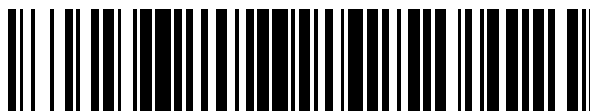


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 244**

51 Int. Cl.:

F02M 26/32 (2006.01)

F28D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.04.2013 PCT/US2013/037230**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013 WO13158916**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2013 E 13723587 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2839140**

54 Título: **Enfriador EGR de tubo helicoidal**

30 Prioridad:

18.04.2012 US 201261635007 P
16.04.2013 US 201313864018

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.03.2018

73 Titular/es:

NEAL, KENNIETH (50.0%)
4245 E. Palm St.
Mesa, AZ 85215, US y
NEAL, EUGENE (50.0%)

72 Inventor/es:

WILDERSON, ERIC

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 660 244 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

Enfriador EGR de tubo helicoidal

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[1] Esta invención se refiere a motores de combustión interna y, en particular, a procedimientos y aparatos para reducir las emisiones de escape.

10 [2] Se conoce bien en la técnica usar la recirculación de gases de escape (EGR) como un medio para controlar las emisiones de óxidos nitrosos (NOx) de los motores de combustión interna. En un sistema EGR típico, una parte de los gases de escape (típicamente de un 5 a un 15 %) se reintroduce en el sistema de inducción junto con la carga nueva de aire y combustible. El gas de escape, que es esencialmente inerte, desplaza la cantidad de mezcla combustible en un motor de gasolina (ciclo Otto). En un motor diésel, el gas de escape reemplaza algo del
15 exceso de oxígeno en la mezcla de precombustión. Dado que el NOx se forma principalmente cuando una mezcla de nitrógeno y oxígeno se somete a alta temperatura, las temperaturas de combustión menores provocadas por la reducción en la mezcla combustible o el exceso de oxígeno reducen la cantidad de NOx que produce la combustión.

[3] En 2002, la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos implementó reglamentaciones que requerían que se implementaran enfriadores de recirculación de gas de escape en vehículos de pasajeros y camiones ligeros equipados con motores diésel como un medio para reducir adicionalmente las emisiones de NOx de estos vehículos. Dichos enfriadores de recirculación de gas de escape son típicamente de la variedad de intercambiador de calor de gas a líquido y con mayor frecuencia son de un diseño de intercambiador de calor de carcasa y tubo en el que el gas de escape pasa a través de una pluralidad de tubos envueltos en una carcasa a
20 través de la que circula el refrigerante del motor. La patente de Estados Unidos 8.079.409 y la patente de EE. UU. 7.213.639 son típicas de dichos diseños de enfriador de recirculación de gas de escape.

[4] Las dificultades asociadas con los enfriadores de recirculación de gas de escape en motores diésel incluyen el hecho de que la reducción de la temperatura de combustión aumenta la cantidad de hollín formado por el
30 procedimiento de combustión. Este hollín tiende a depositarse en los tubos del enfriador de recirculación de gas de escape, donde actúa como una capa aislante que reduce la eficiencia térmica del enfriador de recirculación de gas de escape. Adicionalmente, si el refrigerante del motor se agota, el intercambiador de calor se puede ver privado de refrigerante y puede experimentar un denominado "evento térmico" en el que los tubos enfriadores, calentados casi hasta la temperatura del gas de escape, se expanden térmicamente en un grado que excede la integridad estructural
35 del intercambiador de calor.

[5] Se han sugerido diversos procedimientos para mejorar la longevidad de los enfriadores de recirculación de gas de escape, incluyendo el uso de juntas de expansión, formando los tubos en forma de fuelles alargados y/o fabricando el enfriador de recirculación de gas de escape como una serie de módulos cortos, cada uno de los cuales
40 tiene un crecimiento térmico global relativamente pequeño. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 6.460.520 concedida a Challis, sugiere la construcción de un enfriador EGR en el que la parte de la carcasa incluye una pluralidad de curvas de 90 grados formadas como fuelles corrugados. De acuerdo con Challis, las secciones de fuelles han aumentado el cumplimiento sobre una carcasa de paredes rectas y, por lo tanto, los fuelles proporcionan una mejor acomodación de la expansión térmica u otros movimientos. La patente de Estados Unidos 7.213.639
45 concedida a Danielsson *et al.* sugiere un enfriador EGR en el que el flujo de gas de escape entra a través de una fila central de tubos y sale a través de una fila periférica de tubos. De acuerdo con Danielsson, el flujo de inversión reduce el riesgo de puntos calientes locales debido al estancamiento del flujo de refrigerante. La patente alemana DE 10 2005 058314 A1 (Daimler Chrysler AG) divulga un enfriador EGR en el que los tubos se forman para dar haces de tubos que se tuercen para dar hélices formadas alrededor de un eje helicoidal común. Sin embargo, todos
50 los tubos están enrollados con la misma dirección de torsión (es decir, todos con torsión a la derecha o todos a la izquierda) y están enrollados alrededor de una varilla imaginaria que tiene un diámetro distinto de cero. Dado que todos los haces de tubos tienen la misma dirección de torsión, no es posible posicionar los haces de tubos más cerca entre sí que un grupo equivalente de cilindros que tengan el mismo diámetro externo que los haces de tubos. Enrollar los tubos alrededor de una varilla central que tiene un diámetro distinto de cero, da lugar a una ineficiencia
55 de espacio adicional. El documento DE 10 2005 058314 A1 divulga un intercambiador de calor que comprende varios tubos en un grupo enrollado en forma helicoidal alrededor de una varilla imaginaria común.

SUMARIO DE LA INVENCION

[6] La presente invención comprende un intercambiador de calor para transferir calor entre dos fluidos, por
60 ejemplo entre un gas de escape caliente y un refrigerante líquido. En un modo de realización, el intercambiador de calor comprende una carcasa que rodea al menos dos haces de tubos unidos en ambos extremos a un cabezal de tubos. Cada uno de los haces de tubos se construye a partir de una pluralidad de tubos individuales que se tuercen para dar hélices idénticas formadas alrededor de un eje helicoidal común. Dado que cada tubo individual se forma en
65 forma de una hélice, en lugar de como un tubo recto, los tubos individuales se comportan de manera similar a un resorte, en lugar de a una columna. En consecuencia, el alargamiento térmico de los tubos individuales se resuelve

principalmente como un aumento en el diámetro helicoidal de los tubos en lugar de una columna alargada. Esto da como resultado una fuerza axial considerablemente reducida en las uniones del tubo y el cabezal del tubo.

[7] Preferentemente, los dos haces de tubos se forman con torsiones helicoidales opuestas, por ejemplo, el primer haz de tubos tiene tubos enrollados en una hélice que tiene una hélice a la derecha y el segundo haz de tubos tiene tubos enrollados en una hélice a la izquierda. Esto permite que los haces de tubos se posicionen con sus ejes helicoidales más cerca unos de otros de lo que sería posible si todos los haces de tubos tuvieran la misma dirección de torsión. El intercambiador de calor puede estar formado por varios haces de tubos dispuestos en una disposición rectangular teniendo cada haz de tubos la torsión opuesta de cada uno de los haces de tubos adyacentes. Una disposición rectangular se presta particularmente bien a las aplicaciones en las que el espacio de instalación es limitado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[8] La presente invención se entenderá mejor a partir de una lectura de la siguiente descripción detallada, tomada junto con las figuras de los dibujos adjuntos en los que referencias similares designan elementos similares y en los que:

la **fig. 1** es una vista en perspectiva de un intercambiador de calor que incorpora las características de la presente invención;

la **fig. 2** es una vista en perspectiva de un haz de tubos individuales del intercambiador de calor de la fig. 1;

la **fig. 3** es una vista de frente de un par de haces de tubos para su uso en el intercambiador de calor de la fig. 1;

la **fig. 4** es una vista de frente de un modo de realización alternativo de un par de haces de tubos para su uso en el intercambiador de calor de la fig. 1; y

la **fig. 5** es una vista en perspectiva del intercambiador de calor de la fig. 1 con la carcasa retirada por claridad.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[9] Las figuras de los dibujos pretenden ilustrar la manera general de construcción y no están necesariamente a escala. En la descripción detallada y en las figuras de los dibujos, se muestran ejemplos ilustrativos específicos y se describen en detalle en el presente documento. Sin embargo, se debe entender que las figuras de los dibujos y la descripción detallada no pretenden limitar la invención a la forma particular divulgada, sino que son meramente ilustrativos y pretenden enseñar a un experto en la técnica cómo hacer y/o usar la invención reivindicada en el presente documento y para exponer el mejor modo para llevar a cabo la invención.

[10] Con referencia a las figuras y en particular a la fig. 1, se puede usar un intercambiador de calor 10 que incorpora características de la presente invención como intercambiador de calor para una variedad de propósitos en los que se desea transferir calor desde un medio fluido a otro fluido. En un ejemplo, el intercambiador de calor se puede usar como un enfriador de recirculación de gases de escape (EGR). Sin embargo, un intercambiador de calor que incorpora características de la presente invención se puede usar en conexión con cualquier aplicación apropiada para transferir calor desde un fluido en un lado de una barrera a un fluido en el otro lado de la barrera sin poner los fluidos en contacto. Un intercambiador de calor que incorpora las enseñanzas de la presente invención se puede usar con todos los tipos de fluidos, por ejemplo, aire a aire, aire a líquido, líquido a líquido según sea apropiado para satisfacer las necesidades particulares de la aplicación.

[11] En el modo de realización ilustrativo de la fig. 1, el intercambiador de calor 10 comprende un enfriador EGR que tiene un extremo de entrada de gas 12 y un extremo de salida de gas 14 adaptados para recibir un flujo de gas de escape de un motor diésel. El extremo de entrada de gas 12 comprende un cabezal de tubo que consiste en un mamparo 16 que tiene una pluralidad de perforaciones 18. Una pluralidad de pasos huecos tales como los tubos 20, 22 y 24 (fig. 2) se acoplan mecánicamente al mamparo 16 en registro con las perforaciones 18 (por ejemplo, mediante soldadura, soldadura fuerte o unión rígida similar) para formar un sello hermético entre los tubos y el mamparo. El mamparo 26 ubicado en el extremo de salida de gas 14 es de construcción idéntica y, por lo tanto, no se discutirá en detalle en el presente documento. El mamparo 16 y el mamparo 26 se conectan de forma fluida (por ejemplo, mediante conexiones embridadas apropiadas y tuberías del sistema de escape, no mostradas) al sistema de escape del motor diésel.

[12] Una carcasa 28 se extiende entre el mamparo 16 y el mamparo 26 y se acopla mecánicamente al mamparo 16 y al mamparo 26 (por ejemplo, mediante soldadura, soldadura fuerte o unión rígida similar) para formar un sello hermético entre los mamparos y la carcasa. La carcasa 28 está provista de un canal de entrada de refrigerante 30 y un canal de salida de refrigerante 32 para permitir que un flujo de refrigerante fluya al interior de la carcasa 28 más allá de los tubos contenidos dentro de la carcasa 28 y luego fuera de la carcasa 28 a un radiador externo u otro medio de descarga del calor rechazado de los tubos 20-24. Aunque en el modo de realización ilustrativo de la fig. 1,

el intercambiador de calor 10 comprende un intercambiador de calor de flujo paralelo con el canal de entrada de refrigerante 30 adyacente al extremo de entrada de gas 12. La invención no se debe considerar limitada al modo de realización del intercambiador de calor de flujo paralelo. Por ejemplo, un intercambiador de calor de contraflujo en el que el canal de entrada de refrigerante 30 es adyacente al extremo de salida de gas 14 se considera dentro del alcance de la invención.

[13] Con referencia adicional a la fig. 2, en el modo de realización ilustrativo, los tubos que discurren entre el mamparo 16 y el mamparo 26 se disponen para dar una pluralidad de haces de tubos, tales como el haz de tubos 34. Cada haz de tubos 34 se compone de una pluralidad de tubos individuales, por ejemplo, tres tubos individuales 20, 22, 24. Cada uno de los tubos individuales tiene una sección recta relativamente corta 36, 38, 40 en el extremo de entrada de gas 12 y una sección recta relativamente corta 42, 44, 46 en el extremo de salida de gas 14. Entre las secciones rectas relativamente cortas, cada uno de los tres tubos individuales 20, 22, 24 se enrolla en una hélice, teniendo cada una de las cuales el mismo paso helicoidal, radio helicoidal y dirección de torsión helicoidal (por ejemplo, a la derecha o a la izquierda). Todos los tubos individuales 20, 22, 24 del haz de tubos 34 comparten un eje helicoidal común 48.

[14] Como se analizó anteriormente en el presente documento, dado que cada tubo individual 20, 22, 24 se forma en forma de hélice, en lugar de como tubo recto, el alargamiento térmico de los tubos individuales se resuelve principalmente como un aumento en el diámetro helicoidal de los tubos en lugar de como un alargamiento de columna. Esto da como resultado una fuerza axial considerablemente reducida ejercida por los tubos sobre los mamparos 16 y 26. Por ejemplo, si un tubo recto de acero inoxidable de 5/16 pulgadas (7,94 mm) de diámetro que tiene una longitud de 16,5 pulgadas (419,1 mm), un área de sección transversal de 0,01922 in² (12,4 mm²) se somete a un cambio de temperatura de 400 °F (222 °C), si no está restringido, la longitud del tubo de acero inoxidable aumentará en 0,0653 pulgadas (1,65862 mm). Si el tubo está restringido por los mamparos, la fuerza ejercida por el tubo sobre los mamparos es superior a 2100 libras (9341 Newtons).

[15] Si, por otro lado, el tubo se tuerce para dar una hélice que tiene un diámetro helicoidal de 0,361 pulgadas (9,17 mm) y un paso helicoidal de 4,83 pulgadas (122,7 mm) por revolución, entonces de acuerdo con la ley de Hooke, la fuerza ejercida por el tubo sobre los mamparos para el mismo cambio de temperatura de 400 °F (222 °C) se reduce a un poco más de 52 libras (231 Newtons), lo que es una reducción en el esfuerzo de más de 40:1. Dado que los tubos enrollados helicoidalmente se comportan como resortes en espiral, se debe observar que el aumento del diámetro helicoidal y/o la disminución del ángulo de paso helicoidal provocará una reducción adicional correspondiente en la tasa del resorte y, por lo tanto, reducirá adicionalmente el esfuerzo sobre los mamparos, mientras que el aumento del diámetro y/o el espesor de los tubos provocará un aumento correspondiente en la tasa del resorte. Por consiguiente, variaciones en el paso helicoidal, el diámetro helicoidal, el diámetro del tubo y el espesor del tubo para acomodar la transferencia de calor, la expansión térmica y otras restricciones de diseño de una aplicación particular se consideran dentro del alcance de la invención.

[16] Con referencia adicional a la fig. 3, el haz de tubos 34 se muestra adyacente a un segundo haz de tubos 60. El haz de tubos 50 se compone de una pluralidad de tubos individuales, por ejemplo, tres tubos individuales 52, 54 y 56. Cada uno de los tubos individuales tiene una sección recta relativamente corta (no mostrada) en el extremo de entrada de gas 12 y una sección recta relativamente corta (no mostrada) en el extremo de salida de gas 14. Entre las secciones rectas relativamente cortas, cada uno de los tres tubos individuales 52, 54 y 56 se enrolla para dar una hélice, cada una de las cuales tiene el mismo paso helicoidal, radio helicoidal "r" y dirección de torsión helicoidal. Todos los tubos individuales 52, 54 y 56 del haz de tubos 50 comparten un eje helicoidal 58 común. El eje helicoidal 58 es paralelo al eje helicoidal 48 y radialmente desplazado por una distancia L1. Dado que los tubos individuales del haz de tubos 50 tienen la misma dirección de torsión, sin embargo, la distancia L1 no puede ser menor que:

$$L1 \geq \left[\left(\frac{2(t+d)}{\sqrt{3}} \right) + d \right]$$

donde "t" es el espacio entre los tubos en el haz y "d" es el diámetro externo de los tubos en el haz.

[17] Esto se debe a que si se intenta poner los haces de tubos más cerca entre sí, los tubos más cercanos (por ejemplo, los tubos 24 y 52) entrarán en contacto por donde se cruzan las hélices.

[18] Con referencia adicional a la fig. 4, el haz de tubos 34 se muestra adyacente a un segundo haz de tubos 60. El haz de tubos 60 se compone de una pluralidad de tubos individuales, por ejemplo, tres tubos individuales 62, 64 y 66. Cada uno de los tubos individuales tiene una sección recta relativamente corta (no mostrada) en el extremo de entrada de gas 12 y una sección recta relativamente corta (no mostrada) en el extremo de salida de gas 14. Entre las secciones rectas relativamente cortas, cada uno de los tres tubos individuales 62, 64 y 66 se enrolla para dar una hélice, cada una de las cuales tiene el mismo paso helicoidal, radio helicoidal "r" y torsión helicoidal, que es opuesto a la torsión helicoidal del haz de tubos 34. Todos los tubos individuales 62, 64 y 66 del haz de tubos 60 comparten un eje helicoidal 68 común. El eje helicoidal 68 es paralelo al eje helicoidal 48 y radialmente desplazado por una

distancia L2. Dado que los tubos individuales del haz de tubos 60 tienen la dirección de torsión opuesta, sin embargo, la distancia L2 puede ser menor que:

$$L2 < \left[\left(\frac{2(t+d)}{\sqrt{3}} \right) + d \right]$$

5

donde "t" es el espacio entre los tubos en el haz y "d" es el diámetro externo de los tubos en el haz.

Esto se debe a que los tubos que tienen torsión opuesta pueden anidar juntos sin que las hélices se crucen. En el modo de realización ilustrativo, la distancia L2 es sustancialmente igual a:

10

$$L2 = (t + d)\sqrt{3}$$

donde "t" es el espacio entre los tubos en el haz y "d" es el diámetro externo de los tubos en el haz.

15 Esto da como resultado un aumento significativo en la densidad de empaquetamiento de los haces de tubos individuales.

[19] Con referencia adicional a la fig. 5, en el modo de realización ilustrativo, el intercambiador de calor 20 comprende nueve haces de tubos unidos entre el mamparo 16 y el mamparo 26. La fila vertical más cercana de haces de tubos consiste en un haz de tubos 34a que consiste en tubos 20a, 22a y 24a, todos los cuales tienen una torsión helicoidal a la derecha. Inmediatamente adyacente al haz de tubos 34a está un haz de tubos 60a que consiste en tubos 62a, 64a y 66a, todos los cuales tienen una torsión helicoidal a la izquierda. Inmediatamente adyacente al haz de tubos 60a está un haz de tubos 34b que consiste en tubos 20b, 22b y 24b, todos los cuales tienen una torsión helicoidal a la derecha. Los tres haces de tubos se disponen en una disposición lineal en el sentido de que los ejes helicoidales 48a, 68a y 48b son paralelos y están en un plano común. Como se puede ver en la fig. 5, el resto de los haces de tubos se disponen con los ejes helicoidales ordenados en una serie de disposiciones lineales que forman una matriz rectangular. En la matriz, cada haz de tubos es adyacente en todos los lados a haces de tubos que tienen la torsión helicoidal opuesta. Así, por ejemplo, la fila vertical más cercana en la fig. 5 tiene haces que están a la derecha, a la izquierda, a la derecha. La fila vertical central tiene haces que están a la izquierda, a la derecha, a la izquierda y la fila vertical más lejana tiene haces que están a la derecha, a la izquierda, a la derecha. La capacidad de empaquetar estrechamente los haces de tubos entre sí en disposiciones lineales de cualquier cantidad de haces de tubos proporciona una amplia flexibilidad en el diseño de intercambiadores de calor de todas las formas y tamaños, desde delgados prismas rectangulares planos hasta prismas curvados y otras formas, según lo pueda requerir la aplicación particular.

35

[20] Aunque en el presente documento se han divulgado determinados procedimientos y modos de realización ilustrativos, será evidente a partir de la divulgación anterior para los expertos en la técnica que se pueden hacer variaciones y modificaciones de dichos procedimientos y modos de realización sin apartarse de la invención. Por ejemplo, aunque en el modo de realización ilustrativo cada haz de tubos está hecho de tres tubos individuales, haces que consisten en dos tubos, tres tubos, cuatro tubos o más se consideran dentro del alcance de la invención. Un haz de tres tubos es meramente preferente debido a la eficiencia en la utilización del espacio inherente en un haz de tres tubos.

40

[21] Adicionalmente, aunque los tubos que forman los haces de tubos en el modo de realización ilustrativo son de sección transversal circular, se pueden usar ventajosamente tubos que tienen secciones transversales no circulares en un intercambiador de calor que incorpora características de la presente invención y, por lo tanto, se consideran dentro del alcance de la invención. También, se debe observar que, aunque el eje helicoidal de los haces de tubos se extiende de mamparo a mamparo, no es necesario que los haces de tubos sean continuamente helicoidales de mamparo a mamparo, siempre que sean helicoidales alrededor de un eje helicoidal común sobre alguna porción de su longitud. Por consiguiente, se pretende que la invención se limite solo en la medida requerida por las reivindicaciones adjuntas. Adicionalmente, como se usa en el presente documento, las referencias a la dirección tales como "arriba" o "abajo" pretenden ser ejemplares y no se consideran como limitativas de la invención y, a menos que se defina específicamente lo contrario, los términos "en general", "sustancialmente" o "aproximadamente" cuando se usan con conceptos matemáticos o mediciones significan dentro de ± 10 grados de ángulo o dentro de un 10 por ciento de la medición, cualquiera que sea mayor.

50

55

REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor (10) para transferir calor entre un primer fluido y un segundo fluido que comprende un primer haz de tubos (34) que comprende una primera pluralidad de tubos (20, 22, 24) adaptados para permitir que el primer fluido fluya a través de los mismos, teniendo la primera pluralidad de tubos (20, 22, 24) cada uno una entrada (36, 38, 40) que forma un primer conjunto de entradas, teniendo la primera pluralidad de tubos (20, 22, 24) cada uno una salida (42, 44, 46) que forma un primer conjunto de salidas, estando unido el primer conjunto de entradas a un soporte de entrada (16) en un extremo de entrada (12), estando unido el primer conjunto de salidas a un soporte de salida (26) en un extremo de salida (14), siguiendo cada uno de la primera pluralidad de tubos (20, 22, 24) una trayectoria helicoidal a lo largo de un primer eje helicoidal (48) común que se extiende desde el extremo de entrada (12) hasta el extremo de salida (14), teniendo la trayectoria helicoidal de cada uno de la primera pluralidad de tubos sustancialmente el mismo paso helicoidal y radio helicoidal; comprendiendo además el intercambiador de calor (10) un segundo haz de tubos (60) que comprende una segunda pluralidad de tubos (62, 64, 66) adaptados para permitir que el primer fluido fluya a través de los mismos, teniendo la segunda pluralidad de tubos (62, 64, 66) cada uno una entrada que forma un segundo conjunto de entradas, teniendo la segunda pluralidad de tubos (62, 64, 66) cada uno una salida que forma un segundo conjunto de salidas, estando unido el segundo conjunto de entradas al soporte de entrada (16) en el extremo de entrada (12), estando unido el segundo conjunto de salidas al soporte de salida (26) en el extremo de salida (14), siguiendo cada uno de la segunda pluralidad de tubos una trayectoria helicoidal a lo largo de un segundo eje helicoidal (68) común que se extiende desde el extremo de entrada (12) al extremo de salida (14), teniendo la trayectoria helicoidal de cada uno de la segunda pluralidad de tubos (62, 64, 66) sustancialmente el mismo paso helicoidal y radio helicoidal, en el que el segundo eje helicoidal (68) común está en una ubicación radialmente desplazada del primer eje helicoidal (48) común, comprendiendo además el intercambiador de calor (10) una carcasa (28) que rodea el primer y segundo haces de tubos (34, 60), teniendo la carcasa (12) un puerto de entrada (30) y un puerto de salida (32) para hacer fluir el segundo fluido a través de la carcasa (12) más allá del primer y segundo haces de tubos (35, 60); **caracterizado por que:**
- el primer haz de tubos (35) proporciona tubos enrollados en una hélice que tiene una hélice a la derecha, y
 el segundo haz de tubos (60) proporciona tubos enrollados en una hélice a la izquierda, y en el que los haces de tubos (35, 60) se posicionan con sus ejes helicoidales más cerca unos de otros de lo que sería posible si todos los haces de tubos tuvieran la misma dirección de torsión.
2. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en el que el primer conjunto de entradas está unido a un soporte de entrada (16) en un extremo de entrada (12) con los centros del primer conjunto de entradas dispuestos en una primera trayectoria circular, y el primer conjunto de salidas está unido a un soporte de salida (26) en un extremo de salida (14) con los centros de dicho primer conjunto de salidas dispuestos a lo largo de una segunda trayectoria circular, y en el que, el segundo conjunto de entradas está unido al soporte de entrada (16) en el extremo de entrada (12) con los centros del segundo conjunto de entradas dispuestos en una tercera trayectoria circular, y el segundo conjunto de salidas está unido al soporte de salida (26) en el extremo de salida (14) con los centros de dicho segundo conjunto de salidas dispuestos a lo largo de una cuarta trayectoria circular.
3. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en el que el segundo eje helicoidal (68) común está radialmente desplazado del primer eje helicoidal (48) común en una cantidad que es
- $$\left(\frac{2(t+d)}{\sqrt{3}} \right) + d$$
- menos que , donde "t" es el espacio entre la pluralidad de tubos (36, 38, 40, 62, 64, 66) en el primer y segundo haces de tubos (35, 60) y "d" es el diámetro externo de los tubos en el haz.
4. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en el que: el segundo eje helicoidal (68) común está radialmente desplazado del primer eje helicoidal (34) común en una cantidad que es al menos $(t + d) \sqrt{3}$.
5. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, que comprende además:
- un tercer haz de tubos (34b) que comprende una tercera pluralidad de tubos (20b, 22b, 24b), siguiendo cada uno de la tercera pluralidad de tubos (20b, 22b, 24b) una trayectoria helicoidal a lo largo de un tercer eje helicoidal (48b) común, estando el tercer eje helicoidal en una ubicación radialmente desplazada del primer eje helicoidal común, de modo que el primer eje helicoidal (34), el segundo eje helicoidal (68) y el tercer eje helicoidal (48b) se encuentran en un plano común.
6. El intercambiador de calor de la reivindicación 5, en el que:

la primera y la tercera pluralidad de tubos (20, 22, 24, 20b, 22b, 24b) tienen una torsión a la derecha y la segunda pluralidad de tubos (62, 64, 66) tiene una torsión a la izquierda.

5 7. El intercambiador de calor de la reivindicación 6, en el que:

el eje helicoidal de cada uno del primer, segundo y tercer haces de tubos (34, 60, 34b) está radialmente

desplazado del haz de tubos adyacente en una cantidad que es menor que $\left(\frac{2(t+d)}{\sqrt{3}}\right)+d$.

10 8. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, que comprende además:

15 un tercer haz de tubos (34b) y un cuarto haz de tubos (60a), comprendiendo el tercer haz de tubos una tercera pluralidad de tubos (20b, 22b, 24b), siguiendo cada uno de la tercera pluralidad de tubos una trayectoria helicoidal a lo largo de un tercer eje helicoidal común (48b), comprendiendo el cuarto haz de tubos (60), una cuarta pluralidad de tubos (62a, 64a, 66a), siguiendo cada uno de la cuarta pluralidad de tubos (62a, 64a, 66a) una trayectoria helicoidal a lo largo de un cuarto eje helicoidal común (68a), estando ubicados el tercer y cuarto ejes helicoidales (48b, 68a) radialmente desplazados del primer eje helicoidal común (48) de manera que el primer, segundo, tercer y cuarto ejes helicoidales (48, 68a, 48b) forman una disposición rectangular.

20 9. El intercambiador de calor de la reivindicación 8, en el que:

25 la mitad del número total de haces de tubos tiene tubos con una torsión helicoidal a la derecha y la mitad de los haces de tubos tienen tubos con una torsión helicoidal a la izquierda, en el que los haces de tubos están dispuestos de manera que cada haz de tubos que tiene una torsión helicoidal a la derecha es adyacente solo a los haces de tubos que tienen una torsión helicoidal a la izquierda.

10. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en el que:

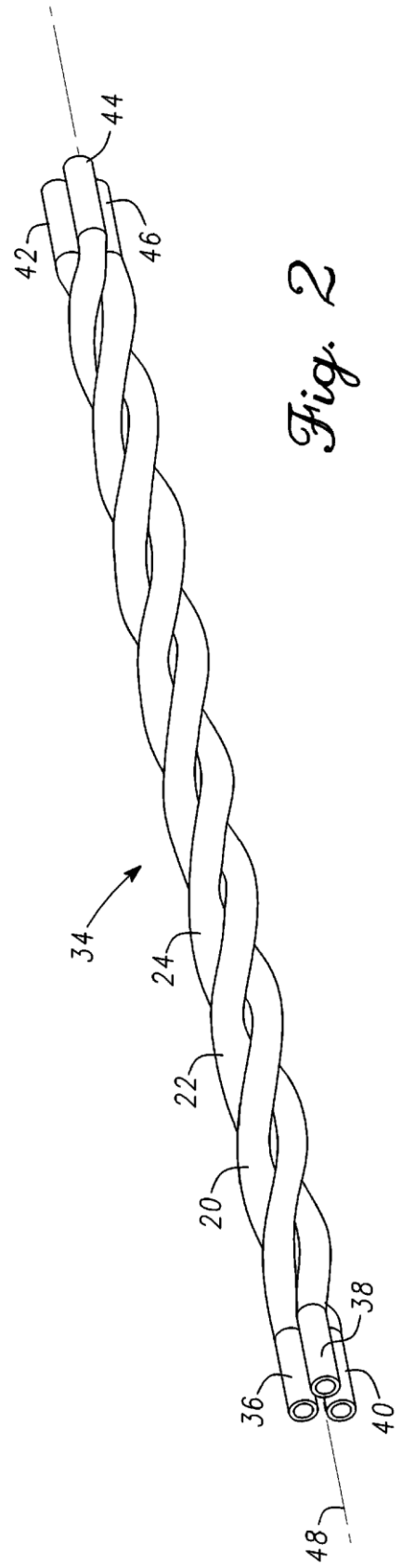
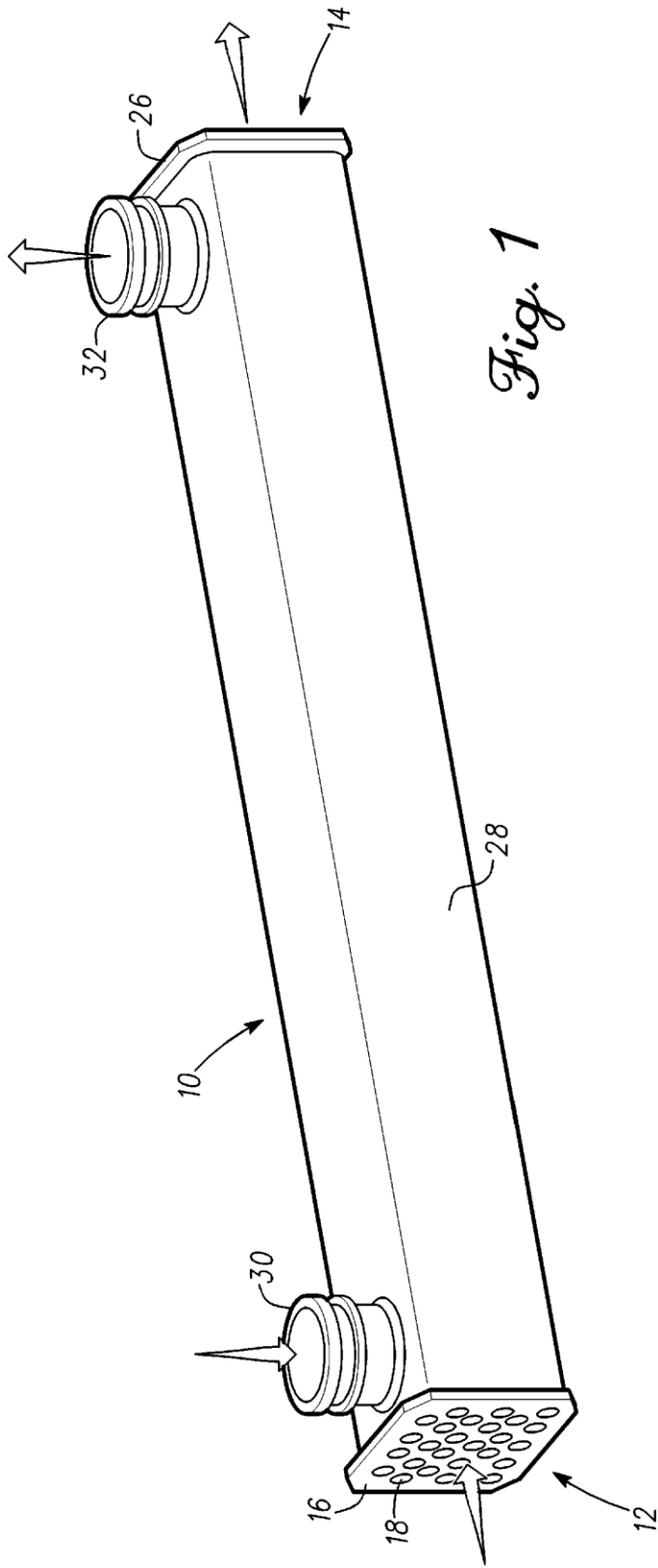
30 el primer y el segundo haz de tubos (34, 60) consisten cada uno en exactamente tres tubos.

11. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en el que:

35 el primer fluido es el gas de escape de un motor de combustión interna.

12. El intercambiador de calor de la reivindicación 11, en el que:

40 el segundo fluido es refrigerante del sistema de enfriamiento de un motor de combustión interna.



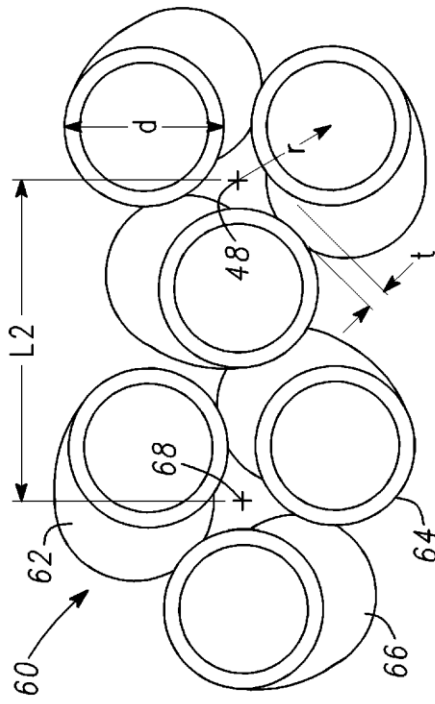


Fig. 4

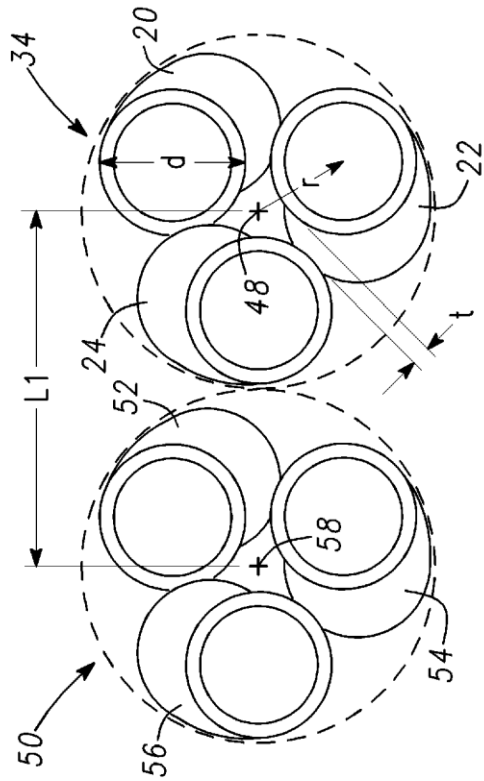


Fig. 3

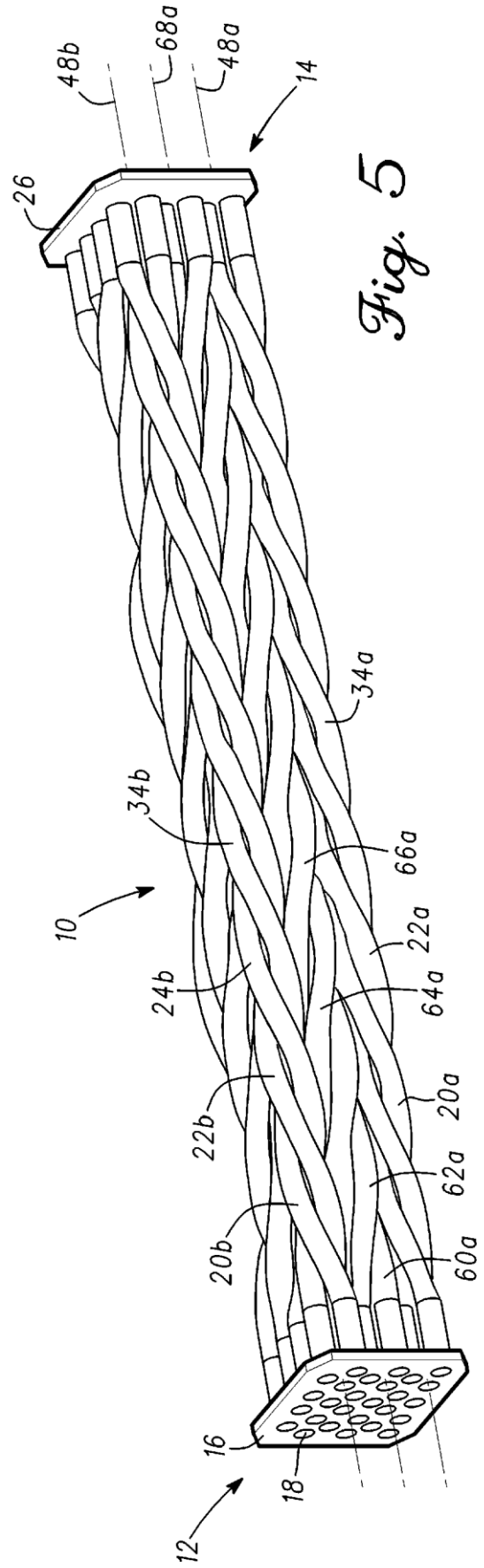


Fig. 5