

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 381**

51 Int. Cl.:

F22B 3/02 (2006.01)

F22G 1/16 (2006.01)

F22B 1/18 (2006.01)

F22B 1/16 (2006.01)

F01K 25/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.10.2016 PCT/EP2016/074540**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.04.2017 WO17064163**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2016 E 16781771 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2020 EP 3362739**

54 Título: **Generación de vapor de procesos mediante una bomba de calor de alta temperatura**

30 Prioridad:

14.10.2015 DE 102015117492

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

30.06.2021

73 Titular/es:

**MITSUBISHI POWER EUROPE GMBH (100.0%)
Schifferstrasse 80
47059 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**BERGINS, CHRISTIAN;
STÖVER, BRIAN;
BOSSER, SVEN;
BUDDENBERG, TORSTEN y
WALDBURG, SIMON**

74 Agente/Representante:

LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen

ES 2 837 381 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

Generación de vapor de procesos mediante una bomba de calor de alta temperatura

- 5 La invención se refiere a un sistema de generación de vapor que comprende una bomba de calor de alta temperatura con un circuito de fluido portador de calor, en el cual están dispuestos un dispositivo de alimentación de energía térmica que acopla energía térmica al fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor y un dispositivo de descarga de energía térmica que descarga energía térmica del fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor, así como un compresor o sobrealimentador y un expansor o una turbina de expansión o un estrangulador o un expansor de tornillo.
- 10 Adicionalmente, la invención se refiere a un proceso para la generación de vapor, con un sistema de generación de vapor, que comprende una bomba de calor de alta temperatura con un circuito de fluido portador de calor, en el cual están dispuestos un dispositivo de alimentación de energía térmica que acopla energía térmica al fluido portador de calor del circuito del fluido portador de calor y un dispositivo de descarga de energía térmica que descarga energía térmica del fluido portador de calor del circuito del fluido portador de calor, así como un compresor o sobrealimentador y un expansor o una turbina de expansión o un estrangulador o un expansor de tornillo.
- 15 A menudo hay necesidad de poder utilizar todavía la energía térmica contenida en un medio transportable, tal como un fluido, por ejemplo, un líquido o un gas, cerca del lugar de origen. Sin embargo, esto fracasa a menudo porque, en las proximidades del lugar, se requieren exclusivamente medios, particularmente un fluido líquido o gaseoso, que, por el contrario, tienen un nivel de temperatura significativamente más alto y, por tanto, un contenido de energía térmica significativamente mayor. A fin de poder seguir utilizando la energía térmica disponible (residual), se consigue a menudo por calentamiento directo del fluido cuyo calor residual debe utilizarse todavía que éste se eleve al nivel de temperatura deseado.
- 20 Sin embargo, por otra parte, se conocen también bombas de calor accionadas eléctricamente, que calientan un circuito de fluido conectado con ayuda de un circuito de medio portador de calor. Así, se conoce, por ejemplo, la elevación de la temperatura del agua por medio de una bomba de calor hasta el campo de su punto de ebullición.
- 25 Adicionalmente, hay eventualmente necesidad de poder utilizar diferentes y diversas fuentes de calor, para llevar un fluido a la temperatura elevada deseada. Particularmente, existe necesidad de poder utilizar calor (residual) de una red de calefacción urbana y calor perdido, por ejemplo, de un proceso industrial.
- 30 Un sistema y un proceso genéricos de generación de vapor se conocen por el documento WO 2015/068531 A1. Sistemas de generación de vapor y procesos para generación de vapor con sistemas de generación de vapor que (comprenden) una bomba de calor de alta temperatura con un circuito de fluido portador de calor, en el cual están dispuestos un dispositivo de alimentación de energía térmica que acopla energía térmica al fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor y un dispositivo de descarga de energía térmica que desacopla energía térmica del fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor así como un compresor o sobrealimentador y un expansor o una turbina de expansión o un estrangulador o un expansor de tornillo se conocen además por los documentos US 2011/013786 A1, US 2011/252796 A1 y DE 10 2011 108260 A1.
- 35 La invención se propone como objetivo proporcionar una solución que hace posible generar vapor a partir de calor local, particularmente a partir de calor de una red de calefacción urbana y/o calor perdido de un proceso industrial, y corriente eléctrica suministrada.
- 40 Este objetivo se consigue mediante un sistema de generación de vapor de acuerdo con la reivindicación 1 y un proceso para generación de vapor de acuerdo con la reivindicación 9.
- Las formas de realización apropiadas y desarrollos ventajosos de la invención son objeto de las respectivas reivindicaciones subordinadas.
- 45 En un sistema de generación de vapor del tipo descrito con más detalle al principio, el objetivo se logra de tal modo que en el dispositivo de alimentación de energía térmica, la energía térmica desacoplada de una corriente de fluido atemperada de entrada y transferida al fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor calienta el fluido portador de calor, y el compresor o sobrealimentador comprime este fluido portador de calor antes de su entrada en el dispositivo de descarga de energía térmica a una presión tal que su agua, particularmente agua de alimentación, desacoplada del fluido portador de calor en el dispositivo de descarga de energía térmica y que atraviesa el dispositivo de descarga de energía térmica, se evapora, estando posconectado al dispositivo de
- 50 descarga de energía térmica en la dirección de la corriente del vapor generado al menos un compresor de vapor que aumenta la presión del vapor, en donde el compresor o sobrealimentador del circuito de fluido portador de calor, el o los o al menos una parte del o de los compresores que aumentan la presión de vapor del vapor generado y el expansor del circuito del fluido portador de calor están dispuestos en una transmisión.
- 55 Asimismo, el objetivo anterior se logra en un proceso del tipo descrito al principio con más detalle de tal manera que en el dispositivo de alimentación de energía térmica se desacopla energía térmica de una corriente de fluido de entrada atemperado y el fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor se transfiere a éste

calentándolo, y este fluido portador de calor calentado es comprimido por el compresor o sobrealimentador antes de su entrada en el dispositivo de descarga de energía térmica a una presión tal que el contenido de energía térmica del fluido portador de calor es suficiente para evaporar el agua, particularmente agua de alimentación, con energía térmica, transferida en el dispositivo de descarga de energía térmica desacoplada del fluido portador de calor y que atraviesa el dispositivo de descarga de energía térmica, donde el vapor generado en el dispositivo de descarga de energía térmica se conduce a al menos un compresor de vapor que aumenta la presión del vapor, que está posconectado al dispositivo de descarga de energía térmica en la dirección de flujo del vapor, donde el compresor o sobrealimentador del circuito del fluido portador de calor, el o los o al menos una parte del o de los compresores que aumentan la presión de vapor del vapor generado y el expansor del circuito del fluido portador de calor son accionados por una transmisión.

La invención proporciona, pone a punto y utiliza un sistema de generación de vapor, con el cual se puede generar vapor de proceso y/o vapor de calefacción, particularmente para su utilización en procesos industriales, mediante un sistema de generación de vapor que comprende una bomba de calor de alta temperatura, en el cual un dispositivo de descarga de energía térmica integrado en el circuito del fluido portador de calor de la bomba de calor de alta temperatura y configurado como un dispositivo de descarga de energía térmica evaporador/refrigerante de gas genera el vapor. A este dispositivo de descarga de energía térmica están posconectados preferiblemente un recalentador, en particular accionado eléctricamente y/o al menos un compresor de vapor en la dirección de flujo del vapor generado. A diferencia de los sistemas de generación de vapor convencionales, que utilizan combustibles fósiles o energía eléctrica, el sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención y el proceso de acuerdo con la invención pueden utilizar para la generación de vapor diversas fuentes de energía tales como corriente eléctrica, calor disponible localmente, calor de una red de calefacción urbana o calor perdido, por ejemplo, de un proceso industrial. La bomba de calor de alta temperatura utilizada eleva la energía térmica o la temperatura de la fuente de calor proporcionada en el lado de entrada por encima de la energía térmica en el dispositivo de alimentación de energía térmica que acopla el circuito del fluido portador de calor hasta una temperatura adecuada para una producción de vapor de baja presión en un evaporador (dispositivo de descarga de energía térmica). El medio de trabajo o fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor de la bomba de calor de alta temperatura está constituido preferentemente por CO₂, pero puede ser también amoníaco (NH₃). Después de la formación del vapor de baja presión en el evaporador, se comprime el mismo a la presión de vapor deseada mediante el recalentamiento eléctrico previsto, pero particularmente mediante el al menos un compresor de vapor previsto. Esto se realiza preferiblemente en el contexto de una compresión del vapor en varias etapas con refrigeración intermedia, preferiblemente refrigeración por inyección, a fin de asegurar que el vapor comprimido tenga la temperatura deseada. Esto es particularmente importante si el vapor se va a utilizar a continuación como vapor de proceso en un proceso industrial. De acuerdo con la invención, el compresor del circuito del fluido portador de calor y el o los o al menos una parte del o de los compresores que aumentan la presión de vapor del vapor generado y el expansor del circuito del fluido portador de calor están dispuestos en una sola transmisión. Es ventajoso diseñar esta transmisión como transmisión Bull-Gear, por lo cual la invención, en una forma de realización, prevé además que la transmisión esté diseñada como transmisión Bull-Gear, y preferiblemente esté accionada por un único motor.

Por la disposición conforme a la invención de los diversos compresores y del expansor en una sola transmisión, es posible disponer una pequeña unidad para el funcionamiento de estos elementos. Esta unidad puede estar accionada también exclusivamente por un solo motor. Si todas las ruedas motrices, que accionan respectivamente un compresor o son accionadas por el expansor, están dispuestas alrededor de una rueda principal - por ejemplo, de manera análoga a una transmisión planetaria - como sucede en una transmisión Bull-Gear, los diferentes elementos o componentes, dispuestos cada uno en una rueda motriz o asociados a una rueda motriz (el compresor del circuito del fluido portador de calor, el o los compresores que aumentan la presión de vapor del vapor generado y el expansor del circuito del fluido portador de calor) pueden operar o estar accionados por tanto a diferentes números de revoluciones, aunque no obstante estén o puedan estar acoplados exclusivamente a un solo motor.

Para poder conformar ventajosamente el vapor generado para utilización como vapor de proceso, la invención prevé en un desarrollo adicional que esté posconectado al dispositivo de descarga de energía térmica en la dirección de flujo del vapor generado un recalentador, accionado particularmente por corriente eléctrica.

También es posible en este caso una combinación de compresor de vapor y recalentador, y por ello la invención prevé también que el recalentador esté posconectado al al menos un compresor de vapor en la dirección de flujo del vapor generado.

Es ventajoso diseñar el compresor de vapor con varias etapas, particularmente con refrigeración intermedia mediante inyección de agua. En una forma de realización adicional, la invención se caracteriza también por que el al menos un compresor de vapor exhibe una compresión del vapor en varias etapas, particularmente con refrigeración intermedia, preferiblemente con refrigeración por inyección.

El fluido portador de calor preferido en el circuito de fluido portador de calor es dióxido de carbono (CO₂), pero también puede utilizarse amoníaco (NH₃), por lo que la invención se caracteriza también por que el fluido portador de calor es dióxido de carbono (CO₂) o amoníaco (NH₃).

Para poder realizar de manera favorable los acoplamientos y desacoplamientos de calor necesarios, es conveniente diseñar el dispositivo de descarga de energía térmica y el dispositivo de alimentación de energía térmica como intercambiadores de calor. Por ello, la invención prevé adicionalmente que el dispositivo de alimentación de energía térmica esté configurado como intercambiador de calor, particularmente como intercambiador de calor líquido/gas, y/o el dispositivo de descarga de energía térmica esté configurado como intercambiador de calor, particularmente como evaporador/refrigerante de gas.

A fin de poder generar vapor de acuerdo con lo previsto de acuerdo con la invención, es ventajoso de acuerdo con una forma de realización del proceso de acuerdo con la invención, que el fluido portador de calor sea dióxido de carbono (CO₂) y que el mismo se comprima a una presión ≥ 190 bar y una temperatura $\geq 190^{\circ}\text{C}$ antes su entrada en el dispositivo de descarga de energía térmica.

Asimismo, también es posible ventajosamente que el fluido portador de calor sea amoniaco (NH₃) y se comprima a una presión ≥ 80 bar y una temperatura $\geq 160^{\circ}\text{C}$ antes de su entrada en el dispositivo de descarga de energía térmica, lo que contempla también la invención en una forma de realización del proceso.

En una forma de realización adicional de la invención, es ventajoso que el vapor generado se lleve al nivel de presión y temperatura necesario para su empleo como vapor de proceso. Por ello, el proceso de acuerdo con la invención se caracteriza adicionalmente por que el vapor generado en el dispositivo de descarga de energía térmica se conduce a un recalentador, accionado particularmente por corriente eléctrica, que está posconectado al dispositivo de descarga de energía térmica en la dirección de flujo del vapor.

Por último, es ventajoso utilizar diferentes dispositivos para alcanzar el nivel de presión y temperatura deseado del vapor de proceso dependiendo del nivel deseado. Por ello, la invención prevé también finalmente que el vapor generado en el dispositivo de descarga de energía térmica se lleve en el recalentador a una presión entre 1 y 5 bar y/o que el vapor generado en el dispositivo de descarga de energía térmica se lleve en el o los compresores de vapor que aumentan la presión del vapor a una presión entre 2 y 20 bar.

La invención se ilustra a continuación con más detalle con ayuda de dibujos. Éstos muestran en

- Fig. 1 en representación esquemática del proceso, un primer ejemplo de forma de realización de un sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención con CO₂ como fluido portador de calor,
- Fig. 2 en representación esquemática del proceso, un segundo ejemplo de forma de realización de un sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención con CO₂ como fluido portador de calor,
- Fig. 3 la curva de COP de diferentes parámetros del vapor en el caso de utilización del proceso de acuerdo con la invención para generación de vapor,
- Fig. 4 la forma de realización de acuerdo con la Fig. 1 con parámetros concretos de proceso que dan buen resultado para la aplicación,
- Fig. 5 en representación esquemática del proceso, un tercer ejemplo de forma de realización de un sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención con CO₂ como fluido portador de calor,
- Fig. 6 en representación esquemática del proceso, un cuarto ejemplo de forma de realización de un sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención con CO₂ como fluido portador de calor,
- Fig. 7 en representación esquemática, la integración de una transmisión Bull-Gear en un sistema de generación de vapor con CO₂ como fluido portador de calor,
- Fig. 8 en representación esquemática, la aplicación del sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención en un quinto ejemplo de forma de realización con CO₂ como fluido portador de calor y en
- Fig. 9 en representación esquemática, la utilización del sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención en un sexto ejemplo de forma de realización con amoniaco como fluido portador de calor.

La parte esencial del sistema de generación de vapor, designado globalmente como 17, y del proceso para generación de vapor es la bomba de calor de alta temperatura 1, que, dependiendo del ejemplo de forma de realización, utiliza CO₂ o NH₃ como medio de trabajo y fluido portador de calor. Para la generación de vapor comprimido, en la forma de realización de acuerdo con la Fig. 1 un compresor de vapor 2 y en la forma de realización de acuerdo con la Fig. 2 un recalentador 3 son parte esencial del sistema de generación de vapor para

la generación de vapor comprimido de mayor presión. En comparación con los fluidos portador de calor convencionales, el CO2 tiene un impacto menor sobre el medio ambiente.

En comparación con las bombas de calor convencionales, que procesan temperaturas de hasta 100°C en el lado caliente y temperaturas máximas de 30°C en el lado frío, con la bomba de calor de alta temperatura 1 utilizada en este caso pueden alcanzarse temperaturas superiores a 190°C en el lado caliente, preferiblemente superiores a 220°C, y hasta 260°C. En el lado frío, con la bomba de alta temperatura 1 se pueden alcanzar temperaturas de entrada en el intervalo de 110°C a 180°C.

La bomba de calor de alta temperatura 1 tiene un circuito de fluido portador de calor 4, en el cual, cuando se utiliza CO2 como fluido portador de calor, están dispuestos un compresor 5, un dispositivo de descarga de energía térmica 6, una turbina de expansión o un expansor 7 y un dispositivo de alimentación de energía térmica 8 uno tras otro en la dirección de flujo del fluido portador de calor.

En la transición del tramo IV al tramo I del circuito de fluido portador de calor 4, en el dispositivo de alimentación de energía térmica 8 integrado allí en el circuito de fluido portador de calor 4 se enfría una corriente de fluido 9 que entra a una temperatura de 110°C a 180°C hasta una temperatura de 45°C a 70°C. La corriente de fluido de entrada 9 es, por ejemplo, particularmente un fluido de calefacción urbana, por lo que el dispositivo de alimentación de energía térmica 8 puede denominarse también como intercambiador de calor de calefacción urbana de corrientes cruzadas. En el dispositivo de alimentación de energía térmica 8, la energía térmica recuperada por el enfriamiento de la corriente de fluido 9 se transfiere al fluido portador de calor CO2 del circuito del fluido portador de calor 4.

Dependiendo de la temperatura de la corriente de fluido 9 y de la temperatura de pellizco, por ejemplo 10 K, la temperatura mínima posible del CO2 (fluido portador de calor) es 100°C y la temperatura máxima del CO2 (fluido portador de calor) es 130°C. La limitación a 130°C está causada y determinada por la limitación de las propiedades térmicas del dióxido de carbono del fluido portador de calor después de la etapa de expansión (a 50-110 bar) en el tramo IV del circuito del fluido portador de calor 4.

Desde el tramo I al tramo II del circuito de fluido portador de calor 4, el fluido portador de calor fluye a través del compresor 5 y es comprimida por este compresor 5 a una presión superior a 190 bar, en el ejemplo de forma de realización de acuerdo con las La Fig. 1 y 2 a 200 bar. Esto va acompañado de un aumento de temperatura correspondiente, de modo que el fluido portador de calor CO2 en el tramo II del circuito de fluido portador de calor 4 tiene una temperatura $\geq 190^\circ\text{C}$, en el ejemplo de forma de realización 220°C a 200 bar. Para lograr la compresión partiendo de 50-110 bar a una presión mayor que 190 bar, debe aplicarse con el compresor 5 una potencia mecánica comprendida en el intervalo de 0.5 a 50 MW. Dependiendo del proceso, esta se puede aplicar en parte mediante energía eléctrica suministrada.

En la dirección de transporte del fluido portador de calor CO2, el dispositivo de descarga de energía térmica 6 está dispuesto en el circuito del fluido portador de calor 4 del tramo II al tramo III y está integrado en el circuito del fluido portador de calor 4. El dispositivo de descarga de energía térmica 6 está diseñado también como intercambiador de calor de corrientes cruzadas, concretamente como evaporador de corrientes cruzadas en el ejemplo de forma de realización. En el dispositivo de descarga de energía térmica 6, el agua fresca suministrada, en caso deseado dependiendo del proceso, también agua de alimentación, en cualquier caso, agua 10, se evapora a vapor saturado 11. En la dirección de flujo del agua 10 aguas arriba del dispositivo de descarga de energía térmica 6, el agua 10 suministrada en el ejemplo de forma de realización como agua fresca con una temperatura de 20°C y una presión de 1 bar se eleva a una presión de vapor o presión de vapor saturado y en un intercambiador de calor opcional 12, que está configurado como precalentador de corrientes cruzadas, se precalienta hasta la temperatura de evaporación. En el dispositivo de descarga de energía térmica 6, el agua 10 se evapora luego para dar vapor saturado 11. En el dispositivo de descarga de energía térmica 6, la energía térmica contenida en el fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor 4 a la presión respectiva se desacopla al menos parcialmente del fluido portador de calor y se acopla a la corriente de fluido de entrada a partir de agua 10. El compresor 5 comprime así el fluido portador de calor calentado del circuito de fluido portador de calor 4 en el dispositivo de alimentación de energía térmica 8 antes de entrar en el dispositivo de descarga de energía térmica 6 a una presión tal, que la energía térmica, que se desacopla del fluido portador de calor en el dispositivo portador de calor 6 y se transfiere al agua 10, evapora el agua 10 que atraviesa el dispositivo de descarga de energía térmica 6, por lo que el fluido portador de calor tiene la temperatura requerida para ello.

En el ejemplo de forma de realización de acuerdo con la Fig. 1, el vapor saturado 11 formado en el dispositivo de descarga de energía térmica 6 se alimenta luego al compresor de vapor 2 y se comprime a una presión de 2-20 bar. El compresor de vapor 2 puede ser un compresor de una sola etapa. Sin embargo, el compresor de vapor 2 está diseñado preferentemente como compresor de vapor de varias etapas 2a, 2b con refrigeración intermedia mediante inyección de agua 13. En este caso, el compresor de vapor 2a, 2b exhibe preferiblemente una compresión multietápica del vapor 11 con refrigeración por inyección (inyección de agua 13). En el ejemplo de forma de realización de acuerdo con la Fig. 2, el vapor saturado 11 generado en el dispositivo de descarga de energía térmica 6 se eleva a una presión de vapor de 1-5 bar por medio del recalentador eléctrico 3.

Después de atravesar el dispositivo de descarga de energía térmica 6, el fluido portador de calor tiene todavía un nivel de presión y temperatura elevados. Para recuperar esta energía térmica y, a su vez, alcanzar un nivel de temperatura adecuado para la transmisión de calor o transferencia de calor, el fluido portador de calor en el circuito del fluido portador de calor 4 se conduce desde el tramo III al tramo IV de la turbina de expansión o al expansor 7. Esta turbina 7 de expansión de CO₂ o este expansor de CO₂ se utiliza al mismo tiempo para impulsar el compresor 5, como se representa por las flechas de trazos 14. Esto reduce significativamente el consumo de energía mecánica o potencia mecánica que tiene que suministrarse eléctricamente 15a por medio de un motor eléctrico 15, 20 para accionar el compresor 5. Las propiedades del fluido portador de calor, en este caso el fluido portador de calor CO₂, en el dispositivo de alimentación de energía térmica 8, especialmente su temperatura, son esenciales para la temperatura de retorno de calor alcanzable del fluido portador de calor. Para una temperatura de peltzco de 10 K, la temperatura mínima alcanzable de liberación de energía térmica del fluido portador de calor es de 45°C a 70°C.

La diferencia entre las dos formas de realización de acuerdo con la Fig. 1 y La Fig. 2 reside en el diseño del campo de presión del vapor. La variante de acuerdo con la Fig. 1 con el compresor de vapor 2 se utiliza generalmente a presiones del vapor deseadas más altas, superiores a 5 bar, mientras que la forma de realización con el recalentador 3 de acuerdo con la Fig. 2 se utiliza principalmente a presiones del vapor inferiores a 5 bar. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ambas variantes pueden usarse a todas las presiones, siendo posible incluso una combinación de un compresor de vapor 2 con un recalentador 3 conectado aguas abajo en la dirección de flujo del vapor 11.

La Fig. 3 muestra los cambios en los valores de COP (coeficiente de eficiencia o índice de rendimiento) del dispositivo generador de vapor global o del sistema generador de vapor global en relación con las variaciones en los parámetros de vapor para la forma de realización de acuerdo con la Fig. 1. El valor COP da la relación de potencia de frío de calor generada a potencia eléctrica empleada en bombas de calor mecánicas, como lo es la bomba de calor de alta temperatura 1. La Fig. 4 muestra una operación de un sistema 17 de generación de vapor de acuerdo con la invención conforme al modo de forma de realización según la Fig. 1 realizado con parámetros enmarcados en la tabla de la Fig. 3, en donde la fuente de calor conducida como corriente de fluido 9 al dispositivo de alimentación de energía térmica 8 es un fluido de calor urbano con una temperatura de 130°C y un caudal másico de 7,4 kg/s. En este caso, se genera un vapor de proceso de 6 bar y 170°C. Las temperaturas y presiones de los medios respectivos se indican en la Fig. 4 en las tuberías que llevan los medios correspondientes. Se muestra que, con un índice de pérdida de corriente de la planta de energía que suministra la corriente de fluido 9 de 0,124, se alcanza un COP total de 2,299.

El circuito de fluido portador de calor 4 que transporta el dióxido de carbono como fluido portador de calor está conectado con una fuente de dióxido de carbono 16, a través de la cual se puede alimentar CO₂ al circuito de fluido portador de calor 4 como fluido portador de calor.

La fuente de calor, es decir el fluido térmico suministrado por una tubería o la corriente de fluido conducida 9 puede ser en principio de cualquier tipo. Puede tratarse de agua caliente industrial (residual), agua de calefacción urbana, calor de vapor industrial o agua caliente geotérmica o calor residual de una planta de electrólisis para producción de hidrógeno (H₂) a partir de agua a una temperatura de 60°C a 90°C. En principio, pueden contemplarse todas las fuentes imaginables para aplicación en la bomba de calor de alta temperatura 1.

La integración del sistema de generación de vapor representado en la Fig. 4 y designado globalmente con 17 en una red de calefacción urbana se representa también en la Fig. 5, donde se aplican los mismos parámetros del vapor que en el sistema de generación de vapor 17 de acuerdo con la Fig. 4. Adicionalmente, se representa que el dispositivo de descarga de energía térmica 6 comprende dos intercambiadores de calor 6a, 6b. Además, el compresor de vapor 2 está diseñado como compresor de vapor que comprende varias etapas de compresión 2a, 2b.

En este ejemplo, el intercambiador de calor 12 que calienta el agua de entrada 10, particularmente el agua de alimentación, está conectado también a la fuente de calor "red de calefacción urbana". Éste puede estar acoplado también a cualquiera de las fuentes de calor especificadas anteriormente. Además, en este ejemplo de forma de realización, está dispuesto un estrangulador 7b aguas abajo del expansor 7 en la dirección de flujo del fluido portador de calor del circuito del fluido portador de calor 4.

La Figura 6 muestra otro ejemplo de forma de realización alternativo para la integración del sistema 17 de generación de vapor de acuerdo con la invención en el circuito agua/vapor de un generador de vapor de calor residual 19 alimentado por el gas de escape de una turbina de gas 18. El generador de vapor de calor residual 19 de acuerdo con la Fig. 6 está integrado también en una red de calefacción urbana. En el ejemplo de forma de realización de acuerdo con la Fig. 6, la utilización total de combustible se encuentra en un nivel de CHP (Combined Heat and Power) alto, $\geq 80\%$, y es posible transportar calor a largas distancias de hasta 100 km, lo que no es posible en las conducciones de vapor convencionales, debido a la pérdida de presión del vapor que se presenta habitualmente en el sistema de tuberías. Desde un punto de vista económico, en una red convencional de suministro de vapor de este tipo son posibles como máximo en todo caso 1 a 2 km.

La forma de realización de acuerdo con la Fig. 7 muestra que tanto el compresor 5 como la turbina de expansión del circuito de fluido portador de calor 4 y los compresores de vapor 2a, 2b del compresor de vapor multietápico 2 son accionados por un único motor 20 mediante una transmisión Bull-Gear 21, y el expansor 7 puede accionar éste. En una transmisión Bull-Gear, todas las ruedas motrices están dispuestas alrededor de una rueda principal, análogamente a un engranaje planetario. Esto hace posible accionar u operar diferentes elementos a diferentes números de revoluciones con las distintas ruedas motrices, de tal modo que, por ejemplo, el compresor 5 y los dos compresores de vapor 2a y 2b pueden accionarse con diferentes velocidades mediante un solo motor 20 y el expansor 7 puede aportar potencia motriz, pudiendo estar acoplados sin embargo todos estos elementos o conjuntos al único motor exclusivo 20. En este caso, el expansor de accionamiento 7 puede, en consecuencia, si es necesario, aportar su potencia de accionamiento.

Con la generación de vapor de acuerdo con la invención, es decir con la utilización del sistema de generación de vapor 17 y el proceso de acuerdo con la invención para la generación de vapor, se pueden evitar acoplamientos energía-calor más pequeños, descentralizados, menos eficientes y/o intensivos en costes, puede respaldarse la utilización de sistemas existentes a gran escala y/o puede encontrar aplicación más energía renovable, particularmente corriente obtenida a partir de fuentes de energía renovables, con lo que se puede evitar un aumento en el consumo de gas en aplicaciones descentralizadas. La combinación de la bomba de calor de alta temperatura con corriente obtenida de fuentes de energía renovables o la electricidad obtenida de grandes plantas que queman combustibles fósiles es más económica y respetuosa con el medio ambiente que la operación de plantas combinadas energía y calor descentralizadas basadas en combustibles que no cumplen con estándares ambientales altos de este tipo.

En combinación con "Power to Heat" con almacenamiento de agua caliente, por ejemplo mediante calefacción por resistencia eléctrica o agua caliente obtenida a partir de excedentes de calor/excedentes electricidad de plantas combinadas calor-energía, pueden almacenarse grandes cantidades de electricidad excedente o corriente excedente con el diseño inventivo de un sistema de generación de vapor, por ejemplo mediante un sistema descentralizado cerca de la bomba de calor de alta temperatura, o acumulación centralizada dispuesta cerca de la generación de calor de la red de calefacción. De esta manera, se puede poner flexibilidad a disposición de las redes eléctricas, cumpliendo al mismo tiempo los requisitos de los usuarios de vapor o de calor. La eficiencia de almacenamiento en este caso está próxima al 100% con respecto a la energía-vapor o -calor. Si bien este sistema ha estado disponible hasta ahora para el almacenamiento de calor, la utilización de dicho almacenamiento para la producción de vapor representa una aplicación útil y un nivel operativo valioso de una red de cogeneración potencia-calor o una central térmica de cogeneración potencia-calor.

Adicionalmente, la posibilidad de poder utilizar paralelamente fuentes pequeñas cualesquiera de calor residual atemperadas, ofrece la posibilidad de un aumento de la eficiencia energética global. Esto es posible, por ejemplo, en plantas químicas complejas, lo cual evita el descarte de dichos flujos de calor residual o la descarga de dichas corrientes de calor al medio ambiente o a torres de refrigeración. Adicionalmente, la carga eléctrica mínima de las centrales eléctricas existentes se puede reducir de forma flexible dependiendo del suministro de electricidad o corriente procedente de fuentes de energía renovables o de los precios del mercado en cada momento, manteniendo la misma producción de calor.

Particularmente, el sistema de generación de vapor de acuerdo con la invención y el proceso para generación de vapor de acuerdo con la invención pueden utilizarse en combinación con un acumulador de calor de agua caliente o en combinación con un acumulador de vapor de Ruths e implementarse en redes geotérmicas y redes de calefacción urbana con utilización de vapor descentralizada, desde donde se proporciona la corriente respectiva de fluido caliente 9.

Una implementación ventajosa consiste también en utilizar el sistema de generación de vapor 17 de acuerdo con la invención y el proceso de acuerdo con la invención para la generación de vapor con un hervidor 22 de una planta química para la recuperación de calor de condensados. Una aplicación de este tipo se muestra en la Fig. 8. En el hervidor 22, se cede energía térmica procedente del vapor saturado 11 suministrado con presión más alta a un fluido de un reactor calentado 23. A partir del vapor saturado 11 se forma en el hervidor 22 un condensado, que se conduce luego por una tubería 24 a la bomba de calor de alta temperatura 1 como corriente de fluido 9. En este caso, utilizando un recalentador 3 se genera de la manera descrita anteriormente vapor saturado 11, que se conduce a su vez al hervidor 22. El retorno de condensado constituye así una fuente de calor utilizable en plantas químicas y geotérmicas.

Con el sistema de generación de vapor 17 de acuerdo con la invención y el proceso para generación de vapor de acuerdo con la invención se puede generar por tanto vapor de proceso a partir de calor urbano y corriente eléctrica, y en este caso, por ejemplo, también electricidad a partir de energía renovable. Asimismo, es posible generar vapor de procesos a partir de calor perdido industrial, que se produce p. ej. en procesos químicos o siderúrgicos. En la red de calefacción urbana, por ejemplo, en la red de calefacción urbana de la región del Ruhr, pueden encontrar aplicación el sistema de generación de vapor 17 de acuerdo con la invención y el proceso de acuerdo con la invención para la generación de vapor en la industria mediana (por ejemplo, para fábricas de yogur y hospitales).

Aun cuando los ejemplos de forma de realización anteriores se centran en CO₂ como fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor 4, también se puede utilizar amoníaco (NH₃), donde, sin embargo, en lugar del expansor 7 se encuentra dispuesto un estrangulador 7a (o un expansor de tornillo) en el circuito del fluido portador de calor, como puede deducirse de la Fig. 9.

- 5 Un ejemplo de este tipo se representa en la Fig. 9. Como fuentes de calor se pueden utilizar en este caso las mismas fuentes de calor que se han ilustrado anteriormente en relación con los ejemplos de realización de acuerdo con las La Fig. 1 a 8. Las combinaciones o aplicaciones ilustradas son posibles también de acuerdo con la forma de realización conforme a la Fig. 9.

10 El ejemplo de forma de realización de acuerdo con la Fig. 9 se diferencia en primer lugar en que en este caso se representa un circuito de amoníaco, en el cual se comprime y se calienta amoníaco a una presión ≥ 80 bar y una temperatura $\geq 160^\circ\text{C}$ por medio del compresor 5 dispuesto en el circuito de fluido portador de calor 4. Este fluido portador de calor amoníaco se conduce luego al dispositivo de descarga de energía térmica 6, que se compone de dos intercambiadores de calor 6a, 6b, en los cuales el agua 10 suministrada se transforma en vapor vivo 11. En la dirección de la corriente aguas abajo del dispositivo de descarga de energía térmica 6, el fluido portador de calor
15 tiene una temperatura de 94°C a una presión de 86 bar, presión que tiene ya el fluido portador de calor en el lado de entrada del dispositivo de descarga de energía térmica. A continuación, el fluido portador de calor atraviesa un estrangulador 7a o en su lugar un expansor de tornillo no representado y se expande a una presión de 37 bar a 75°C . Este fluido portador de calor fluye luego hacia el dispositivo de alimentación de energía térmica 8, en el cual el mismo absorbe una pequeña cantidad de calor por transferencia de calor de una fuente de calor (corriente de fluido caliente 9), pero después de atravesar el dispositivo de alimentación de energía térmica está todavía esencialmente alrededor de 75°C a una presión de 37 bar. La corriente de fluido caliente de entrada 9 (fuente de calor), por ejemplo, agua caliente, entra en dispositivo de alimentación de energía térmica en el ejemplo de forma de realización con una temperatura de 95°C y abandona el mismo a una temperatura de 80°C .

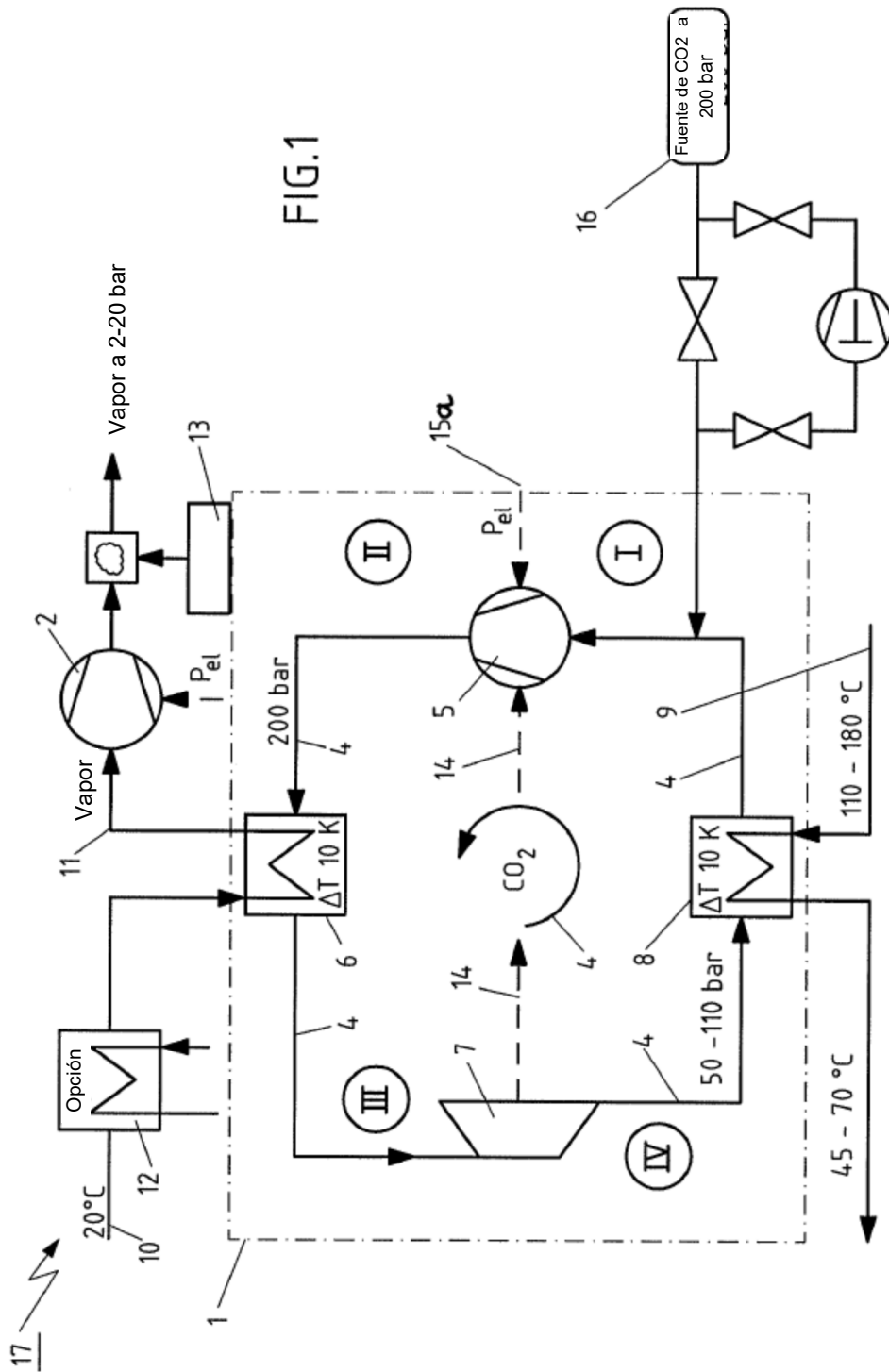
25 El vapor formado en el dispositivo de descarga de energía térmica 6 se conduce a continuación a un compresor de vapor multietápico 2a-2d, en donde el vapor 11 se comprime en las tres primeras etapas 2a-2c para dar un vapor de proceso de 7 bar y una temperatura de 175°C . Entre las etapas individuales del compresor o sobrealimentador se encuentra dispuesta en todos los casos una refrigeración por inyección mediante agua de inyección 25 suministrada. Este vapor de proceso se conduce luego, aguas abajo de la etapa de compresión 2c, a una etapa de compresión adicional 2d, conduciéndose sin embargo de este modo desde la etapa de compresión
30 2c a la etapa de compresión 2d por vía de una alimentación de vapor suplementaria 26 vapor con una presión de 7 bar y una temperatura de 174°C . Este vapor de proceso mezclado se comprime y se sobrealimenta luego en la última etapa de compresión 2d para dar un vapor de proceso de 15 bar y una temperatura de 208°C .

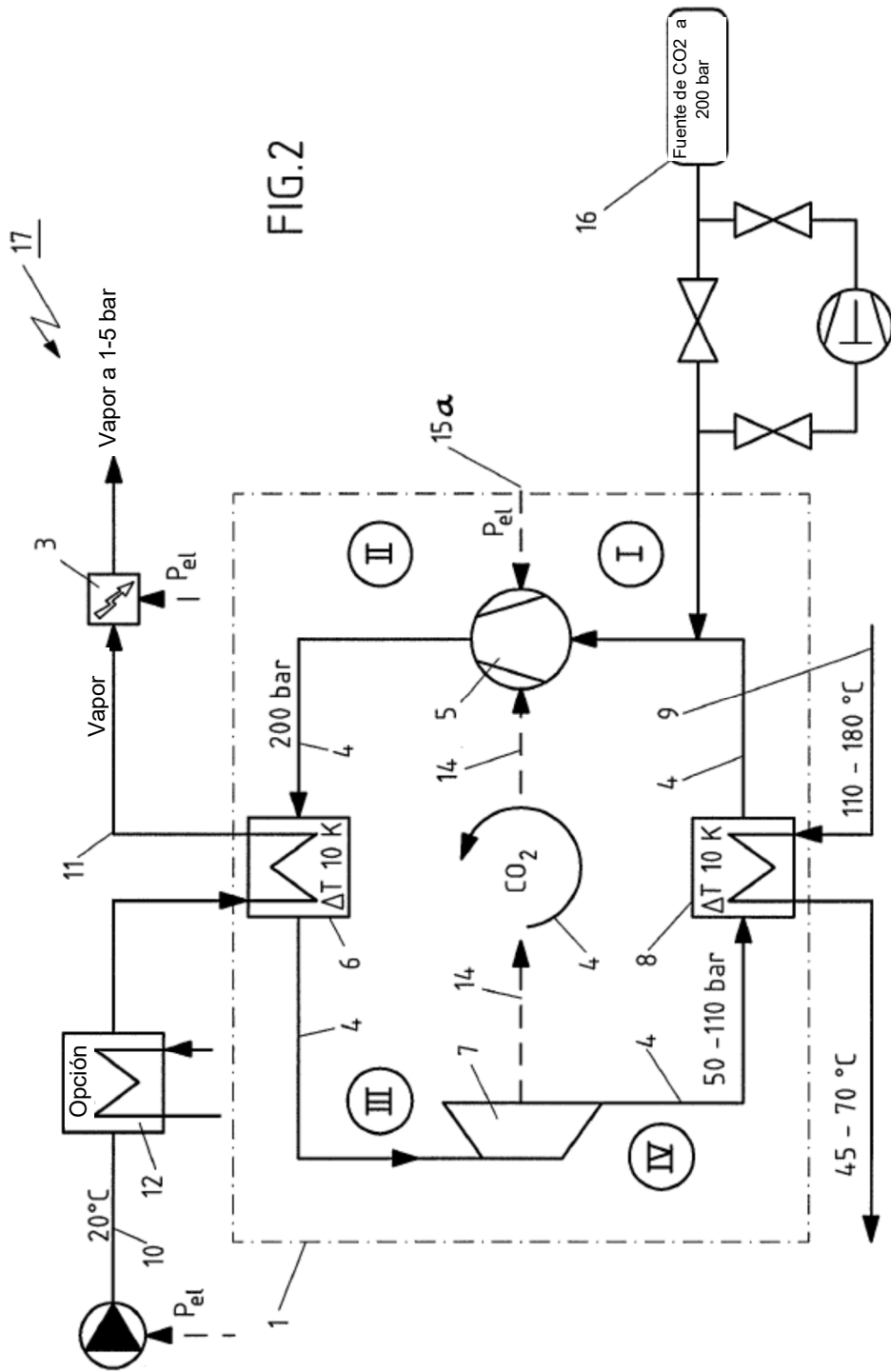
35 En todos los ejemplos de forma de realización, es posible también integrar el sistema de generación de vapor 17 y la bomba de calor de alta temperatura 1 respectiva en el circuito agua/vapor de una central termoeléctrica de vapor asociada, de tal manera que el agua de alimentación procedente del circuito agua/vapor de la central termoeléctrica asociada se conduzca desde el circuito agua/vapor de la central termoeléctrica de vapor asociada al sistema de generación de vapor 17 como agua 10.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de generación de vapor (17) que comprende una bomba de calor de alta temperatura (1) con un circuito de fluido portador de calor (4), en el cual se encuentran dispuestos un dispositivo de alimentación de energía térmica (8) que acopla energía térmica al fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor (4) y un dispositivo de descarga de energía térmica (6) que desacopla energía térmica del fluido portador de calor del circuito del fluido portador de calor (4) así como un compresor (5) o sobrealimentador y un expansor (7) o una turbina de expansión o un estrangulador (7a) o un expansor de tornillo, en donde, en el dispositivo de alimentación de energía térmica (8), la energía térmica desacoplada de una corriente de fluido atemperado de entrada (9) y transferida al fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor (4) calienta el fluido portador de calor, y el compresor o sobrealimentador (5) comprime este fluido portador de calor calentado a una presión tal antes de su entrada en el dispositivo de descarga de energía térmica (6), que su energía térmica, desacoplada del fluido portador de calor en el dispositivo de descarga de energía térmica (6) y transferida al agua (10), particularmente agua de alimentación, que fluye a través del dispositivo de descarga de energía térmica (6), evapora el agua (10), particularmente agua de alimentación, en donde al menos un compresor de vapor (2 ; 2a, 2b; 2a-2d) que aumenta la presión del vapor está conectado aguas abajo del dispositivo de descarga de energía térmica (6) en la dirección de flujo del vapor generado (11), caracterizado porque el compresor (5) o sobrealimentador del circuito del fluido portador de calor (4), el compresor o compresores o al menos una parte del/de los mismo(s) (2, 2a, 2b) que aumentan la presión de vapor del vapor generado (11) y el expansor (7) del circuito de fluido portador de calor (4) están dispuestos en una transmisión (21).
2. Sistema de generación de vapor (17) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la transmisión (21) está configurada como una transmisión Bull Gear y está accionada preferiblemente por un solo motor (20).
3. Sistema de generación de vapor (17) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde un recalentador (3), particularmente un recalentador (3) accionado eléctricamente, está conectado aguas abajo del dispositivo de descarga de energía térmica (6) en la dirección de flujo del vapor generado (11).
4. Sistema de generación de vapor (17) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el recalentador (3) está conectado aguas abajo del al menos un compresor de vapor (2; 2a, 2b; 2a-2d) en la dirección de flujo del vapor generado (11).
5. Sistema de generación de vapor (17) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un compresor de vapor (2) tiene una compresión multietápica (2a, 2b; 2a-2d) del vapor (11), particularmente con refrigeración intermedia (13), preferiblemente con refrigeración por inyección.
6. Sistema de generación de vapor (17) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor (4) es dióxido de carbono (CO₂) o amoniaco (NH₃).
7. Sistema de generación de vapor (17) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de alimentación de energía térmica (8) está configurado como intercambiador de calor, particularmente como intercambiador de calor líquido/gas, y/o el dispositivo de descarga de energía térmica (6) está configurado como intercambiador de calor, particularmente como evaporador/refrigerante de gas.
8. Un proceso para generación de vapor con un sistema de generación de vapor (17) que comprende una bomba de calor de alta temperatura (1) con un circuito de fluido portador de calor (4), en el cual se encuentran dispuestos un dispositivo de alimentación de energía térmica (8) que acopla energía térmica al fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor (4) y un dispositivo de descarga de energía térmica (6) que desacopla energía térmica del fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor (4), así como un compresor (5) o sobrealimentador y un expansor (7) o una turbina de expansión o un estrangulador (7a) o un expansor de tornillo, en donde, en el dispositivo de alimentación de energía térmica (8), se desacopla energía térmica de una corriente de fluido atemperado de entrada (9) y se transfiere al fluido portador de calor del circuito de fluido portador de calor (4) de manera que calienta el mismo, y este fluido portador de calor calentado es comprimido por el compresor (5) o sobrealimentador antes de su entrada en el dispositivo de descarga de energía térmica (8), a una presión tal que el contenido de energía térmica del fluido portador de calor es suficiente para evaporar el agua (10), particularmente agua de alimentación, con energía térmica desacoplada del fluido portador de calor en el dispositivo de descarga de energía térmica (6) y se transfiere al agua (10), particularmente agua de alimentación, que fluye a través del dispositivo de descarga de energía térmica (6), alimentándose el vapor (11) generado en el dispositivo de descarga de energía térmica (6) a al menos un compresor de vapor (2; 2a, 2b; 2a-2d) aumentando la presión del vapor, que está conectado aguas abajo del dispositivo de descarga de energía térmica (6) en la dirección de flujo del vapor, caracterizado por que el compresor (5) o sobrealimentador del circuito de fluido portador de calor (4), el compresor o compresores (2, 2a, 2b) o al menos una parte del/de los mismos, que aumentan la presión del vapor generado (11) y el expansor (7) del circuito de fluido portador de calor (4) están accionados por una transmisión (21) .

9. Proceso de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el fluido portador de calor es dióxido de carbono (CO₂) y se comprime a una presión ≥ 190 bar y una temperatura $\geq 190^{\circ}\text{C}$ antes de entrar en el dispositivo de descarga de energía térmica (6).
- 5 10. Proceso de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el fluido portador de calor es amoníaco (NH₃) y se comprime a una presión ≥ 80 bar y una temperatura $\geq 160^{\circ}\text{C}$ antes de entrar en el dispositivo de descarga de energía térmica (6).
- 10 11. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde el vapor (11) generado en el dispositivo de descarga de energía térmica (6) se alimenta a un recalentador (3), particularmente un recalentador (3) accionado eléctricamente, que está conectado aguas abajo del dispositivo de descarga de energía térmica (6) en la dirección de flujo del vapor.
12. Proceso de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el vapor (11) generado en el dispositivo de descarga de energía térmica (6) se lleva a una presión comprendida entre 1 y 5 bar en el recalentador (3) y/o el vapor (11) generado en el dispositivo de descarga de energía térmica (6) se lleva a una presión comprendida entre 2 y 20 bar en el/los compresor(es) de vapor (2; 2a, 2b; 2a-2d) que aumentan la presión del vapor.



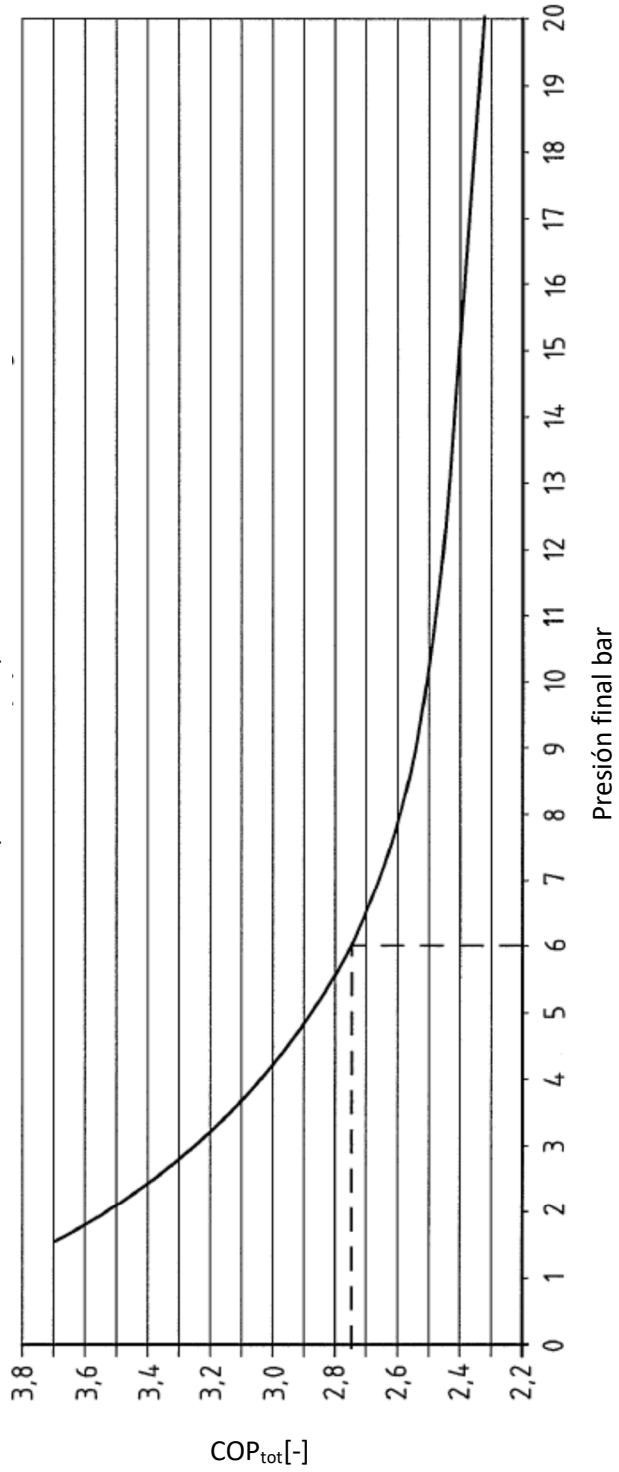


6
168
2,75
978,953
1859,734

p [bar]	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6
T _{sat. +10K} [°C]	121	130	137	143	147	153	161	168
COP[-]	3,7	3,45	3,28	3,16	3,06	2,97	2,85	2,75
P [kW]	711	765,504	835,05	843,314	872,308	899,357	943,01	978,953
Q (130/70) [kW]	2223,39	2150,85	2208,559	2044	1999,914	1969,013	1908,788	1859,734
p [bar]	7	8	9	10	11	15	20	25
T _{sat. +10K} [°C]	174	180	185	189	194	208	223	233
COP[-]	2,68	2,61	2,56	2,52	2,48	2,4	2,33	2,26
P [kW]	1009,271	1036,153	1059,452	1079,645	1099,245	1152,475	1207,253	1245,32
Q (130/70) [kW]	1817,455	1782,823	1750,564	1719,441	1695,766	1620,271	1542,945	1472,757

FIG.3

Curva de COP - Diferentes parámetros de proceso - Recalentamiento 10K



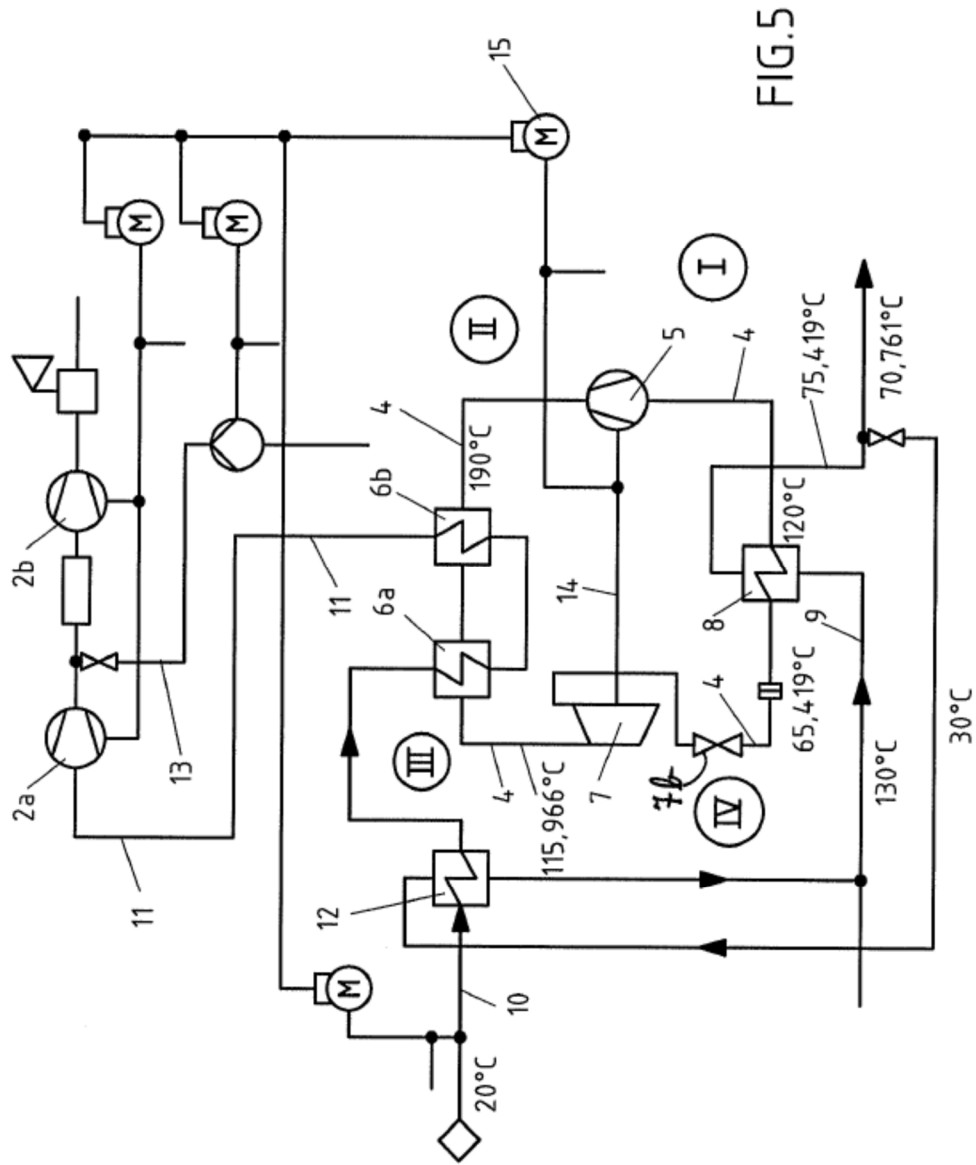
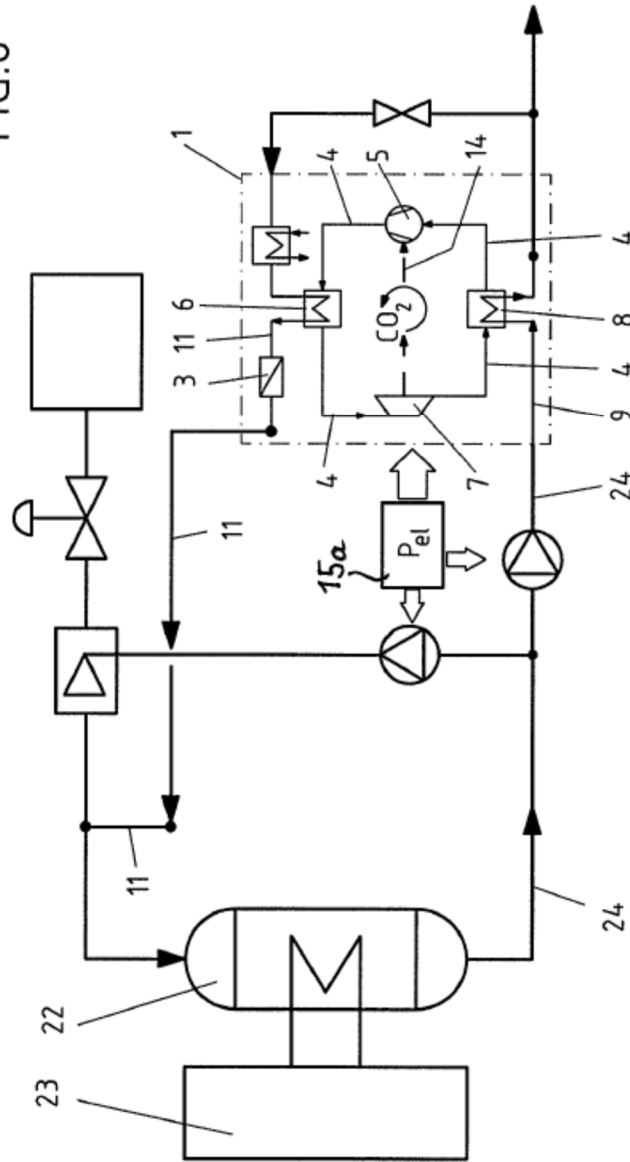


FIG.8



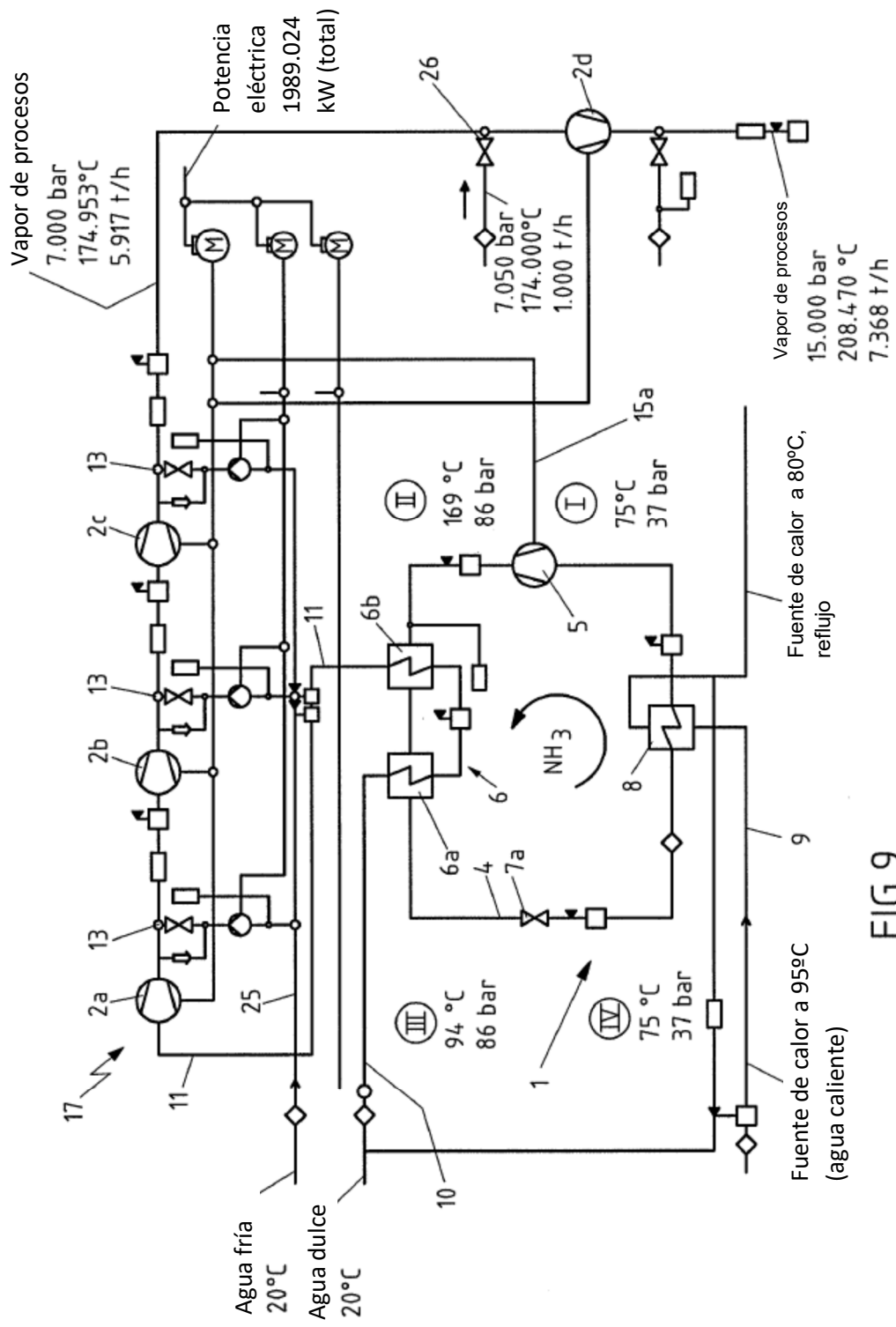


FIG. 9