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma, y en los que:

La figura 1 es una vista esquemática de un refrigerador de quilla en una embarcación en el agua según la técnica anterior.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un refrigerador de quilla, que incluye una vista parcialmente en corte del colector y una vista en corte de tubos de refrigerante con una sección transversal rectangular según la técnica anterior.

La figura 3 es una vista en sección transversal de una parte de un refrigerador de quilla según la técnica anterior, que muestra un colector y parte de los tubos de refrigerante.

La figura 4 es una vista en perspectiva de una parte de un refrigerador de quilla según una realización preferida de la invención, que incluye una vista parcialmente en corte de colector cuadrado y una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 5A es una vista en sección transversal en perspectiva de una parte de un tubo de refrigerante que muestra una pluralidad de generadores de turbulencia cilíndricos sólidos dispuestos en un patrón escalonado en el interior del tubo de refrigerante según una realización preferida de la invención. La figura 5B es una vista en sección transversal de la misma, y que incluye además un esquema de flujo de fluido de refrigerante y región de estela turbulenta (W).

La figura 6 es un diagrama que muestra resultados experimentales de coeficiente de transferencia térmica frente a caudal volumétrica para diversas realizaciones preferidas de la invención que se probaron y se comparan frente a la técnica anterior.

La figura 7 es un diagrama que muestra resultados experimentales de pérdida de presión frente a caudal volumétrica para diversas realizaciones preferidas de la invención que se probaron y se comparan frente a la técnica anterior.

La figura 8A es una vista en sección transversal esquemática de un tubo de refrigerante y generadores de turbulencia en un patrón espaciado que muestra trayectorias de flujo de refrigerante, capas límite, y estelas turbulentas. La figura 8B es una vista en sección transversal esquemática de un tubo de refrigerante y generadores de turbulencia en un patrón espaciado que muestra trayectorias de flujo de refrigerante, capas límite, y vórtices turbulentos.

La figura 9A es una vista en sección transversal en perspectiva de una parte de un tubo de refrigerante que muestra una pluralidad de generadores de turbulencia cilíndricos huecos dispuestos en un patrón escalonado en el interior del tubo de refrigerante según una realización preferida de la invención. La figura 9B es una vista en sección transversal de la misma, y que incluye además un esquema de flujo de fluido de refrigerante y región de estela turbulenta (W).

La figura 10A es una vista en sección transversal en perspectiva de una parte de un tubo de refrigerante que muestra una pluralidad de generadores de turbulencia en forma de ala dispuestos en un patrón escalonado en el interior de tubo de refrigerante según una realización preferida de la invención. La figura 10B es una vista en sección transversal de la misma, y que incluye además un esquema de flujo de fluido de refrigerante y región de estela turbulenta (W).

La figura 11 es una vista en perspectiva de una parte de un refrigerador de quilla según una realización preferida de

la invención, que incluye una vista parcialmente en corte de colector biselado y una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 12 es una vista en perspectiva de una parte de un refrigerador de quilla según una realización preferida de la invención, que incluye una vista parcialmente en corte de colector cuadrado con una pared en ángulo, y una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 13 es una vista en perspectiva de una parte de un refrigerador de quilla según una realización preferida de la invención, que incluye una vista parcialmente en corte de colector cuadrado con un desviador de flujo de fluido, y una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 14 es una vista en perspectiva de una parte de un refrigerador de quilla según una realización preferida de la invención, que incluye una vista parcialmente en corte de colector cuadrado con un orificio en forma de flecha, y una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 15 es una vista en perspectiva de un refrigerador de quilla de dos pasos según una realización preferida de la invención, que incluye una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 16 es una vista en perspectiva de un refrigerador de quilla de múltiples sistemas combinados que tiene dos partes de paso único según una realización preferida de la invención, que incluye una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 17 es una vista en perspectiva de un refrigerador de quilla que tiene una parte de paso único y una parte de paso doble según una realización preferida de la invención, que incluye una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

La figura 18 es una vista en perspectiva de un refrigerador de quilla que tiene dos partes de paso doble según una realización preferida de la invención, que incluye una vista en corte de tubos de refrigerante con potenciadores de turbulencia.

Descripción de las realizaciones preferentes

Los componentes fundamentales de un sistema de refrigerador de quilla para una embarcación marina o fluvial se muestran en la figura 1. El sistema incluye una fuente de calor 1, un refrigerador de quilla 3, una tubería 5 para portar el refrigerante caliente desde la fuente de calor 1 al refrigerador de quilla 3, y una tubería 7 para portar refrigerante enfriado desde el refrigerador de quilla 3 a la fuente de calor 1. Como se muestra en la figura 1, el refrigerador de quilla 3 está ubicado en el agua ambiente por debajo de la línea del agua (es decir por debajo de la línea de agua aireada en la que se producen espuma y burbujas), y calor del refrigerante caliente se transfiere a través de las paredes de refrigerador de quilla 3 y se expulsa al interior del agua ambiente de refrigerador. La fuente de calor 1 puede ser un motor, un generador, u otra fuente de calor para la embarcación. El refrigerador de quilla 3 puede ser un refrigerador de quilla de una pieza, sin embargo, la presente invención no se limita a sistemas de refrigerador de quilla de una pieza y puede incluir sistemas de refrigerador de quilla desmontables que tienen partes separables (tal como tubos de refrigerante espirales), o incluso sistemas de intercambiador de calor de acero de canales que se sueldan al casco para formar un canal cerrado en el que el refrigerante se porta a través del casco y fluye a través del canal.

En la discusión anterior y a continuación, los términos “superior”, “interior”, “hacia abajo”, “extremo”, etcétera, se refieren al refrigerador de quilla, tubos de refrigerante, o colector tal como se ven en una posición horizontal como se muestra en la figura 2. Esto se logra haciendo que estas unidades, tal como cuando se usan en embarcaciones fluviales, pueden montarse en el lado de la embarcación, o inclinado en el extremo de proa o popa del casco, o espaciadas del casco, o montadas en otras diversas posiciones.

Volviendo a la figura 2, un refrigerador de quilla 10 según la técnica anterior se muestra. el refrigerador de quilla 10 incluye un par de colectores 30 en extremos opuestos de un conjunto de tubos de refrigerante rectangulares paralelos 50 (también conocidos como tubos de conducción de calor o flujo de refrigerante). Los tubos de refrigerante 50 incluyen tubos de refrigerante internos o interiores 51 y tubos de refrigerante externos o exteriores 60. Como se muestra en la figura 2, los colectores 30 pueden tener una construcción generalmente prismática, incluyendo una pared o techo superior 34, Una pared de extremo o pared trasera 36, y una pared o suelo inferior 32. Las paredes de extremo de colector 36 son perpendiculares a los planos paralelos en los que las superficies superior e inferior de tubos de refrigerante 50 se ubican. En algunos refrigeradores de quilla, la pared de extremo 36 y el suelo 32 se forman en ángulos rectos, como se muestra en la figura 2. Sin embargo, como se describe más adelante, otras configuraciones de colector son posibles.

El refrigerador de quilla 10 se conecta al casco de una embarcación a través del que un par de boquillas 20 se extienden. Las boquillas 20 tienen elementos de empalme 21 en los extremos y conectores cilíndricos 22 con roscas 23. Las boquillas 20 descargan refrigerante al interior de y hacia fuera del refrigerador de quilla 10. Grandes juntas

26 que tienen cada una un lado contra los colectores 30 respectivamente, y el otro lado engancha el casco de la embarcación. Arandelas de caucho 25B se disponen en el interior del casco cuando el refrigerador de quilla 10 se instala en una embarcación, y arandelas de metal 25A asentadas en las arandelas de caucho 25B. Tuercas 24 que se fabrican habitualmente de metal compatibles con la boquilla 20, atornilladas en conjuntos de roscas 23 en conectores 22 para apretar las juntas 26 y arandelas de caucho 25B contra el casco para mantener el refrigerador de quilla 10 en su sitio y sellar las penetraciones de casco penetraciones contra fugas. Las juntas 26 se proporcionan para tres fines esenciales. En primer lugar, aíslan el colector para evitar la corrosión galvánica. En segundo lugar, eliminan la infiltración de agua ambiente al interior de la embarcación. En tercer lugar, permiten la transferencia térmica en el espacio entre los tubos de refrigerador de quilla y la embarcación creando una distancia de separación entre el refrigerador de quilla y el casco de embarcación, permitiendo que agua ambiente fluya a través de ese espacio. Las juntas 26 se fabrican generalmente de una sustancia polimérica. En situaciones típicas, las juntas 26 son de un espesor entre un cuarto de pulgada y tres cuartos de pulgada.

El circuito de tuberías de la embarcación se une por medio de tubos flexibles al elemento de empalme 21 y conector 22. Un ataguía o toma de mar (parte de la embarcación) en cada extremo (no mostrados) contiene tanto las partes de la boquilla 20 y la tuerca 24 directamente en el interior del casco. Las tomas de mar se proporcionan para evitar que el flujo de agua ambiente al interior de la embarcación en caso de que el refrigerador de quilla esté dañado de manera severa o retirado, en el que agua ambiente fluiría de cualquier manera con poca restricción al interior de la embarcación en la ubicación de penetración. El refrigerador de quilla descrito anteriormente muestra boquillas para transferir fluido de transferencia térmica al interior de o hacia fuera del refrigerador de quilla. Sin embargo, hay otros medios para transferir fluido al interior de o hacia fuera del refrigerador de quilla. Por ejemplo, en refrigeradores de quilla montados en pestaña, hay uno o más conductos tal como tuberías que se extienden del casco y del refrigerador de quilla que tiene pestañas de extremo para la conexión entre sí para establecer una trayectoria de flujo de fluido de transferencia térmica. Normalmente, una junta se interpone entre las pestañas. Puede haber otros medios para conectar el refrigerador de quilla al sistema de tuberías de refrigerante en la embarcación. Esta invención es independiente del tipo de conexión usado para unir el refrigerador de quilla al sistema de tuberías de refrigerante.

Volviendo a la figura 3, que muestra una parte de refrigerador de quilla 10 en sección transversal, la boquilla 20 se muestra conectada al colector 30. La boquilla 20 tiene un elemento de empalme 21, y un conector 22 tiene roscas, tal como se ha descrito anteriormente. El elemento de empalme 21 de boquilla 20 se une normalmente por soldadura fuerte o débil en el interior de conector 22 que se extiende en el interior del casco. Una pestaña 28 que rodea un interior de orificio 27 a través del que la boquilla 20 se extiende y se proporciona para ayudar a soportar la boquilla 20 en una posición perpendicular en el colector 30. La pestaña 28 engancha una placa de refuerzo 29 en el lado inferior de la pared superior 34. De esta manera, la boquilla 20 puede ser un conducto de entrada para recibir refrigerante caliente del motor cuyo flujo se indica mediante la flecha C en la figura 3, pero también puede ser un conducto de salida para recibir refrigerante enfriado de colector 30 para la circulación de vuelta a la fuente de calor.

Con referencia a las figuras 2-3, El colector 30 incluye además una superficie o pared inclinada 41 compuesta por una serie de dedos 42, que se inclinan con respecto a tubos de refrigerante 50, y definen espacios para recibir partes de extremo o agujeros de refrigeración 44 de tubos de refrigerante interiores 51. Partes o agujeros de extremo 44 de tubos de refrigerante interiores 51 extendidos a través de la superficie inclinada 41 y se unen por soldadura fuerte o débil a dedos 42 para formar una superficie continua. Cada pared de colector de lado exterior 30 está compuesta por un tubo de refrigerante rectangular exterior 60 que se extiende al interior del colector 30. Las figuras 2-3 muestran ambos lados de tubo de refrigerante exterior 60, incluyendo una pared de lado más exterior 61, y una pared de lado interior 63. Una orificio circular 31 se muestra que se extiende a través de la pared de lado interior 63 de tubo de refrigerante exterior 60, y se proporciona para portar refrigerante que fluye a través de tubo de refrigerante exterior 60 al interior de o hacia fuera del colector 30. El colector 30 puede tener también un orificio de drenaje 33 para recibir un tapón retirable y roscado de manera correspondiente para vaciar el contenido del refrigerador de quilla 10.

Debido a que los refrigeradores de quilla se usan a veces en entornos de agua salada corrosivos, los refrigeradores de quilla se fabrican habitualmente de aleación cobre-níquel 90-10, o algún otro material que tiene una gran cantidad de cobre. Esto hace el refrigerador de quilla un artículo relativamente caro de fabricar y un objeto de la presente invención de reducir el tamaño de refrigerador de quilla será ventajosos para reducir costes globales de material y fabricación.

Volviendo a la figura 4, una realización preferida de la presente invención se muestra. La realización incluye un refrigerador de quilla 100 que tiene al menos un tubo de refrigerante 150 que se extiende en una dirección longitudinal desde un colector 130. El colector 130 puede ser el mismo colector 30 que se describió anteriormente según la técnica anterior, e incluye una pared superior 134, una pared de extremo 136, y una pared inferior 132. Una boquilla 120 que tiene un elemento de empalme 121 y un conector 122 con roscas 123, pueden ser los mismos que los descritos anteriormente y se unen al colector 130. Una junta 126, similar a y para el mismo fin que la junta 26, se dispone en la parte superior de pared superior 134. Un orificio de drenaje 133 también puede proporcionarse para vaciar el contenido de refrigerador de quilla 100.

Como se muestra en la realización de la figura 4, el refrigerador de quilla 100 incluye tubos de refrigerante 150 (también conocidos como tubos de flujo de refrigerante o flujo de fluido de transferencia térmica, ya que en algunos casos el fluido puede calentarse en lugar de refrigerarse). Los tubos de refrigerante 150 incluyen tubos de refrigerante internos o interiores 151 y tubos de refrigerante externos o exteriores 160. Los tubos de refrigerante 150 pueden tener una construcción de paralelepípedo generalmente rectangular, incluyendo una parte de cuerpo alargada entre partes de extremo opuestas, cada parte de las que comprende una pared superior, una pared inferior, y paredes de lado opuestas. El tubo de refrigerante 150 incluye una superficie interior 158 que forma un canal interno a través del que el refrigerante fluye. Como se muestra en la figura 4, tubos de refrigerante interiores 151 unen el colector 130 a través de una superficie inclinada (no mostrada), que está compuesta por dedos 142 inclinados con respecto a tubos de refrigerante interiores 151 y que definen espacios para recibir partes abiertas o agujeros de extremo (es decir, entradas/salidas) 144 de tubos de refrigerante interiores 151. partes de extremo abiertas 144 de tubos de refrigerante interiores 151 se muestran de manera que tienen una sección transversal rectangular y se disponen en ángulo para corresponder con el ángulo de la superficie inclinada y/o los dedos 142. Tubos de refrigerante externos 160 tienen paredes laterales más externas 161, parte de lo que también son las paredes de lado de colector 130. Tubos de refrigerante externos 160 también tienen una pared de lado interior 163 con un orificio 131, que se proporciona como agujero de flujo de refrigerante (es decir, entrada/salida) para el refrigerante que fluye entre la cámara de colector 130 y tubos de refrigerante externos 160. Una cámara de colector se define por una pared superior 134, una pared de extremo 136, una pared inferior 132, paredes laterales interiores 163, y cualquiera de dedos de superficie inclinada 142 (no mostrada), y/o partes de extremo de tubo de refrigerante interno 144.

Como también se muestra en la figura 4, tubos de refrigerante 150 comprenden un potenciador de turbulencia 170 o pluralidad de potenciadores de turbulencia 170 dispuestos en el interior de tubos de refrigerante 150 (incluyendo tubos de refrigerante interiores 151 y/o tubos de refrigerante externos 160). Tal como se define en el presente documento, un potenciador de turbulencia es un dispositivo o pluralidad de dispositivos dispuestos en el interior de un tubo de refrigerante que proporciona un medio para promover o potenciar la turbulencia del refrigerante que fluye a través de un tubo de refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante a un nivel que limita la utilidad general del refrigerador de quilla.

Los potenciadores de turbulencia son un aspecto importante de la presente invención y proporcionan un número de ventajas importantes para el refrigerador de quilla. Tal como se mencionó anteriormente, si el flujo de fluido dará como resultado flujo turbulento, se determina principalmente mediante el número de Reynolds, que es en parte dependiente de la velocidad del fluido de refrigeración. En general, a una viscosidad de fluido dada, un fluido que fluye a una velocidad baja proporcionará flujo laminar, y a medida que la velocidad del fluido se aumenta, el fluido puede pasar a ser más turbulento. En un régimen de flujo laminar, el refrigerante en contacto con superficies tendrá su velocidad reducida por el arrastre viscoso, que forma una capa límite aislante que puede reducir la transferencia térmica. Sin embargo, a medida que el fluido pasa a ser más turbulento, la capa límite aislante y estática pasa a ser inestable debido a las fuerzas inerciales de fluido superando las fuerzas viscosas de fluido. Esto puede provocar que el fluido forme remolinos turbulentos en los que la capa límite se separa de la pared, por lo tanto perturbando o destruyendo la capa térmicamente aislante para mejorar la transferencia térmica. Al potenciar la turbulencia a una velocidad de fluido o caudal dada con el fin de perturbar, reducir el espesor, o destruir la capa límite es una manera en la que una realización de la presente invención mejora la transferencia térmica.

Potenciadores de turbulencia según una realización de la presente invención puede lograr los medios anteriormente mencionados a través de la proporción de inserciones o impedimentos que se extienden hacia el interior de una superficie interior de tubo de refrigerante al interior del refrigerante. Como se describe en el presente documento, inserciones pueden incluir partes e impedimentos independientes pueden ser integrales con un tubo de refrigerante. Una gran variedad de inserciones para potenciador de turbulencia están disponibles. Entre los factores en cuanto a las inserciones son la forma de las inserciones, la colocación de las inserciones dentro del tubo de refrigerador de quilla, el patrón de inserciones a lo largo del tubo de refrigerador de quilla, y el tamaño de las respectivas inserciones. Un aspecto de potenciadores de turbulencia según la invención es la proporción de inserciones que tienen diversas configuraciones, tal como inserciones cilíndricas con secciones transversal redondas, elipsoidales u ovaladas; inserciones huecas, tal como inserciones con canales interiores; inserciones en la forma de un paralelepípedo rectangular, tal como con secciones transversal cuadrada o rectangular; inserciones piramidales, tal como con secciones transversal triangulares; barras planas; barras que tienen una configuración en forma de ala; inserciones con configuraciones poligonales; combinaciones de diferentes configuraciones; o cualquier variedad de inserciones que tiene secciones transversal irregulares. Las inserciones pueden unirse a las paredes de refrigerador de quilla en un número de maneras que dependen en parte de la naturaleza de la inserción y el tipo de pared implicado. Las inserciones pueden soldarse a las paredes, las paredes por sí mismas pueden tener una configuración que puede convertir parte de las mismas al interior de impedimentos para provocar la transferencia térmica, que tiene las inserciones extendidas a través de las paredes, y sobresalen a través de las paredes en las que puede unirse por soldadura fuerte o débil en el lugar para evitar cualquier fuga de refrigerante, y similares. Las inserciones pueden extenderse incluso en la dirección longitudinal de los respectivos tubos de refrigerante con soportes apropiados.

Otro aspecto de potenciadores de turbulencia es la proporción de impedimentos para el refrigerante que fluye a

través de los tubos de refrigerador de quilla. Tales impedimentos pueden ser, entre otros, pasadores de diversas configuraciones, impedimentos inclinados en forma de cuña, configuraciones de álabe que tienen secciones transversales en forma de gota de agua, impedimentos con o sin orificios, impedimentos que tienen formas onduladas, impedimentos que tienen secciones transversales en forma de estrella, y similares. Debe entenderse que hay muchos factores que determinan el mejor tipo de inserción o impedimento para aumentar la transferencia térmica mientras que no aumenta sustancialmente la caída de presión a un nivel que perjudica el rendimiento y la utilidad global del refrigerador de quilla. Algunos de estos factores son el tamaño y forma de los tubos de refrigerador de quilla, la viscosidad del refrigerante, el diferencial de temperatura entre el refrigerante y agua ambiente, y similares. Además, las inserciones o impedimentos anteriormente mencionados pueden orientarse en sentidos diferentes en el interior del tubo de refrigerador de quilla, dependiendo de la naturaleza del refrigerante, la forma y tamaño del tubo de refrigerador de quilla, la presión del refrigerante, de entre otros factores. En realizaciones preferidas, inserciones o impedimentos pueden disponerse en el refrigerante en volumen para efectuar la potenciación de turbulencia.

Un objeto de la presente invención es que potenciadores de turbulencia no provocan un aumento sustancial en caída de presión del refrigerante a un nivel que limita la utilidad general del refrigerador de quilla. Un nivel de caída de presión aceptable, naturalmente, puede depender de las consideraciones de diseño y capacidad de bombeo del motor marino particular o fuente de calor a la que el refrigerador de quilla está conectado. Sin embargo, para muchas aplicaciones marinas, un aumento sustancial en la caída de presión puede definirse como no mayor de aproximadamente un aumento de 10 por ciento por encima de la caída de presión de una configuración de tubo de refrigerante estándar, o de referencia que carece de potenciadores de turbulencia, tal como ellos tubos de refrigerante de la técnica anterior que tiene una sección transversal generalmente rectangular como se muestra en las figuras 2-3. Preferentemente, el aumento en caída de presión no será mayor de aproximadamente el 7 por ciento más de la configuración de tubo de referencia o estándar, y más preferentemente no aumentará en caída de presión, e incluso más preferentemente será una reducción en caída de presión al incorporar potenciadores de turbulencia según la presente invención.

Otro aspecto de potenciadores de turbulencia según una realización de la invención incluye la disposición de potenciadores de turbulencia en el interior del tubo de refrigerante, que incluye la separación entre respectivos potenciadores de turbulencia y el patrón y la colocación de potenciadores de turbulencia dentro del tubo de refrigerante. Tales patrones pueden ser, entre otros, simétricos o asimétricos; patrones de paralelogramo, tal como patrones triangulares; cuadrados o en forma de diamantes, rectangulares; patrones poligonales; patrones sinuosos, ondulados y/o en espiral; patrones aleatorios o irregulares; y similares.

De acuerdo con una realización de la invención, la disposición de potenciadores de turbulencia puede afectar a las características de flujo y caída de presión del refrigerante de manera que pueden explicarse mediante el bien conocido diagrama de Moody (que se incorpora en el presente documento como referencia en su totalidad). Según el diagrama de Moody, para un factor de rugosidad relativo dado de las superficies por encima de las que el refrigerante fluye, el factor de fricción disminuirá a medida que el número de Reynolds aumenta (aumentando la turbulencia), hasta un límite definido por el flujo totalmente turbulento. El factor de fricción puede definirse como una resistencia al flujo, de manera que una reducción de factor de fricción dará como resultado generalmente en minimizar o reducir la caída de presión sustancial. Por tanto, potenciadores de turbulencia según una realización preferida de la invención proporciona un medio para potenciar la turbulencia con el fin de minimizar o reducir el factor de fricción (y la caída de presión). Más en particular, una manera en la que potenciadores de turbulencia pueden lograr estos medios es a través de la disposición de una pluralidad de potenciadores de turbulencia en una configuración estrecha para efectuar que una restricción de refrigerante que fluye en las áreas entre potenciadores de turbulencia dispuestos de manera adyacente. Limitar el refrigerante que fluye de esta manera provoca que la velocidad de refrigerante alcance un máximo en el que hay separación de sección transversal mínima entre potenciadores de turbulencia adyacentes, particularmente en el que el flujo de refrigerante es normal para la separación entre potenciadores de turbulencia transversalmente adyacentes. La velocidad aumentada aumenta el número de Reynolds del refrigerante que fluye entre potenciadores de turbulencia, y según el diagrama de Moody, esto reduce el factor de fricción para minimizar o reducir la cantidad de caída de presión. Sin embargo, potenciadores de turbulencia no deben disponerse de manera muy estrecha que restrinja el flujo de refrigerante y aumente la caída de presión.

Estructuras de potenciador de turbulencia y/o la disposición de potenciadores de turbulencia según una realización de la invención también puede minimizar o reducir la caída de presión sustancial del refrigerante proporcionando un medio para potenciar la turbulencia a través de generar estelas turbulentas en el refrigerante, que también pueden mejorar la transferencia térmica. Los potenciadores de turbulencia pueden proporcionar un medio para generar estas estelas turbulentas a través de las proporciones de inserciones y/o impedimentos, tal como se ha descrito anteriormente. En una realización preferente, potenciadores de turbulencia se extienden de la(s) pared(es) interior de tubo de refrigerante al interior del refrigerante en volumen para realizar el desarrollo de estelas turbulentas en el flujo de refrigerante en volumen. Cuando el refrigerante fluye alrededor de un potenciador de turbulencia, el flujo de fluido se perturba y una capa límite puede formarse en el cuerpo de potenciador de turbulencia de la misma manera que la capa límite se forma en la pared interior de tubo de refrigerante. A medida que el refrigerante se aproxima a los límites verticales del cuerpo de potenciador de turbulencia, la separación de fluido puede desarrollarse

conduciendo partes de fluido altamente distorsionado, que puede comenzar a rotar si viajan suficientemente lejos aguas abajo. A velocidades aumentadas (números de Reynolds más altos), la inercia de las partículas de fluido que pasan por encima de un cuerpo de potenciador de turbulencia pueden superar la viscosidad de fluido, y las partículas altamente perturbadas de fluido pueden separarse para formar una región de estela turbulenta que se extiende aguas abajo del cuerpo de potenciador de turbulencia. La región de estela turbulenta formada de esta manera interactuar con capas límite que se han desarrollado en cuerpos de potenciador de turbulencia aguas abajo y paredes de tubo de refrigerante. Ya que las capas límite pueden ser una fuente de alta resistencia debido a cizallamiento friccional, el movimiento de remolino potenciado y número de Reynolds aumentado de la región de estela turbulenta que actúa para perturbar, reducir el espesor, o destruir las capas límite en superficies aguas abajo pueden conducir a un factor de fricción reducido según el diagrama de Moody, tal como se ha descrito anteriormente. Además, la disrupción de la capa límite de esta manera destruye el aislamiento térmico, lo que aumenta la transferencia térmica.

Si el refrigerante que fluye en la región de estela turbulenta pasa a ser altamente inestable, grandes remolinos o vórtices pueden verse aguas abajo del cuerpo de potenciador de turbulencia. Esto puede requerir suficiente separación en la disposición entre respectivos potenciadores de turbulencia para permitir que se desarrollen vórtices turbulentos. El desarrollo de vórtices turbulentos en el refrigerante también puede aumentar el número de Reynolds y por tanto reduce el factor de fricción en las paredes de tubo de refrigerante y aguas abajo de potenciadores de turbulencia, tal como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, aun otro aspecto de la potenciador de turbulencia estructura y/o la disposición de potenciadores de turbulencia según una realización de la presente invención es proporcionar un medio para potenciar la turbulencia generando vórtices turbulentos en el refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante. Tal como se usa en el presente documento, el término vórtice se define como una región dentro de un fluido en la que el flujo es en mayor parte un movimiento giratorio o rotatorio alrededor de un eje imaginario, recto o curvo. Por lo tanto, el movimiento giratorio característico de un vórtice turbulento formado por potenciadores de turbulencia pueden proporcionar un medio efectivo para mezclar el refrigerante en volumen y aumentar el movimiento de remolino. Ya que, los remolinos pueden transportar grandes cantidades de energía térmica ya que se mezclan con el fluido, aumentando el movimiento de remolino a través de mezcla de vórtice turbulento puede aumentar la transferencia térmica perturbando el aislamiento de capa límite y tomando grandes cantidades de fluido refrigerador de la región de pared de tubo de refrigerante y distribuyendo el mismo al interior de las regiones de fluido caliente en volumen.

Debe entenderse que aspectos de potenciadores de turbulencia según realizaciones preferentes de la invención pueden proporcionar beneficios incluso en las que las paredes interiores de tubo de refrigerante son uniformes entre respectivos potenciadores de turbulencia. La uniformidad del superficie interior de tubo de refrigerante puede definirse según el factor de rugosidad relativa del diagrama de Moody, de manera que un tubo uniforme según una realización de la invención tiene un factor de rugosidad relativo entre $9,74 \times 10^{-5}$ y $1,978 \times 10^{-4}$, y más preferentemente entre $9,7 \times 10^{-5}$ y $1,2 \times 10^{-4}$. En determinadas realizaciones, puede ser preferible tener paredes interiores de tubo de refrigerante uniformes, ya que un aumento en el factor de rugosidad relativo puede limitar el flujo y aumentar el factor de fricción (según el diagrama de Moody), que puede aumentar sustancialmente la caída de presión. Se cree que refrigeradores de quilla conocidos de la técnica anterior que tiene una pluralidad de elementos de rugosidad en la forma de pequeños salientes o protuberancias en las paredes interiores de tubo de refrigerante muestra este fenómeno adverso, ya que se conoce que sufre caída de presión sustancial.

Debe entenderse también que aspectos de potenciadores de turbulencia según realizaciones preferentes de la invención pueden proporcionar mejoras independientemente de si el flujo de refrigerante en volumen es laminar o turbulento. En otras palabras, independientemente de si el caudal es baja y proporciona flujo laminar, o si el caudal se aumenta para promover más turbulencia, potenciadores de turbulencia según realizaciones preferentes de la invención aún pueden mejorar la transferencia térmica sin un aumento sustancial en caída de presión. Por ejemplo, cuando el flujo de refrigerante en volumen es generalmente laminar, la capa límite aislante en la pared interior de tubo de refrigerante puede ser más gruesa (en comparación con cuando el flujo es más turbulento), sin embargo, potenciadores de turbulencia según realizaciones preferentes aún pueden refrigerar de manera efectiva el fluido en volumen caliente proporcionando un medio para potenciar movimientos de remolino que ocurren de manera natural a través de la generación de estelas turbulentas y/o vórtices turbulentos que mezclan de manera efectiva el refrigerante. Aunque la velocidad de refrigerante aumenta para pasar a ser más turbulento, potenciadores de turbulencia que generan estelas turbulentas y/o vórtices turbulentos aún potenciar el movimiento de remolino y mejoran la transferencia térmica. Por lo tanto, debe entenderse que un objeto de potenciadores de turbulencia es aumentar la transferencia térmica independientemente de la velocidad de refrigerante o caudal.

Debe entenderse también que las correspondientes estructuras, materiales, acciones, y equivalentes de todos los medio y elementos de función de potenciadores de turbulencia en las reivindicaciones a continuación se pretende que incluyan cualquier estructura, material, o acciones para realizar las funciones en combinación con otros elementos reivindicados tal como se reivindica específicamente. Por tanto, por ejemplo, a pesar de que potenciadores de turbulencia se han descrito a través de la proporción de inserciones o impedimentos, y a través de otros aspectos tal como separación y patrones, otras estructuras y disposiciones pueden proporcionarse. Por consiguiente, cualquier realización específica que pertenece a la estructura o disposición de potenciadores de turbulencia a través de la proporción de generadores de turbulencia, que incluyen inserciones e impedimentos

descritos anteriormente, debe entenderse que no son limitantes para realizaciones de la presente invención.

Volviendo ahora a las figuras 5A-5B, un tubo de refrigerante 150' que comprende generadores de turbulencia 175 según una realización preferida de la invención se muestra. Generadores de turbulencia pueden ser inserciones o impedimentos, tal como se ha descrito anteriormente, que se disponen en el interior de tubo de refrigerante. Como se describe en el presente documento, un generador de turbulencia según una realización de la presente invención puede ser un dispositivo o pluralidad de dispositivos dispuestos en el interior de un tubo de refrigerante que promueve o potencia la turbulencia del refrigerante que fluye a través de tubo de refrigerante para potenciar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante a un nivel que reduce la utilidad global del refrigerador de quilla. Las configuraciones de generador de turbulencia y/o la disposición de generadores de turbulencia según una realización de la invención también puede potenciar la turbulencia generando estelas turbulentas y/o vórtices turbulentos para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión, tal como aquellos atributos que se describieron anteriormente y se describen adicionalmente a continuación.

Las figuras 5A-5B muestran una realización de tubo de refrigerante 150' que tiene una construcción de paralelepípedo rectangular, que incluye una parte de cuerpo alargada que tiene una superficie exterior 157 y una superficie interior 158 entre partes de extremo de tubo de refrigerante opuestas (no mostradas). La superficie interior de tubo de refrigerante 158 forma un canal interno a través del que fluye refrigerante. El tubo de refrigerante 150' se muestra como que tiene paredes de lado opuestas 152, una pared superior 155, y una pared inferior 152 que es opuesta a la pared superior 153. En una realización preferente, el tubo de refrigerante 150' tiene una sección transversal rectangular para permitir que un conjunto de tubos de refrigerante paralelos 150' se separe relativamente cerca entre sí para aumentar el área de transferencia térmica efectiva del refrigerador de quilla. El tubo de refrigerante 150' puede incluir tubo de refrigerante interior y tubo de refrigerante exterior (no mostrados), que pueden tener las mismas características generales del tubo de refrigerante interior 151 y el tubo de refrigerante exterior 160, respectivamente descritos anteriormente.

Como se muestra en la realización de las figuras 5A-5B, el tubo de refrigerante 150' comprende una pluralidad de generadores de turbulencia 175. Como se muestra, los generadores de turbulencia 175 pueden tener una parte de cuerpo alargada que se extiende de la superficie interior de tubo de refrigerante 158 al interior de la trayectoria de flujo de refrigerante en volumen. En una realización preferente, generadores de turbulencia 175 se extienden entre paredes de lado opuestas 152, sin embargo, generadores de turbulencia 175 pueden extenderse también entre la pared superior 155 y la pared inferior 153 opuestas, o pueden extenderse incluso entre la pared de lado 152 y o bien la pared superior 155 o bien la pared inferior 153, o en algunos casos pueden extenderse solo en el punto medio del interior. Como se muestra en la realización de la figura 5A, la parte de cuerpo alargada de respectivos generadores de turbulencia 175 es sustancialmente paralela a la pared inferior 153 y la pared superior 155. Los generadores de turbulencia 175 pueden tener una parte de cuerpo alargada o parte de barra con un eje longitudinal que es perpendicular o normal al sentido de flujo de refrigerante en volumen (C). Los generadores de turbulencia 175 pueden ser perpendiculares u ortogonales a paredes opuestas laterales 152, pero también pueden ser perpendiculares a la pared superior 155 y la pared inferior 153 opuestas. Sin embargo, en otras realizaciones, los generadores de turbulencia 175 pueden disponerse en ángulo en o en sentido contrario del sentido de flujo de refrigerante, o pueden orientarse en direcciones que varían.

En la realización mostrada en las figuras 5A-5B, generadores de turbulencia 175 se configuran como cilindros sólidos que tienen secciones transversales redondas. Sin embargo, otras configuraciones de sección transversal pueden incluir: redonda, de elipse, ovalada, rectangular, cuadrada, triangular, en forma de ala, en forma aerodinámica, poligonal, irregular, y similares. Los generadores de turbulencia 175 se disponen en un patrón predeterminado, que puede ser un patrón de generador de turbulencia desplazado o escalonado 177 como se muestra en las figuras 5A-5B, pero también pueden tener generadores de turbulencia 175 alineados en filas rectas, o pueden estar en cualquier tipo de patrón simétrico o asimétrico. Como se muestra en la figura 5B, patrón de generador de turbulencia escalonado 177 incluye una pluralidad de filas longitudinales (por ejemplo, R1, R2) en el sentido de flujo de refrigerante (C). Dentro de cada fila, generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos 175 se separan una distancia (X_L); y entre filas adyacentes, generadores de turbulencia transversalmente adyacentes 175 se separan una distancia (X_H). En el patrón de generador de turbulencia escalonado 177 de la figura 5B, generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos en la misma fila están desplazados transversalmente en una manera escalonada alternante. De acuerdo con un objeto de la presente invención, se desarrolló una ecuación para definir una razón de separación de patrón de generador de turbulencia (β), la ecuación definida como $X_L = \beta * X_H$. En realizaciones preferentes de la invención, generadores de turbulencia respectivamente adyacentes 175 pueden separarse uniformemente con una razón de separación de $\beta=1$, o la separación puede ser irregular con una razón de separación en la que $1 < \beta < 1$.

Una serie de experimentos se llevaron a cabo para evaluar el efecto de generador de turbulencia 175 según diversas realizaciones de la presente invención. El aparato experimental comprendía un segmento de 32 pulgadas de largo de un tubo de refrigerador de quilla de refrigerante dispuesto en el interior de una cámara que hizo fluir agua de refrigeración "externa" por encima de la superficie exterior del segmento de tubo de refrigerante. El tubo de refrigerante hacía fluir refrigerante interno (siendo el refrigerante agua) a través de su canal interior. Aunque los

refrigerantes de refrigerador de quilla habitualmente comprenden una mezcla de glicol, la viscosidad y características del agua eran suficientemente similares para los fines de comparación experimental. Se colocaron termopares a través de todo el aparato para medir la temperatura de la carcasa del tubo de refrigerante (pared exterior), la temperatura de entrada de refrigerante y la temperatura de salida de refrigerante. Basándose en las lecturas de los termopares, la diferencia de temperaturas promedio logarítmica (LMTD) se calculó. Basándose en la LMTD calculada, caudal y calor específico de fluido medidos, el coeficiente de transferencia térmica global se calculó para varias caudales interno y externo. Convertidores de presión situados en los agujeros de entrada y salida midieron la caída de presión del refrigerante a través del segmento de tubo de refrigerante. En cada experimento, el material y las dimensiones de tubo de refrigerante permanecieron constantes. La prueba se realizó por encima de un intervalo de caudales con una temperatura de entrada de refrigerante de 98 °F y una temperatura de carcasa de ambiente de 75 °F. El segmento de tubo de refrigerante en cada serie de experimentos era sustancialmente el mismo, que tiene una sección transversal rectangular que mide 0,375 pulgadas de ancho por 2,375 pulgadas de altura. El segmento de tubo de refrigerante se fabricó de una aleación cobre-níquel 90-10 y tenía un espesor de pared de aproximadamente 0,062 pulgadas. La rugosidad de superficie o factor de rugosidad relativo de las paredes interiores de tubo de refrigerante era sustancialmente equivalente para cada ajuste, y dispuso aproximadamente de 63 a 125 micropulgadas.

Se probaron tres configuraciones en el aparato experimental. La primera configuración era un tubo de refrigerante que carece de generadores de turbulencia, que representó el estado de referencia (a continuación en el presente documento, la "configuración de referencia"). La segunda configuración comprendía generadores de turbulencia 175 según la realización representada en las figuras 5A-5B y que tiene un patrón de generador de turbulencia escalonado 177 con una razón de separación uniforme ($\beta = 1$) (a continuación en el presente documento, la "configuración de generador de turbulencia estrecha"). La tercera configuración también comprendía generadores de turbulencia 175 dispuestos en un patrón de generador de turbulencia escalonado 177 según la realización representada en las figuras 5A-5B, que mantiene la misma separación transversal (X_H) que la segunda configuración, pero se ensanchó la separación longitudinal (X_L) en comparación con la segunda configuración, de manera que $\beta = 4$ (a continuación en el presente documento, la "configuración de generador de turbulencia ancha"). Para las configuraciones segunda y tercera, generadores de turbulencia se insertaron en el interior del segmento de tubo de refrigerante perforando orificios a través de paredes de tubo de refrigerante laterales, insertando generadores de turbulencia en el interior de los orificios y uniendo por soldadura fuerte generadores de turbulencia en su sitio. Para estos experimentos, generadores de turbulencia tenían una sección transversal redonda sólida y fueron de aproximadamente 0,100 pulgadas de diámetro; y el patrón de generador de turbulencia tenía una separación transversal (X_H) de aproximadamente 0,765 pulgadas entre generadores de turbulencia respectivamente adyacentes.

El efecto de generadores de turbulencia y la razón de separación de patrón de generador de turbulencia (β) sobre el coeficiente de transferencia térmica frente a caudal se muestra en el gráfico de la figura 6. Cada serie de resultados en la figura 6 representa el promedio de los tres experimentos. Los resultados indican que los generadores de turbulencia según realizaciones de la presente invención mejoran el coeficiente de transferencia térmica con respecto a la configuración de referencia por encima del intervalo completo de caudales sometidas a prueba. En particular, la configuración de generador de turbulencia estrecha ($\beta = 1$) tenía un aumento del 4 por ciento en coeficiente de transferencia térmica con respecto a la configuración de referencia, y la configuración de generador de turbulencia ancha ($\beta = 4$) tenía un aumento de 10 por ciento en coeficiente de transferencia térmica con respecto a la configuración de referencia. Se cree basándose en estos experimentos que otras configuraciones pueden dar lugar a aumentos más grandes en transferencia térmica.

El efecto de generadores de turbulencia y la razón de separación de patrón de generador de turbulencia (β) en caída de presión frente al caudal se muestra en el gráfico de la figura 7. Los resultados de la figura 7 representan el promedio de los mismos tres experimentos para cada serie mostrada en la figura 6. Los resultados indican que generadores de turbulencia según realizaciones de la presente invención no aumentan la caída de presión por encima de la configuración de referencia. En particular, la configuración de generador de turbulencia ancha ($\beta = 4$) tenía una caída de presión equivale a la configuración de referencia, y la configuración de generador de turbulencia estrecha ($\beta = 1$) demuestra una reducción inesperada en caída de presión en comparación con el estado de referencia. Estos resultados fueron tan sorprendentes que la instrumentación, incluyendo los convertidores de presión, se recalibraron dos veces. Aunque no se muestra en las figuras 6-7, la prueba se realizó también a temperaturas de entrada de 118 °F y 130 °F para las tres configuraciones y los resultados mostraron las mismas tendencias.

Se cree que la configuración de generador de turbulencia estrecha ($\beta = 1$) da lugar a números de Reynolds más grandes (turbulencia aumentada) debido a la separación más cercana de respectivos generadores de turbulencia que limitan el fluido a efectuar un aumento en la velocidad de fluido, tal como se explicó anteriormente. La separación en esta configuración no es tan estrecha como para restringir el flujo de fluido y provocar un aumento sustancial en la resistencia al flujo o la caída de presión. Como se muestra en el esquema de la figura 8A, la razón de la caída de presión más baja según esta configuración estrecha se cree que se explicará mejor mediante la región de estela turbulenta (W) que se desarrolla por detrás de generadores de turbulencia aguas arriba (por ejemplo, C1), y que entonces interactúa con la capa límite (B) de generadores de turbulencia aguas abajo (por

ejemplo, C3). Tal como se explicó anteriormente, aumentar el movimiento de remolino a través de estelas turbulentas puede perturbar las capas límite aguas abajo que son una fuente de cizallamiento de fricción, por lo tanto, aumentar turbulencia da como resultado una reducción de factor de fricción (según el diagrama de Moody) y minimiza la caída de presión. Por otro lado, como se muestra en el esquema de la figura 8B, la configuración de generador de turbulencia más ancha ($\beta = 4$) se cree que tiene suficiente separación longitudinal (X_L) entre respectivos generadores de turbulencia para permitir que las estelas turbulentas (W) que se generan desde generadores de turbulencia aguas arriba (C1) se derramen y formen un vórtice o vórtices (V), lo que potencia la acción de mezcla del fluido y mejora además la transferencia térmica. Las estelas turbulentas (W) y/o vórtice (V) también se cree que potencia la turbulencia y actúan para perturbar la capa límite (B) en generadores de turbulencia aguas abajo (C3) de una manera similar que no aumenta sustancialmente la caída de presión.

Con el fin de verificar visualmente el desarrollo de estelas turbulentas (W) y/o vórtices turbulentos (V) según los resultados experimentales anteriores, una réplica del segmento de tubo de refrigerante y la configuración de generador de turbulencia puede fabricarse con un material transparente, tal como policarbonato. Cada una de las mismas configuraciones de generador de turbulencia puede someterse a prueba, de ese modo refrigerante (por ejemplo, agua) puede hacerse fluir a velocidades de flujo y un tinte puede inyectarse al interior de la corriente de flujo para la identificación visual de las características de flujo. Donde el fluido mostrará rápidas fluctuaciones en la corriente de flujo teñida en una región de estela aguas abajo del cuerpo de generador de turbulencia, una región de estela turbulenta se considerará desarrollada. Donde el fluido teñido mostrará un movimiento de vórtice de remolino, un vórtice turbulento se considerará desarrollado. Tal prueba es fácil de llevar a cabo y se utiliza habitualmente para caracterizar el flujo de fluido. Estas pruebas incluso pueden preceder a los anteriormente mencionados experimentos de transferencia térmica como una herramienta de detección adecuada.

En determinadas realizaciones preferidas y no limitantes de la invención, generadores de turbulencia pueden disponerse en un patrón de generador de turbulencia escalonado en el que la razón de separación (β) está preferiblemente en el intervalo entre aproximadamente de 0,75 a 9, y más preferentemente en el intervalo entre aproximadamente de 1 a 7. En algunas realizaciones preferentes, puede ser beneficioso mejorar la transferencia térmica tanto como sea posible sin un aumento sustancial en caída de presión, que puede corresponder a una configuración de generador de turbulencia ancha en la que la razón de separación (β) es preferiblemente mayor de aproximadamente 3,5, y más preferentemente en el intervalo entre aproximadamente de 3,5 y 9. En aún otras realizaciones preferentes, puede ser beneficioso minimizar o reducir la caída de presión según una configuración de generador de turbulencia estrecha en la que la razón de separación (β) está preferiblemente en el intervalo entre aproximadamente 0,75 a 3,5, y más preferentemente en el intervalo entre aproximadamente 1 a 3. Como se muestra en la realización de las figuras 5A-5B, el generador de turbulencia 175 puede ser un cilindro o barra sólidos que se extienden entre paredes de tubo de refrigerante laterales 152, en el que el generador de turbulencia 175 se configura con una sección transversal redonda que tiene un diámetro entre 0,030 pulgadas y 0,250 pulgadas, y más preferentemente entre 0,075 pulgadas a 0,125 pulgadas, e incluso más preferentemente 0,090 pulgadas a 0,110 pulgadas. En determinadas realizaciones preferentes, el tubo de refrigerante puede tener una sección transversal rectangular con dimensiones habituales de sección transversal de 1,375 pulgadas x 0,218 pulgadas, 1,562 pulgadas x 0,375 pulgadas, o 2,375 pulgadas x 0,375 pulgadas para aumentar el área efectiva del refrigerador de quilla.

Debe entenderse que generadores de turbulencia según realizaciones preferentes de la presente invención pueden tener configuraciones geométricas diferentes y/o patrones de generador de turbulencia diferentes dentro de un tubo de refrigerante para potenciar la turbulencia para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión. En otra realización preferente de la invención, mostrada en las figuras 9A-9B, el generador de turbulencia 181 comprende una parte de cuerpo alargada o parte de barra configurada como un tubo cilíndrico hueco que tiene una sección transversal redonda. El generador de turbulencia 181 comprende además aberturas de forma redonda en partes de extremo opuestas que forman un canal interior de generador de turbulencia 182 entre las mismas. El fin del canal interior de generador de turbulencia 182 es permitir que agua "externa" ambiente (A) fluya a través del canal interior de generador de turbulencia 182 con el fin de la disminución de la temperatura de pared de generador de turbulencia 181 y promover la transferencia térmica con el refrigerante interno (C). Al igual que con la realización de las figuras 5A-5B, el tubo de refrigerante 150' de las figuras 9A-9B puede tener una construcción de paralelepípedo rectangular, incluyendo una parte de cuerpo alargada que tiene una superficie exterior 157 y una superficie interior 158 entre partes de extremo (no mostrada) que forma un canal interno a través del que fluye refrigerante. El tubo de refrigerante 150' en las figuras 9A - 9B incluye una pluralidad de generadores de turbulencia 181 que se extienden de la superficie interior de tubo de refrigerante 158 al interior del flujo de refrigerante en volumen, y que puede disponerse de maneras similares a los generadores de turbulencia descritos anteriormente. Los generadores de turbulencia 181 pueden extenderse entre paredes de lado opuestas 152, sin embargo, los generadores de turbulencia 181 pueden extenderse también entre la pared superior 155 y la pared inferior 153 opuestas. Como se muestra, la parte de cuerpo alargada de generadores de turbulencia 181 puede ser sustancialmente paralela a la pared inferior 153 y la pared superior 155. Los generadores de turbulencia 181 pueden tener una parte de cuerpo alargada con un eje longitudinal que es perpendicular u ortogonal a las paredes laterales opuestas 152, que pueden también ser normales al sentido de flujo de refrigerante en volumen (C) como se muestra. En la realización de las figuras 9A-9B, generadores de turbulencia 181 se disponen en un patrón escalonado predeterminado 183, que puede ser el mismo que el patrón escalonado 177 mencionado anteriormente, incluyendo una separación longitudinal (X_L) entre generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes 181, y

una separación transversal (X_H) entre generadores de turbulencia transversalmente adyacentes 181. Los generadores de turbulencia 181 según determinadas realizaciones pueden disponerse con los mismos intervalos preferentes de razón de separación de generador de turbulencia (β) y pueden tener los mismos intervalos preferentes de diámetro de generador de turbulencia tal como se define con respecto a la realización de las figuras 5A-5B. Con el fin de maximizar el efecto de transferencia térmica a través de generador de turbulencia 181 y al interior del agua ambiente que fluye a través del canal interior de generador de turbulencia 182, el generador de turbulencia 181 puede tener preferentemente un espesor de pared entre aproximadamente 0,035 pulgadas y 0,125 pulgadas, o más preferentemente entre aproximadamente 0,040 pulgadas y 0,080 pulgadas.

Volviendo a las figuras 10A-10B, otra realización de un generador de turbulencia 191 se muestra estando dispuesta en un patrón predeterminado como una pluralidad de generadores de turbulencia 191 en el interior de tubo de refrigerante 150'. El tubo de refrigerante 150' puede ser el mismo que los tubos de refrigerante descritos anteriormente, incluyendo una parte de cuerpo alargada que tiene superficie interior 158, superficie exterior 157, pared superior 155, pared inferior 153, y paredes laterales opuestas 152. Como se muestra, el generador de turbulencia 191 incluye una parte de cuerpo alargada 195 configurada como una barra que se extiende de la superficie interior de tubo de refrigerante 158 al interior del flujo de refrigerante en volumen (C), y que puede disponerse de maneras similares a los generadores de turbulencia descritos anteriormente. Como se muestra en la vista en sección transversal de la figura 10B, el generador de turbulencia 191 incluye una parte de cabeza de ataque 196, una parte intermedia 197 que tiene una superficie cóncava, y una parte de cola de salida 198. El fin del generador de turbulencia en forma de ala 191 es dirigir el flujo de estelas turbulentas (W) y/o vórtices turbulentos hacia generadores de turbulencia 191 aguas abajo o las superficies interiores de tubo de refrigerante 158 con el fin de perturbar la capa límite en aquellas regiones para mejorar adicionalmente la transferencia térmica y minimizar o reducir la caída de presión sustancial. Como se muestra en la realización de las figuras 10A-10B, generadores de turbulencia 191 se disponen en un patrón escalonado predeterminado 193, que puede ser similar a los patrones escalonados anteriormente mencionados, incluyendo una separación longitudinal (X_L) entre generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes 191, y una separación transversal (X_H) entre generadores de turbulencia transversalmente adyacentes 191. La separación longitudinal (X_L) y transversal (X_H) puede medirse desde el borde de ataque del generador de turbulencia 191, como se muestra. Por consiguiente, generadores de turbulencia 191 en determinadas realizaciones preferentes pueden tener los mismos intervalos para la razón de separación de generador de turbulencia (β) tal como se describió con respecto a la realización de las figuras 5A-5B. Además, como se muestra en la figura 10B, generadores de turbulencia 191 pueden disponerse en un patrón alterno a lo largo de respectivas filas longitudinales (por ejemplo, R1, R2), en las que la superficie cóncava de parte intermedia de generador de turbulencia 197 se orienta hacia una primera pared (por ejemplo, pared superior 155) en una primera serie (C1), y se orienta hacia una segunda pared opuesta (por ejemplo, pared inferior 153) en una segunda serie (C2) separada longitudinalmente de la primera serie (C1), y vuelve a orientarse hacia la primera pared (por ejemplo, pared superior 155) en una tercera serie (C3) separada longitudinalmente de la segunda serie (C2), y así sucesivamente. Aún adicionalmente, generador de turbulencia 191 puede rotarse alrededor de su eje central en una disposición predeterminada dentro del tubo de refrigerante 150' en la que la superficie cóncava de parte intermedia 197 se orienta hacia más de un flujo aguas arriba, o puede orientarse para estar orientada hacia más de un flujo aguas abajo dependiendo de cuantas estelas turbulentas y/o vórtices turbulentos se van a dirigir hacia áreas aguas abajo.

Debe entenderse según objetos de la presente invención que potenciadores de turbulencia o generadores de turbulencia, incluyendo las proporciones de inserciones y/o impedimentos, pueden incorporarse al interior de los tubos de refrigerante de diferentes tipos de refrigeradores de quilla. Por ejemplo, un refrigerador de quilla 200 según una realización de la invención se muestra en la figura 11. El refrigerador de quilla 200 es el mismo que un refrigerador de quilla descrito en la patente estadounidense n.º 6,575,227 (por el presente cesionario e incorporado en el presente documento por referencia en su totalidad), excepto por la incorporación de potenciadores de turbulencia 270 según la presente invención. Como se muestra en la figura 11, el refrigerador de quilla 200 incluye un colector 230, que es similar al colector 130 que se describió anteriormente según la invención. El colector 230 incluye una pared superior 234, una pared de extremo 236 preferentemente transversal a la pared superior 234, y una pared inferior biselada 237 que comienza en la pared de extremo 236 y que termina en una pared inferior generalmente plana 232. Una boquilla 220 que tiene un elemento de empalme 221 y un conector 222 con roscas 223, pueden ser los mismos que los descritos anteriormente y se unen al colector 230. Una junta 226, similar a y para el mismo fin que la junta 126, se dispone en la parte superior de pared superior 234.

Aún con referencia a la figura 11, el refrigerador de quilla 200 según una realización de la invención incluye tubos de refrigerante 250, teniendo cada uno una construcción de paralelepípedo generalmente rectangular, y que pueden ser los mismos que los tubos de refrigerante descritos anteriormente. Los tubos de refrigerante 250 incluyen tubos de refrigerante internos o interiores 251 y tubos de refrigerante externos o exteriores 260. Como se muestra en la figura 11, y similares a los descritos anteriormente, los tubos de refrigerante interiores 251 unen el colector 230 a través de una superficie inclinada (no mostrada), que está compuesta por dedos 242 inclinados con respecto a tubos de refrigerante interiores 251 y que definen espacios para recibir partes abiertas o agujeros de extremo 244 de tubos de refrigerante interiores 251. Tubos de refrigerante externos 260 tienen paredes laterales más externas 261, parte de lo que también son las paredes de lado de colector 230. Los tubos de refrigerante externos también tienen una pared de lado interior 263 con un orificio 231, que se proporciona como un agujero de flujo de refrigerante para el

refrigerante que fluye entre la cámara de colector 230 y tubos de refrigerante externos 260.

También como se muestra en la figura 11 y según una realización preferida de la invención, tubos de refrigerante 250 (incluyendo tubos de refrigerante interiores 251 y/o tubos de refrigerante externos 260) incluyen una pluralidad de potenciadores de turbulencia 270. Los potenciadores de turbulencia 270 proporcionan los mismos medios para potenciar la turbulencia del refrigerante, para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante como los potenciadores de turbulencia descritos anteriormente. Por consiguiente, los potenciadores de turbulencia 270 pueden tener las mismas configuraciones estructurales, disposiciones, y/o atributos según realizaciones descritas anteriormente de potenciadores de turbulencia, y no se limitan de manera similar a las estructuras particulares descritas. Determinadas realizaciones no limitantes de potenciadores de turbulencia 270 pueden tomar forma física en las configuraciones geométricas de generador de turbulencia, patrones de generador de turbulencia, intervalos de razón de separación (β), e intervalos de tamaño de generador de turbulencia descritos anteriormente con referencia a las realizaciones mostradas en las figuras 5A-5B y las figuras 9A-10B. El refrigerador de quilla 200 con el colector 230, que tiene caudal y distribución de flujo mejorados del refrigerante al interior de tubos de refrigerante 250, puede dar como resultado un refrigerador de quilla muy efectivo para transferir calor sin caída de presión sustancial al incorporar potenciadores de turbulencia 270. Un refrigerador de quilla de este tipo puede reducir significativamente el espacio ocupado del refrigerador de quilla, así como los costes asociados con el refrigerador de quilla.

Otra realización de un refrigerador de quilla 300 según la invención se muestra en la figura 12. el refrigerador de quilla 300 es el mismo que un refrigerador de quilla descrito en la patente estadounidense n.º 6,896,037 (que tiene el mismo cesionario que la presente solicitud y que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad), excepto por la incorporación de potenciadores de turbulencia 370 según la presente invención. Con referencia a la figura 12, tubos de refrigerante 350 (incluyendo tubos de refrigerante interiores 351 y/o tubos de refrigerante externos 360) incluyen una pluralidad de potenciadores de turbulencia 370. Los potenciadores de turbulencia 370 proporcionan los mismos medios para potenciar la turbulencia del refrigerante, para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante como los potenciadores de turbulencia descritos anteriormente. Así pues, los potenciadores de turbulencia 370 pueden tener las mismas configuraciones, disposiciones, y atributos de potenciadores de turbulencia anteriores y tampoco se limitan a las estructuras específicas divulgadas. Determinadas realizaciones no limitantes de potenciadores de turbulencia 370 pueden tomar forma física en las configuraciones geométricas de generador de turbulencia, patrones de generador de turbulencia, intervalos de razón de separación (β), e intervalos de tamaño de generador de turbulencia descritos anteriormente con referencia a las realizaciones de las figuras 5A-5B y las figuras 9A-10B. Como también se muestra en la figura 12, el refrigerador de quilla 300 incluye un colector 330, incluyendo una pared superior 334, una pared en ángulo 337 que es integral (o unido por cualquier otro medio apropiado tal como soldadura) en su extremo superior con la parte superior de una pared de extremo 336, que a su vez es transversal a (y preferentemente perpendicular a) una pared superior 334 y una pared inferior 332. La pared en ángulo 337 puede ser integral con la pared inferior 332 en su extremo inferior, o también unida a la misma por medios apropiados, tal como mediante soldadura. En otras palabras, la pared en ángulo 337 es la hipotenusa de la sección transversal triangular formada por la pared de extremo 336, la pared en ángulo 337 y la pared inferior 332. Los tubos de refrigerante 351 unen el colector 330 a través de la superficie inclinada (no mostrada), que está compuesta por dedos 342 inclinados con respecto a tubos de refrigerante interiores 351 y que definen espacios para recibir partes abiertas o agujeros de extremo 344 de tubos de refrigerante interiores 351. Tubos de refrigerante externos 360 tienen paredes laterales más externas 361, parte de lo que también son las paredes de lado de colector 330. Los tubos de refrigerante externos también tienen pared de lado interior 363 (con un orificio 331), similar a las realizaciones mencionadas anteriormente. Una boquilla 320 que tiene un elemento de empalme 321 y un conector 322 pueden ser los mismos que los descritos anteriormente y se unen al colector 330. Una junta 326, similar a y para el mismo fin que la junta 126, se dispone en la parte superior de pared superior 334.

La figura 13 muestra aún otra realización de un refrigerador de quilla 400 según la invención. El refrigerador de quilla 400 también se describe en la patente estadounidense n.º 6,896,037, excepto por la incorporación de potenciadores de turbulencia 470 según la presente invención. Con referencia a la figura 13, los tubos de refrigerante 450 (incluyendo tubos de refrigerante interiores 451 y/o tubos de refrigerante externos 460) comprenden una pluralidad de potenciadores de turbulencia 470, que proporcionan los mismos medios para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante como los potenciadores de turbulencia descritos anteriormente. Por consiguiente, los potenciadores de turbulencia 470 pueden tener las mismas configuraciones, disposiciones, y atributos de potenciadores de turbulencia anteriores, pero no se limitan a las estructuras específicas divulgadas. Determinadas realizaciones no limitantes de potenciadores de turbulencia 470 pueden tomar forma física en las configuraciones geométricas de generador de turbulencia, patrones de generador de turbulencia, intervalos razón de separación (β), e intervalos de tamaño de generador de turbulencia descritos anteriormente con referencia a las realizaciones de las figuras 5A-5B y las figuras 9A-10B. Como se muestra en la realización de la figura 13, el refrigerador de quilla 400 incluye un colector 430, incluyendo una pared superior 434, un desviador de flujo o deflector 437, una pared inferior 432, y una pared de extremo 436. La pared de extremo 436 se une transversal a (y preferentemente perpendicular a) una pared superior 434 y una pared inferior 432 de manera que el colector 430 es de forma esencialmente rectangular o cuadrada. El desviador de flujo 437 comprende un primer lado o panel dispuesto en ángulo 438 y un segundo lado o panel

dispuesto en ángulo 439, ambas de las que se extienden hacia abajo un ángulo predeterminado de un vértice 440. Al extenderse hacia abajo desde el vértice 440 un ángulo mayor de 0° del plano perpendicular a la pared de extremo 436 y menos de 90° de ese mismo plano es una columna 441 que termina en el plano de pared inferior 432 (si hay una pared inferior 432; de lo contrario la columna 441 terminará en un plano paralelo a las paredes horizontales inferiores de tubos de refrigerante interiores 451) y en o cerca de los extremos abiertos 444 de una pluralidad de tubos de refrigerante paralelos 450. También como con las realizaciones anteriores, tubos de refrigerante 451 unen el colector 430 a través de una superficie inclinada (no mostrada), que está compuesta por dedos 442 inclinados con respecto a tubos de refrigerante interiores 451 y que definen espacios para recibir partes de extremo abiertas 444 de tubos de refrigerante interiores 451. Tubos de refrigerante externos 460 tienen paredes laterales más externas 461, parte de lo que también son las paredes de lado de colector 430. Los tubos de refrigerante externos 460 también tienen pared de lado interior 463 con orificio 431, que se proporciona como un agujero de flujo de refrigerante. Una boquilla 420 que tiene elemento de empalme 421 y conector 422, pueden ser los mismos que los descritos anteriormente y se unen al colector 430.

Volviendo a la figura 14, otra realización de un refrigerador de quilla 500 según la invención se muestra. El refrigerador de quilla 500 es el mismo que la realización de refrigerador de quilla 100 mostrada en la figura 4, excepto por la forma de orificio 531. Como se muestra en la realización de la figura 14, el orificio 531 puede tener una configuración en forma de flecha, o puede tener cualquier otra configuración poligonal adaptada a la forma de cámara de colector, tal como las configuraciones de orificio descritas en la patente estadounidense n.º 7,055,576 (incorporada en el presente documento por referencia en su totalidad). Como se muestra en la figura 14, el refrigerador de quilla 500 incluye un colector 530 (similar al colector 130), incluyendo una pared superior 534, una pared de extremo 536, y una pared inferior 532. Una boquilla 520 que tiene elemento de empalme 521 y conector 522, también pueden ser los mismos. Los tubos de refrigerante 551 unen el colector 530 a través de una superficie inclinada (no mostrada), que está compuesta por dedos 542 inclinados con respecto a tubos de refrigerante interiores 551 y que definen espacios para recibir partes de extremo abiertas 544 de tubos de refrigerante interiores 551. Tubos de refrigerante externos 560 tienen paredes laterales más externas 561, parte de lo que también son las paredes de lado de colector 530. Los tubos de refrigerante externos 560 también tienen una pared de lado interior 563 con un orificio 531 proporcionado como agujero de refrigerante. tubos de refrigerante 550 (incluyendo tubos de refrigerante interiores 551 y/o tubos de refrigerante externos 560) incluyen una pluralidad de potenciadores de turbulencia 570, que proporcionan los mismos medios para potenciar la turbulencia del refrigerante mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión como los potenciadores de turbulencia descritos anteriormente, y puede incluir determinadas configuraciones, disposiciones y atributos tal como se describieron, pero sin limitarse a los mismos. Determinadas realizaciones no limitantes de potenciadores de turbulencia 570 pueden tomar forma física en las configuraciones geométricas de generador de turbulencia, patrones de generador de turbulencia, e intervalos de los mismos, tal como se describió con referencia a las realizaciones de las figuras 5A-5B y las figuras 9A-10B.

Debe entenderse también que la importancia y función de potenciadores de turbulencia o generadores de turbulencia según la presente invención puede tener ventajas en otros sistemas de refrigerador de quilla también. Con referencia a la figura 15, un refrigerador de quilla de dos pasos 600 según una realización de la invención se muestra. El refrigerador de quilla 600 también se describe en la patente estadounidense n.º 6,575,227, excepto por la incorporación de potenciadores de turbulencia 670', 670" de acuerdo con la presente invención. Como se muestra, el refrigerador de quilla 600 tiene dos conjuntos de tubos de flujo de refrigerante 650', 650", un colector 630' y un colector opuesto 630". El colector 630' tiene una boquilla de entrada 620' y una boquilla de salida 620", que se extienden a través de una junta 626. La(s) junta(s) 626 está(n) ubicada(s) en la parte superior de la pared superior 634 de colector 630'. El otro colector 630" no tiene boquillas, pero en su lugar tiene uno o dos conjuntos de perno roscado 627', 627" para conectar la parte del refrigerador de quilla que incluye el colector 630" al casco de la embarcación. El refrigerante caliente del motor o generador de la embarcación entra en la boquilla 620' como se muestra mediante la flecha C, y el refrigerante refrigerado vuelve al motor de colector 630' a través de boquilla de salida 620" mostrado mediante la flecha D. Los tubos de refrigerante interiores 651', 651" son similares a los tubos de refrigerante interiores 251 en la figura 11. Los tubos de refrigerante externos 660', 660" son similares a los tubos de refrigerante externos 260 en la figura 11, de manera que orificios (no mostrados) que corresponden al orificio 231 dirige refrigerante al interior de tubo de refrigerante exterior 660' y de tubo de refrigerante exterior 660". Además, un tubo de refrigerante 655' sirve como tubo separador para el envío de refrigerante de entrada desde el colector 630' al colector 630", y tiene un orificio (no mostrado) para recibir refrigerante para el tubo separador 655' a alta presión de una parte de colector 630'. De manera similar, un tubo de refrigerante 655" es el tubo separador de retorno para portar refrigerante de colector 630', también tiene un orificio 631" en el colector 630'.

Una realización de refrigerador de quilla de dos pasos 600 mostrado en la figura 15 tiene un conjunto de tubos de refrigerante 650' (incluyendo tubos de refrigerante interiores 651' y tubo de refrigerante exterior 660') para portar refrigerante caliente desde el colector 630' al colector 630", en el que el sentido de flujo de refrigerante se gira 180° por el colector 630", y el refrigerante entra en un segundo conjunto de tubos de refrigerante 650" (incluyendo tubos de refrigerante interiores 651" y tubo de refrigerante exterior 660") para devolver refrigerante parcialmente enfriado de vuelta al colector 630', y por consiguiente a través de la boquilla 620" al motor u otra fuente de calor de la embarcación. De acuerdo con un objeto de la presente invención, potenciadores de turbulencia 670', 670", mostrados en la realización de la figura 15, pueden mejorar la transferencia térmica de tales refrigeradores de quilla

de dos pasos 600 sin aumentar sustancialmente la caída de presión. Como con otras realizaciones, potenciadores de turbulencia 670', 670" proporcionan los mismos medios para potenciar la turbulencia para mejorar la transferencia térmica sin caída de presión sustancial, incluyendo determinadas configuraciones y disposiciones, pero sin limitarse a las mismas. Determinadas realizaciones no limitantes de potenciadores de turbulencia 670', 670" también pueden

5 tomar forma física en las configuraciones de generador de turbulencia geométricas, patrones de generador de turbulencia, e intervalos de los mismos, tal como se describió con referencia a las realizaciones de las figuras 5A-5B y las figuras 9A-10B. El refrigerador de quilla 600 mostrado en la figura 15 tiene 8 tubos de refrigerante. Sin embargo, los sistemas de dos pasos serán apropiados para cualquier número par de tubos, especialmente para aquellos con más de dos tubos. Hay actualmente refrigeradores de quilla que tienen tantos como 24 tubos, pero es

10 posible según la presente invención para el número de tubos que va a aumentarse incluso adicionalmente. Estos también pueden ser refrigeradores de quilla con más de dos pasos. Si el número de pasos es par, ambas boquillas se ubican en el mismo colector. Si el número de pasos es un número impar, hay una boquilla ubicada en cada colector.

15 Otra realización de la presente invención se muestra en la figura 16, que muestra un refrigerador de quilla de múltiples sistemas combinados 700 que no son posibles prácticamente con algunos refrigeradores de quilla de una sola pieza anterior. El refrigerador de quilla de múltiples sistemas combinados 700 puede usarse para refrigerar dos o más fuentes de calor, tal como dos motores relativamente pequeños o un refrigerador posterior y una caja de engranajes en una sola embarcación. Aunque la realización mostrada en la figura 16 muestra dos sistemas de

20 refrigerador de quilla, podría haber otros adicionales también, dependiendo de la situación. Por tanto, la figura 16 muestra una realización de refrigerador de quilla de múltiples sistemas combinados 700 (dos pasos únicos), incluyendo dos colectores idénticos 730' y 730" que tienen boquillas de entrada 720', 720", respectivamente, y boquillas de salida 722', 722" respectivamente. Ambas boquillas en los colectores 730' y 730" respectivos pueden invertirse con respecto al sentido de flujo en los mismos, o uno puede ser un entrada y la otra puede ser una boquilla

25 de salida para los respectivos colectores. El sentido del flujo de refrigerante a través de las boquillas se muestra respectivamente mediante las flechas E, F, G y H. El refrigerador de quilla 700 tiene partes de extremo cerradas biseladas 737', 737" tal como se comentó en una realización anterior.

Además, tal como se muestra en la realización de la figura 16, un conjunto de tubos de refrigerante 751' para

30 conducir refrigerante entre las boquillas 720' y 722' comienzan con el tubo exterior 760' y terminan con el tubo separador 753', y un conjunto de tubos 751" que se extiende entre las boquillas 720" y 722", que comienzan con el tubo de refrigerante exterior 760" y terminan con el tubo separador 753". Los tubos de refrigerante externos 760', 760" tienen orificios (no mostrados) en sus paredes interiores respectivas que son similares en tamaño y posición a las mostradas en las realizaciones de la invención descritas anteriormente. Las paredes de tubos de refrigerante

35 753' y 753" que son adyacentes entre sí son sólidas, y se extienden entre las paredes de extremo de los colectores 730' y 730". Estas paredes forman por tanto separadores de sistema, que evitan que el flujo de refrigerante cruce estas paredes, de manera que los tubos 751' forman, de hecho, un refrigerador de quilla, y los tubos 751" forman, de hecho, un segundo refrigerador de quilla (junto con sus respectivos colectores). El refrigerador de quilla 700 incluye potenciadores de turbulencia 770', 770", que proporcionan los mismos medios para potenciar la turbulencia mejorar

40 la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión según realizaciones anteriores. Los potenciadores de turbulencia 770', 770" pueden incluir determinadas configuraciones de generador de turbulencia geométricas y patrones de generador de turbulencia, tal como se ha descrito anteriormente, incluyendo los intervalos de las mismas, pero sin limitarse específicamente a los mismos. Debe entenderse que este tipo de refrigerador de quilla puede ser más económico que tener dos refrigeradores de quilla independientes, ya que hay un ahorro solo

45 requiriendo dos colectores, en lugar de cuatro.

Múltiples refrigeradores de quilla pueden combinarse en diversas combinaciones. Por ejemplo, puede haber dos o más sistemas de un paso tal como se muestra en la figura 16. Sin embargo, También puede haber uno o más

50 sistemas de un paso y uno o más sistemas de doble paso en combinación como se muestra en la realización de la figura 17. En la figura 17, una realización de refrigerador de quilla 800 se representa teniendo una parte refrigerador de quilla de un paso 802, y una parte de refrigerador de quilla de doble paso 804, teniendo cada parte potenciadores de turbulencia 870', 870" tal como se describieron anteriormente según realizaciones de la presente invención. La parte de refrigerador de quilla 802 funciona tal como la descrita con referencia a la realización de la figura 11, y la parte de refrigerador de quilla 804 funciona tal como la descrita con referencia a la realización de la figura 15. La

55 figura 17 muestra un sistema de doble paso para un intercambiador de calor, y sistemas de doble paso adicionales pueden añadirse también.

La figura 18 muestra una realización de refrigerador de quilla 900 que tiene dos partes de refrigerador de quilla de

60 doble paso 902, 904, que puede ser idéntica o tener capacidades diferentes, y cada parte que tiene potenciadores de turbulencia 970', 970" de acuerdo con realizaciones preferentes de la invención. Cada parte funciona tal como se describió anteriormente con respecto a la realización de la figura 15. Múltiples refrigeradores combinados es una característica importante no encontrada en refrigeradores de quilla de una pieza anteriores. La modificación del diseño de separador espacial/tubo mejora la transferencia térmica y la distribución de flujo mientras que se minimiza

65 cuestiones de caída de presión, y la incorporación de potenciadores de turbulencia puede llevar a un sistema de refrigerador de quilla muy efectivo.

La invención se ha descrito en detalle con referencia particular a las realizaciones preferidas de la misma, con variaciones y modificaciones que pueden producirse para los expertos en la técnica a la que pertenece la invención.

En la medida en la que aún no se han divulgado en la descripción general anteriormente mencionada y la descripción de las realizaciones preferidas, un conjunto de refrigerador de quilla para su uso en una embarcación marina que intercambia calor con un refrigerante interno que fluye a través del conjunto de refrigerador de quilla puede comprender:

un colector;

al menos un tubo de refrigerante que se extiende en una dirección longitudinal desde dicho colector, dicho al menos un tubo de refrigerante que comprende:

al menos una entrada para el acceso del refrigerante;

al menos una salida para la salida del refrigerante; y

una parte de cuerpo alargada que se extiende entre dicha al menos una entrada y dicha al menos una salida, dicha parte de cuerpo alargada incluyendo una superficie interior que forma un canal interno para permitir el flujo del refrigerante en una dirección longitudinal a lo largo de una longitud de dicha parte de cuerpo alargada;

dicho conjunto de refrigerador de quilla puede comprender además una pluralidad de potenciadores de turbulencia que se extiende hacia el interior en dicho canal interno desde dicha parte de cuerpo alargada superficie interior, dicha pluralidad de potenciadores de turbulencia estando dispuestos en un patrón predeterminado para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos medios para potenciar la turbulencia comprende al menos uno de (i) un medio para generar estelas turbulentas en el refrigerante para potenciar el movimiento de remolino, y (ii) un medio para generar vórtices turbulentos en el refrigerante para potenciar la mezcla de refrigerante, en el que dicho patrón predeterminado comprende una pluralidad de filas longitudinales de dichos potenciadores de turbulencia, dicha pluralidad de filas longitudinales de dichos potenciadores de turbulencia incluyendo una primera separación longitudinal (X_L) entre respectivos potenciadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes ubicados en la misma fila longitudinal, y una segunda separación transversal (X_H) entre respectivos potenciadores de turbulencia transversalmente adyacentes ubicados en filas longitudinales adyacentes.

Dichos respectivos potenciadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes ubicados en las mismas filas longitudinales pueden estar desplazados transversalmente en una configuración escalonada alternante.

Una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) puede ser mayor de aproximadamente 3,5 para generar y propagar vórtices turbulentos en el refrigerante para potenciar la mezcla de refrigerante y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante.

Una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) puede estar en el intervalo entre aproximadamente 1,0 y 7,0 para generar estelas turbulentas en el refrigerante para potenciar el movimiento de remolino y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante.

En cuanto además a esto aún no se han divulgado en la descripción general anteriormente mencionada y la descripción de las realizaciones preferidas un conjunto de refrigerador de quilla para su uso en una embarcación marina que intercambia calor con un refrigerante interno que fluye a través del conjunto de refrigerador de quilla puede comprender:

un colector;

al menos un tubo de refrigerante configurada como un paralelepípedo rectangular y que se extiende en una dirección longitudinal desde dicho colector, dicho tubo de refrigerante que comprende:

una parte de cuerpo alargada que comprende una superficie interior que forma un canal interno para permitir el flujo del refrigerante en una dirección longitudinal a lo largo de una longitud de dicha parte de cuerpo alargada;

y

dicho al menos un tubo de refrigerante puede comprender además:

paredes inferiores y superiores, y paredes laterales primera y segunda opuestas transversales a dichas paredes inferiores y superiores opuestas, dichas paredes laterales primera y segunda conectando de manera operativa dichas paredes inferiores y superiores para formar dicho canal interno;

una pluralidad de generadores de turbulencia que se extiende hacia el interior en dicho canal interno desde dicha parte de cuerpo alargada superficie interior y que están configurados para interactuar con el refrigerante para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

en el que cada uno de dicha pluralidad de generadores de turbulencia comprende una parte de cuerpo

alargada que se extiende entre al menos una de (i) dichas paredes laterales primera y segunda opuestas y (ii) dichas paredes inferiores y superiores opuestas, dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas teniendo partes de extremo opuestas que están conectadas de manera operativa a cada una de dichas paredes opuestas respectivas; y

en el que dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas se configuran como al menos uno de:

un cilindro sólido que tiene una sección transversal redonda para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

un cilindro hueco que tiene una sección transversal redonda, dicho cilindro hueco teniendo aberturas redondas en dichas partes de extremo opuestas con un canal interior formado entre las mismas para permitir el flujo de fluido ambiente a través de dicho canal interior de generador de turbulencia para aumentar la transferencia térmica del refrigerante que fluye a través de dicho tubo de refrigerante y alrededor de dicha parte de cuerpo alargada de generador de turbulencia; y

una barra sólida que tiene una sección transversal en forma de ala para conducir estelas turbulentas del refrigerante en una dirección predeterminada para aumentar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

En cuanto además a esto aún no se han divulgado en la descripción general anteriormente mencionada y la descripción de las realizaciones preferidas un conjunto de refrigerador de quilla para su uso en una embarcación marina que intercambia calor con un refrigerante interno que fluye a través del conjunto de refrigerador de quilla puede comprender:

un colector;

al menos un tubo de refrigerante configurada como un paralelepípedo rectangular y que se extiende en una dirección longitudinal desde dicho colector, dicho tubo de refrigerante que comprende:

una parte de cuerpo alargada que comprende una superficie interior que forma un canal interno para permitir el flujo del refrigerante en una dirección longitudinal a lo largo de una longitud de dicha parte de cuerpo alargada; y

dicho tubo de refrigerante puede comprender además:

paredes inferiores y superiores, y paredes laterales primera y segunda opuestas transversales a dichas paredes inferiores y superiores opuestas, dichas paredes laterales primera y segunda conectando de manera operativa dichas paredes inferiores y superiores para formar dicho canal interno;

una pluralidad de generadores de turbulencia que se extiende hacia el interior en dicho canal interno desde dicha parte de cuerpo alargada superficie interior y que están configurados para interactuar con el refrigerante para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

en el que dicha pluralidad de generadores de turbulencia se disponen en un patrón predeterminado, dicho patrón predeterminado que comprende una pluralidad de filas longitudinales de dichos generadores de turbulencia,

incluyendo dicha pluralidad de filas longitudinales de dichos generadores de turbulencia una primera separación longitudinal (X_L) entre generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos ubicados en la misma fila longitudinal, y una segunda separación transversal (X_H) entre generadores de turbulencia transversalmente adyacentes respectivos ubicados en filas longitudinales adyacentes.

Dichos generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos ubicados en las mismas filas longitudinales pueden estar desplazadas transversalmente en una configuración escalonada alternante.

Una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) puede estar en el intervalo entre aproximadamente 1,0 y 7,0 para generar estelas turbulentas en el refrigerante para potenciar el movimiento de remolino y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

Una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) puede ser mayor de aproximadamente 3,5 para generar y propagar vórtices turbulentos en el refrigerante para potenciar la mezcla de refrigerante y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

Cada uno de dicha pluralidad de generadores de turbulencia puede comprender partes de extremo de generador de turbulencia opuestas y una parte de cuerpo alargada que se extiende entre dichas partes de extremo de generador

de turbulencia opuestas, dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas que se extienden entre dichas paredes laterales primera y segunda opuestas, dichas partes de extremo de generador de turbulencia opuestas que están conectadas de manera operativa a cada una de dichas respectivas paredes laterales, en las que:

5 dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas se disponen ortogonalmente a cada una de dichas paredes laterales primera y segunda opuestas; y

 en las que dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas se configuran como al menos uno del grupo que consiste en:

10 un cilindro sólido que tiene una sección transversal redonda para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

15 un cilindro hueco que tiene una sección transversal redonda, dicho cilindro hueco teniendo aberturas redondas en dichas partes de extremo opuestas con un canal interior formado entre las mismas para permitir el flujo de fluido ambiente a través de dicho canal interior de generador de turbulencia para aumentar la transferencia térmica del refrigerante que fluye a través de dicho tubo de refrigerante y alrededor de dicha parte de cuerpo alargada de generador de turbulencia; y

20 una barra sólida que tiene una sección transversal en forma de ala para conducir estelas turbulentas del refrigerante en una dirección predeterminada para aumentar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

25 dicha parte de cuerpo alargada de generador de turbulencia que está configurado como una barra sólida que tiene una sección transversal en forma de ala puede comprender una parte de cabeza de ataque, una parte intermedia que tiene una superficie cóncava, y una parte de cola de salida;

 dicha superficie cóncava de dicha parte intermedia de generador de turbulencia que está dispuesta en un patrón alterno, en el que dicha superficie cóncava de generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos en la misma fila longitudinal se orientan generalmente en sentidos opuestos.

30 dichos generadores de turbulencia en forma de ala respectivos pueden disponerse de manera rotatoria en un patrón predeterminado para efectuar que dicha superficie cóncava se oriente generalmente al menos un de (i) un flujo de refrigerante en volumen aguas arriba y (ii) un flujo de refrigerante en volumen aguas abajo.

35 En la medida en la que aún no se han divulgado en la descripción general anteriormente mencionada y la descripción de las realizaciones preferidas, en un tubo de refrigerante para su uso en un refrigerador de quilla, dicho tubo de refrigerante que intercambia calor con un refrigerante interno que fluye a través del tubo de refrigerante, dicho tubo de refrigerante que se extiende en una dirección longitudinal desde un colector, el colector incluyendo una pared superior, una pared de extremo, una pared inferior, paredes de lado opuestas, y una superficie inclinada conectando de manera operativa dicha pared superior, pared inferior y paredes de lado, dicho tubo de refrigerante puede comprender:

 una parte de cuerpo alargada que comprende:

45 una superficie interior que forma un canal interno para permitir el flujo del refrigerante en una dirección longitudinal a lo largo de una longitud de dicha parte de cuerpo alargada; y

 paredes inferiores y superiores opuestas, y paredes laterales primera y segunda opuestas transversales a dichas paredes inferiores y superiores opuestas, dichas paredes laterales primera y segunda conectando de manera operativa dichas paredes inferiores y superiores para formar dicho canal interno; dicha parte de cuerpo

50 alargada que tiene una configuración de sección transversal rectangular;

 dicha parte de cuerpo alargada puede comprender además:

 una pluralidad de generadores de turbulencia que se extiende hacia el interior en dicho canal interno desde dicha parte de cuerpo alargada superficie interior y que están configurados para interactuar con el refrigerante para potenciar la turbulencia del refrigerante sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

55 en el que cada uno de dicha pluralidad de generadores de turbulencia comprende una parte de cuerpo alargada que se extiende entre al menos una de (i) dichas paredes laterales primera y segunda opuestas y (ii) dichas paredes inferiores y superiores opuestas, dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas teniendo partes de extremo opuestas que están conectadas de manera operativa a cada una de dichas paredes opuestas respectivas.

60 dicha pluralidad de generadores de turbulencia puede disponerse en un patrón predeterminado, comprendiendo dicho patrón predeterminado una pluralidad de filas longitudinales de dichos generadores de turbulencia, incluyendo dicha pluralidad de filas longitudinales de dichos generadores de turbulencia una primera separación longitudinal (X_L) entre respectivos potenciadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes ubicados en la misma fila longitudinal, y una segunda separación transversal (X_H) entre respectivos potenciadores de turbulencia transversalmente

adyacentes ubicados en filas longitudinales adyacentes.

Dichos generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos ubicados en las mismas filas longitudinales pueden estar desplazadas transversalmente en una configuración escalonada alternante.

5 dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas pueden configurarse como al menos uno de:

10 un cilindro sólido que tiene una sección transversal redonda para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

15 un cilindro hueco que tiene una sección transversal redonda, dicho cilindro hueco teniendo aberturas redondas en dichas partes de extremo opuestas con un canal interior formado entre las mismas para permitir el flujo de fluido ambiente a través de dicho canal interior de generador de turbulencia para aumentar la transferencia térmica del refrigerante que fluye a través de dicho tubo de refrigerante y alrededor de dicha parte de cuerpo alargada de generador de turbulencia; y

20 una barra sólida que tiene una sección transversal en forma de ala para conducir estelas turbulentas del refrigerante en una dirección predeterminada para aumentar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

25 Una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) puede estar en el intervalo entre aproximadamente 1,0 y 7,0 para generar estelas turbulentas en el refrigerante para potenciar el movimiento de remolino y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

30 Una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) puede ser mayor de aproximadamente 3,5 para generar y propagar vórtices turbulentos en el refrigerante para potenciar la mezcla de refrigerante y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

35 dicha parte de cuerpo alargada de generador de turbulencia que está configurado como una barra sólida que tiene una sección transversal en forma de ala puede comprender una parte de cabeza de ataque, una parte intermedia que tiene una superficie cóncava, y una parte de cola de salida;

40 dicha superficie cóncava de dicha parte intermedia de generador de turbulencia que está dispuesta en un patrón alterno, en el que dicha superficie cóncava de generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos en la misma fila longitudinal se orientan generalmente en sentidos opuestos.

45 En la medida en la que aún no se han divulgado en la descripción general anteriormente mencionada y la descripción de las realizaciones preferidas, en un conjunto de refrigerador de quilla para su uso en una embarcación marina, dicho conjunto de refrigerador de quilla que intercambia calor con un refrigerante interno que fluye a través del conjunto de refrigerador de quilla, dicho conjunto de refrigerador de quilla, puede comprender:

un colector que comprende una pared superior, una pared de extremo, una pared inferior, paredes de lado opuestas, y una superficie inclinada conectando de manera operativa dicha pared superior, pared inferior y paredes de lado;

50 al menos un tubo de refrigerante que se extiende en una dirección longitudinal desde dicho colector, dicho tubo de refrigerante que comprende:

55 al menos un tubo de refrigerante interior configurada como un paralelepípedo rectangular que comprende paredes inferiores y superiores opuestas, y paredes laterales primera y segunda opuestas transversales a dichas paredes inferiores y superiores opuestas, dichas paredes laterales primera y segunda conectando de manera operativa dichas paredes inferiores y superiores para formar un canal interno, en el que dicha parte de cuerpo alargada incluye al menos una parte de extremo abiertas que se reciben por al menos una separación en dicha superficie inclinada de dicho colector, dicha al menos una parte de extremo abierta que tiene una configuración de sección transversal rectangular que define dicha al menos una entrada; y

60 dicho refrigerador de quilla puede comprender además:

una pluralidad de generadores de turbulencia que se extiende hacia el interior en dicho canal interno de al menos una de dichas paredes inferiores y superiores y dichas paredes laterales primera y segunda y que están configuradas para interactuar con el refrigerante para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

65 Cada uno de dicha pluralidad de generadores de turbulencia puede incluir una parte de cuerpo que se extiende

hacia el interior en dicho canal interno de dicha superficie interior de parte de cuerpo alargada de tubo de refrigerante, dicha parte de cuerpo que se dispone en una región en volumen del refrigerante cuando el refrigerante es que fluye a través de dicho al menos un tubo de refrigerante para generar estelas turbulentas en dicha región en volumen para potenciar el movimiento de remolino y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

Dichas respectivas partes de cuerpo de generador de turbulencia pueden extenderse desde una de dicha respectiva pared superior, una pared inferior, primera pared de lado, y segunda pared de lado a una diferente de dicha pared superior, una pared inferior, primera pared de lado y segunda pared de lado.

Las respectivas paredes adyacentes de dicho al menos un tubo de refrigerante puede encontrarse en las inserciones de pared de tubo de refrigerante, y en las que dichas respectivas partes de cuerpo de generador de turbulencia extienden una seleccionada de dicha respectiva pared superior, una pared inferior, primera pared de lado, segunda pared de lado e inserciones de pared de refrigerante, a una pared superior diferente, una pared inferior, primera pared de lado, segunda pared de lado e inserción de pared de tubo de refrigerante.

Dichas respectivas partes de cuerpo de generador de turbulencia pueden comprender partes de cuerpo alargadas, dichas partes de cuerpo alargadas estando dispuestas sustancialmente ortogonales a al menos una de dichas paredes opuestas respectivas.

Cada uno de dicha pluralidad de generadores de turbulencia puede incluir una parte de cuerpo alargada que tiene una configuración de sección transversal seleccionada del grupo que consiste en: redonda, de elipse, ovalada, rectangular, cuadrada, triangular, en forma de ala, en forma aerodinámica, poligonal, e irregular.

Dicha pluralidad de generadores de turbulencia es una primera pluralidad de generadores de turbulencia, y dichos generadores de turbulencia en dicho al menos un tubo de refrigerante puede comprender una segunda pluralidad de generadores de turbulencia que tiene una configuración de sección transversal diferente a la de dicha primera pluralidad de generadores de turbulencia.

Cada uno de dicha pluralidad de generadores de turbulencia puede comprender una parte de cuerpo alargada que se extiende entre al menos una de (i) dichas paredes laterales primera y segunda opuestas y (ii) dichas paredes inferiores y superiores opuestas, dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas teniendo partes de extremo opuestas que están conectadas de manera operativa a cada una de dichas paredes opuestas respectivas.

dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas pueden configurarse como al menos uno de:

un cilindro sólido que tiene una sección transversal redonda para potenciar la turbulencia del refrigerante para mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

un cilindro hueco que tiene una sección transversal redonda, dicho cilindro hueco teniendo aberturas redondas en dichas partes de extremo opuestas con un canal interior formado entre las mismas para permitir el flujo de fluido ambiente a través de dicho canal interior de generador de turbulencia para aumentar la transferencia térmica del refrigerante que fluye a través de dicho tubo de refrigerante y alrededor de dicha parte de cuerpo alargada de generador de turbulencia; y

una barra sólida que tiene una sección transversal en forma de ala para conducir estelas turbulentas del refrigerante en una dirección predeterminada para aumentar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante por encima de un al menos un tubo de refrigerante idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

REIVINDICACIONES

1. Conjunto de refrigerador de quilla (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 800, 900) para su uso en una embarcación marina, intercambiando dicho conjunto de refrigerador de quilla calor con un refrigerante líquido interno que fluye a través del conjunto de refrigerador de quilla, comprendiendo dicho conjunto de refrigerador de quilla:

un colector (130, 230, 330, 430, 530, 630', 630", 730', 730"); y
al menos un tubo de refrigerante líquido (150, 150', 250, 350, 450, 550, 650', 650", 751', 751") que se extiende en una dirección longitudinal desde dicho colector, comprendiendo dicho tubo de refrigerante líquido;

una parte de cuerpo alargada que comprende una superficie interior (158) que forma un canal interno para permitir el flujo del refrigerante líquido en una dirección longitudinal a lo largo de una longitud de dicha parte de cuerpo alargada;

en donde dicho conjunto de refrigerador de quilla comprende además:

una pluralidad de generadores de turbulencia (170, 175, 181, 191, 270, 370, 470, 570, 670', 670", 770', 770", 870', 870", 970', 970") que se extienden hacia el interior en dicho canal interno desde dicha superficie interior (158) de la parte de cuerpo alargada y que están configurados para interactuar con el refrigerante líquido para potenciar la turbulencia del refrigerante líquido con objeto de mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante líquido por encima de un al menos un tubo de refrigerante líquido idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

en donde dicho al menos un tubo de refrigerante líquido (150, 150') está configurado como un paralelepípedo rectangular, comprendiendo dicho al menos un tubo de refrigerante líquido paredes inferiores (153) y superiores (155) opuestas, y paredes laterales primera y segunda opuestas (152) transversales a dichas paredes inferiores y superiores opuestas, conectando dichas paredes laterales primera y segunda de manera operativa dichas paredes inferiores y superiores para formar dicho canal interno;

caracterizado por que cada uno de dicha pluralidad de generadores de turbulencia (170, 175, 181, 191, 270, 370, 470, 570, 670', 670", 770', 770", 870', 870", 970', 970") comprende una parte de cuerpo alargada que se extiende entre al menos una de (i) dichas paredes laterales primera y segunda opuestas (152) y (ii) dichas paredes inferiores y superiores opuestas (155, 153), teniendo dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas partes de extremo opuestas que están conectadas de manera operativa a cada una de dichas paredes opuestas respectivas;

en donde dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas están configuradas como al menos uno de:

un cilindro sólido (270, 370, 470, 570, 670', 670", 770', 770", 870', 870", 970', 970") que tiene una sección transversal redonda para potenciar la turbulencia del refrigerante líquido con objeto de mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión por encima de un al menos un tubo de refrigerante líquido idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia;

un cilindro hueco (181) que tiene una sección transversal redonda, teniendo dicho cilindro hueco aberturas redondas en dichas partes de extremo opuestas con un canal interior (182) formado entre las mismas para permitir el flujo de líquido ambiente a través de dicho canal interior de generador de turbulencia para aumentar la transferencia térmica del refrigerante líquido que fluye a través de dicho tubo de refrigerante líquido y alrededor de dicha parte de cuerpo alargada de generador de turbulencia; y

una barra sólida (191) que tiene una sección transversal en forma de ala para conducir estelas turbulentas del refrigerante líquido en una dirección predeterminada para aumentar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante líquido por encima de un al menos un tubo de refrigerante líquido idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

2. Conjunto refrigerador de quilla según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha pluralidad de generadores de turbulencia están dispuestos en un patrón predeterminado (177, 183, 193), comprendiendo dicho patrón predeterminado una pluralidad de filas longitudinales (R1, R2) de dichos generadores de turbulencia, incluyendo dicha pluralidad de filas longitudinales de dichos generadores de turbulencia una primera separación longitudinal (X_L) entre generadores de turbulencia longitudinalmente adyacentes respectivos ubicados en la misma fila longitudinal, y una segunda separación transversal (X_H) entre generadores de turbulencia transversalmente adyacentes respectivos ubicados en filas longitudinales adyacentes.

3. Conjunto refrigerador de quilla según la reivindicación 2, caracterizado por que una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) es mayor de aproximadamente 3,5 para generar y propagar vórtices turbulentos en el refrigerante líquido para potenciar la mezcla de refrigerante líquido y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante líquido por encima de un al menos un tubo de refrigerante líquido idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.

4. Conjunto refrigerador de quilla según la reivindicación 3, caracterizado por que dichas partes de cuerpo alargadas de generador de turbulencia respectivas están dispuestas ortogonalmente a cada una de dichas paredes laterales

primera y segunda opuestas.

5. El conjunto refrigerador de quilla según la reivindicación 4, caracterizado por que una razón de separación (β) de dicha primera separación longitudinal (X_L) a dicha segunda separación transversal (X_H) está en el intervalo entre aproximadamente 1,0 y 7,0 para generar estelas turbulentas en el refrigerante líquido para potenciar un movimiento de remolino y mejorar la transferencia térmica sin aumentar sustancialmente la caída de presión del refrigerante líquido por encima de un al menos un tubo de refrigerante líquido idéntico que carece de dichos generadores de turbulencia.
- 10 6. El conjunto refrigerador de quilla según la reivindicación 5, caracterizado por que dicha barra sólida (191) que tiene una sección transversal en forma de ala comprende una parte de cabeza de ataque (196), una parte intermedia (197) que tiene una superficie cóncava y una parte de cola de salida (198) para formar de manera colectiva un generador de turbulencia en forma de ala;
en el que dichos generadores de turbulencia en forma de ala respectivos forman colectivamente una pluralidad de
15 generadores de turbulencia, estando dispuestos dicha pluralidad de generadores de turbulencia en un patrón alterno, en el que dicha superficie cóncava de generadores de turbulencia en forma de ala longitudinalmente adyacentes respectivos en la misma fila longitudinal se orientan generalmente en sentidos opuestos.
- 20 7. El conjunto refrigerador de quilla según la reivindicación 6, caracterizado por que dichos generadores de turbulencia en forma de ala respectivos están dispuestos de manera rotatoria en un patrón predeterminado para efectuar que dicha superficie cóncava se oriente generalmente al menos a uno de (i) un flujo de refrigerante líquido en volumen ascendente y (ii) un flujo de refrigerante líquido en volumen descendente.

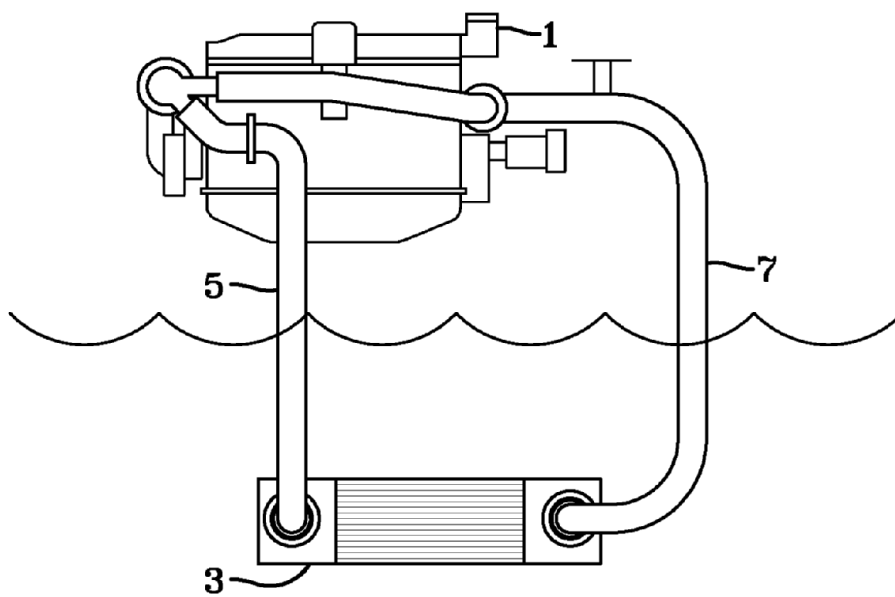
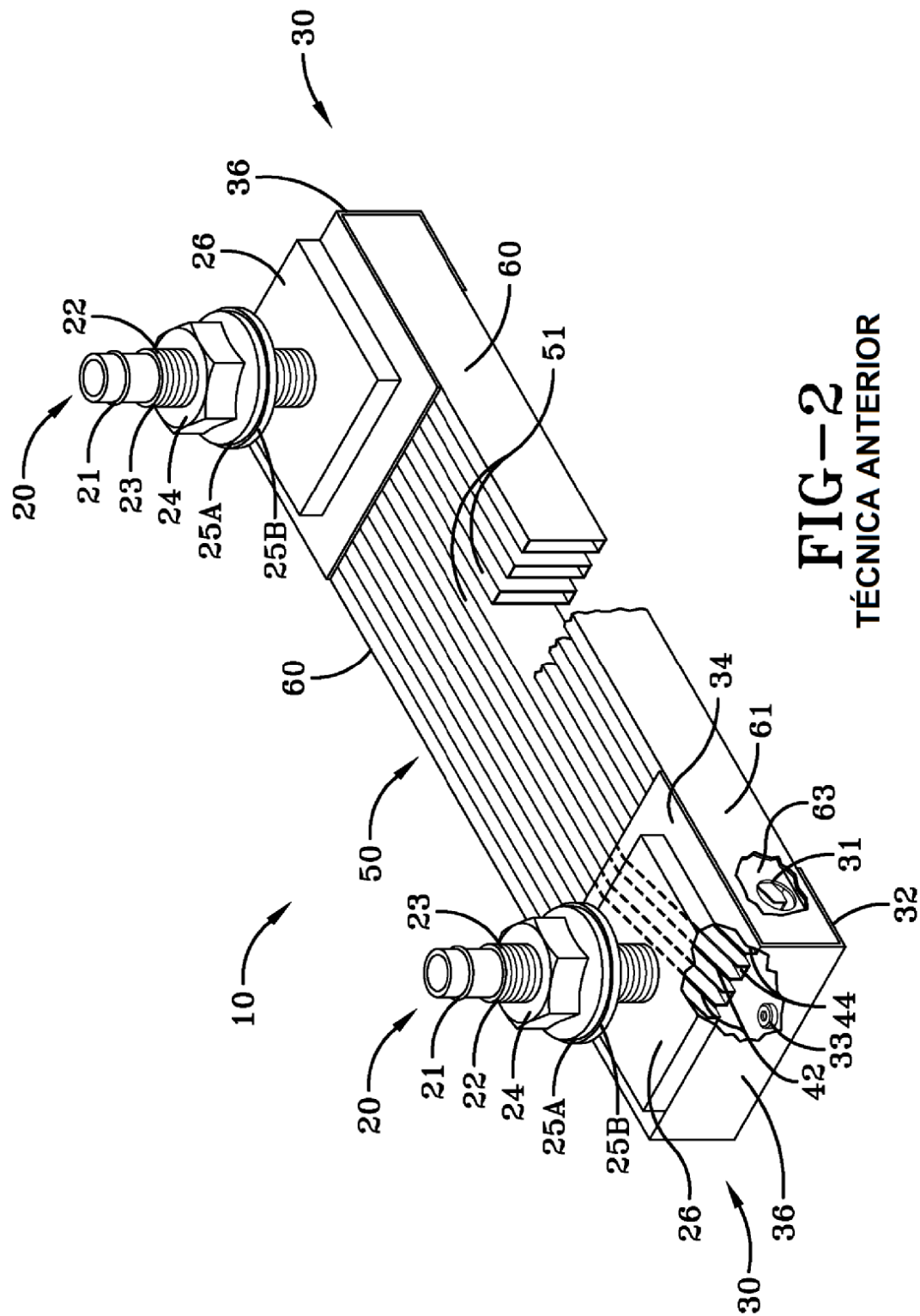


FIG-1
TÉCNICA ANTERIOR



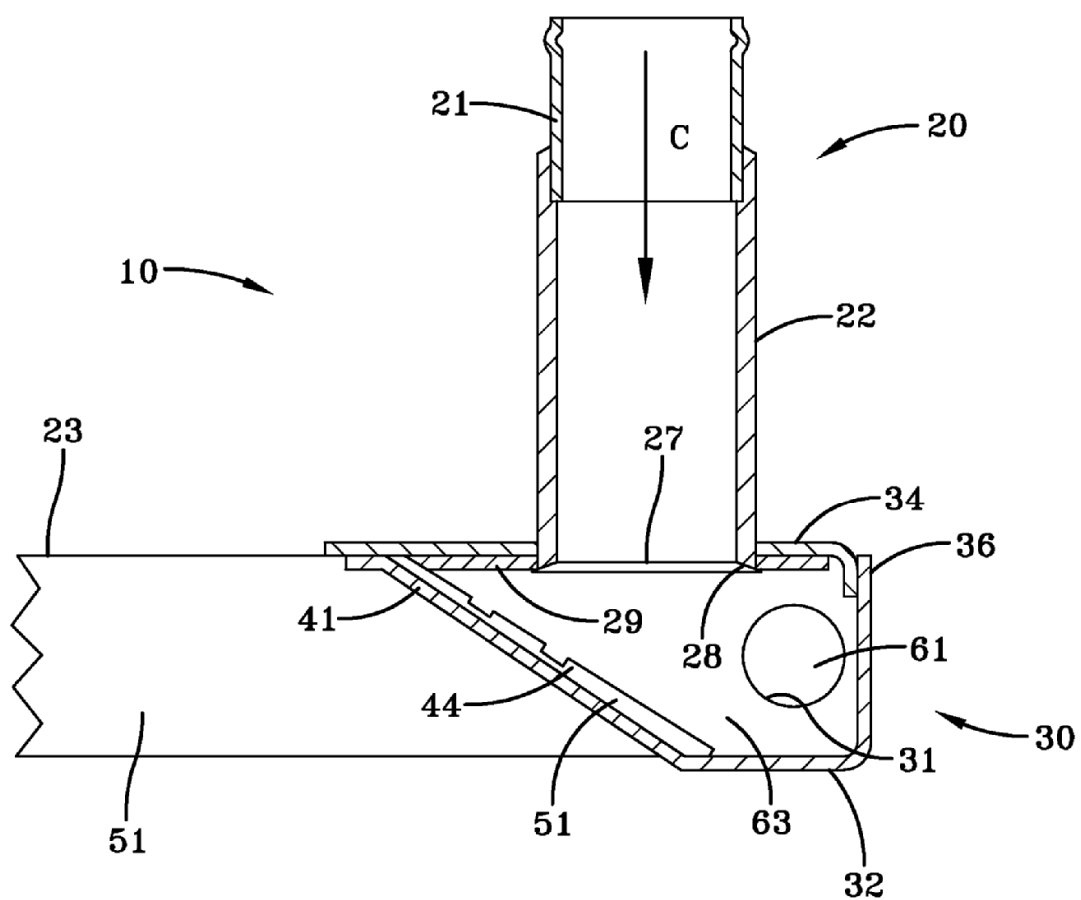
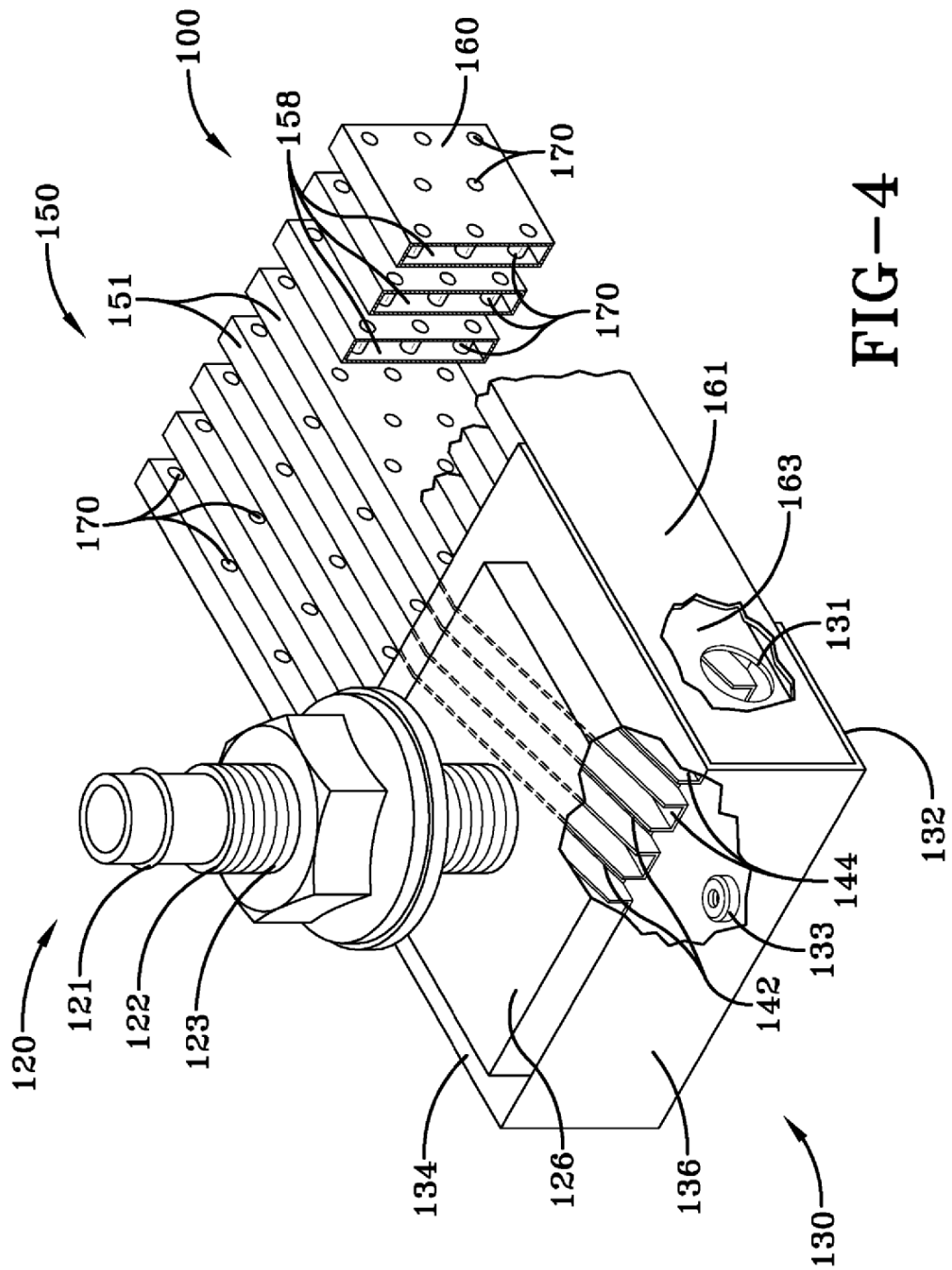


FIG-3
TÉCNICA ANTERIOR



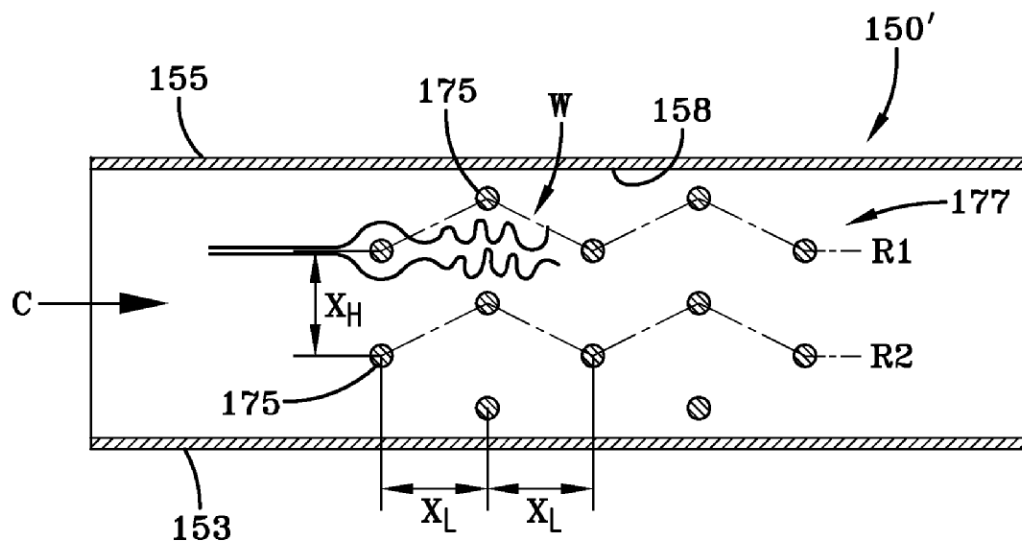
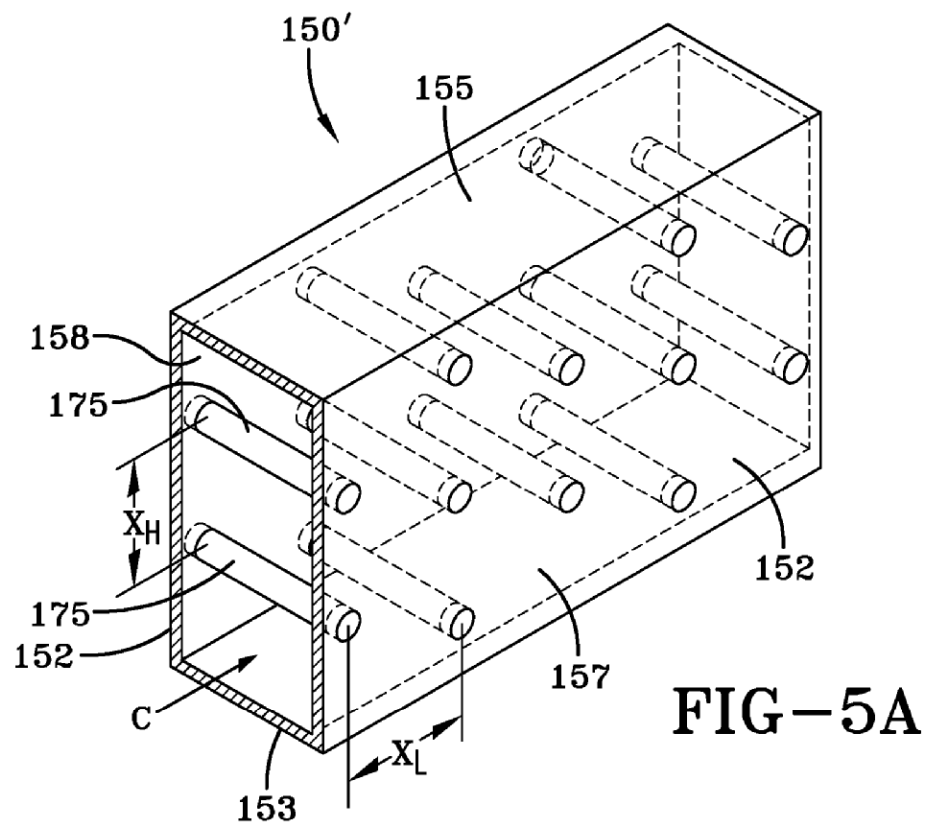


FIG-5B

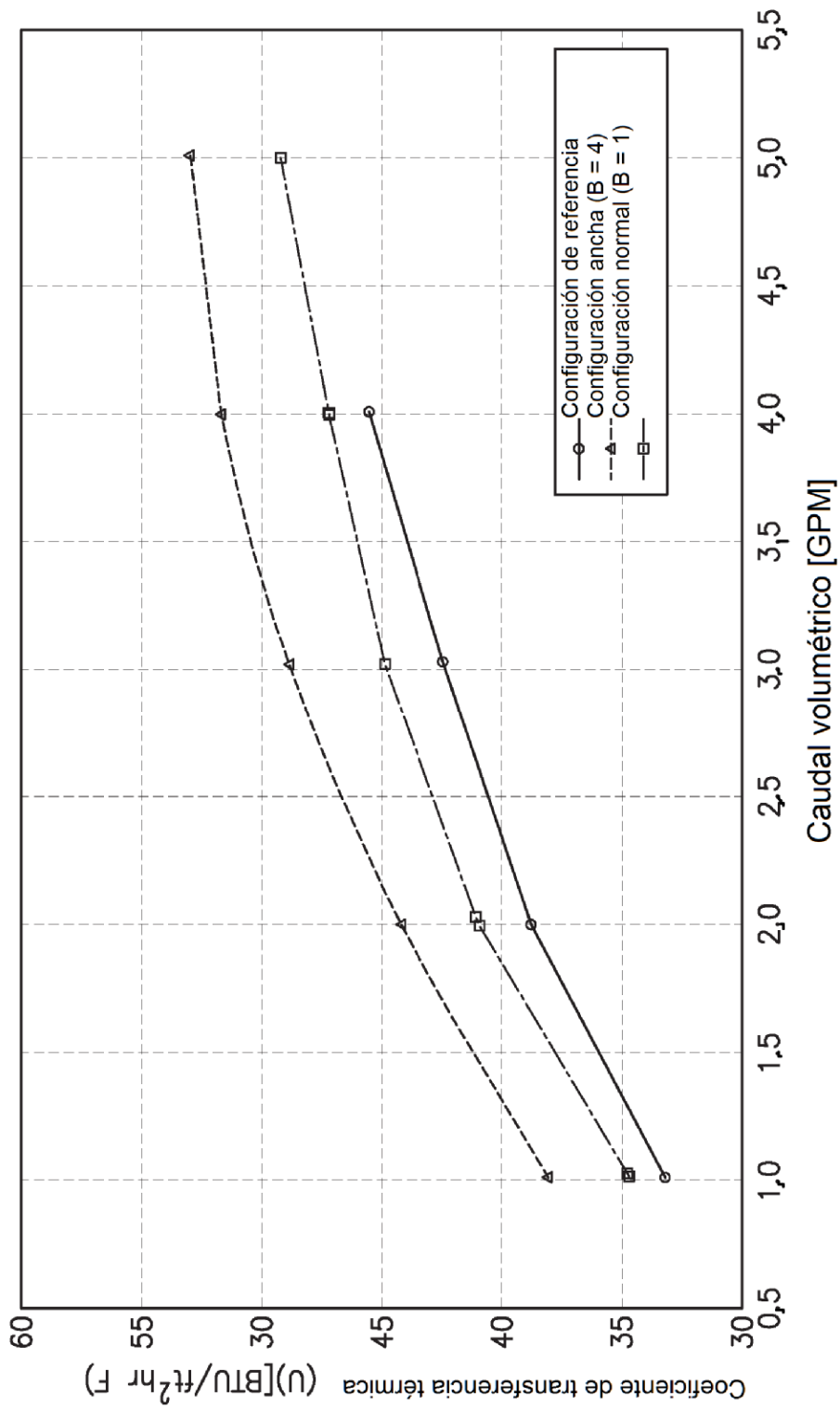


FIG-6

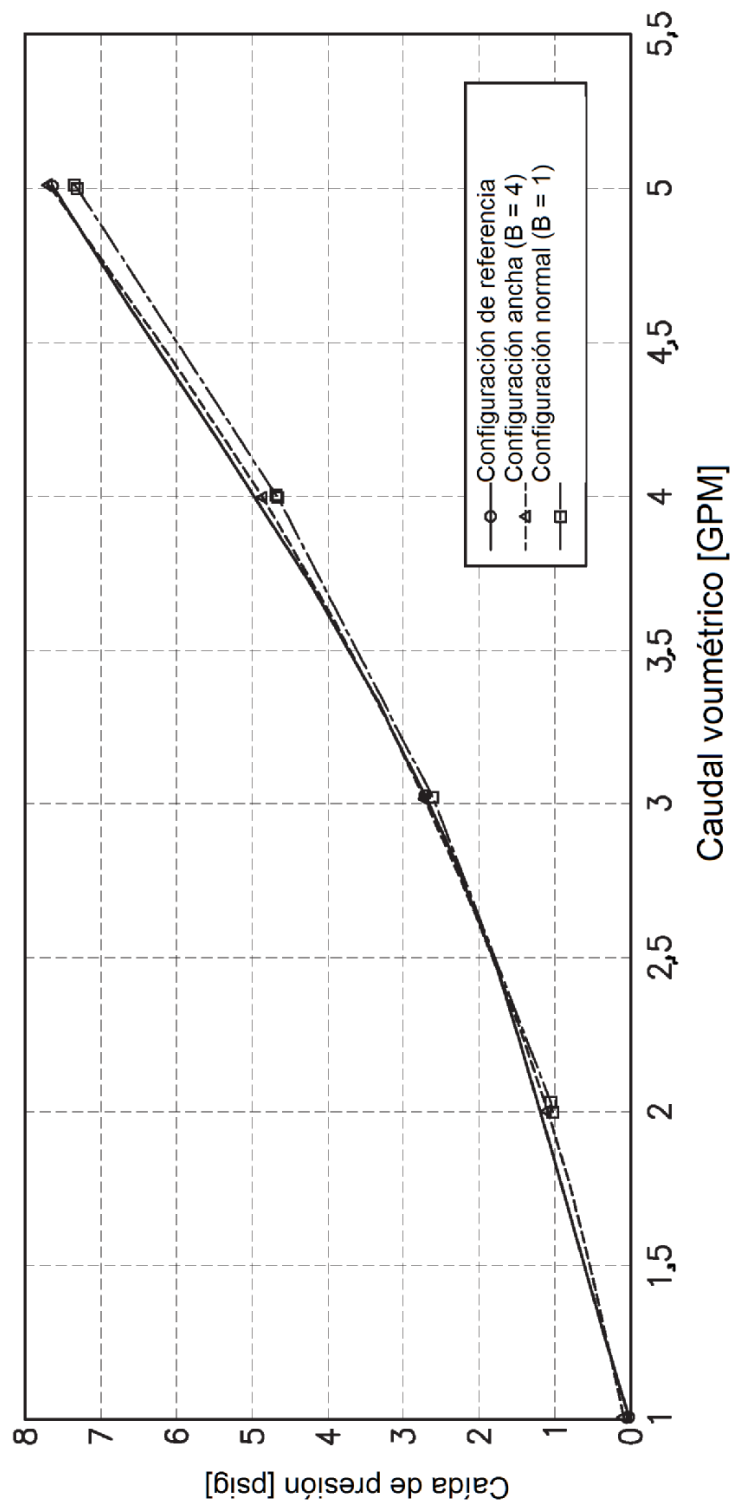
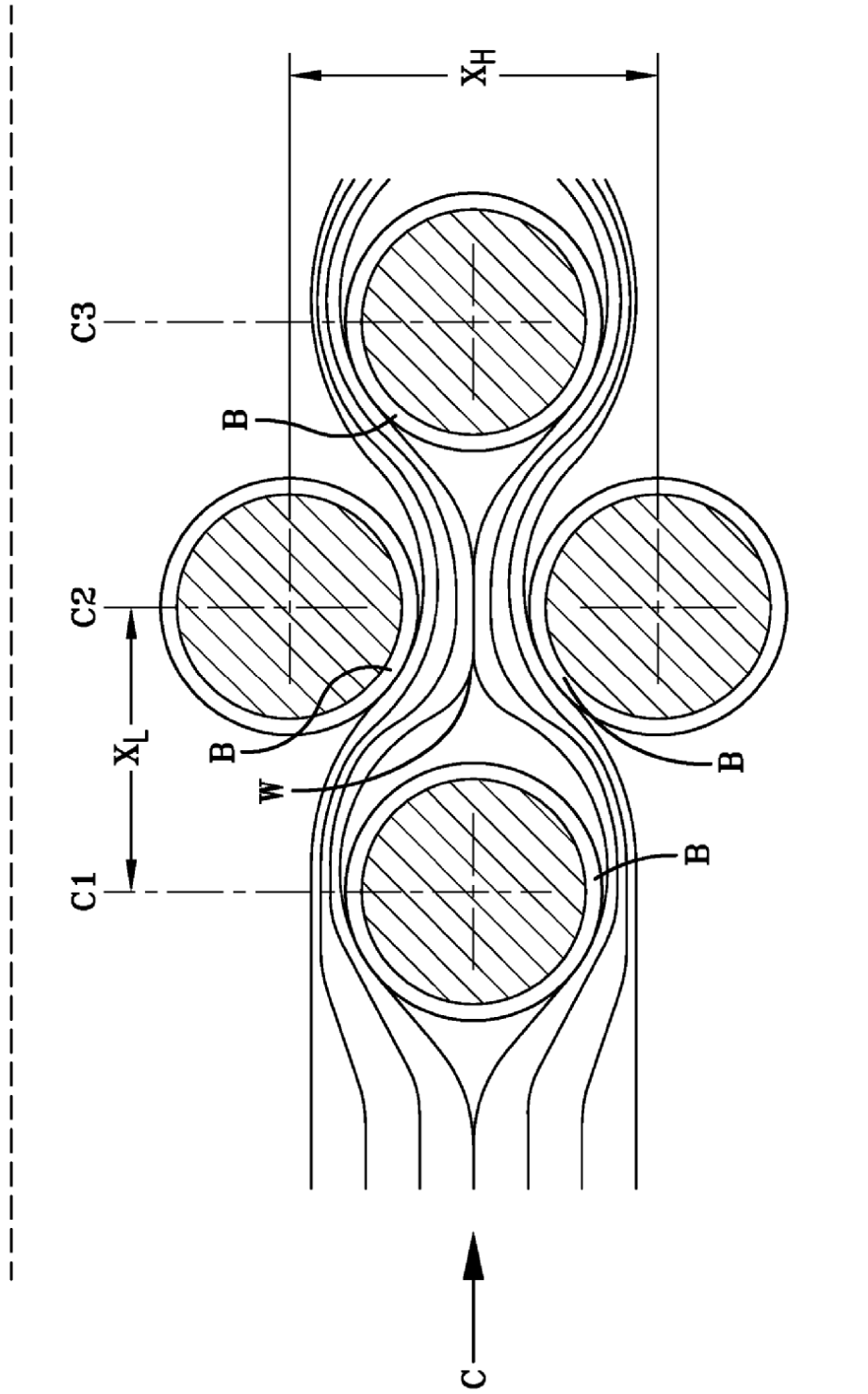


FIG-7



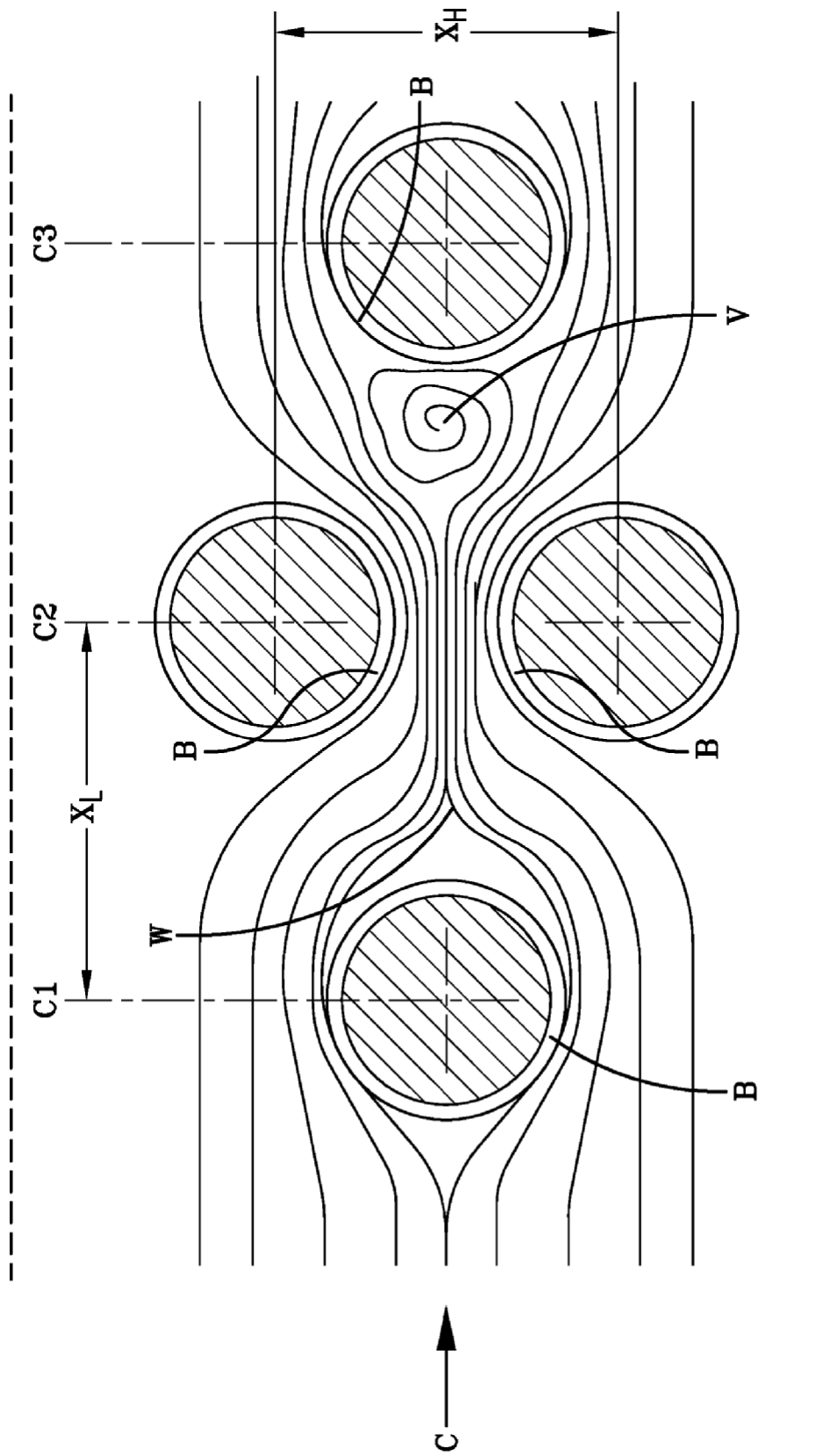


FIG-8B

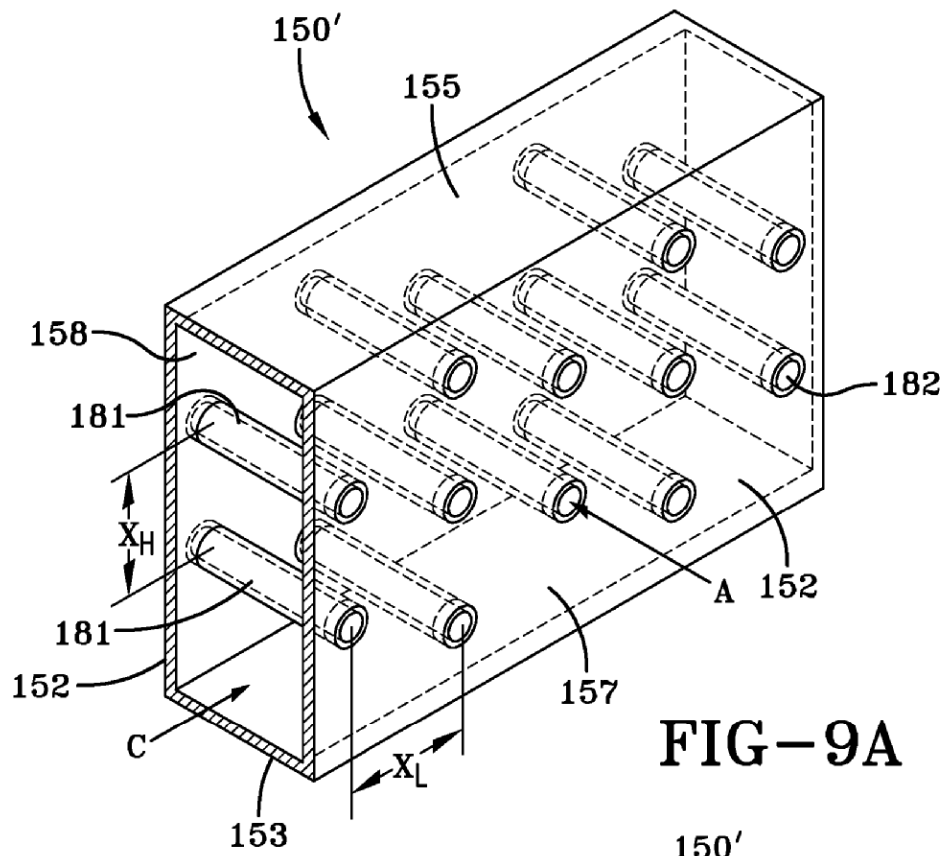


FIG-9A

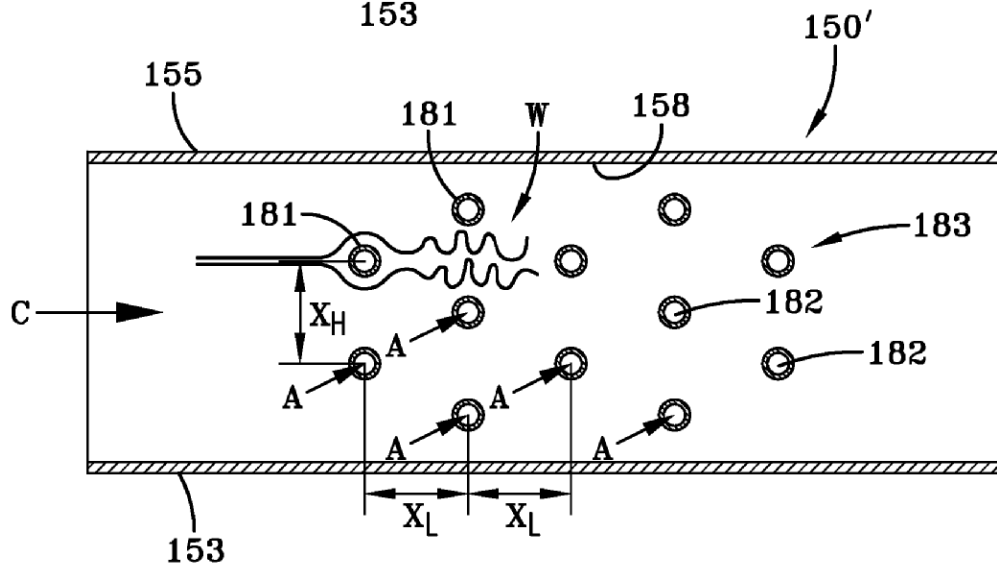
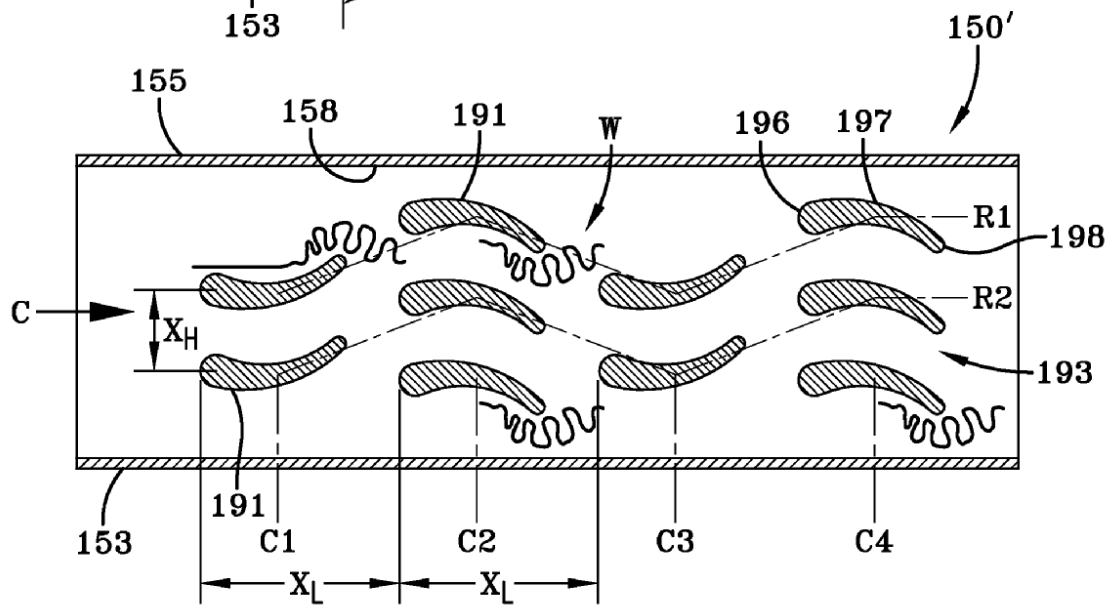
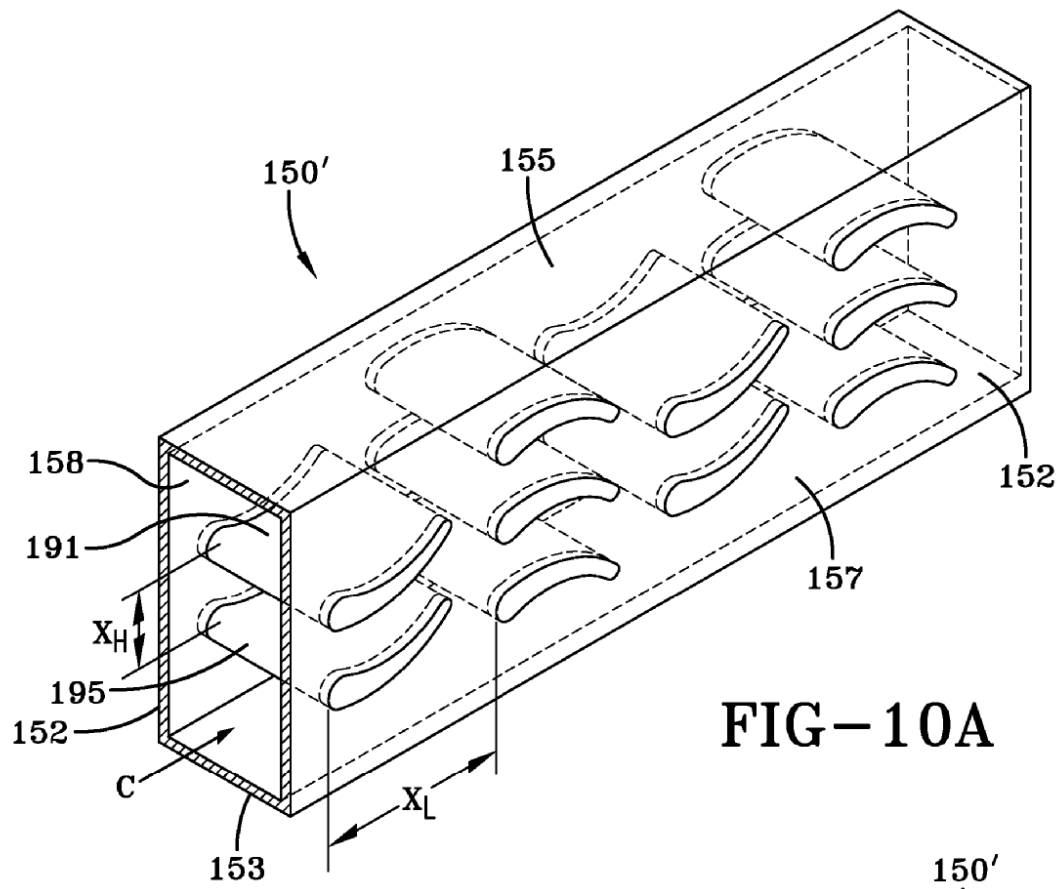
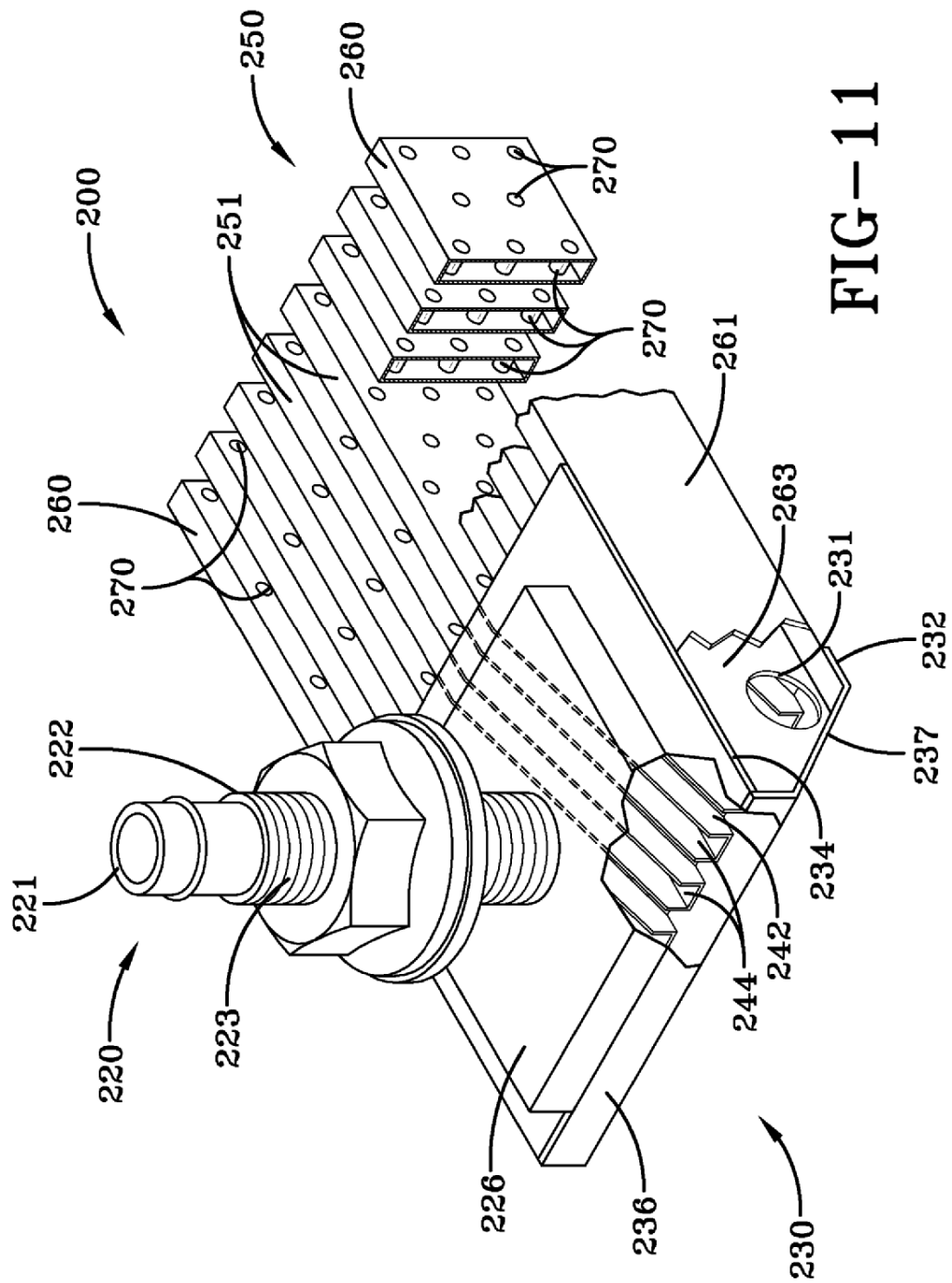


FIG-9B





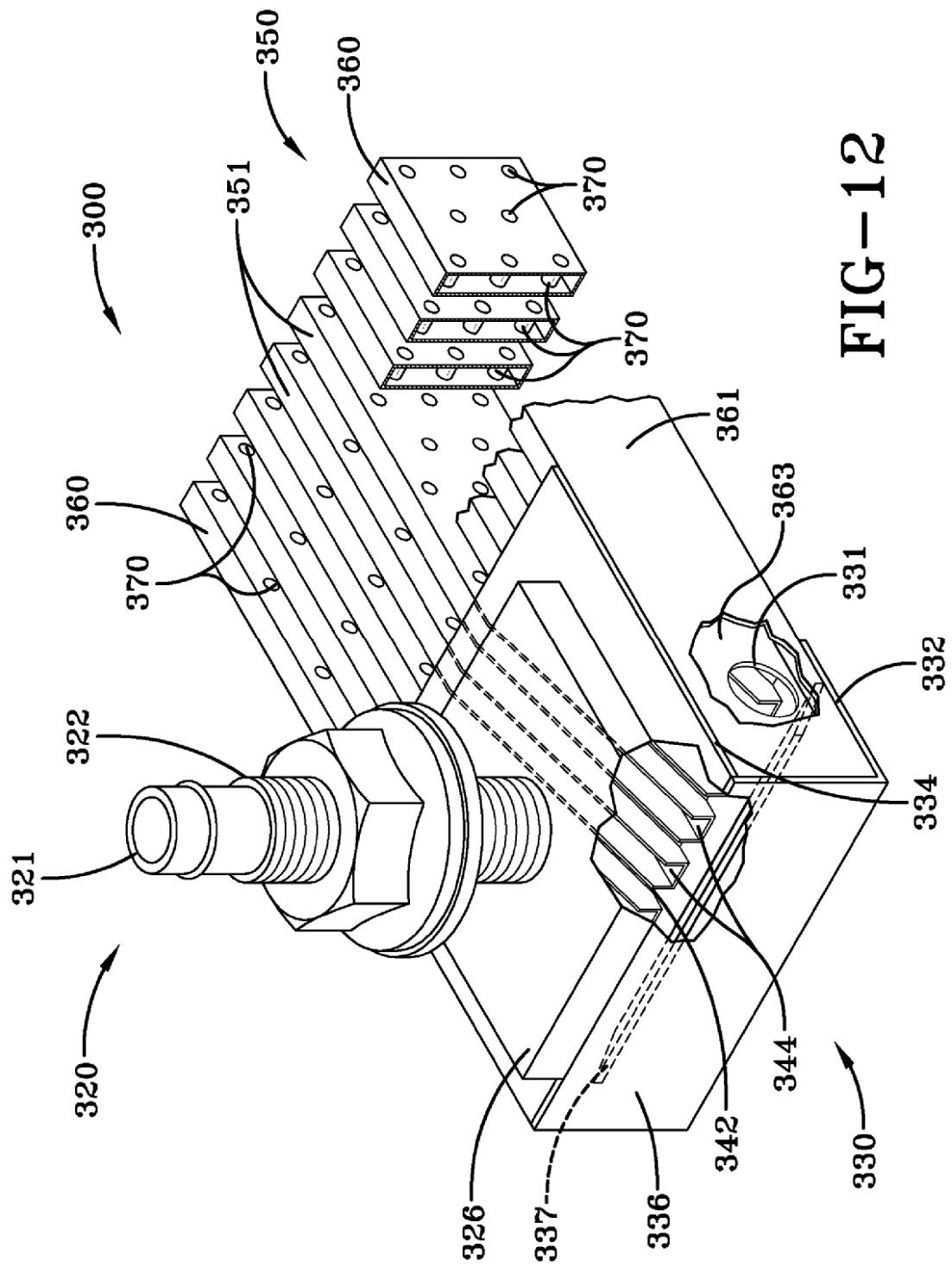
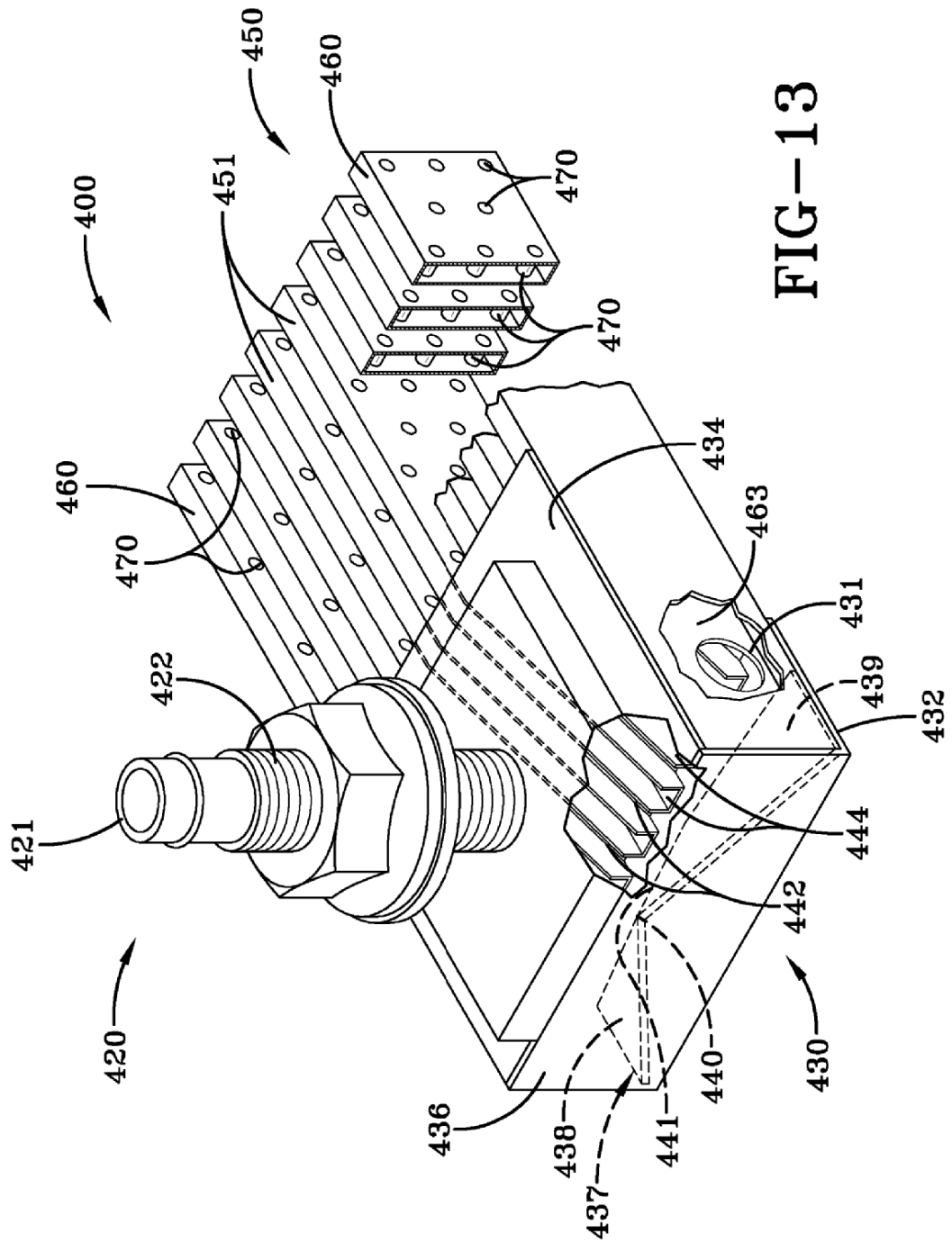
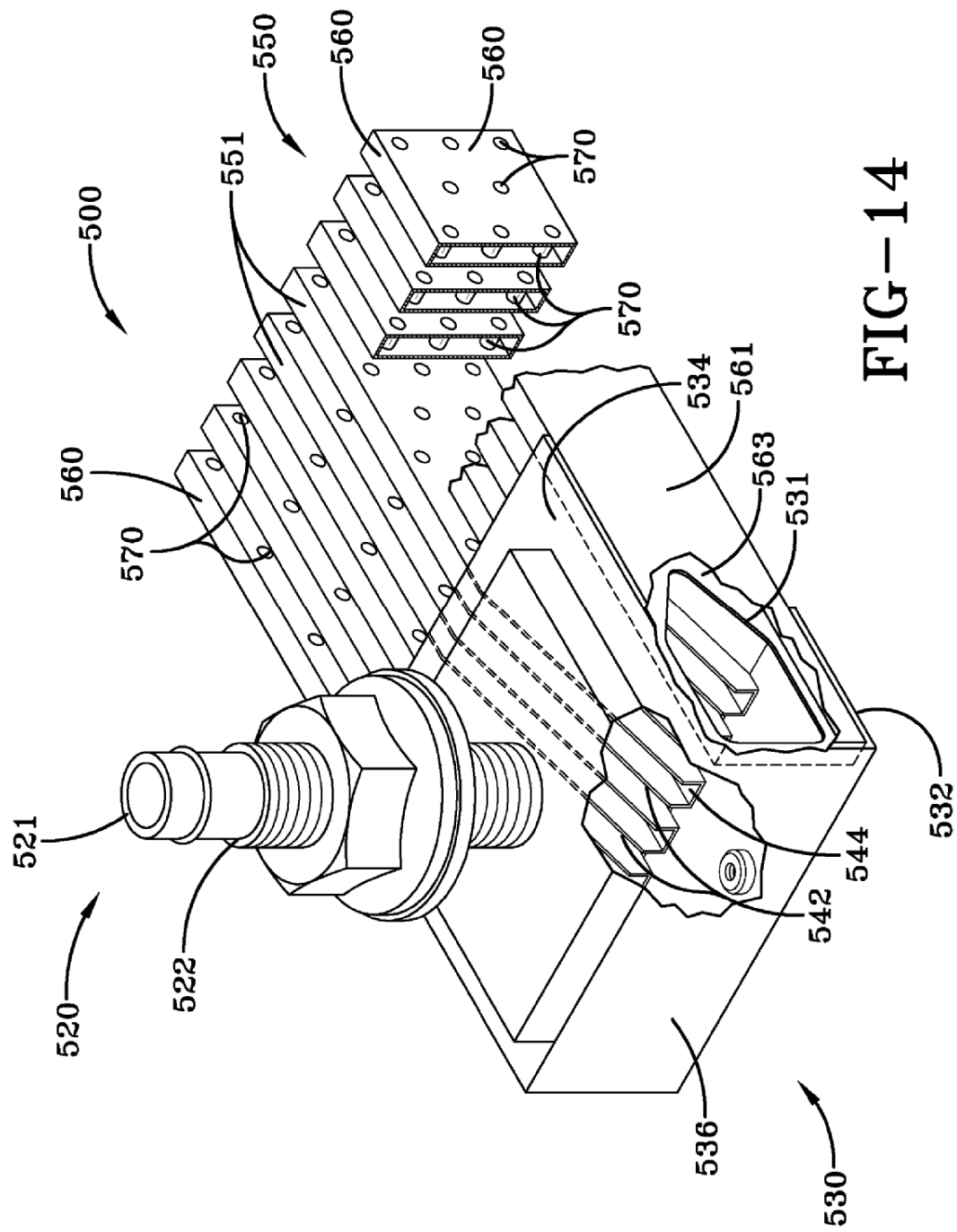
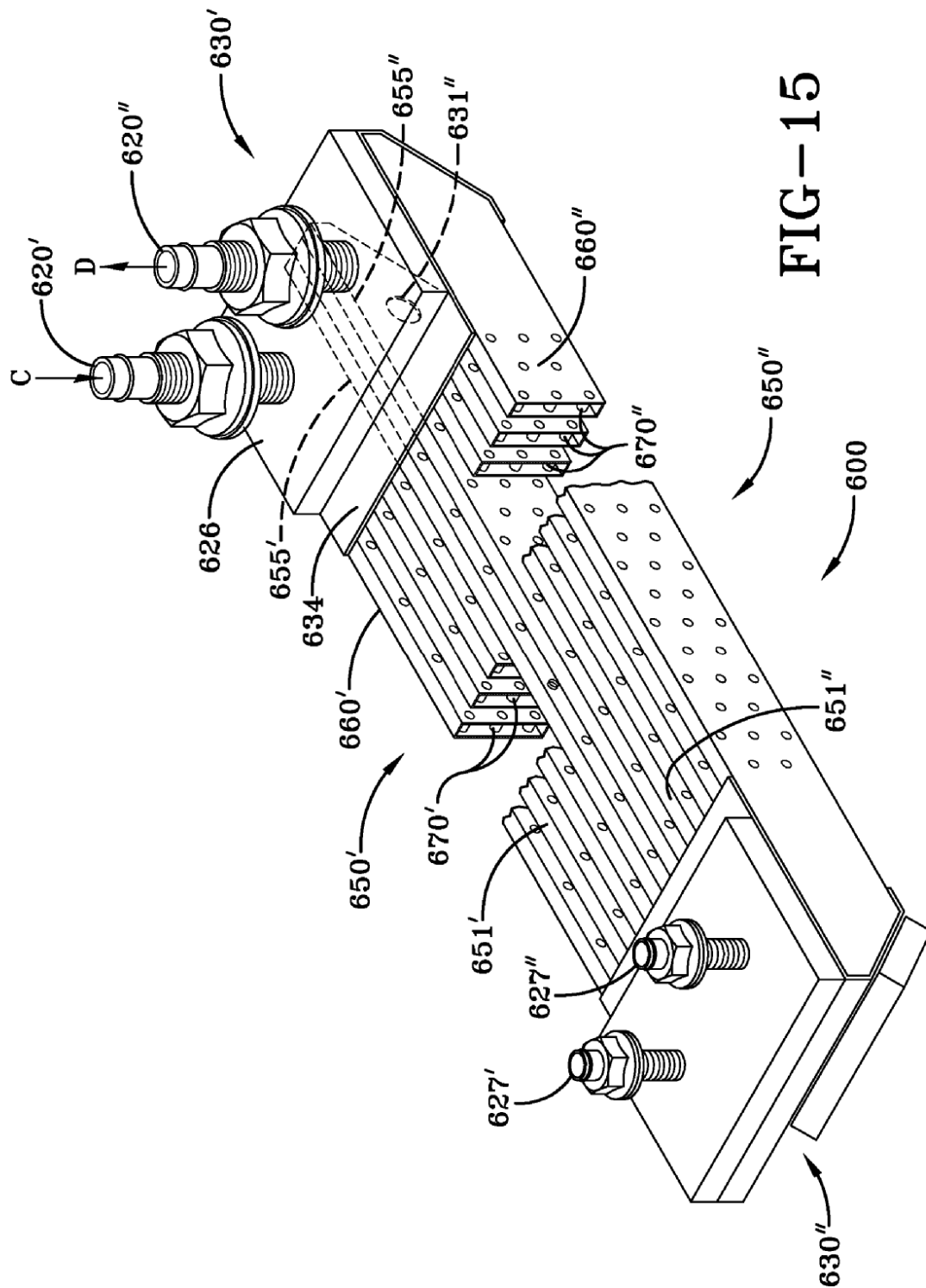


FIG-12







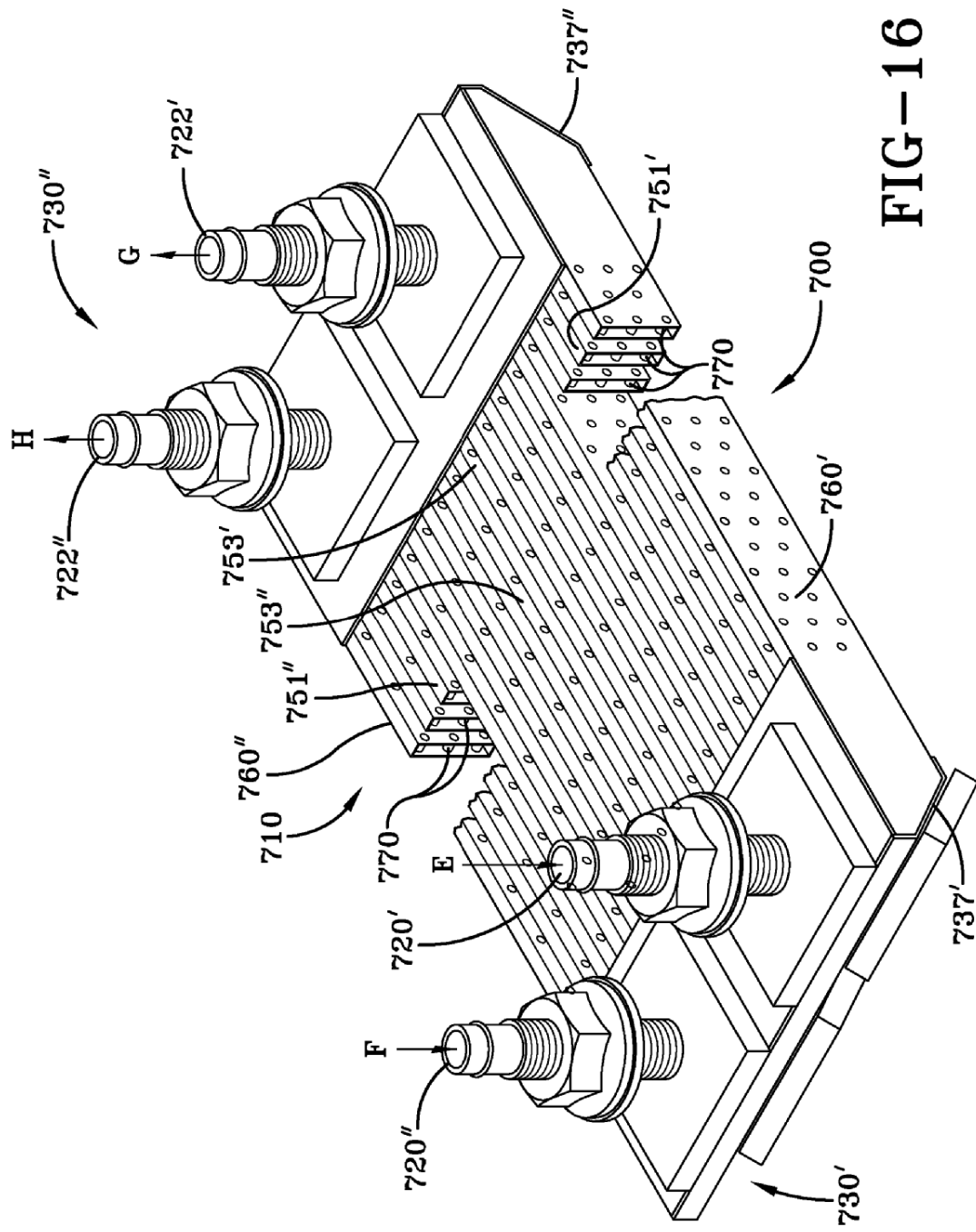


FIG-16

