

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 874**

51 Int. Cl.:
F01K 23/08 (2006.01)
F02C 6/18 (2006.01)
F25B 27/02 (2006.01)
F02B 39/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10160319 .9**
96 Fecha de presentación: **05.12.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2211028**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.07.2010**

54 Título: **SISTEMA PARA CONVERTIR CALOR DE DESECHO A PARTIR DE UNA FUENTE DE CALOR DE DESECHO.**

30 Prioridad:
20.12.2006 EP 06405537

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.02.2012

73 Titular/es:
ABB Schweiz AG
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:
Buerki, Thomas

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 374 874 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 para convertir calor de desecho a partir de una fuente de calor de desecho

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de la conversión de calor de desecho. Ésta parte de un sistema para convertir calor de desecho por medio de un sistema de ciclo de Rankine orgánico cerrado tal como se describe en el preámbulo de la reivindicación 1.

10

Antecedentes de la invención

Los procesos industriales producen en general calor de desecho, por ejemplo mediante condensación de gas o enfriamiento de fluidos, o comprendido en gases de escape a partir de procesos de producción productos químicos, vidrio, papel o acero, a partir de procesos de incineración de desecho, o a partir de la combustión de combustible en motores de combustión interna tales como motores de turbinas de gas o alternativos. Tal calor de desecho se descarga normalmente a la atmósfera. No obstante, con el fin de mejorar la eficiencia global de los procesos industriales sin aumentar la salida de emisiones utilizando el calor de desecho, se usa normalmente un ciclo de reaprovechamiento. Los ciclos de reaprovechamiento habitualmente requieren unas altas temperaturas de escape, aún así un ejemplo de un ciclo de reaprovechamiento que requiere unas temperaturas de escape más bajas es el Ciclo Orgánico de Rankine (ORC, *Organic Rankine Cycle*). El ORC produce potencia en el eje a partir de unas fuentes de calor de desecho de más baja temperatura, usando un fluido de trabajo orgánico con una temperatura de ebullición adecuada para la fuente de calor. El ciclo de Rankine cerrado, que se conoce bien, comprende un evaporador o caldera para la evaporación de un fluido de trabajo, una turbina que se alimenta con vapor a partir del evaporador para accionar un generador u otra carga, un condensador para condensar el vapor de escape a partir de la turbina y unos medios, tales como una bomba, para recircular el fluido de trabajo condensado hacia el evaporador. Tales sistemas de ciclo de Rankine se usan normalmente con el fin de generar potencia eléctrica.

La patente US 6880344 describe un ciclo de Rankine cerrado que puede usar de forma eficiente calor de desecho a partir de varias fuentes en un sistema de motor de turbina de gas o alternativo. Un compresor centrífugo de la técnica anterior se usa como la turbina. El sistema de ciclo de Rankine orgánico se combina con un sistema de ciclo de compresión de vapor con el generador de turbina del ciclo de Rankine orgánico que genera la potencia necesaria para hacer que funcione el motor del compresor de refrigerante del ciclo de compresión de vapor. Esto último se aplica enfriando su evaporador el aire de entrada en el interior de una turbina de gas, y se aplica el ciclo de Rankine orgánico para recibir calor a partir de un escape de turbina de gas para calentar su evaporador. Un condensador común se usa para el ciclo de Rankine orgánico y el ciclo de compresión de vapor, haciéndose que circule un fluido de trabajo orgánico común o un refrigerante R-245fa dentro de ambos sistemas. En otra realización, un sistema de ciclo de Rankine orgánico se aplica a un motor de combustión interna para enfriar los fluidos del mismo, y el aire turboalimentado se enfría en primer lugar por el sistema de ciclo de Rankine orgánico y a continuación por un dispositivo de aire acondicionado antes de pasar a la entrada del motor.

En el ciclo de Rankine propuesto, los gases de escape a partir de la turbina de gas que proporciona calor al ciclo de Rankine orgánico tienen una temperatura de alrededor de 700 °F o 370 °C. En el evaporador, el refrigerante se pone en una relación de intercambio de calor con un flujo de gases de escape calientes y que se calientan hasta aproximadamente 225 °F o 107 °C. En la salida de la turbina, el fluido de trabajo tiene una temperatura de 140 °F o 60 °C.

Descripción de la invención

Es, por lo tanto, un objetivo de la invención la utilización de calor de desecho a partir de procesos industriales con el fin de producir potencia en el eje y de generar gases presurizados o potencia eléctrica. Es otro objetivo de la invención un aumento adicional de la eficiencia global de los procesos industriales termodinámicos o del proceso de combustión de los combustibles fósiles. Estos objetivos se cumplen mediante el uso de un turbocompresor y un sistema para convertir calor de desecho en potencia en el eje de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, respectivamente. Realizaciones preferidas adicionales son evidentes a partir de las reivindicaciones de patente dependientes.

De acuerdo con la invención, fuentes de calor de desecho de comparativamente baja calidad, a las que hasta la fecha no se ha prestado atención principalmente por razones económicas, así como por una falta de un equipamiento adecuado, se explotan por medio de un procedimiento de reciclaje de calor de desecho novedoso. En este último, se proporciona potencia a un sistema de ciclo de Rankine cerrado con calor de desecho que se proporciona por ejemplo en la forma de un fluido de enfriamiento, teniendo un flujo de gas de calor residual una temperatura comparativamente baja de menos de 350 °C, preferiblemente de menos de 250 °C y en algunas circunstancias incluso de menos de 200 °C. En un evaporador o intercambiador de calor en una relación de intercambio de calor con el calor de desecho, un fluido de trabajo adecuado se evapora a una presión de menos de 8 bares (800 Pa) y preferiblemente de menos de 6 bares (600 Pa), y que posteriormente se alimenta a una turbina

65

para producir potencia en el eje. La presión limitada del fluido de trabajo en el sistema de ciclo de Rankine permite el uso de un equipamiento y de tuberías convencionales en lugar de un equipamiento y de tuberías de alta presión, y evita que el intercambiador de calor esté sometido a unas normativas de seguridad restrictivas.

5 La potencia en el eje puede usarse para generar gases presurizados tales como aire, por medio de un turbocompresor que se desarrolló originalmente para un motor de combustión interna tal como un motor diésel y/o de gas en el intervalo de potencia de 500 kW o más. Las turbinas radiales o axiales de una fase de estos turbocompresores son muy adecuadas para las condiciones termodinámicas elegidas y además, debido a su estabilidad de diseño y de ciclo de vida, compensan la eficiencia termodinámica, algo reducida. Alternativamente, la fase de compresor del turbocompresor puede eliminarse del eje de la turbina y sustituirse por un generador para generar electricidad.

15 En una realización preferida, el fluido de trabajo es un refrigerante orgánico, no tóxico, no explosivo tal como R-245fa, disponible por ejemplo a través de Honeywell Inc. como Honeywell HFC-245fa o Genetron® 245fa. En el contexto de la presente invención, se ha mostrado que un fluido de trabajo de este tipo podría evaporarse y calentarse hasta una temperatura de aproximadamente 60 °C por medio de calor de desecho a una temperatura de menos de 200 °C, en la que en algunas circunstancias incluso unas temperaturas de calor de desecho tan bajas como 150 °C para un gas de calor residual o de 120 °C para un fluido de enfriamiento fueron suficientes.

20 En una variante ventajosa de la invención, la turbina es una turbina de alta velocidad que gira a una velocidad de más de 1,5 veces una frecuencia de red de CA nominal de una red de potencia eléctrica. Este generador de alta velocidad directamente accionado que incluye un convertidor de frecuencia permite una generación de potencia muy eficiente y evita las desventajas de una caja de velocidades entre la turbina y el generador.

25 En otra variante ventajosa de la invención, se proporciona una carcasa de entrada de turbina con una sección transversal segmentada y que comprende varios canales de flujo diferentes para guiar el fluido de trabajo evaporado hacia las palas del rotor de la turbina. La segmentación permite un mejor funcionamiento de la turbina en unas condiciones de carga parcial. Alternativamente, pueden emplearse unos álabes guía de entrada variable, que permiten de forma similar que la turbina funcione en un intervalo de cargas más amplio y con unas altas eficiencias. Un sistema de álabes guía a modo de ejemplo para un turbocompresor de gas de escape de flujo axial se da a conocer en el documento EP1264079.

Breve descripción de los dibujos

35 La materia objeto de la invención se explicará en más detalle en el siguiente texto, con referencia a las realizaciones preferidas a modo de ejemplo que se ilustran en los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una ilustración de un sistema de ciclo de Rankine, y
la figura 2 es una ilustración de un sistema de ciclo de Rankine con un circuito de agua intermedio, y
40 la figura 3 muestra una carcasa de entrada de turbina con una sección transversal segmentada.

Los símbolos de referencia que se usan en los dibujos, y sus significados, se enumeran en forma resumida en la enumeración de símbolos de referencia. En principio, a partes idénticas se dan los mismos símbolos de referencia en las figuras.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La figura 1 muestra una ilustración esquemática de un sistema de ciclo de Rankine cerrado, que comprende, en el sentido de flujo de las agujas del reloj del fluido de trabajo tal como se indica mediante las flechas, un evaporador 1 o caldera para la evaporación de un fluido de trabajo, una turbina 2 que se alimenta con vapor a partir del evaporador para accionar, a través de un eje común 3, un generador 4 que se conecta a una red de potencia eléctrica o a cualquier otra carga, un separador 11, un condensador 5 para condensar los vapores de escape a partir de la turbina y unos medios, tales como una bomba 6, para recircular el fluido de trabajo condensado hacia el evaporador 1. El separador 11 separa o extrae residuos de fluido de trabajo de los fluidos de lubricación tal como el aceite que se usa en el sistema de lubricación/aceite del engranaje de la turbina 2, y vuelve a inyectar los residuos de fluido de trabajo separados en el ciclo de fluido de trabajo principal tal como se indica mediante la línea discontinua. El gas de calor residual o gas de escape caliente a partir de la fuente de calor de desecho 7 tiene una temperatura, cuando se introduce en el evaporador 1, que está por debajo de 350 °C, y de forma eventual por debajo de 250 °C, a la presión ambiente, y se libera finalmente al ambiente a través de la chimenea 8. Normalmente, en el evaporador 1, el fluido de trabajo se calienta hasta 60 °C a una presión de menos de 8 bares (800 Pa) y se expande en la turbina 2 hasta 30 °C a la presión ambiente, en la que éste es aún gaseoso.

La figura 2 muestra un sistema con un circuito de agua intermedio (línea discontinua). Un intercambiador de calor de agua 9 se coloca en la corriente de gas de escape en la chimenea 8, en la que el agua se está calentando por el calor a partir del gas residual. El agua se conduce hasta el evaporador 1, en el que el fluido de trabajo se evapora y el vapor se condensa. El agua se cicla entonces de vuelta al intercambiador

de calor de agua 9 por medio de una bomba de agua 10. En la realización particular que se muestra, el evaporador 1 es un evaporador de dos fases que consiste en un precalentador de líquido-líquido y un evaporador de gas-líquido, estando las dos fases en serie atravesadas por el agua y, en la dirección opuesta, por el fluido de trabajo. En la realización que se muestra, la turbina 2 se conecta, a través del eje 3, a un compresor en lugar de a un generador, y la potencia en el eje se usa para generar gases presurizados. El resto del ciclo de fluido de trabajo permanece sin cambios con respecto a la figura 1. La figura 3 muestra una carcasa de entrada de turbina 13, introduciéndose el fluido de trabajo a partir de la izquierda y saliendo de la carcasa en la parte inferior hacia la turbina (no se muestra en la figura 3). La carcasa comprende al menos dos canales de flujo 13a, 13b, y la sección transversal 13c perpendicular a la dirección de flujo está segmentada o sectorizada, en la que los diferentes segmentos se corresponden con los al menos dos canales de flujo y pueden abrirse o cerrarse de forma independiente. Esto permite adaptarse a unas condiciones de funcionamiento en carga parcial, caso en el que uno o más de los canales de flujo permanecen cerrados.

15 En lo siguiente, se describen unas realizaciones adicionales a modo de ejemplo de la invención:

Realización 1: Un uso de un turbocompresor que comprende una turbina (2) que se conecta a través de un eje (3) a una fase de compresor para generar gases presurizados, caracterizado por que la turbina (2) del turbocompresor se acopla a un sistema de ciclo de Rankine cerrado que comprende un evaporador (1), la turbina (2) del turbocompresor y un condensador (5), en el que el evaporador (1) se calienta mediante calor de desecho a partir de una fuente de calor de desecho (7), un fluido de trabajo se evapora en el evaporador (1) para accionar la turbina (2), y el condensador (5) tiene una interconexión de fluidos entre la turbina (2) y el evaporador (1), y caracterizado por que la temperatura de calor de desecho en el evaporador (1) no supera 350 °C y está preferiblemente por debajo de 250 °C, y por que la presión del fluido de trabajo evaporado no supera 8 bares (800 Pa).

Realización 2: El uso de acuerdo con la realización 1, caracterizado por que la fase de compresor del turbocompresor se sustituye por un generador (4) para generar electricidad.

Realización 3: Un sistema que convierte calor de desecho a partir de una fuente de calor de desecho (7) en potencia en el eje, que comprende un sistema de ciclo de Rankine cerrado que incluye un evaporador (1) que se calienta mediante el calor de desecho, una turbina (2) que se acciona mediante un fluido de trabajo que se evapora en el evaporador (1) y que se conecta a un eje (3), y un condensador (5) con interconexión de fluidos entre la turbina (2) y el evaporador (1), caracterizado por que la temperatura de calor de desecho en el evaporador (1) no supera 350 °C y está preferiblemente por debajo de 250 °C, y por que la presión del fluido de trabajo evaporado no supera 8 bares (800 Pa).

Realización 4: El sistema de acuerdo con la realización 3, caracterizado por que la turbina (2) es una turbina de un turbocompresor que se conecta a través de un eje (3) a un generador (4) para generar electricidad.

Realización 5: El sistema de acuerdo con la realización 3, caracterizado por que el fluido de trabajo es un refrigerante orgánico, no tóxico, no explosivo.

Realización 6: El sistema de acuerdo con la realización 3, caracterizado por que los gases de calor residual a partir de la fuente de calor de desecho (7) entran en una relación de intercambio de calor con el evaporador (1) a través de un circuito de agua o aceite intermedio para transferir el calor de desecho desde el gas de calor residual hasta el fluido de trabajo.

Realización 7: El sistema de acuerdo con la realización 3, caracterizado por que el calor de desecho a partir de la fuente de calor de desecho (7) evapora el fluido de trabajo en el evaporador (1) sin ningún fluido intermedio.

Realización 8: El sistema de acuerdo con la realización 3, caracterizado por que la turbina (2) es una turbina de alta velocidad con un engranaje simple y que gira a una velocidad de al menos 1,5 veces la frecuencia de CA nominal de una red de potencia eléctrica, y que alimenta un generador de alta velocidad que incluye electrónica de potencia para una conversión de frecuencia.

Realización 9: El sistema de acuerdo con la realización 3, caracterizado por que éste comprende un separador (11) para separar residuos de fluido de trabajo con respecto a los fluidos que se usan en un sistema de aceite de un engranaje de la turbina (2).

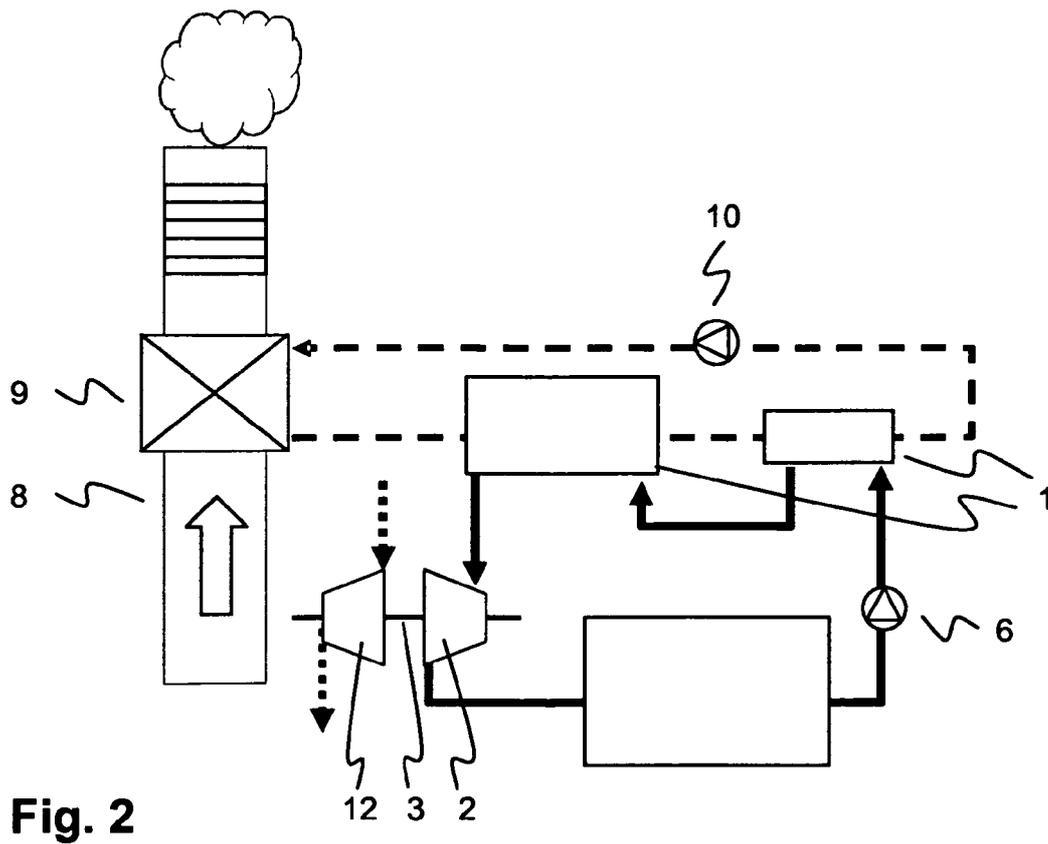
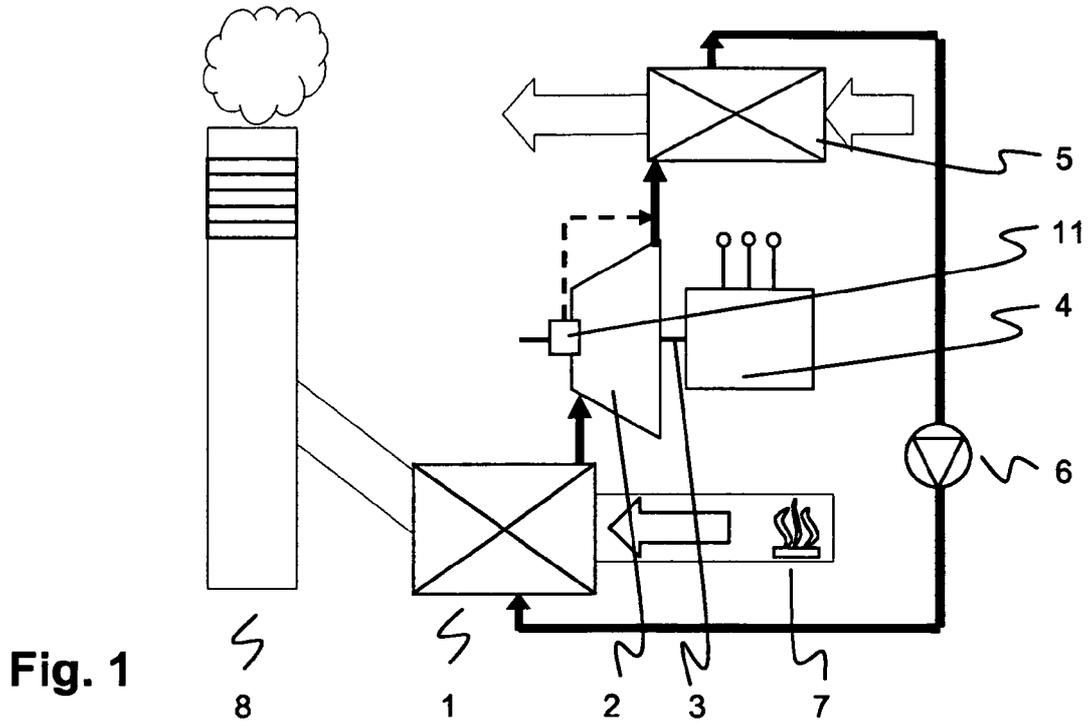
Realización 10: El sistema de acuerdo con la realización 3, caracterizado por que la turbina (2) comprende una carcasa de entrada segmentada (13) o un álabe guía de entrada variable.

Enumeración de denominaciones

	1	evaporador
5	2	turbina
	3	eje
	4	generador
10	5	condensador
	6	bomba
15	7	fuelle de calor de desecho
	8	chimenea
	9	calor de desecho a intercambiador de calor de agua
20	10	bomba de agua
	11	separador
25	12	compresor
	13	carcasa de turbina de entrada

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema para convertir calor de desecho a partir de una fuente de calor de desecho (7) en potencia en el eje, que comprende un sistema de ciclo de Rankine cerrado que incluye un evaporador (1) que se calienta mediante el calor de desecho, una turbina (2) que se acciona mediante un fluido de trabajo que se evapora en el evaporador (1) y que se conecta a un eje (3), y un condensador (5) con interconexión de fluidos entre la turbina (2) y el evaporador (1);
- 10 **caracterizado por que** los gases de calor residual a partir de la fuente de calor de desecho (7) entran en una relación de intercambio de calor con el evaporador (1) a través de un circuito de agua intermedio para transferir el calor de desecho desde el gas de calor residual hasta el fluido de trabajo.
- 15 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que el calor de desecho se proporciona a una temperatura de menos de 350 °C, preferiblemente de menos de 250 °C, a un intercambiador de calor de calor de desecho a agua (9).
- 20 3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que el evaporador (1) es un evaporador de dos fases que consiste en un precalentador de líquido-líquido y un evaporador de gas-líquido, estando las dos fases en serie atravesadas por el agua y, en la dirección opuesta, por el fluido de trabajo.
- 25 4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que el fluido de trabajo es un refrigerante orgánico, no tóxico, no explosivo.
5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4,
caracterizado por que el fluido de trabajo se calienta hasta una temperatura de aproximadamente 60 °C por medio de calor de desecho a una temperatura de menos de 200 °C.
- 30 6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que la turbina (2) es una turbina de alta velocidad con un engranaje simple y que gira a una velocidad de al menos 1,5 veces la frecuencia de CA nominal de una red de potencia eléctrica, y que alimenta un generador de alta velocidad que incluye electrónica de potencia para una conversión de frecuencia.
- 35 7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que éste comprende un separador (11) para separar residuos de fluido de trabajo con respecto a los fluidos que se usan en un sistema de aceite de un engranaje de la turbina (2).
- 40 8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizado por que la turbina (2) comprende una carcasa de entrada segmentada (13) o un álabe guía de entrada variable.
- 45 9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8,
caracterizado por que la carcasa de entrada segmentada (13) con una sección transversal segmentada comprende unos canales de flujo diferentes (13a, 13b) para guiar el fluido de trabajo evaporado hacia las palas del rotor de la turbina.



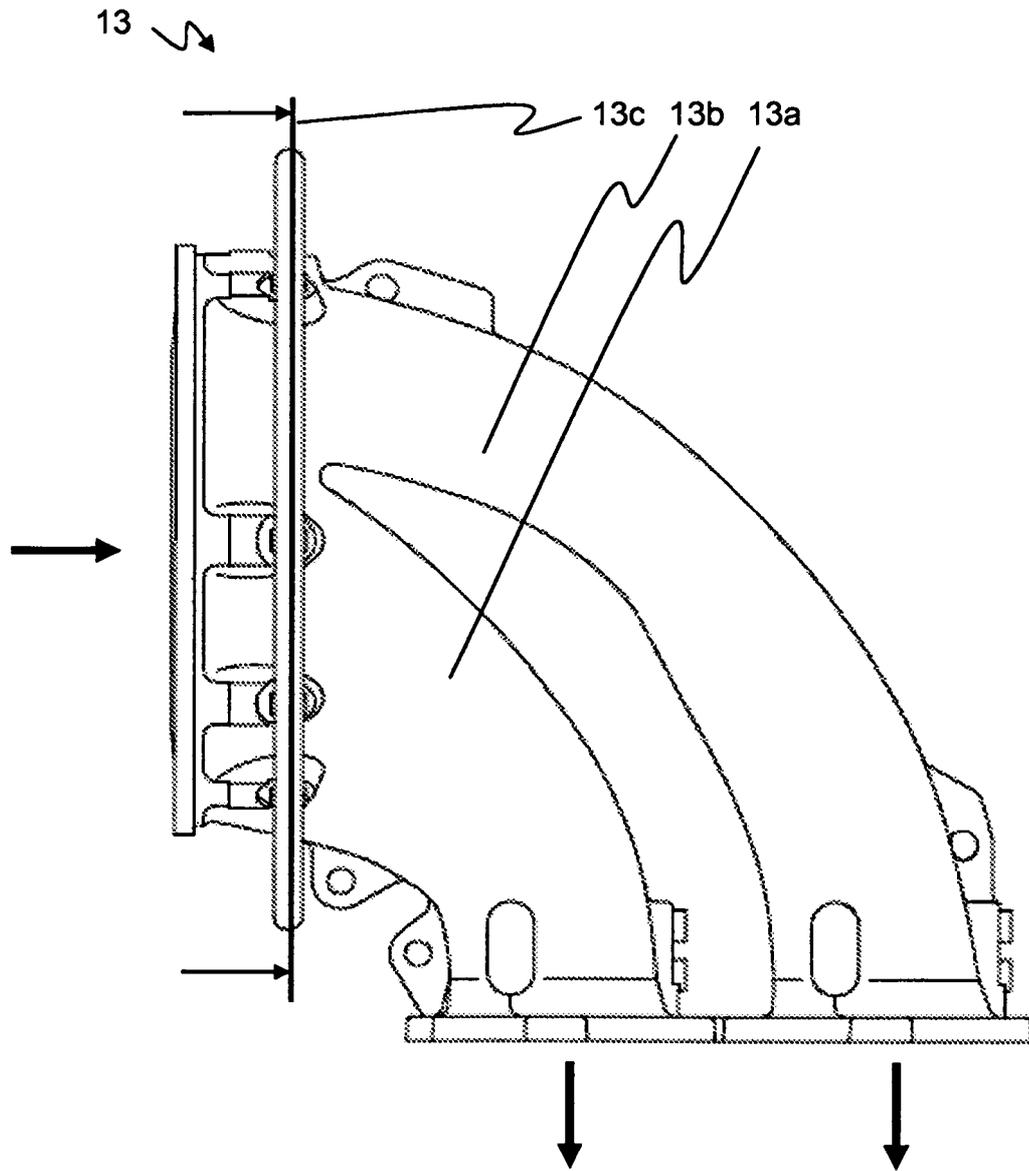


Fig. 3