

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 774**

51 Int. Cl.:

F28D 7/10	(2006.01)
F28D 21/00	(2006.01)
F01K 23/06	(2006.01)
F01N 5/02	(2006.01)
F01K 25/00	(2006.01)
F28D 7/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2012 PCT/US2012/048911**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO13019761**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2012 E 12820005 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2841748**

54 Título: **Sistema de recuperación y conversión de calor residual, e intercambiador de calor relacionado**

30 Prioridad:

29.07.2011 US 201161457997 P
 29.07.2011 US 201161457996 P
 29.07.2011 US 201161457998 P
 29.07.2011 US 201161457995 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.03.2018

73 Titular/es:

FILIPPONE, CLAUDIO (100.0%)
 8708 48th Place
 College Park, MD 20740, US

72 Inventor/es:

FILIPPONE, CLAUDIO

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 659 774 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de recuperación y conversión de calor residual, e intercambiador de calor relacionado

5 SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCION

Diversas realizaciones de la presente invención se refieren, en general, a un sistema de recuperación de calor residual y a procedimientos relacionados con el mismo. En particular, determinadas realizaciones a modo de ejemplo se refieren a un sistema de recuperación de calor residual y/o a un sistema de conversión energética que pueden estar integrados con una fuente de calor residual.

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA RELACIONADA

Diversos procesos industriales y/o motores termodinámicos descargan calor residual en el medio ambiente. Por ejemplo, un motor de combustión típico utilizado para la propulsión de un vehículo móvil (por ejemplo, una locomotora, un automóvil o una embarcación marítima) o para la producción de energía (por ejemplo, generadores diesel-eléctricos), tiene una eficiencia termodinámica, en general, inferior al 40%. Se pueden producir eficiencias menores cuando estos motores no funcionan en sus condiciones operativas óptimas tal como, por ejemplo, en vacío, en transitorios de aceleración, y en funcionamientos del motor a potencias bajas y elevadas. La eficiencia puede disminuir adicionalmente en motores con controles de medición del combustible puramente mecánicos o poco sofisticados.

En la mayor parte de aplicaciones de los motores de combustión y en la mayoría de las condiciones de funcionamiento, del 22% al 46% de la energía total del combustible utilizado por un motor de combustión se pierde normalmente mediante los gases de escape y en la refrigeración del motor, lo que representa calor residual descargado al medio ambiente. El documento EP 884550 da a conocer un intercambiador de calor según el preámbulo de la reivindicación 1.

30 CARACTERÍSTICAS

Por lo tanto, puede ser necesario desarrollar un sistema de recuperación de calor y un procedimiento para la recuperación y/o la conversión de calor residual en energía utilizable. Recuperar dicho calor residual y/o convertirlo en energía utilizable puede aumentar la eficiencia, lo que tiene como resultado ahorros de combustible así como una reducción en la emisión de contaminantes y de la descarga térmica al medio ambiente.

En la reivindicación independiente 1 se define un intercambiador de calor para la recuperación de calor residual, según la invención. En la reivindicación 12 se define sistema correspondiente de recuperación de calor residual.

Por consiguiente, diversas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención pueden proporcionar un sistema integral de recuperación y conversión de calor residual, y procedimientos relacionados que pueden recuperar y convertir de forma fiable y económica la energía del calor residual. Por ejemplo, determinadas realizaciones a modo de ejemplo dan a conocer un intercambiador de calor modular de alta presión para extraer la energía del calor residual de diversos sistemas termodinámicos y un sistema integral de conversión para transformar finalmente la energía extraída del calor residual en electricidad y/o en otras formas de energía utilizable.

Un aspecto, a modo de ejemplo, puede proporcionar un sistema modular escalable de recuperación y conversión integral de la energía del calor residual configurado para convertir la energía del calor residual producida por cualquier fuente que expulse energía térmica al medio ambiente para calentar un fluido de trabajo que circula por el interior de intercambiadores de calor modulares de alta presión acoplados térmica e hidráulicamente a una unidad de conversión energética (PCU) para una conversión eficiente de calor residual en energía utilizable.

El fluido de trabajo puede ser un fluido adecuado con propiedades termo-físicas que favorezcan los cambios de fase de líquido sub-enfriado a vapor sobrecalentado cuando es sometido a una transferencia de calor de baja energía desde cualquier fluido de la fuente de calor al fluido de trabajo. El fluido de trabajo puede ser asimismo un gas. En este caso, el sistema de recuperación y conversión de calor residual puede ser simplificado ya que no se requieren componentes dedicados a la condensación del fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor modulares junto con el sistema integrado de conversión de calor residual, pueden ser configurados para adaptarse a los parámetros siempre cambiantes que caracterizan las diversas fuentes de producción de calor residual, especialmente cuando estas fuentes están representadas por motores de combustión interna.

Otro aspecto puede utilizar intercambiadores de calor modulares y escalables configurados para precalentar y sobrecalentar el fluido de trabajo para su expansión en el interior del sistema de conversión de calor residual como una reconversión no invasiva para motores de combustión interna. En este caso, el sistema de recuperación y conversión de calor residual, puede estar formado por interfases universales de precalentamiento que acoplan el

sistema termo-hidráulico de la fuente de calor residual (es decir, tuberías, conexiones, conductos que transportan el fluido del calor residual), por lo menos, a un dispositivo de expansión de una turbina, a un alternador rápido, y a una bomba de alta presión dedicada a comprimir el fluido de trabajo para la conversión de la energía del calor residual en electricidad y en otras formas utilizables de energía. Como un ejemplo de formas utilizables de energía, un sistema de compresión puede estar acoplado con componentes que giran a gran velocidad que constituyen el sistema integral de conversión energética, de modo que proporcionan aire de admisión comprimido a un motor de combustión e incrementan su rendimiento reduciendo al mismo tiempo la formación de partículas de materia durante la marcha en vacío y en las configuraciones de potencia intermedia.

Aunque las tecnologías de la parte baja del ciclo dedicadas a motores de combustión presentan, en general, bajas eficiencias, altos costes de fabricación, altos costes de mantenimiento y baja fiabilidad, la presente invención está prevista para proporcionar una solución a la baja fiabilidad y a los altos costes representados por tecnologías similares mediante intercambiadores de calor de alta presión relativamente sencillos de fabricar, con formas geométricas y materiales que resisten las duras condiciones en las que trabajan estos equipos y que pueden ser montados como agrupaciones de intercambiadores de calor, o módulos múltiples, para ajustarse a la disponibilidad de la fuente de calor residual. El sistema termo-hidráulico de conectividad escalable, modular e integral del sistema de recuperación y conversión de calor residual que caracteriza la presente invención permite esquemas de reconversión que no requieren una gran financiación. Unos módulos individuales pueden ser instalados gradualmente y en secuencia con lo que los ahorros obtenidos por medio del funcionamiento de cada módulo a lo largo del tiempo pueden tener como resultado una "auto-financiación" para la instalación de módulos adicionales hasta adaptarse a la disponibilidad total de la fuente de energía de calor residual.

La energía del calor residual transportada, por ejemplo, por el fluido que circula por el sistema de refrigeración y las tuberías de los gases de escape de un proceso industrial o de un sistema de combustión, calienta un fluido de trabajo adecuado en el interior de un intercambiador de calor modular en contacto térmico con el fluido que transporta la energía del calor residual sin mezclarse con este fluido. Por medio del intercambiador de calor modular, el fluido de trabajo se expande cambiando de estado termodinámico de líquido a vapor sobrecalentado (para un fluido de trabajo caracterizado por un sistema de líquido y vapor, o que contiene las dos fases) en el interior de canales optimizados dinámicamente para fluidos derivados internamente del intercambiador de calor de alta presión.

Los canales están formados por medio de superficies en el interior del intercambiador de calor modular configuradas de tal modo que aumentan el tiempo de permanencia del fluido de trabajo y mejoran el acoplamiento térmico del fluido de trabajo con el fluido que transporta la energía del calor residual. El tiempo de permanencia aumenta utilizando formas geométricas del canal que fuerzan al fluido de trabajo a pasar por trayectorias que aumentan la turbulencia mientras que el fluido de trabajo se acelera como consecuencia de su expansión a través de los canales y como resultado de la transferencia de la energía calorífica desde las superficies internas del intercambiador de calor a alta presión.

Además, el tiempo de permanencia se incrementa configurando el fluido de trabajo y el fluido que transporta la energía del calor residual, de tal modo que esencialmente se crea un torbellino o se hace girar el fluido de trabajo y el fluido que transporta la energía del calor residual mientras moja y rodea las superficies que forman el sistema de la fuente de calor residual.

El acoplamiento térmico entre el fluido de trabajo y el fluido que transporta la energía del calor residual se produce sin mezclar y se mejora utilizando materiales de conductibilidad térmica elevada que forman las estructuras de soporte de los canales, de tal modo que los hacen capaces de resistir alta presión, tensiones térmicas y deformación mecánica en todos los ejes. Cuando el fluido de trabajo circula a través del intercambiador de calor modular se sobrecalienta y, dependiendo del fluido de trabajo seleccionado, puede cambiar de fase de líquido a vapor sobrecalentado. En este momento, el fluido de trabajo sobrecalentado que sale del intercambiador de calor modular puede entrar en una serie de intercambiadores modulares de precalentamiento y de intercambiadores de calor modulares para aumentar la transferencia de la energía del calor residual al fluido de trabajo para la expansión directa o indirecta de los vapores del fluido de trabajo sobrecalentados en el interior de, por lo menos, un conjunto de sistemas de turbina-alternador para la conversión de la energía del fluido de trabajo en energía mecánica y eléctrica, respectivamente.

Tal como se ha mencionado, dependiendo de la aplicación, el intercambiador de calor modular y el sistema de conversión de calor residual formado por una turbina y un alternador pueden estar acoplados mecánicamente o termo-hidráulicamente a un sistema de compresor de aire para la generación de aire comprimido. Cuando se suministra aire comprimido al colector de admisión de un motor de combustión, los resultados son una reducción de la emisión de contaminantes y una mejora del rendimiento del motor.

Finalmente, el fluido de trabajo que sale del sistema de la turbina es enfriado, bien por medio de intercambiadores de calor acoplados térmicamente con un fluido del entorno (es decir, un fluido de trabajo gaseoso de una sola fase) o se le hace condensar en el interior de una cámara de condensación instantánea (es decir, un fluido de trabajo de fase líquido-vapor), produciendo de este modo un vacío en la salida de la turbina con el resultado de un aumento de la eficiencia del sistema de recuperación y conversión de calor residual.

Determinadas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención están enfocadas a aplicaciones de la parte baja del ciclo y hacen su utilización comercialmente viable en el contexto, por ejemplo, de aplicaciones en motores de combustión interna. Asimismo, diversas realizaciones a modo de ejemplo pueden proporcionar la posibilidad de que el sistema de recuperación y conversión de calor residual sea mínimamente invasivo, con unos intercambiadores de calor de alta presión lo suficientemente robustos como para resistir su exposición a la llama directa para funcionamiento en entornos altamente corrosivos para una fiabilidad elevada durante periodos de tiempo prolongados. En conjunto, el sistema de recuperación y conversión de calor residual puede transformar de forma eficiente la energía del calor residual de alto y bajo nivel en energía reutilizable sin interferir de manera significativa con las condiciones de la dinámica de fluidos que caracterizan el fluido que transporta la energía del calor residual desde las fuentes de calor residual al medio ambiente dado que los intercambiadores de calor de alta presión de precalentamiento y los intercambiadores de calor de alta presión de sobrecalentamiento están diseñados para reducir la contrapresión generada normalmente por la formación de resistencia entre el fluido de la fuente de calor y las superficies de los intercambiadores de calor de alta presión.

Los objetivos y ventajas adicionales de la invención serán expuestos en parte en la descripción siguiente, y en parte resultarán obvios a partir de la descripción, o pueden ser aprendidos mediante la práctica de la invención. Los objetivos y las ventajas de la invención se realizarán y alcanzarán por medio de los elementos y combinaciones señalados en particular en las reivindicaciones adjuntas.

Se debe comprender que tanto la anterior descripción general como la siguiente descripción detallada son solamente a modo de ejemplo y de explicación y no son limitativas de la invención, tal como se reivindica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos, que están incorporados a esta memoria descriptiva y constituyen una parte de la misma, muestran diversas realizaciones de la invención, y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención.

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra una aplicación de un sistema de recuperación y conversión de calor según una realización a modo de ejemplo.

La figura 2 es un diagrama esquemático que muestra aplicaciones a modo de ejemplo de un acoplador universal térmico e hidráulico que forma una interconexión entre el intercambiador de calor de alta presión y la fuente de calor, comprendiendo al mismo tiempo una tobera para dirigir el fluido de calor residual y tiene características que permiten que el intercambiador de calor de alta presión se expanda y se contraiga mecánicamente, libremente, proporcionando al mismo tiempo un cierre hidráulico estanco con la fuente de calor residual.

La figura 3 es una vista, en perspectiva, del acoplador universal térmico e hidráulico que forma el intercambiador de calor de alta presión de la figura 2.

La figura 4 es una vista, en perspectiva, de un conducto que se puede reconvertir, para transportar el fluido que conduce la energía del calor residual desde una fuente de calor residual a un intercambiador de calor modular de alta presión acoplado de manera integral al conducto, y muestra las paredes exteriores de un intercambiador de calor de alta presión que presenta formas geométricas que permiten redirigir el fluido de la fuente de calor mientras realiza las funciones de una tobera.

La figura 5 es una vista, en perspectiva, de un conducto que se puede reconvertir, para transportar el fluido que conduce la energía del calor residual desde una fuente de calor residual al intercambiador de calor modular de alta presión de la figura 4, mostrando el acoplamiento del intercambiador de calor de alta presión con un elemento de cierre estanco flexible.

La figura 6 es un diagrama esquemático que muestra aplicaciones a modo de ejemplo de un intercambiador de calor de alta presión situado en el interior de un conducto del fluido de la fuente de calor.

La figura 7 es una vista, en perspectiva, de un intercambiador de calor de alta presión para configuraciones de reconversión en las que el intercambiador de calor de alta presión puede estar situado en el interior de los conductos del fluido de la fuente de calor con una mínima resistencia y una máxima transferencia de calor entre la fuente de calor residual y el fluido de trabajo.

La figura 8 es una vista, en perspectiva, de un conducto o colector de la fuente de calor residual reconvertido con deflectores para aumentar el mezclado y la turbulencia del fluido del calor residual.

La figura 9 es una vista, en perspectiva, de intercambiadores de calor modulares de alta presión agrupados para formar una agrupación acoplada termo-hidráulicamente de intercambiadores de calor de alta presión sumergidos en el fluido de la fuente de calor.

La figura 10 es una vista, en perspectiva, de múltiples intercambiadores de calor modulares de alta presión agrupados y conectados termo-hidráulicamente a intercambiadores de calor universales de alta presión con desacopladores vibratorios y estructurales acoplados termo-hidráulicamente y mecánicamente a una fuente de calor residual a modo de ejemplo, representada por los gases de escape de un motor de combustión.

La figura 11 es un diagrama esquemático que muestra aplicaciones a modo de ejemplo de una unidad de conversión energética (PCU, power conversion unit) para la conversión de la energía recuperada del calor residual en electricidad y en otras formas utilizables de energía. El esquema muestra el acoplamiento entre el dispositivo de expansión, un generador/motor rápido, una bomba de alta presión, en que el dispositivo de expansión proporciona características para la utilización de aire comprimido.

La figura 12 es una vista, en perspectiva, de una unidad compacta de conversión energética a modo de ejemplo con las características mostradas en el esquema de la figura 11 y que presenta acoplamientos universales termo-hidráulicos y eléctricos.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES A MODO DE EJEMPLO

A continuación se hará referencia en detalle a las realizaciones a modo de ejemplo de la invención, de las que se muestran en ejemplos en los dibujos adjuntos. En la medida de lo posible, se han utilizado los mismos números o letras de referencia en todos los dibujos para hacer referencia a piezas iguales o similares.

Diversas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención dan a conocer un sistema y un procedimiento para recuperar calor residual de una fuente de calor y convertirlo en energía utilizable. En algunas realizaciones a modo de ejemplo, el sistema de recuperación de calor puede estar formado como un sistema modular único en el que los diversos componentes del sistema están integrados en una única unidad modular. Por ejemplo, tal como se describirá más adelante con mayor detalle, el sistema de recuperación y conversión de calor residual utiliza energía del calor residual para calentar un fluido de trabajo que circula por el interior de intercambiadores de calor acoplados térmica e hidráulicamente a un sistema de conversión energética integrado formado por una o varias turbinas de expansión alojadas en una unidad de conversión energética y acopladas a sistemas de conversión de energía (por ejemplo, un generador eléctrico, una bomba de alta presión, un embrague o un acoplador mecánico directo que proporciona un par motor para el accionamiento de un compresor o como un generador de par motor).

El fluido de trabajo puede ser cualquier fluido que tenga propiedades termo-físicas que favorezcan los cambios de fase de líquido a vapor sobrecalentado cuando es expuesto a una fuente de calor residual. Alternativamente, el sistema de recuperación y conversión de calor residual puede utilizar un fluido de trabajo gaseoso. En este caso, la unidad integral de conversión energética puede ser configurada para reciclar el gas después de su expansión en el dispositivo de expansión de la turbina, sustituyendo la bomba de alta presión por un compresor/ventilador y eliminando el condensador.

Los intercambiadores de calor de la presente invención pueden ser utilizados para precalentar y sobrecalentar el fluido de trabajo y como una interconexión mecánica y termo-hidráulica para desacoplar el entorno vibratorio y estructural representado por la fuente de calor de las estructuras de los intercambiadores de calor. Los intercambiadores de calor pueden estar formados por superficies compactas de intercambio de calor a alta presión que contienen canales para la circulación del fluido de trabajo y están dotadas de bridas universales para el acoplamiento termo-hidráulico con la fuente de calor residual. Los intercambiadores de calor pueden ser modulares y estar configurados como sistemas autónomos o como agrupaciones de sistemas de intercambiadores de calor junto con el sistema de conversión energética que forma el sistema integrado de conversión de calor residual de la presente invención y pueden estar configurados para tolerar los factores de tensión generados por los parámetros termodinámicos siempre cambiantes que caracterizan las diversas fuentes de producción de calor residual, especialmente cuando estas fuentes están representadas por motores de combustión interna. Para conseguir las ventajas, y de acuerdo con el propósito de la invención tal como se ha expresado y descrito en líneas generales en la presente memoria, un aspecto de la invención da a conocer medios para utilizar el intercambiador de calor modular ampliable y los sistemas integrales de conversión del calor residual para aplicaciones en motores de combustión interna en los que el sistema de recuperación y conversión de calor residual pueden estar formados acoplando, por lo menos, un dispositivo de expansión de una turbina para un generador/motor eléctrico y un compresor de aire para la conversión de energía del calor residual en electricidad y aire comprimido, respectivamente, mediante una configuración que puede ser una reconversión no invasiva de plataformas de motores de combustión existentes, así como de motores de combustión nuevos utilizados para la propulsión directa o para aplicaciones híbridas (por ejemplo, vehículos diesel-eléctricos, vehículos de gas-eléctricos y plataformas estacionarias de generador eléctrico accionado por motor de combustión).

Como las fuentes de calor residual pueden estar representadas por medio de configuraciones diferentes utilizando diversos fluidos para la expulsión de la energía del calor residual al medio ambiente, un objetivo de la presente invención es dar a conocer un sistema, universal, escalable, modular de recuperación de calor residual y conversión integral para la conversión de las diversas formas de la energía del calor residual en energía útil, de manera fácil,

con configuraciones mínimamente invasivas altamente adaptables a las diversas fuentes de calor residual requiriendo un mantenimiento mínimo. Dependiendo de la aplicación, del grado o de la temperatura de la fuente de calor residual (por ejemplo, alta, intermedia o baja energía) y del caudal másico del fluido que transporta la energía del calor residual para su expulsión final al medio ambiente, el intercambiador de calor modular escalable y el sistema integral de conversión de la presente invención pueden estar acoplados en paralelo, en serie o en cualquier configuración híbrida (por ejemplo, en serie y en paralelo). De manera similar, los módulos que forman la realización de la invención son escalables para adaptarse directamente a la clasificación de disponibilidad de la fuente de calor residual mediante la utilización de un único módulo grande, o agrupaciones de módulos más pequeños que se adaptan conjuntamente a la energía total de calor residual emitida desde la fuente de calor residual.

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra diversas aplicaciones industriales de un sistema de recuperación y conversión de calor según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 1, la conversión de la energía del calor residual de una fuente de calor -1- en energía utilizable puede tener como resultado una menor emisión de calor -4- al medio ambiente, dado que una parte de la energía del calor residual normalmente descargada al medio ambiente es convertida en formas de energía utilizables. La fuente de calor -1- puede ser cualquier calor sobrante o residual de un proceso industrial, un motor de combustión o cualquier otra fuente de calor. Únicamente a modo de ejemplo, la fuente de calor -1- puede comprender gases de escape de motores de combustión, vapor de agua o gases calientes de diversos procesos industriales y líquidos residuales liberados en el entorno o enfriados mediante sistemas de refrigeración de bucle cerrado antes de ser descargados al medio ambiente.

El fluido -2- de la fuente de calor puede estar en forma de gas o de líquido. Se hace que el fluido -2- de la fuente de calor que transporta energía del calor residual de la fuente de calor -1- intercambie su energía térmica con el primer intercambiador de calor -3- configurado para precalentar el fluido de trabajo -4- antes de entrar en el segundo intercambiador de calor -5- configurado para sobrecalentar el fluido de trabajo -4- mientras circula por el interior de sus canales. El fluido de trabajo -4- circula en un bucle cerrado y no se mezcla con el fluido -2- de la fuente de calor. El primer intercambiador de calor -3- y el segundo intercambiador de calor -5- pueden estar configurados con un acoplamiento termo-hidráulico y mecánico flexible para atenuar los factores de tensión vibratorios provocados por el acoplamiento de los intercambiadores de calor con la fuente de calor -1-, proporcionando de este modo una interconexión entre los intercambiadores de calor y la fuente de calor para mitigar los factores de tensión vibratorios y térmicos. Cuando el fluido -2- de la fuente de calor transfiere su energía térmica al fluido de trabajo -4-, el fluido -2- de la fuente de calor disminuye su contenido energético para su descarga final al medio ambiente a temperaturas menores.

Los intercambiadores de calor en la interconexión de precalentamiento -3- pueden tener superficies de transferencia del calor suficientemente grandes para obtener directamente un recalentamiento del fluido de trabajo -4-. Si el fluido de trabajo -4- es un fluido de fase líquido-vapor, el fluido de trabajo -4- puede estar en un estado de sub-refrigeración a la entrada de la interconexión de precalentamiento -3-. Dependiendo del estado termodinámico del fluido -2- de la fuente de calor, el fluido de trabajo -4- puede salir de la interconexión de precalentamiento -3- como un líquido sub-enfriado, una mezcla de vapor y líquido o en un estado termodinámico sobrecalentado.

El fluido de trabajo -4- que sale del primer intercambiador de calor -3- entra en el segundo intercambiador de calor -5- configurado como un intercambiador de calor independiente de alta presión o como una agrupación de intercambiadores de calor modulares para proporcionar un intercambio adicional de energía térmica entre el fluido -2- de la fuente de calor y el fluido de trabajo -4- a través de sus superficies de transferencia de calor ampliadas. El fluido de trabajo -4- sobrecalentado que sale del segundo intercambiador de calor -5- entra a continuación en una unidad -6- de conversión energética (PCU) para su expansión en el interior de un conjunto de turbinas o dispositivos de expansión para la conversión del calor de la fuente -1- en electricidad, aire comprimido, y/o cualquier otra forma de energía utilizable mientras proporciona potencia de bombeo para que el fluido de trabajo -4- circule por el bucle cerrado formado por el acoplamiento del primer intercambiador de calor, el segundo intercambiador de calor y la PCU -6-. La PCU -6- puede ser integral dado que su dispositivo de expansión, bomba, alternador/motor, acoplador del par motor, y condensador pueden estar configurados como una sola pieza dentro del mismo cuerpo envolvente. Esta configuración es particularmente adecuada para aplicaciones dedicadas a motores de combustión interna acoplados a generadores eléctricos, ya que el sistema de recuperación y conversión de calor residual de la presente invención convierte una parte de la energía recuperada del calor residual en electricidad para un acoplamiento directo en tensión y en fase con los generadores eléctricos y los equipos accionados por el motor de combustión interna.

La conversión de una parte de la energía del calor residual en aire comprimido puede ser necesaria para satisfacer características de reducción de contaminantes del sistema de recuperación y conversión de calor residual. Convertir de una parte del calor recuperado de la fuente -1-, cuando se aplica a motores de combustión, en aire comprimido proporciona al motor de combustión un exceso de oxígeno (aire) cuando el motor funciona a revoluciones por minuto (rpm) bajas y/o a cargas transitorias elevadas. La mayor parte de los motores de combustión interna que funcionan en estas condiciones presentan unas elevadas emisiones de contaminantes. Por consiguiente, proporcionar aire comprimido como resultado de la recuperación y la conversión de calor residual tiene como resultado reducciones en la emisión de contaminantes, mejorando al mismo tiempo el rendimiento del motor de combustión a bajas

revoluciones (rpm) y durante los periodos transitorios en los que el ciclo de trabajo del motor de combustión cambia de cargas reducidas a cargas elevadas.

5 Como resultado de la transferencia de energía térmica con el fluido de trabajo -4-, el fluido -2- de la fuente de calor que sale del segundo intercambiador de calor -5- puede estar caracterizado por unas temperaturas más bajas permitiendo de este modo metodologías de recirculación de los gases de escape y una disminución adicional de las emisiones de contaminantes.

10 Para fuentes de calor residual caracterizadas por procesos de aire no respirable (por ejemplo, que requieran aire comprimido para mejorar sus emisiones contaminantes), los intercambiadores de calor modulares que componen los intercambiadores de calor primero y segundo, -3- y -5-, respectivamente, pueden estar configurados para incrementar el contenido energético del fluido de trabajo -4- para su expansión en el interior de un dispositivo de expansión formado, por ejemplo, por un sistema de turbina-generador únicamente para la producción de electricidad. Para aplicaciones que requieren conversión de la energía del calor residual en un par motor mecánico, el fluido de trabajo -4- se puede expandir mediante un dispositivo de expansión (es decir, turbinas) acoplado, por ejemplo, por medio de una caja de engranajes, o mediante un embrague magnético o hidráulico, para proporcionar trabajo al árbol. Cuando el fluido de trabajo -4- sale del sistema de expansión, entra en un condensador -7- integrado con los volúmenes y superficies formados por el cuerpo envolvente de la unidad de conversión energética, de modo que proporciona un acoplamiento térmico compacto y un vacío o un estado de baja presión a la salida del dispositivo de expansión. Este estado termodinámico de baja presión puede estar provocado por la condensación producida por el intercambio térmico con el fluido del compresor (por ejemplo, aire). Además, se puede proporcionar una refrigeración auxiliar mediante fuentes de refrigeración externas tal como se mostrará en la figura 11 y la figura 12. El fluido de trabajo -4- a alta presión circula por medio de una bomba accionada por el par motor generado por el dispositivo de expansión que forma la unidad integral de conversión energética.

25 Para resumir las realizaciones mostradas en la figura 1 a modo de ejemplo, el sistema de recuperación y conversión de calor residual puede comprender una fuente -1- de calor residual que se caracteriza por sistemas termo-hidráulicos (es decir, tuberías, conductos, conexiones de ventilación, etc.) que transportan la energía del calor residual desde la fuente de calor -1- al medio ambiente, uno o varios intercambiadores de calor a alta presión (por ejemplo, el primer y el segundo intercambiadores de calor -3- y -5-) en los que circula un fluido de trabajo -4- adecuado, a alta presión, mediante una bomba, integrados en la unidad de conversión energética -6- y accionados por la misma para la transferencia de la energía -1- del calor residual transportada por el fluido -2- de la fuente de calor y transferida al fluido de trabajo -4-, sobrecalentándolo de este modo para su expansión y su conversión en electricidad y en otras formas adecuadas de energía, en el que el fluido de trabajo se condensa después de salir del dispositivo de expansión a través de un sistema de condensación -7- de modo que restablece el primer y el segundo intercambiadores de calor -3- y -5- del ciclo termodinámico de bucle cerrado, respectivamente, junto con los componentes que forman la PCU -6-, que se puede hacer que estén integrados y sean modulares, ya que estos componentes pueden estar alojados como una sola pieza.

40 El fluido de trabajo puede estar representado por agua que puede ser utilizada para describir las realizaciones a modo de ejemplo de la invención. Debe comprenderse, sin embargo, que cualquier otro fluido que tenga propiedades termodinámicas adecuadas puede ser utilizado alternativa o adicionalmente. Por ejemplo, para configuraciones en las que el fluido de trabajo está en forma gaseosa, el condensador -7- puede estar configurado para funcionar como un interenfriador ("intercooler") mientras que la bomba de alta presión integrada con la unidad de conversión energética puede estar configurada para funcionar como un dispositivo de recirculación o un ventilador.

50 Haciendo referencia a la figura 2 y a la figura 3, se describirán en detalle los procesos operativos que se producen en el interior del intercambiador de calor de alta presión que forma un acoplador térmico e hidráulico. Tal como se muestra en estas figuras, la brida -13- permite el acoplamiento termo-hidráulico y mecánico con la fuente de calor -1-. Esto proporciona una interconexión termo-hidráulica y mecánica entre la fuente de calor -1- y el primer intercambiador de calor -3-, de modo que se minimizan o se eliminan los factores de tensión térmicos y vibratorios transferidos potencialmente desde la fuente de calor al intercambiador de calor y a los sistemas de la unidad de conversión energética. El primer intercambiador de calor -3- puede estar caracterizado por canales -10- formados por las paredes interiores -18- de la camisa y las paredes exteriores -17- de la camisa. Los canales -10- pueden estar configurados para formar trayectorias internas mediante las aletas -11- del canal para el fluido de trabajo -4- con el fin de incrementar el tiempo de permanencia y mejorar la transferencia de calor mientras transita por el interior del primer intercambiador de calor. En conjunto, el canal -10- de calor y las aletas -11- forman una estructura que permite un funcionamiento a alta presión.

60 Cuando el fluido -2- de la fuente de calor transfiere energía a los canales -10- mediante transferencia térmica a través de las aletas -11- del canal y/o a través de las paredes exteriores e interiores -17- y -18- de la camisa, respectivamente, sin mezclarse con el fluido de trabajo -4-, el estado termodinámico del fluido de trabajo cambia de la entrada -8- a la salida -9- a medida que se expande y se acelera en el interior del canal -10-. Dependiendo del estado termodinámico y de la proporción del caudal másico del fluido -2- de la fuente de calor y de las dimensiones y los materiales que forman el intercambiador de calor de alta presión del primer intercambiador de calor -3-, el fluido

de trabajo -4- puede salir por la salida -9- como una sola fase de líquido sub-enfriado, como dos fases de líquido-vapor, o como un una sola fase de vapor sobrecalentado. Fluido sobrecalentado -21- significa un fluido sobrecalentado de una sola fase. Si el fluido de trabajo -4- es gaseoso, el gas o la mezcla de gases aumentan su contenido energético de la entrada -8- a la salida -9-. Dado que la fuente de calor puede estar formada por un sistema que induce factores de tensión vibratorios, la brida -14- del elemento flexible permite el acoplamiento mecánico con el elemento flexible -12- cuyo desacoplamiento vibratorio de la brida -15- permite el acoplamiento mecánico y termo-hidráulico con el segundo o segundos intercambiadores de calor modulares -5- sin transferir cargas estructurales y tensiones vibratorias asociadas al sistema que representa la fuente de calor -1-.

Las figuras 4 y 5 muestran formas geométricas a modo de ejemplo del primer intercambiador de calor -3- en el que el fluido -2- de la fuente de calor puede entrar a través de la brida -13- configurada para acoplar termo-hidráulicamente y mecánicamente el primer intercambiador de calor -3- a la fuente de calor -1-. En lo que se refiere a las realizaciones descritas en las figuras 2 y 3, las paredes exteriores -17- de la camisa y las paredes interiores -18- de la camisa comprenden canales -10- y aletas -11- (mostrados en la figura 2), no mostrados en las figuras 4 y 5 para mayor simplicidad. La entrada -9- y la salida -8- de alta presión del primer intercambiador de calor -3- son intercambiables, de tal modo que permiten la ejecución de configuraciones en serie, en paralelo, con flujo en sentido contrario y en paralelo según la disponibilidad de energía residual de la fuente de calor -1- y las calificaciones de la PCU -6-. La figura 4 muestra un procedimiento para dirigir el flujo de fluido -2- de la fuente de calor para permitir la reconversión con diversas fuentes de calor residual y configuraciones. En estas representaciones a modo de ejemplo, la tobera -16- acelera el fluido -2- de calor residual a la vez que redirige el flujo. Mientras que la brida -14- está directamente acoplada de modo mecánico a la brida -13- (por ejemplo, puede formar parte del mismo cuerpo) el elemento flexible -12- y la brida -15- del elemento flexible permiten un acoplamiento termo-hidráulico con el segundo intercambiador de calor -5- a la vez que proporcionan un sistema de amortiguación de las vibraciones para minimizar las tensiones vibratorias y térmicas.

Haciendo referencia a la figura 6 y a la figura 7, se describen en detalle los procesos operativos que se producen en el interior del segundo intercambiador de calor -5-. Tal como se muestra en estas figuras, los canales -22- están formados por medio de la estructura en forma de camisa que comprende las superficies de sobrecalentamiento interiores y exteriores -26- y -28-, respectivamente, y por las trayectorias internas formadas mediante las aletas de sobrecalentamiento interiores y exteriores -23- y -27-.

Para minimizar la resistencia y reducir la contrapresión, el segundo intercambiador de calor -5- puede estar configurado para presentar una entrada -24- y un extremo -25- de reducción de la resistencia optimizados aerodinámicamente. Adicionalmente, para reducir más la resistencia aerodinámica al avance, el segundo intercambiador de calor -5- puede estar configurado para ser "flotante" en el interior de un conducto -20- de la fuente de calor disponiendo conexiones hidráulicas y mecánicas a través de dispositivos de acoplamiento hidráulico -19- flexibles. El conducto -20- de la fuente de calor puede estar dispuesto con el equipo de la fuente de calor (es decir, colectores de los gases de escape para aplicaciones que impliquen recuperación y conversión de calor residual en motores de combustión). Alternativamente, el conducto hidráulico de la fuente de calor -1- se puede formar configurando del conducto hidráulico -20- con bridas -29- para un acoplamiento modular con agrupaciones de segundos intercambiadores de calor -5- conectados termo-hidráulicamente en serie, en paralelo, o en configuraciones serie-paralelo mezcladas. Cuando el fluido de trabajo -4- entra en el segundo intercambiador de calor -5- por la entrada -8-, su contenido energético aumenta debido al intercambio térmico con el fluido -2- de la fuente de calor y se recalienta mientras atraviesa los canales -22-. La salida -9- y la entrada -8- son intercambiables, permitiendo de este modo diversas configuraciones de flujo inverso, flujo paralelo, o híbridas de flujo en paralelo y inverso.

La figura 7 muestra una realización a modo de ejemplo del segundo intercambiador de calor -5- sin el conducto -20- de la fuente de calor para mayor simplicidad. En esta representación a modo de ejemplo, las aletas -23- pueden estar representadas mediante clavijas de cierre estanco extrusionadas a través del canal -22- y humedecidas por el fluido -2- de la fuente de calor. En la figura 7 no se muestran las aletas exteriores -27- por simplicidad. En esta representación, el fluido sobrecalentado -21- sale por la salida -9- mientras que no se muestra el fluido de trabajo -4- que entra por la entrada/salida -8- intercambiable.

Haciendo referencia a la figura 8, el conducto -20- de la fuente de calor residual a modo de ejemplo, puede estar formado por uno o múltiples conductos o colectores con diversas formas para el transporte del fluido -2- de la fuente de calor al medio ambiente. Para incrementar la turbulencia del fluido -2- de la fuente de calor y la transferencia de calor, el conducto -20- de la fuente de calor puede ser reconvertido con deflectores de mezclado -30-. A modo de ejemplo, el conducto -20- de la fuente de calor puede estar configurado con múltiples entradas y salidas del fluido de la fuente de calor que pueden ser acopladas a conductos modulares de la fuente de calor a través de bridas de acoplamiento -29- del conducto de la fuente de calor.

La figura 9 es una representación a modo de ejemplo, en una vista en perspectiva, de unos segundos intercambiadores de calor modulares -5- agrupados para formar una agrupación de segundos intercambiadores de calor -5- acoplados termo-hidráulicamente y soportados mecánicamente sumergidos en el interior del fluido -2- de la fuente de calor. Esta figura no está a escala con respecto al conducto -20- de la fuente de calor representado en la

figura 8. Tal como se muestra en la figura 9, el fluido -2- de la fuente de calor puede humedecer todas las superficies de cada uno de los segundos intercambiadores de calor -5- individuales agrupados en la agrupación formada mediante el soporte de los segundos intercambiadores de calor -5- con las bridas -32- del cartucho. Al humedecer las superficies exteriores -28- del segundo intercambiador de calor -5- y las superficies interiores -26- (mostradas en la figura 9 solamente en uno de los múltiples intercambiadores de calor de sobrecalentamiento que forman la agrupación), se puede mejorar la transferencia de calor del fluido -2- de la fuente de calor al fluido de trabajo -4-. Las conexiones hidráulicas entre cada intercambiador de calor individual de alta presión y las que proporcionan una o varias entradas -8- al fluido de trabajo -4- y las salidas -9- para transportar el fluido -21- sobrecalentado pueden estar configuradas con dispositivos de acoplamiento hidráulico, flexibles, -19- mostrados en la figura 6, pero no mostrados en la figura 9.

La figura 10 muestra una realización a modo de ejemplo del primero y el segundo intercambiadores de calor -3- y -5-, respectivamente, acoplados termo-hidráulicamente y mecánicamente, interconectados electro-hidráulica y mecánicamente con la fuente de calor -1-, soportados en el interior de conductos modulares -20- de la fuente de calor y sumergidos en el interior del fluido -2- de la fuente de calor producido por el funcionamiento de un motor de combustión que representa, como ejemplo, la fuente de calor residual -1-. Tal como se muestra en esta figura, mientras que el primer intercambiador de calor -3- está formando mecánicamente una sola pieza con los bloques de los cilindros del motor de combustión que representa como ejemplo la fuente de calor residual -1-, cada conducto -20- de la fuente de calor está conectado mecánicamente a la fuente de calor residual -1- mediante elementos flexibles -12- minimizando de este modo el impacto de las vibraciones y el de las expansiones y contracciones ejercidas por los materiales que forman los segundos intercambiadores de calor -5-.

La figura 11 muestra un diagrama esquemático que ilustra aplicaciones a modo de ejemplo de la unidad de conversión energética (PCU) -6- para la conversión de la energía recuperada del calor residual de una fuente de calor -1- en electricidad -42- y en otras formas utilizables de energía. La unidad -6- de conversión energética puede incluir, por lo menos, un dispositivo de expansión -34- acoplado mecánicamente, al menos, a un generador/motor eléctrico -36-. El motor eléctrico generador -36- puede estar configurado como una máquina eléctrica rápida y compacta dotada de un árbol de acoplamiento. Alternativamente, todos los componentes giratorios que forman el motor eléctrico generador -36-, la bomba -37-, el dispositivo de expansión -34-, el acoplador del árbol y el compresor -40- pueden estar acoplados mecánicamente a un único árbol -35-. El dispositivo de expansión -36- puede estar configurado para expandir el fluido sobrecalentado -21- mediante una o varias turbinas, o componentes de un compresor volumétrico. El generador/motor eléctrico rápido -36- puede estar configurado para producir energía eléctrica cuando es accionado por el dispositivo de expansión -34- o para suministrar un par motor al árbol -35- cuando funciona como un motor eléctrico. La bomba de alta presión puede estar configurada para proporcionar un caudal máximo variable (es decir, proporcional a las revoluciones por minuto del árbol -35-), por ejemplo a través de un sistema de control externo. La unidad -6- de conversión energética puede estar configurada asimismo para proporcionar un par motor mecánico resultante de la energía recuperada de la fuente de calor residual -1- para accionar, por ejemplo, un compresor de aire -40- para aplicaciones del motor de combustión como parte de un sistema de reducción de contaminantes. Todos los componentes comprendidos en las figuras 11 y 12 pueden estar integrados y alojados para formar una única unidad.

Mediante el acoplamiento hidráulico de la unidad -6- de conversión energética al primer y el segundo intercambiadores de calor, se cierra el bucle termodinámico mostrado en la figura 1. El fluido de trabajo -4- puede estar configurado para ser almacenado dentro de un depósito formado integralmente en el interior del cuerpo envolvente del condensador -7- desde donde es aspirado por la bomba -37- y comprimido para su utilización por el primer y el segundo intercambiadores de calor -3- y -5-, respectivamente. El fluido sobrecalentado -21- producido por el primer y el segundo intercambiadores de calor -3- y -5-, respectivamente, puede ser acoplado hidráulicamente a la unidad -6- de conversión energética mediante tuberías de alta presión con aislamiento (no mostradas). Cuando el fluido sobrecalentado -21- se expande en el dispositivo de expansión -34-, es evacuado al condensador -7-. La condensación del fluido de trabajo -33- que sale del dispositivo de expansión -34- puede experimentar una condensación por medio de una refrigeración activa y pasiva mediante intercambio térmico con las superficies que forman el cuerpo envolvente del condensador -7- integrado en la unidad -6- de conversión energética y transfiriendo la energía térmica al entorno de forma pasiva mediante convección natural, y/o de forma activa mediante convección forzada por medio de una recirculación activa de fluidos de refrigeración.

La transferencia térmica entre el fluido de trabajo -33- condensado y el entorno termodinámico representado por el condensador -7- puede ser provocada haciendo circular el fluido de trabajo a través de una refrigeración auxiliar -49- del condensador (por ejemplo, un sistema de radiadores) y/o mediante transferencia térmica con un segundo fluido -41- (por ejemplo, aire) que circula, por ejemplo, a través del compresor -40- en combinación o independientemente del impacto de la refrigeración inducido mejorando las aletas -48- de refrigeración del condensador. En esta configuración, antes de entrar en el compresor -40-, el fluido secundario -41- proporciona refrigeración al condensador -7- a través de las aletas -48-.

El generador/motor eléctrico -36- puede estar configurado para ser acoplado mecánicamente al dispositivo de expansión -34- a través del árbol -35-. Cuando la unidad integral -6- de conversión energética está configurada para recuperar y convertir la energía del calor residual de la fuente -1- procedente de motores de combustión, el

compresor -40- puede presentar características para reducir las emisiones de contaminantes incrementando a la vez la eficiencia del motor. En estas configuraciones existen situaciones de funcionamiento del motor de combustión (por ejemplo, bajas cargas térmicas) que pueden reducir la capacidad de la fuente -1- de calor residual para proporcionar suficiente energía del calor residual para accionar el dispositivo de expansión -34-. Para asegurar que el compresor -40- mantiene la función de comprimir el fluido secundario -41-, el generador/motor eléctrico puede ser configurado activamente para conmutar de "modo generador" a "modo motor", accionando de este modo eléctricamente el compresor -40-. El compresor -40- representa una forma utilizable de fuente de calor residual convertido. El árbol -35- puede ser acoplado al compresor -40- o a cualquier otro sistema auxiliar que requiera un par motor por medio de un acoplador -39- del árbol que puede implicar diversos tipos de sistemas de embrague (por ejemplo, eléctrico, hidráulico, magnético, de fricción, y/o accionado centrífugamente).

La refrigeración del generador/motor eléctrico -36- se puede conseguir por medios que comprenden el sistema -38- de refrigeración del generador/motor. Estos medios de refrigeración pueden ser necesarios, en particular, para generadores/motores muy compactos "fast RpM" y pueden incluir independientemente o conjuntamente un tercer fluido -47- de refrigeración para transferir energía térmica con el generador/motor -36- y su interconexión eléctrica -43- mediante aletas de refrigeración -45- de la interconexión eléctrica, y/o transferencia térmica al fluido de refrigeración que circula en el condensador -7- (es decir, a través del condensador auxiliar -49- de refrigeración) y/o de transferencia térmica con el fluido secundario -41- mediante aletas de refrigeración -46- de la interconexión eléctrica.

La figura 12 muestra una vista, en perspectiva, de una unidad de conversión energética, a modo de ejemplo, que integra las características mostradas en el esquema de la figura 11. Tal como se muestra en esta figura, la potencia eléctrica motriz y de control puede ser distribuida desde, y proporcionada a la unidad -6- de conversión energética a través de un bus -42- de entrada/salida. El fluido sobrecalentado -21- es proporcionado a la unidad integral -6- de conversión energética a través de la entrada -50-, el tercer fluido de refrigeración -47- se puede hacer circular a través del conjunto -51- de entrada/salida, estando dispuesto el fluido de trabajo -4- a alta presión en la salida -52- de la bomba -37-, la refrigeración auxiliar del condensador se puede hacer circular a través del conjunto -53- de entrada salida y el fluido secundario -41- entra por la entrada de aspiración -54- del compresor -40- y sale por la descarga -55- del compresor -40-. Las superficies exteriores de la unidad -6- de conversión energética pueden estar aisladas térmicamente. El acoplamiento termo-hidráulico y mecánico de la unidad -6- de conversión energética con el primer y el segundo intercambiadores de calor se puede disponer mediante acopladores hidráulicos flexibles -19- y -12- para desacoplar las tensiones vibratorias y mecánicas producidas por la fuente de calor -1-.

Resultarán evidentes para los expertos otras realizaciones de la invención al considerar la memoria descriptiva y la práctica de la invención dada a conocer en esta memoria. Se pretende que la memoria descriptiva y los ejemplos sean considerados solamente a modo de ejemplo, estando indicado el alcance de la invención por medio de las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Intercambiador de calor (5) que comprende:

5 un conducto exterior (20) que define una entrada y una salida a cuyo través un primer fluido (2) entra y sale, respectivamente, del conducto exterior (20); y

10 por lo menos un conducto interior dispuesto en el interior del conducto exterior (20) y que define, por lo menos, un canal interior (22) en el interior del conducto interior y un canal exterior entre la superficie exterior (28) del conducto interior y una superficie interior del conducto exterior (20);

15 en el que el conducto interior define el canal interior (22) a través del cual fluye un segundo fluido (4) para intercambiar energía calorífica con el primer fluido (2); en el que dicho canal interior (22) está dispuesto entre dicha superficie exterior (28) del conducto interior y una superficie interior (26) del conducto interior; y en el que la superficie interior (26) del conducto interior define un canal central distinto de dicho canal exterior y en comunicación de fluido con el mismo, de modo que dicho primer fluido (2) que fluye entrando a través de dicha entrada y fluye saliendo a través de dicha salida del conducto exterior (20) puede intercambiar energía calorífica con el segundo fluido (4) a través de la superficie interior (26) y de la superficie exterior (28) del conducto interior; y **caracterizado por que** el conducto interior está conectado hidráulica y mecánicamente a la superficie interior del conducto exterior (20) a través, por lo menos, de una entrada (8) y, por lo menos, de una salida (9) para el segundo fluido (4), las cuales están configuradas con dispositivos de acoplamiento hidráulico, flexibles (19).

25 2. Intercambiador de calor, según la reivindicación 1, en el que el primer fluido (2) fluye en una primera dirección en el interior del conducto exterior (20), y el segundo fluido (4) fluye en una segunda dirección sustancialmente opuesta a la primera dirección.

3. Intercambiador de calor, según la reivindicación 1 o 2, en el que tanto el conducto exterior (20) como el conducto interior son sustancialmente cilíndricos.

30 4. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el conducto exterior y el conducto interior son sustancialmente concéntricos.

35 5. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que una serie de conductos interiores están dispuestos en el interior del conducto exterior (20).

6. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además una serie de aletas (23, 27) que se extienden desde el canal interior (22) al canal central y/o al canal exterior para mejorar la transferencia de calor entre el primer fluido (2) y el segundo fluido (4).

40 7. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el segundo fluido (4) entra en el canal interior (22) del conducto interior en un estado de sub-refrigeración y sale del canal interior (22) en un estado de sobrecalentamiento.

45 8. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la superficie interior del conducto exterior (20) está dotada de deflectores de mezclado (30) que incrementan la mezcla y la turbulencia del primer fluido (2).

50 9. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicha entrada (8) y dicha salida (9) para el segundo fluido (4) conducen al exterior del conducto exterior (20).

10. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el conducto exterior (20) está dotado de un acoplamiento flexible termo-hidráulico y mecánico (12), adecuado para atenuar las tensiones vibratorias provocadas por el acoplamiento del intercambiador de calor -5- con una fuente de calor (1).

55 11. Intercambiador de calor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicha entrada y dicha salida del conducto exterior (20) están dotadas de unas respectivas bridas de acoplamiento (29) que acoplan el intercambiador de calor a un intercambiador de calor adicional (5), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

60 12. Sistema de recuperación de calor residual que comprende:

el intercambiador de calor (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11;

una unidad (6) de conversión energética configurada para convertir la energía transferida desde el primer fluido (2) al segundo fluido (4) en energía utilizable (42).

65

13. Sistema, según la reivindicación 12, que comprende además un condensador (7) configurado para condensar el segundo fluido (4).
- 5 14. Sistema, según la reivindicación 12 o 13, que comprende además una interconexión de precalentamiento (3) dispuesta entre una fuente de calor (1) y el intercambiador de calor (5), en el que la interconexión de precalentamiento (3) está configurada para precalentar el segundo fluido (4) antes de entrar en el intercambiador de calor (5).
- 10 15. Sistema, según la reivindicación 14, en el que la interconexión de precalentamiento (3) comprende un intercambiador de calor de precalentamiento que comprende:
- una entrada a través de la cual el primer fluido (2) entra en el intercambiador de calor de precalentamiento desde la fuente de calor (1);
- 15 una salida a través de la cual el primer fluido (2) sale del intercambiador de calor de precalentamiento y entra en el intercambiador de calor (5); y
- 20 un canal de precalentamiento (10) a través del cual fluye el segundo fluido (4) para precalentar el segundo fluido (4) antes de entrar en el intercambiador de calor (5).
16. Sistema, según la reivindicación 14 o 15, en el que la interconexión de precalentamiento (3) comprende una brida (13) configurada para fijar el intercambiador de calor de precalentamiento a la fuente de calor (1).
- 25 17. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que la interconexión de precalentamiento (3) comprende un elemento flexible (12) configurado para reducir la tensión de vibración entre la fuente de calor (1) y el intercambiador de calor (5).
- 30 18. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, en el que la unidad (6) de conversión energética incluye, por lo menos, un dispositivo de expansión (34) acoplado mecánicamente, por lo menos, a un generador/motor eléctrico (36) a través de un árbol (35).
- 35 19. Sistema, según la reivindicación 18, en el que el generador/motor eléctrico (36), una bomba (37) adecuada para bombear el segundo fluido (4), un acoplador (39) del árbol y un sistema auxiliar (40) que requiere un par motor están acoplados mecánicamente a dicho árbol (35).
20. Sistema, según la reivindicación 19, en el que el sistema (40) que requiere dicho par motor es un compresor adecuado para comprimir un fluido secundario (41) para enfriar dicho condensador (7).

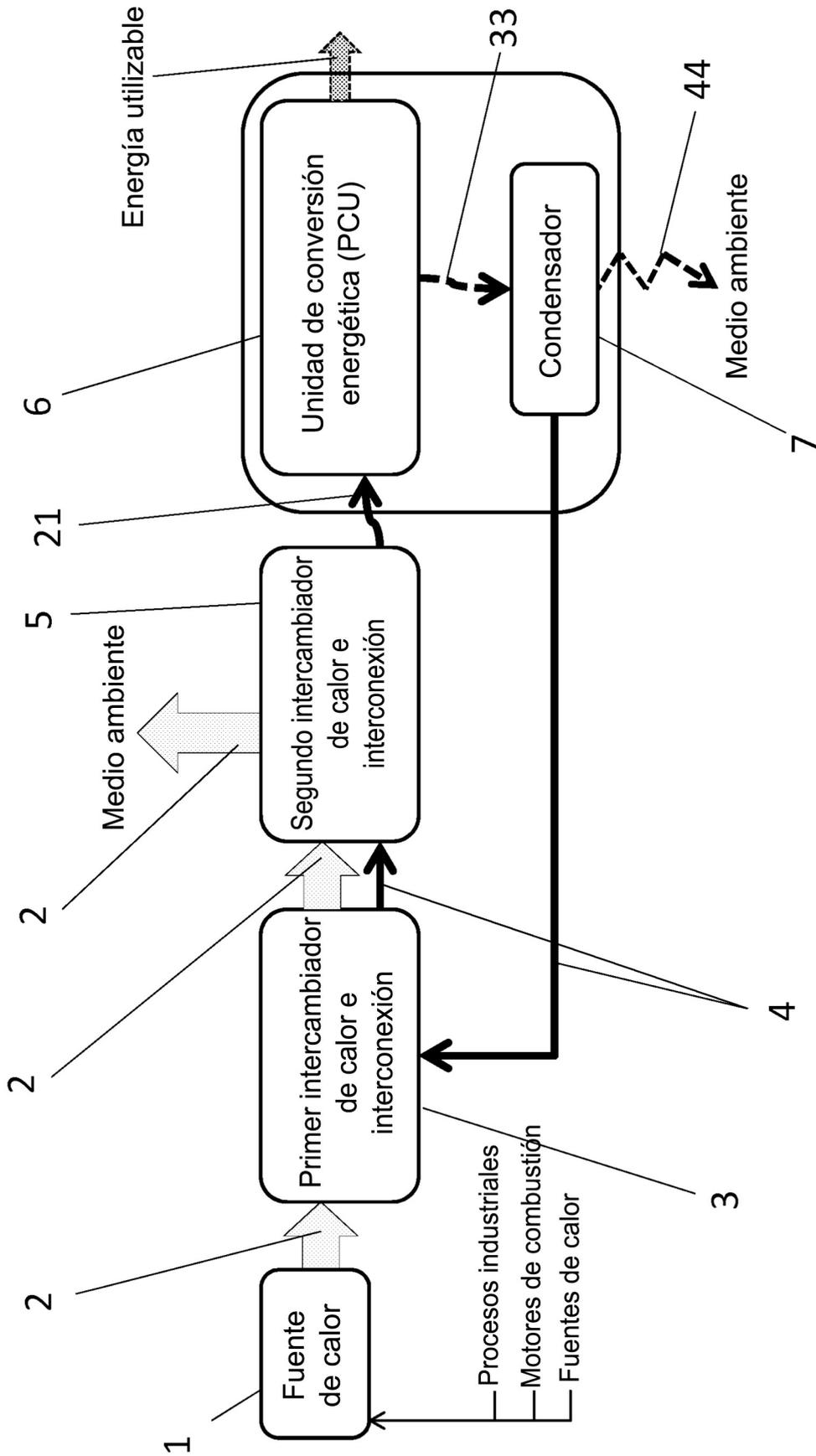


Fig. 1

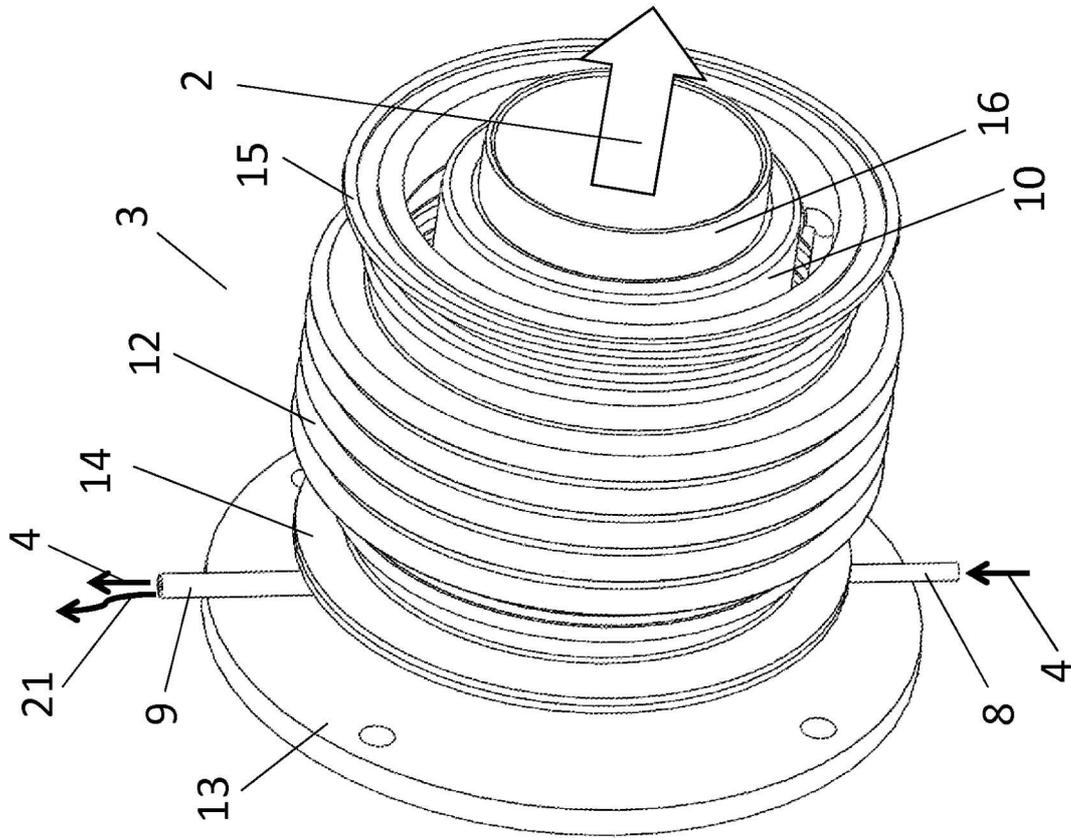


Fig. 3

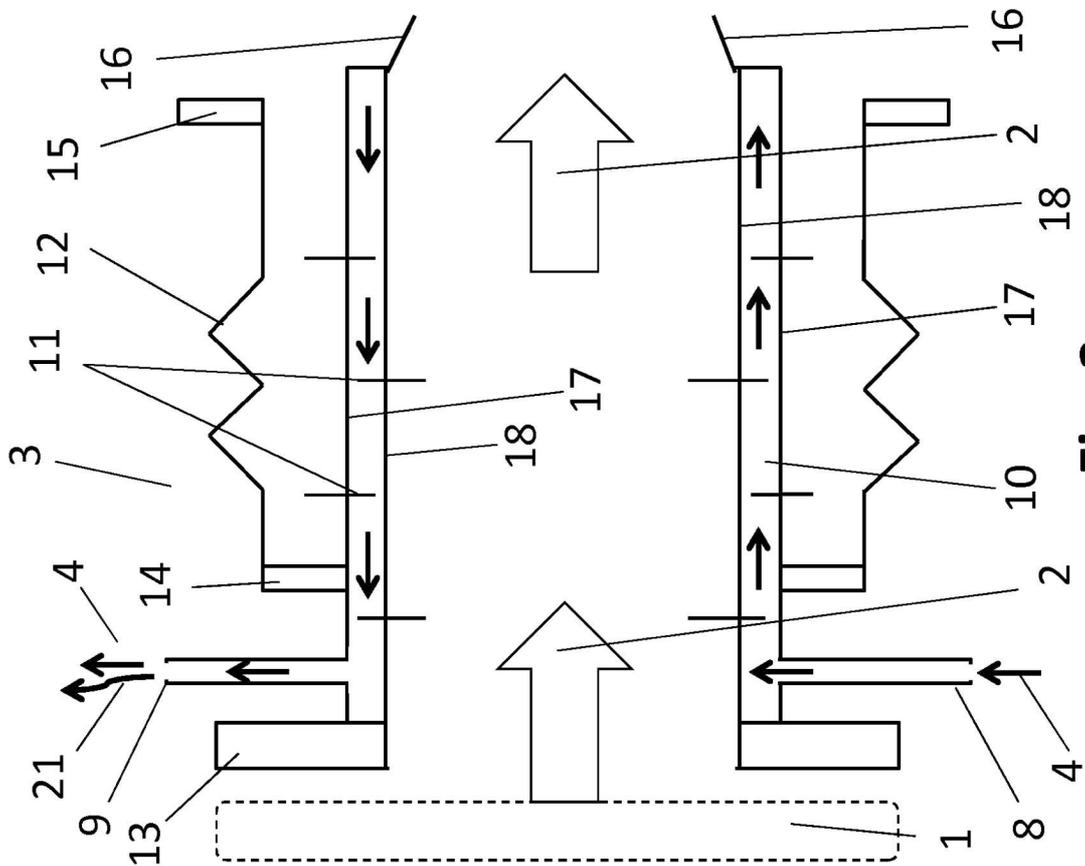


Fig. 2

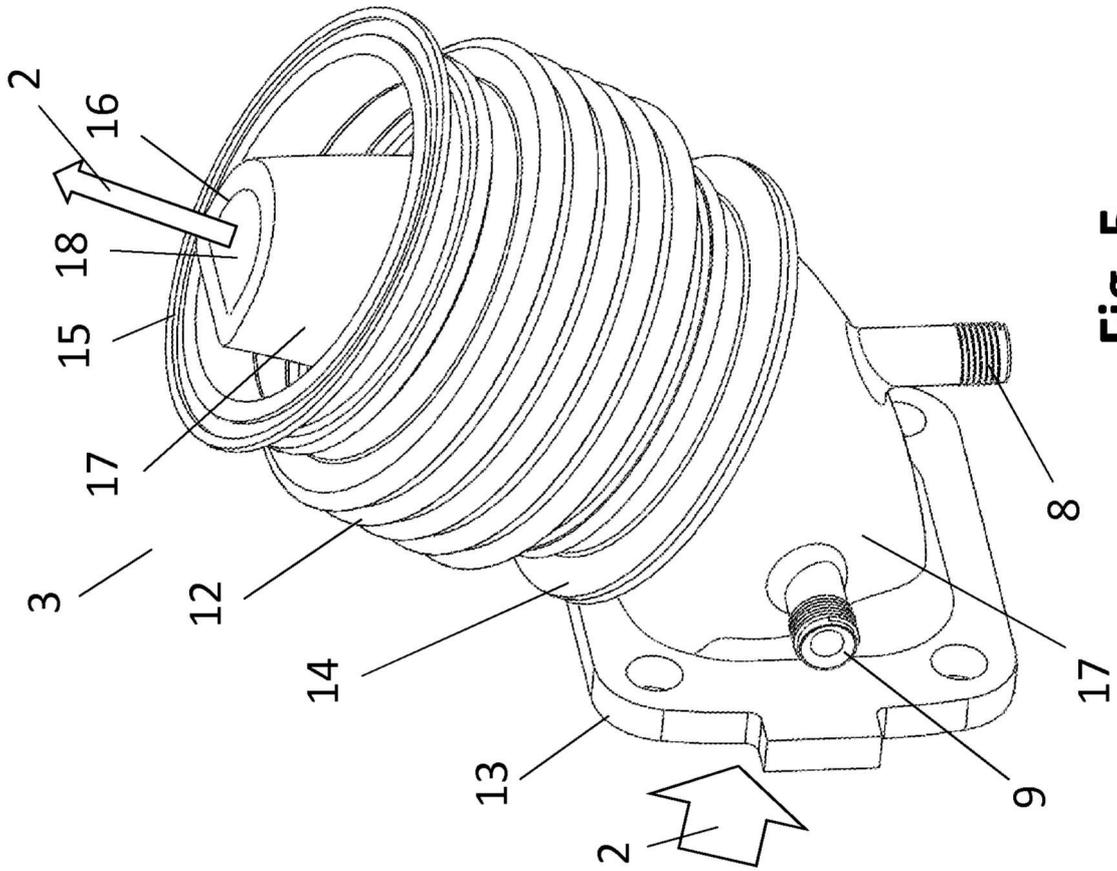


Fig. 5

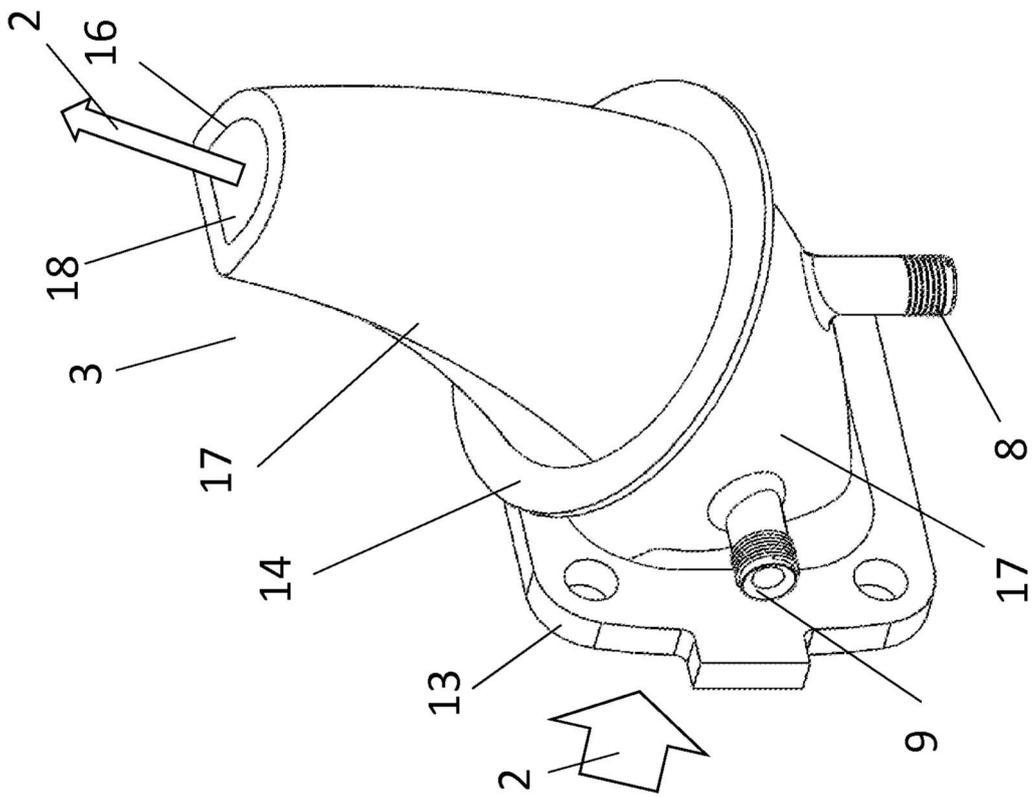


Fig. 4

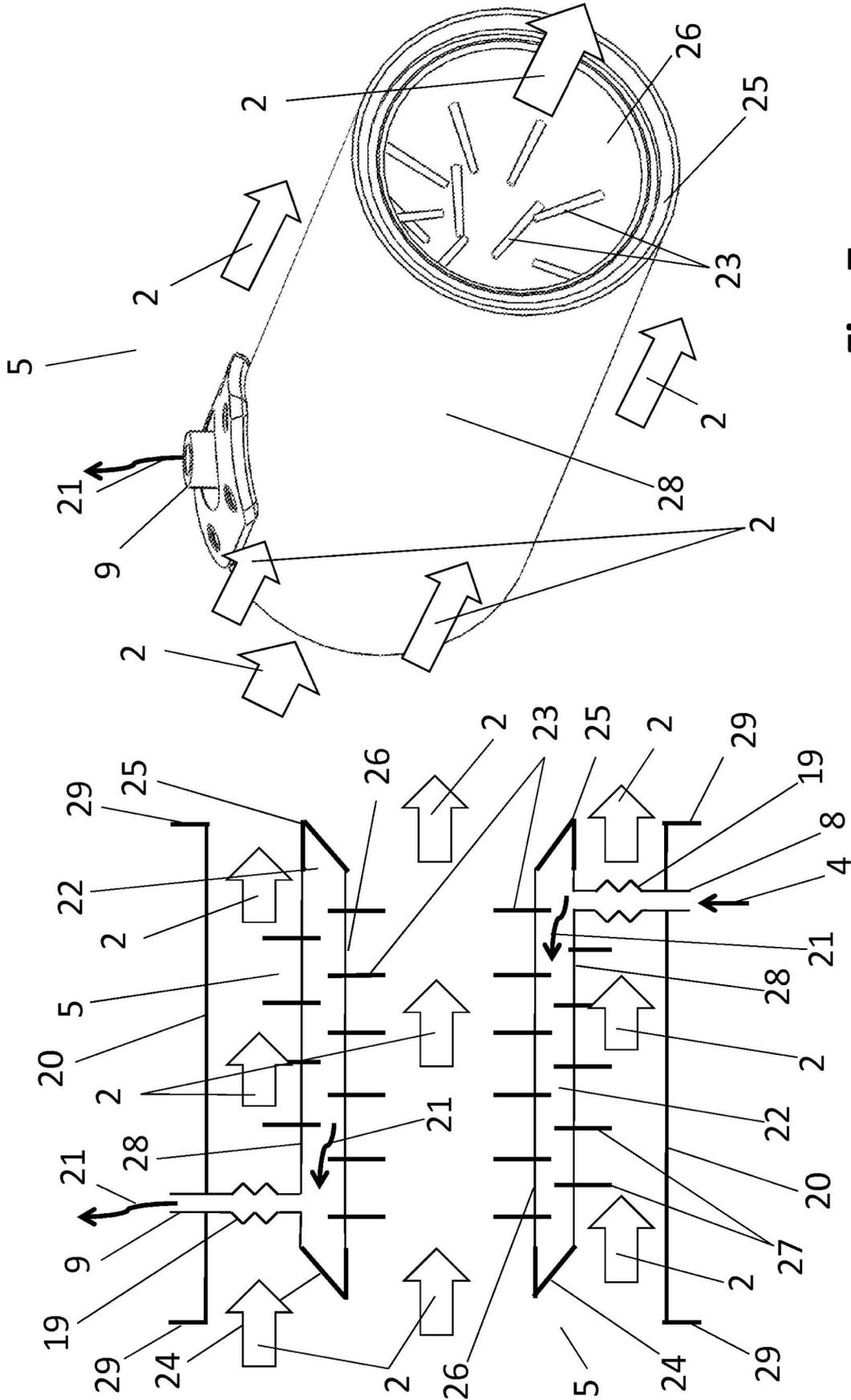


Fig. 7

Fig. 6

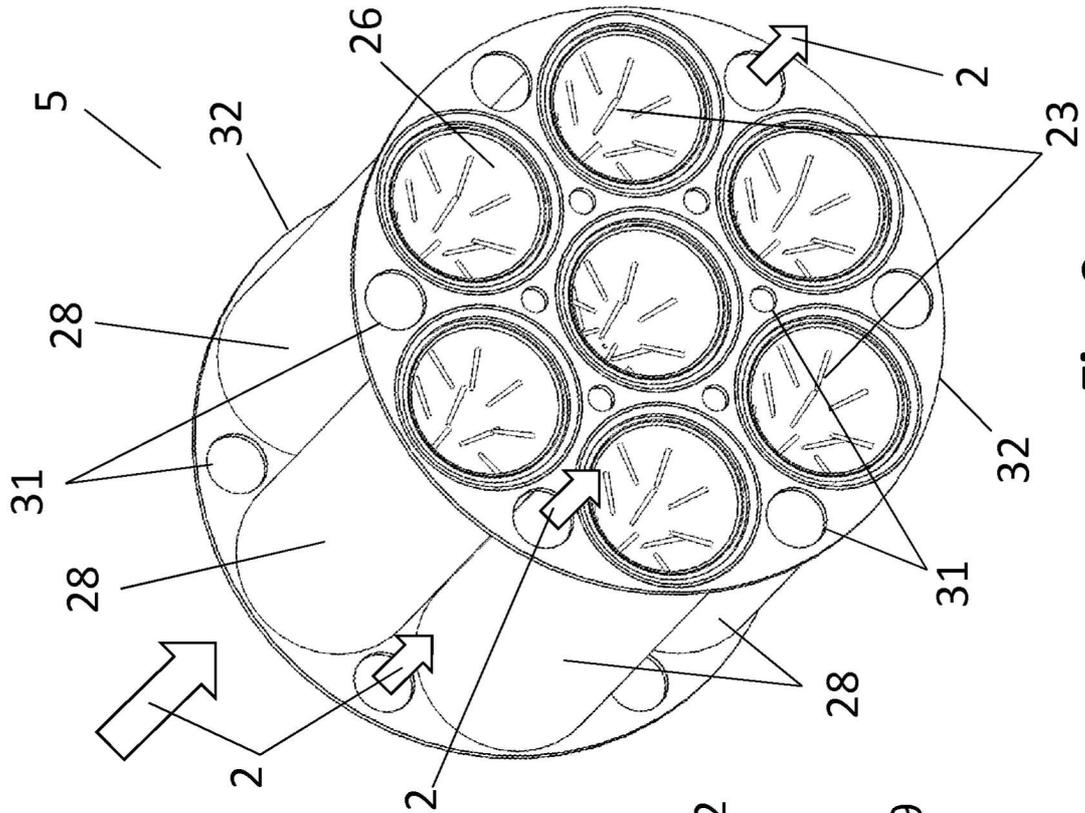


Fig. 9

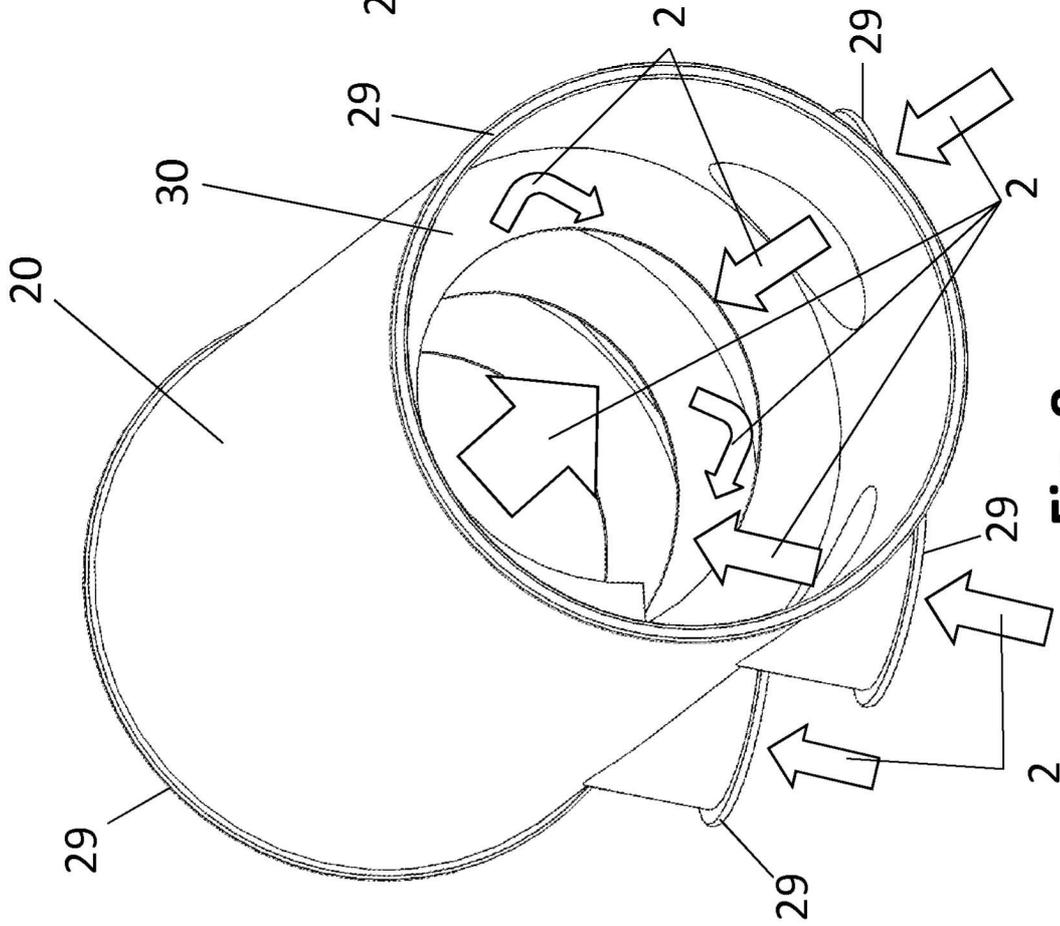


Fig. 8

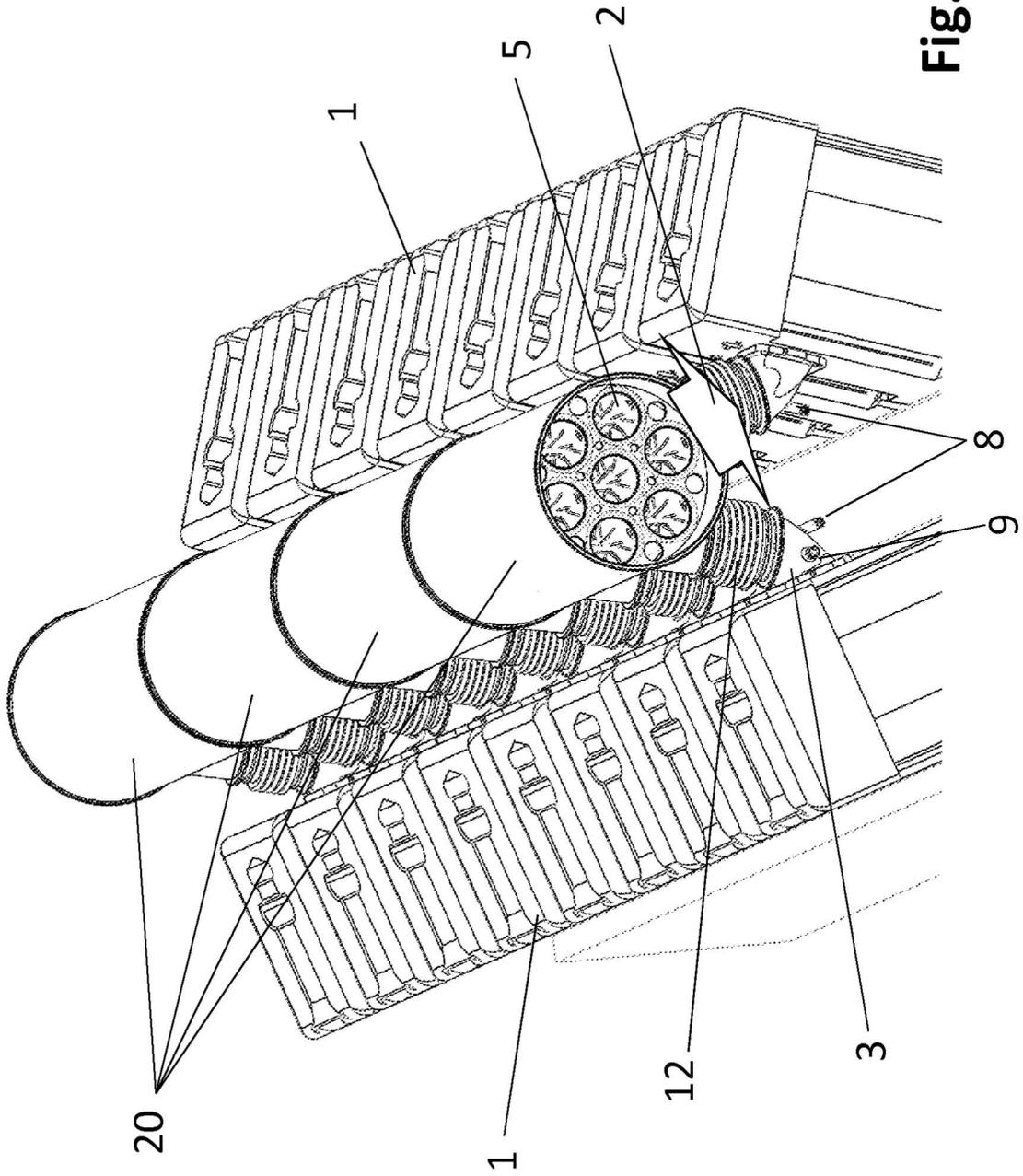


Fig. 10

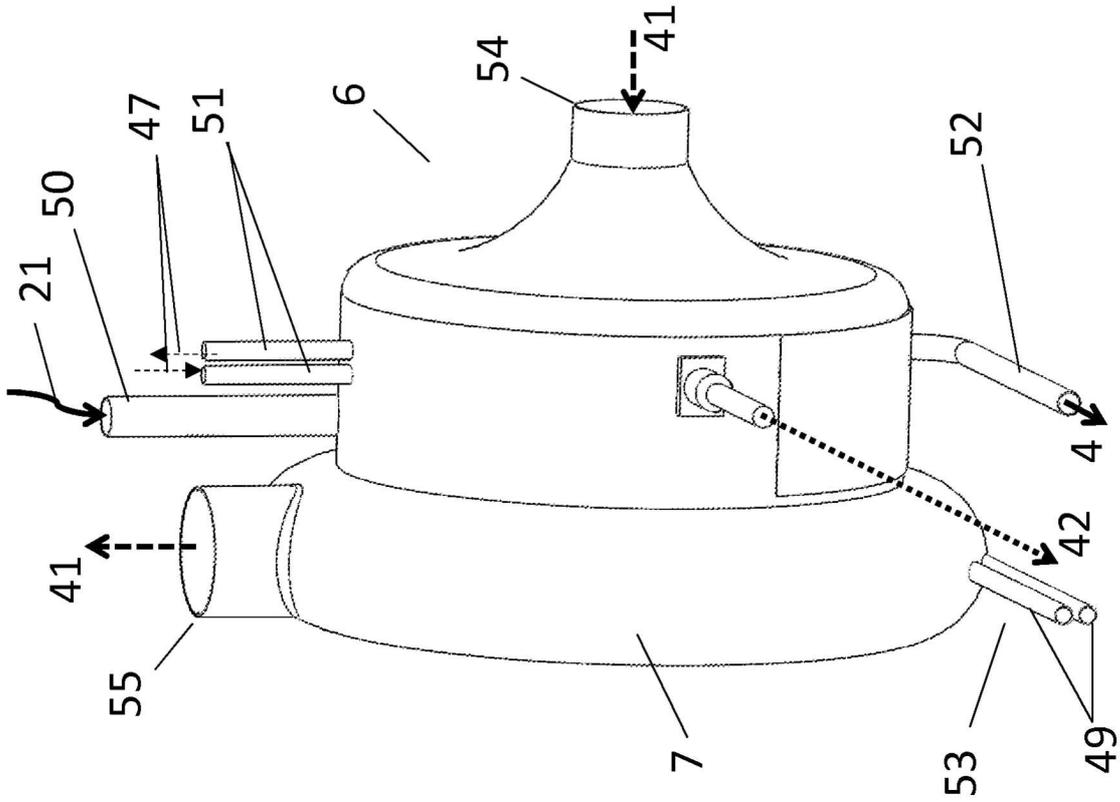


Fig. 12

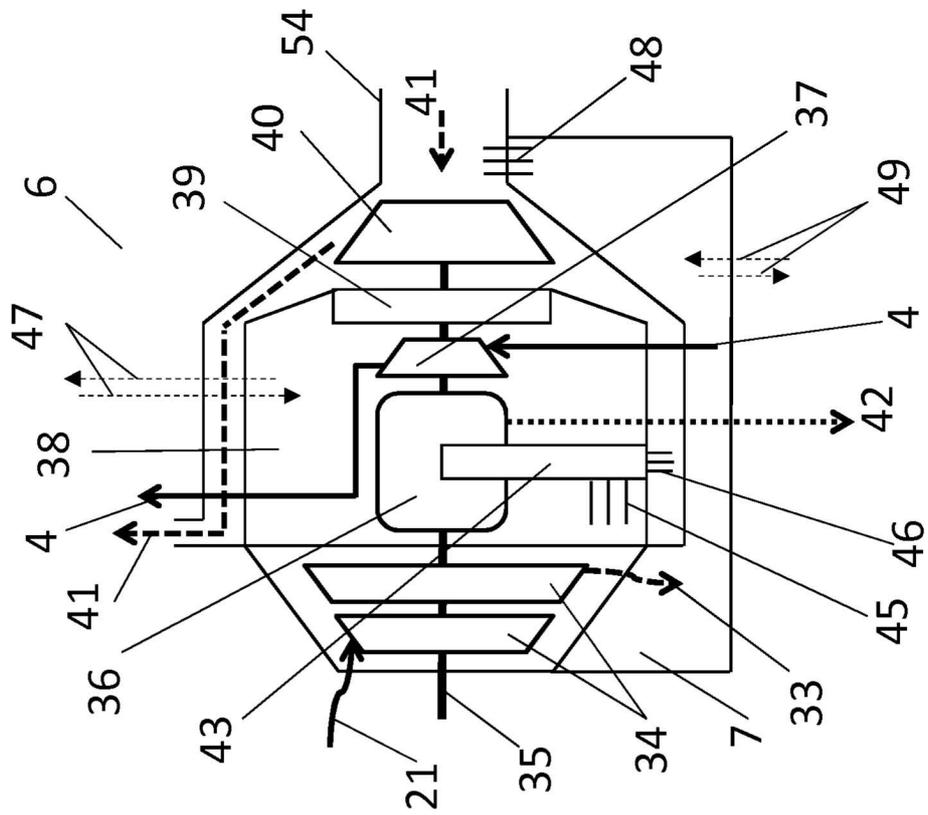


Fig. 11