

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 928 410**

51 Int. Cl.:

F01K 25/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2020** **E 20217204 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2022** **EP 3842621**

54 Título: **Procedimiento para la generación de vapor, generador de vapor y uso de un soplador de émbolos rotativos**

30 Prioridad:

27.12.2019 DE 102019135820

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

17.11.2022

73 Titular/es:

**EBEL, CORINNA (100.0%)
Kaller Straße 22
53919 Weilerswist, DE**

72 Inventor/es:

HAMM, MARLINA

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 928 410 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

Procedimiento para la generación de vapor, generador de vapor y uso de un soplador de émbolos rotativos

5 La invención se refiere a un procedimiento para la generación de vapor, a un generador de vapor adecuado para este fin, así como a un uso, con cuya ayuda se puede generar vapor para procesos técnicos posteriores.

10 Por el documento DE 10 2017 117 122 A1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de caldera en el que mediante la combustión de un combustible en una caldera se genera vapor a una temperatura de funcionamiento teórica determinada y una presión de funcionamiento teórica determinada para el funcionamiento de una turbina de vapor de alta presión situada a continuación y prevista para la generación de electricidad, por que con la ayuda de un sistema de control se vigila la temperatura del vapor que sale de la caldera y, en caso de necesidad, se pulveriza agua a la corriente de vapor para enfriar el vapor a la temperatura de funcionamiento teórica.

15 Por el documento EP 1 702 140 B1 se conoce el modo de suministrar vapor a un bajo nivel de temperatura y presión a un dispositivo de expansión de baja presión configurado como soplador de émbolos rotativos, para que en un nivel de exergía extremadamente bajo, no obstante, pueda generarse energía eléctrica a partir de vapor que ya no es utilizable técnicamente.

20 Por el documento CH 710 264 A2 se conoce una instalación generadora que se usa como estación reductora de presión, en la que el vapor de agua generado en una caldera a un nivel de presión alto es reducido en un soplador de émbolos rotativos a una presión teórica prevista para una red de conductos de vapor industrial, estando acoplado al soplador de émbolos rotativos un generador para la generación de electricidad, que suministra la corriente generada durante la expansión del vapor de agua desde la alta presión hasta la presión deseada a una red eléctrica.

25 Por los documentos DE 10 2004 014 101 A1 y DE 20 2000 402 118 U1 se conoce respectivamente un generador de vapor calentado por un quemador, cuyo vapor se suministra a un soplador de émbolos rotativos para la generación de energía eléctrica.

30 Por el documento US 2004/00202206 A1 se conoce el modo de almacenar en una batería energía eléctrica generada por un expansor y hacer funcionar con la batería un control para un generador de vapor.

35 Existe una necesidad constante de reducir los costes de producción para la generación de vapor utilizable técnicamente.

La invención tiene el objetivo de proporcionar medidas que permitan una generación económica de vapor técnicamente utilizable.

40 El objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1, un generador de vapor con las características de la reivindicación 9 y un uso con las características de la reivindicación 15. Configuraciones preferentes de la invención se indican en las reivindicaciones subordinadas y en la siguiente descripción, que pueden representar respectivamente de manera individual o en combinación un aspecto de la invención.

45 Un aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para la generación de vapor, en el que, con la ayuda de un dispositivo transportador se suministra un combustible a un quemador para la generación de calor, con la ayuda del calor generado en el quemador se genera vapor con una presión de generación real, siendo la presión de generación real mayor por una diferencia de presión Δp que una presión de funcionamiento teórica prevista para la utilización técnica del vapor, expandiéndose el vapor a la presión de funcionamiento teórica con la ayuda de un soplador de émbolos rotativos que a partir de la energía térmica del vapor genera energía mecánica y/o energía eléctrica, siendo
50 suministrada la energía generada en el soplador de émbolos rotativos de forma mecánica y/o eléctrica al transportador para el funcionamiento total o parcial del transportador.

55 En lugar de generar el vapor durante la evaporación con la presión de funcionamiento teórica prevista para la utilización técnica posterior, el vapor se genera conscientemente con la presión de generación real mayor por la diferencia de presión Δp . Se acepta conscientemente que, de esta manera, el vapor está presente en un nivel de energía superior al necesario y que, por tanto, se debe quemar más combustible. La cantidad de calor adicional almacenada en el vapor para el aumento de presión de Δp se utiliza en el soplador de émbolos rotativos para la generación de energía. De forma similar a una válvula reductora de presión, el soplador de émbolos rotativos puede expandir el vapor desde la
60 presión de generación real hasta la presión de funcionamiento teórica, pero también puede generar energía, en particular energía mecánica y/o energía eléctrica, de mayor calidad en comparación con la energía térmica de menor calidad. Un árbol de salida del soplador de émbolos rotativos puede derivar energía mecánica, que puede utilizarse como tal o suministrarse total o parcialmente a un generador para la generación de energía eléctrica. La energía generada por el soplador de émbolos rotativos se utiliza al menos parcialmente para la generación de al menos una
65 parte del vapor, de modo que se puede evitar o al menos reducir un suministro de energía eléctrica externa. También es posible suministrar al menos una parte de la energía generada por el soplador de émbolos rotativos a una red

eléctrica y compensar este suministro de energía, con lo que puede compensarse al menos una parte de los costes de producción para la generación del vapor. En particular, si el dispositivo transportador actualmente requiere poca o menos energía eléctrica, por ejemplo porque actualmente no se va a suministrar combustible o se va a suministrar menos combustible, el exceso de energía eléctrica que no se requiere para el dispositivo transportador puede ser suministrado en este caso a la red eléctrica.

Cálculos y/o experimentos han arrojado que al nivel de presión comparativamente alto que se requiere para la utilización técnica del vapor, el soplador de émbolos rotativos puede convertir la energía térmica en energía mecánica con una eficiencia muy alta. Despreciando los efectos de fricción y de fuga en el soplador de émbolos rotativos, se pueden lograr unas eficiencias teóricas de aproximadamente 1 para la conversión de energía térmica en energía mecánica. Incluso si, en el peor de los casos, se tienen en cuenta los efectos de fricción y fuga en el soplador de émbolos rotativos así como una disipación de calor adicional a través de las superficies de los componentes involucrados como consecuencia de un aumento de temperatura debido a la combustión adicional, para la conversión de la energía térmica requerida adicionalmente para el aumento de presión de Δp en energía mecánica en el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos es posible una eficiencia de al menos 0,72, siendo más realista una eficiencia de 0,85 a 0,95. Para la conversión de la energía mecánica presente en el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos en energía eléctrica con la ayuda de un generador se puede esperar una eficiencia de aproximadamente 0,8 a 0,9. Dado que la energía eléctrica puesta a disposición en una red eléctrica quemando el mismo combustible se produce con una eficiencia considerablemente peor, la generación de la energía mecánica y/o eléctrica se puede producir de manera mucho más eficiente y más económica con la ayuda del soplador de émbolos rotativos en una instalación, en la que este combustible se quemado de todos modos. El aumento de presión Δp requerido para ello es relativamente pequeño, de modo que la resistencia de los componentes de los aparatos involucrados es totalmente suficiente para el aumento de la presión de generación real con los márgenes de seguridad aplicados habitualmente para la configuración y no se requieren adaptaciones estructurales. Mediante la conversión eficiente de energía térmica adicional en formas de energía de mayor valor por parte del soplador de émbolos rotativos se puede reducir la utilización de energía externa cara de mayor valor y/o mediante una alimentación a una red eléctrica se puede conseguir una compensación de costes, de manera que es posible una generación económica de un vapor técnicamente utilizable.

Dado que la energía generada en el soplador de émbolos rotativos es suministrada de forma mecánica y/o eléctrica al dispositivo transportador para el funcionamiento total o parcial del dispositivo transportador, la energía requerida para el funcionamiento de la generación de vapor mediante la combustión de combustible puede generarse con la ayuda del propio soplador de émbolos rotativos. Un suministro de energía externa, en particular energía eléctrica de una red eléctrica, puede reducirse o incluso evitarse por completo. El transporte del combustible para la generación de vapor mediante la combustión del combustible puede por lo tanto realizarse de forma autónoma sin un suministro de energía externo y puede mantenerse en marcha independientemente. Por lo tanto, es suficiente si solo se realiza un seguimiento de la reserva de combustible. Particularmente en el caso de instalaciones industriales que tienen una necesidad continua de vapor a una presión de funcionamiento teórica determinada, resulta una alimentación de vapor muy simple y autosuficiente. Preferentemente, como combustible se usa un gas, por ejemplo gas natural, de modo que el dispositivo transportador puede estar realizado como soplador de gas, por ejemplo como compresor. Un elemento transportador del dispositivo transportador puede ser accionado de forma mecánica o eléctrica por el soplador de émbolos rotativos a través de un motor de accionamiento. En el caso de un accionamiento mecánico del dispositivo transportador, el elemento transportador del dispositivo transportador puede estar acoplado al árbol de salida del soplador de émbolos rotativos de manera comparable a un turbocompresor, pudiendo estar prevista, en particular entre el elemento transportador del dispositivo transportador y el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos un engranaje para la conversión del número de revoluciones y/o un embrague separador y/o una rueda libre preferentemente conmutable. En particular, el dispositivo transportador también puede ser accionado eléctricamente desde una red eléctrica, en particular para poder hacer funcionar el dispositivo transportador independientemente del soplador de émbolos rotativos durante una fase de arranque cuando todavía no hay vapor a la presión de generación real. De forma especialmente preferente, al menos una parte de la energía generada por el soplador de émbolos rotativos puede ser almacenada como energía eléctrica en una batería recargable, de modo que el dispositivo transportador pueda ser alimentado de energía eléctrica de la batería recargable para la fase de arranque, siendo recargada la batería recargable por el soplador de émbolos rotativos después de la fase de arranque. De esta manera, el dispositivo transportador puede estar separado permanentemente de la red eléctrica y, en situaciones en las que el soplador de émbolos rotativos no está suministrando la energía suficiente para el funcionamiento del dispositivo transportador, puede ser alimentado desde la batería recargable.

El soplador de émbolos rotativos que funciona según el principio de desplazamiento rotatorio presenta dos émbolos rotativos, en particular simétricos, que rotan en sentido contrario y que pueden rodar uno sobre el otro en una zona de rodadura. Una distancia prevista en el estado de reposo del soplador de émbolos rotativos entre los émbolos rotativos en la zona de rodadura de los émbolos rotativos está seleccionada en particular de tal manera que, teniendo en cuenta las fuerzas centrífugas que actúan sobre los émbolos rotativos durante el funcionamiento y las temperaturas esperadas durante el funcionamiento, es mínima, preferentemente inferior a 0,1 mm. El transporte volumétrico del vapor en el soplador de émbolos rotativos no se realiza a través de la zona de rodadura de los émbolos rotativos, sino entre el respectivo émbolo rotativo y un lado interior de la carcasa. El soplador de émbolos rotativos funciona sustancialmente de forma isocórica. El soplador de émbolos rotativos puede estar realizado en forma de bomba de rueda ovalada. Los

5 émbolos rotativos pueden presentar, por ejemplo, sustancialmente el contorno del número ocho. Sin embargo, también es posible que los émbolos rotativos presenten tres paletas y, por ejemplo, estén configurados de una manera comparable a un soplador de émbolos rotativos. En comparación con una bomba de engranajes, los émbolos rotativos tienen significativamente menos paletas salientes, por lo que se puede transportar un volumen mayor entre dos
10 paletas. En particular, la zona formada entre dos paletas es cóncava en comparación con el círculo de raíz de un engranaje. En comparación con el engranaje de una bomba de engranajes, los émbolos rotativos pueden estar realizados de forma más delgada y/o cóncava en la zona central y/o interna cerca del eje de giro, de modo que haya más volumen disponible dentro de la carcasa para el transporte de volumen y no se llene por el material de los émbolos rotativos. El álabe respectivo del émbolo rotativo puede sobresalir del eje de giro del émbolo rotativo, por ejemplo,
15 sustancialmente en forma de gota. A diferencia de una bomba helicoidal, los émbolos rotativos del soplador de émbolos rotativos presentan solo una pequeña zona de rodadura, de modo que los efectos de fricción en la zona de rodadura, si los hay, pueden minimizarse. El soplador de émbolos rotativos puede funcionar con baja fricción de gas y, al mismo tiempo, ser insensible a las gotas de líquido. Los émbolos rotativos del soplador de émbolos rotativos pueden funcionar a velocidades a las que el borde de estanqueización en el radio exterior alcanza velocidades de más de aproximadamente 1/10 de la velocidad del sonido. Un intersticio que puede permanecer entre los émbolos rotativos y la carcasa puede actuar como junta dinámica a un número de revoluciones de este tipo.

20 El soplador de émbolos rotativos que en realidad se desarrolló para la tecnología de vacío y generalmente funciona en un intervalo de presión absoluta de 0 bares a 1 bares, no se hace funcionar como bomba de succión para la generación de un vacío a diferencia del funcionamiento habitual, sino como máquina de trabajo y/o generador. A este respecto, se ha demostrado que el soplador de émbolos rotativos, que en realidad solo está previsto para un rango de baja presión muy bajo, también puede funcionar de manera muy eficiente en un rango de presión alto, siempre que la diferencia de presión entre una entrada y una salida del émbolo rotativo el ventilador no resulte demasiado alta. En comparación con una turbina o un expansor, la diferencia de presión en el soplador de émbolos rotativos es considerablemente menor, aunque la eficiencia del soplador de émbolos rotativos también puede ser significativamente mejor en un amplio rango de temperatura. En particular, el soplador de émbolos rotativos de acuerdo con la invención está suficientemente preparado para funcionar a alta presión. Por ejemplo, el soplador de émbolos rotativos presenta dispositivos de estanqueización especiales configurados de manera adecuada para la presión de generación real, con cuya ayuda están estanqueizados los extremos de árbol de los émbolos rotativos, que salen de una carcasa del soplador de émbolos rotativos. El dispositivo de estanqueización puede estar configurado en particular como junta de varias etapas, en la que dos o más elementos de estanqueización están previstos uno detrás de otro en dirección axial, que estanqueizan a diferentes niveles de presión, de modo que cada elemento de estanqueización estanqueiza contra una diferencia de presión comparativamente reducida y/o sustancialmente igual. Preferentemente, solo un extremo de árbol del árbol de salida, que también es un árbol de uno de los émbolos rotativos, se extiende saliendo de la carcasa, mientras que los otros extremos de árbol de los árboles de los émbolos rotativos están dispuestos y montados dentro de la carcasa del soplador de émbolos rotativos. En particular, la carcasa del soplador de émbolos rotativos presenta dos mitades de carcasa que están unidas entre sí a través de una junta de alta presión. En particular, la carcasa presenta solo una entrada, una salida y exactamente un paso de árbol para un extremo de árbol del árbol de salida como pasos a través de la carcasa.

40 En particular, el suministro de la energía desde el soplador de émbolos rotativos al dispositivo transportador, evitando una red eléctrica externa, en particular sustancialmente de forma directa y/o inmediata. El soplador de émbolos rotativos puede, por ejemplo, estar acoplado mecánicamente al dispositivo transportador a través de un árbol a la manera de un turbocargador. De esta manera, se puede ahorrar una conversión de la energía mecánica presente en la salida del árbol del soplador de émbolos rotativos en energía eléctrica, lo que da como resultado una eficiencia particularmente alta. Cuando la energía mecánica presente en la salida de árbol del soplador de émbolos rotativos se convierte en energía eléctrica, en particular con la ayuda de una máquina eléctrica configurada y/u operada como generador, la energía eléctrica generada por el generador puede ser suministrada al dispositivo transportador sustancialmente de forma directa e inmediata, en particular a través de un circuito de potencia. Las pérdidas de potencia, en particular a través de las resistencias óhmicas de la red eléctrica externa, pueden evitarse de esta manera, de modo que resulta una mejor eficiencia en comparación con la alimentación de la energía eléctrica del generador a la red eléctrica y el funcionamiento del dispositivo transportador con energía eléctrica de la red eléctrica. En particular, un generador acoplado al soplador de émbolos rotativos está conectado eléctricamente al dispositivo transportador a través de una línea eléctrica, en particular lo más corta posible, dado el caso, a través de una electrónica de potencia intercalada para adaptar la energía eléctrica suministrada a los requisitos eléctricos del dispositivo transportador. El funcionamiento eléctrico del dispositivo transportador puede tener lugar a través de una alimentación eléctrica interna que comienza en el soplador de émbolos rotativos y en el generador acoplado al soplador de émbolos rotativos, de modo que no se requiere y se puede evitar una red eléctrica externa, a la que también están conectados otros consumidores eléctricos. La alimentación eléctrica interna que discurre desde el generador acoplado al soplador de émbolos rotativos hasta el dispositivo transportador presenta preferentemente como único consumidor eléctrico el dispositivo transportador.

65 Preferentemente, con la ayuda de una bomba, un medio de trabajo evaporable es bombeado a una caldera de vapor calentada por el quemador, siendo suministrada la energía generada en el soplador de émbolos rotativos, de forma mecánica y/o eléctrica, a la bomba para el funcionamiento total o parcial de la bomba. Como medio de trabajo puede usarse en particular agua, siendo posible también usar un refrigerante. El medio de trabajo puede llevarse

preferentemente en un circuito cerrado, condensándose el medio de trabajo antes de la evaporación, en particular en una caldera de vapor. El medio de trabajo se suministra a la caldera de vapor de forma especialmente preferente casi hirviendo o ligeramente por debajo del punto de ebullición, de modo que tiene que quemarse correspondientemente poco combustible para evaporar el medio de trabajo y llevarlo a la presión de generación real. En particular, si como medio de trabajo se usa agua, también es posible usar un sistema abierto, con lo que se puede reducir el gasto en equipo y se puede ahorrar la condensación subsiguiente del medio de trabajo. Preferentemente, el medio de trabajo puede experimentar un precalentamiento y/o un sobrecalentamiento temporal, en particular con la ayuda del calor residual que queda en el medio de trabajo después de una utilización técnica, de modo que durante la combustión es suficiente un menor uso de combustible para alcanzar la temperatura deseada y la presión de generación real durante evaporación. Mediante el acoplamiento del soplador de émbolos rotativos a la bomba, la energía necesaria para transportar el medio de trabajo se puede generar con la ayuda del propio soplador de émbolos rotativos. Un suministro de energía externa, en particular energía eléctrica de una red eléctrica, puede reducirse o incluso evitarse por completo. Por lo tanto, el transporte del medio de trabajo para la generación de vapor puede realizarse de forma autónoma sin alimentación de energía externa y se puede mantener en marcha de forma independiente. Particularmente en el caso de instalaciones industriales que tienen una necesidad continua de vapor a una presión de funcionamiento teórica determinada, resulta una alimentación de vapor muy simple y autosuficiente. Un elemento transportador de la bomba puede ser accionado de forma mecánica o eléctrica por el soplador de émbolos rotativos a través de un motor de accionamiento. Si la bomba es accionada mecánicamente, el elemento transportador de la bomba puede estar acoplado al árbol de salida del soplador de émbolos rotativos de manera comparable a un turbocompresor, pudiendo estar previstos entre el elemento transportador de la bomba y el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos un engranaje para la conversión del número de revoluciones y/o un embrague separador y/o una rueda libre preferentemente conmutable. En particular, la bomba también se puede accionar eléctricamente desde una red eléctrica, en particular para poder hacer funcionar la bomba independientemente del soplador de émbolos rotativos durante una fase de arranque cuando todavía no está presente vapor a la presión de generación real. De forma especialmente preferente, al menos una parte de la energía generada por el soplador de émbolos rotativos puede ser almacenada como energía eléctrica en una batería recargable, de modo que la bomba pueda ser alimentada de energía eléctrica desde la batería recargable para la fase de arranque, siendo recargada la batería recargable por el soplador de émbolos rotativos después de la fase de arranque. De esta manera, la bomba puede estar separada permanentemente de la red eléctrica y puede ser alimentada desde la batería recargable en situaciones en las que el soplador de émbolos rotativos no está suministrando energía suficiente para el funcionamiento del dispositivo transportador.

En particular, es posible que, adicional o alternativamente al dispositivo transportador, la bomba sea alimentada con la energía procedente del soplador de émbolos rotativos. Por tanto, un aspecto independiente de la invención se refiere a un procedimiento para la generación de vapor, en el que, en particular, con la ayuda de un transportador es suministrado combustible a un quemador para la generación de calor, con la ayuda de una bomba, un medio de trabajo evaporable es bombeado a una caldera de vapor calentada por el quemador, con la ayuda del calor generado en el quemador se genera vapor en la caldera de vapor con una presión de generación real, siendo la presión de generación real mayor por una diferencia de presión Δp que una presión nominal de funcionamiento prevista para la utilización técnica del vapor, y con la ayuda de un soplador de émbolos rotativos que a partir de la energía térmica del vapor genera energía mecánica y/o energía eléctrica el vapor se expande a la presión de funcionamiento teórica, siendo suministrada la energía generada en el soplador de émbolos rotativos, de forma mecánica y/o eléctrica, a la bomba para el funcionamiento total o parcial de la bomba. Adicionalmente, la energía generada en el soplador de émbolos rotativos puede ser suministrada de forma mecánica y/o eléctrica al dispositivo transportador para el funcionamiento total o parcial del dispositivo transportador. La conexión de la bomba al soplador de émbolos rotativos puede estar configurada de manera análoga a la conexión del dispositivo transportador al soplador de émbolos rotativos descrita anteriormente. El procedimiento puede estar configurado y perfeccionado de la manera descrita anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención. Las características descritas a continuación representan variantes ventajosas para ambos aspectos de la invención descrita anteriormente.

De manera especialmente preferente, al menos una parte de la energía generada en el soplador de émbolos rotativos es alimentada a una red eléctrica. La energía alimentada a la red eléctrica puede ser bonificada, de modo que los costes de producción para la generación de vapor pueden compensarse al menos parcialmente con esta bonificación. Los cálculos demuestran que la energía eléctrica que puede ser generada en el soplador de émbolos rotativos es mayor que la requerida por un soplador de gas para bombear gas natural como combustible, por lo que una parte de la energía generada en el soplador de émbolos rotativos no se requiere internamente y se puede disipar a consumidores externos a través de la red eléctrica. Mediante el uso del soplador de émbolos rotativos para la reducción de presión, además de la generación de vapor para fines técnicos, se puede incluso generar energía de alta calidad disponible adicionalmente. La generación de vapor no solo funciona básicamente sin energía eléctrica externa, sino que durante la generación de vapor además se puede generar energía eléctrica libremente disponible, sin necesidad de adaptaciones constructivas especiales del quemador y de la caldera de vapor.

En particular, al menos después de una fase de arranque para alcanzar un estado de funcionamiento regular, la generación de vapor se hace funcionar exclusivamente de forma puramente térmica mediante la combustión del combustible. Se puede evitar un suministro de energía eléctrica externa, de modo que, por ejemplo, cuando hay una gran demanda de vapor en una instalación industrial, no se carga una red eléctrica general y se evitan perturbaciones

en la red eléctrica debido a un alto consumo de energía repentino durante la generación de vapor para la instalación industrial. Una vez transcurrida una fase de arranque, el dispositivo transportador puede ser separado de una red eléctrica externa y preferentemente puede ser accionado exclusivamente mediante la energía generada de forma mecánica y/o eléctrica en el soplador de émbolos rotativos. Si está prevista una batería recargable que puede ser cargada por el soplador de émbolos rotativos en el estado de funcionamiento normal, los consumidores eléctricos utilizados en la generación de vapor pueden ser alimentados desde la batería recargable durante la fase de arranque, de modo que también en la fase de arranque es posible un funcionamiento puramente térmico asistido por batería sin red eléctrica externa, ya que también la energía eléctrica almacenada en la batería recargable es un resultado de la combustión térmica en la generación de vapor previa.

Preferentemente, la capacidad de transporte del dispositivo transportador se ajusta de tal forma que la diferencia de presión Δp sea $0,1 \text{ bares} \leq \Delta p \leq 2,5 \text{ bares}$, en particular $0,3 \text{ bares} \leq \Delta p \leq 1,5 \text{ bares}$ y preferentemente $0,5 \text{ bares} \leq \Delta p \leq 1,0 \text{ bar}$. Esta diferencia de presión puede ser aprovechada por el soplador de émbolos rotativos con una eficiencia muy alta para generar energía mecánica y/o eléctrica. Los cálculos demuestran que una diferencia de presión tan pequeña entre la entrada y la salida del soplador de émbolos rotativos aún se puede utilizar de manera rentable para la generación de energía con un alto nivel de eficiencia. La regulación de la capacidad de transporte del dispositivo transportador en función de la presión de generación real medida es suficiente y fácil de llevar a la práctica. A través de la capacidad de transporte del dispositivo transportador se puede influir en la cantidad de combustible suministrada a la combustión, de modo que el aporte de energía a la caldera de vapor puede verse afectada por el calor de combustión originado durante la combustión.

La presión nominal de funcionamiento p_s es de forma especialmente preferente $p_s \geq 1,2 \text{ bares}$, en particular $2,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 100 \text{ bares}$, preferentemente $5,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 50 \text{ bares}$, más preferentemente $7,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 30 \text{ bares}$ y de forma especialmente preferente $9,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 15 \text{ bares}$. A tal nivel de presión, el vapor se puede utilizar para procesos técnicos en consumidores de presión y/o en calefacciones. En el caso de la utilización del vapor para fines de calefacción, es suficiente un nivel de presión más bajo de generalmente menos de 3 bares, mientras que para un proceso técnico en la instalación industrial se desea un nivel de presión más bien mayor de generalmente al menos 5 bares.

En particular, el soplador de émbolos rotativos funciona con una eficiencia η para una relación de la energía térmica generada adicionalmente durante la combustión para el aumento de presión de Δp y la energía mecánica que puede ser tomada por un generador en un árbol de salida del soplador de émbolos rotativos de $0,75 \leq \eta \leq 1,0$, en particular $0,80 \leq \eta \leq 0,99$, preferentemente $0,90 \leq \eta \leq 0,98$ y de forma especialmente preferente $0,95 \leq \eta \leq 0,97$. Si la diferencia de presión Δp es lo suficientemente baja, el soplador de émbolos rotativos, que se ha actualizado al nivel de presión deseado, puede funcionar de manera extremadamente eficiente sin necesidad de adaptaciones constructivas en las partes de la instalación previstas para la generación de vapor. Esto permite convertir de manera muy fácil energía térmica de bajo valor en energía mecánica de mayor valor, que se puede utilizar de manera mucho más eficiente en procesos posteriores.

Preferentemente, un árbol de salida del soplador de émbolos rotativos destinado a disipar energía mecánica es accionado a un número de revoluciones n de $500 \text{ rpm} \leq n \leq 10000 \text{ rpm}$, en particular $1000 \text{ rpm} \leq n \leq 6000 \text{ rpm}$ y preferentemente $4000 \text{ rpm} \leq n \leq 5000 \text{ rpm}$. A tal número de revoluciones, se pueden minimizar las fugas en el intersticio formado entre los elementos rotativos y la carcasa, mejorando así la eficiencia. Tales números de revoluciones pueden ser soportados fácilmente por cojinetes lisos adecuados. Además, los émbolos rotativos pueden resistir las fuerzas centrífugas atacantes sin tener que temer una deformación plástica.

Otro aspecto de la invención se refiere a un generador de vapor para la realización del procedimiento, que puede configurarse y perfeccionarse como se describe anteriormente, con una caldera de vapor para la evaporación de un medio de trabajo evaporable a una presión de generación real, un quemador para el calentamiento del medio de trabajo en la caldera de vapor mediante la combustión de combustible, un dispositivo transportador para transportar el combustible al quemador, una bomba para transportar el medio de trabajo a la caldera de vapor, un soplador de émbolos rotativos conectado a la caldera de vapor para expandir el vapor suministrado sustancialmente en la generación real presión a una presión de funcionamiento teórica que es inferior a la presión de generación real por una diferencia de presión Δp , y consumidores de presión previstos corriente abajo del soplador de émbolos rotativos, en particular un motor térmico y/o una calefacción, para la utilización técnica del vapor suministrado sustancialmente a la presión de funcionamiento teórica, bajo la reducción de la presión y/o la temperatura del vapor, estando acoplada una energía mecánica que puede ser tomada en un árbol de salida del soplador de émbolos rotativos al menos parcialmente, de forma mecánica y/o eléctrica, al dispositivo transportador y/o a la bomba. El generador de vapor puede estar configurado y perfeccionado en particular como se explicó anteriormente con referencia al procedimiento. Mediante la conversión eficiente de energía térmica adicional en formas de energía de mayor valor por parte del soplador de émbolos rotativos se puede reducir la utilización de energía externa cara de mayor valor y/o mediante una alimentación a una red eléctrica se puede conseguir una compensación de costes, de manera que es posible una generación económica de un vapor técnicamente utilizable.

De manera especialmente preferente, la energía mecánica que puede ser tomada en el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos se acopla eléctricamente al menos parcialmente a una red eléctrica a través de un generador

que actúa sobre el árbol de salida. De esta manera, el exceso de energía eléctrica que no se requiere para el dispositivo transportador y/o para la bomba puede ser suministrado a la red eléctrica externa y ser bonificado.

5 En particular, a través de un generador para la conversión de energía mecánica en energía eléctrica, una batería recargable está acoplada al árbol de salida del soplador de émbolos rotativos. El generador puede convertir la energía mecánica desviada a un árbol de salida del soplador de émbolos rotativos total o parcialmente en energía eléctrica y almacenarla en la batería recargable. A la batería recargable se pueden conectar consumidores eléctricos que de esta manera se puede hacer funcionar sin conexión a una red eléctrica externa. El dispositivo transportador y/o la bomba están preferentemente conectados a la batería recargable, de modo que el dispositivo transportador y/o la bomba también pueden hacerse funcionar sin conexión a un sistema de suministro de energía externo.

15 Preferentemente, el dispositivo transportador y/o la bomba están mecánicamente acoplados al árbol de salida del soplador de émbolos rotativos. En particular, entre el dispositivo transportador y/o la bomba, por un lado, y el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos, por otro lado, está previsto un engranaje para la conversión del número de revoluciones y/o un embrague separador y/o una rueda libre preferentemente conmutable. El dispositivo transportador y/o la bomba pueden ser accionados por el soplador de émbolos rotativos sin necesidad de un aporte de energía desde una red eléctrica externa.

20 En particular, el dispositivo transportador y/o la bomba están acoplados eléctricamente a través de una alimentación eléctrica interna a un generador que ataca en el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos, evitando una red eléctrica externa. Si la energía mecánica presente en la salida de árbol del soplador de émbolos rotativos se convierte en energía eléctrica, en particular con la ayuda de una máquina eléctrica configurada y/u operada como generador, la energía eléctrica generada por el generador puede ser suministrada sustancialmente de forma directa e inmediata, en particular a través de un circuito de potencia, al transportador y/o a la bomba. Las pérdidas de potencia, en particular a través de resistencias óhmicas de la red eléctrica externa, pueden evitarse de esta manera, de modo que, en comparación con la alimentación de la energía eléctrica del generador a la red eléctrica y el funcionamiento del dispositivo transportador o la bomba con energía eléctrica de la red eléctrica, resulta un mayor grado de eficiencia. En particular, un generador acoplado al soplador de émbolos rotativos está conectado eléctricamente al dispositivo transportador y/o a la bomba a través de una línea eléctrica, en particular lo más corta posible, dado el caso, a través de una electrónica de potencia intercalada para la adaptación de la energía eléctrica alimentada a la red eléctrica a los requisitos eléctricos del dispositivo transportador o de la bomba. El funcionamiento eléctrico del dispositivo transportador y/o de la bomba se puede realizar a través de la alimentación eléctrica interna que comienza en el soplador de émbolos rotativos y en el generador acoplado al soplador de émbolos rotativos, de modo que una red eléctrica externa, al que también están conectados otros consumidores eléctricos, no es necesario y puede evitarse. La alimentación eléctrica interna que discurre desde el generador acoplado al soplador de émbolos rotativos al dispositivo transportador y/o a la bomba presenta preferentemente como único consumidor eléctrico el dispositivo transportador y/o la bomba.

40 De forma especialmente preferente, está previsto un regulador de transporte para el reglaje de una capacidad de transporte del dispositivo transportador en función de la presión de generación real actual. La regulación de la capacidad de transporte del dispositivo transportador en función de la presión de generación real medida es suficiente y fácil de llevar a la práctica. A través de la capacidad de transporte del dispositivo transportador se puede influir en la cantidad de combustible suministrada a la combustión, de modo que el aporte de energía a la caldera de vapor puede verse afectada por el calor de combustión originado durante la combustión.

45 En particular, está previsto un regulador de número de revoluciones para el reglaje de un número de revoluciones del árbol de salida del soplador de émbolos rotativos. De esta manera, la conversión de energía mecánica en energía eléctrica puede optimizarse aún más con la ayuda de un generador, de modo que el generador pueda funcionar con el mayor grado de eficiencia posible. Para mantener el número de revoluciones del árbol de salida sustancialmente constante a un número de revoluciones óptimo, puede estar previsto, por ejemplo, un conducto de derivación, que pasa delante del soplador de émbolos rotativos y a través del cual se puede derivar una parte del flujo volumétrico del vapor, para evitar un número de revoluciones excesivamente alto en el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos. El flujo volumétrico derivado a través del conducto de derivación puede volver a añadirse corriente abajo del soplador de émbolos rotativos, de modo que el vapor pueda presentar el contenido de energía más alto posible. En caso de necesidad, el conducto de derivación puede estar conectado a través de una válvula reductora de presión corriente abajo del soplador de émbolos rotativos para tener la presión de funcionamiento deseada con la mayor precisión posible.

60 Preferentemente, el soplador de émbolos rotativos presenta un dispositivo de estanqueización configurado para la presión de generación real, para estanqueizar el árbol de salida con respecto a una carcasa del soplador de émbolos rotativos. Con la ayuda del dispositivo de estanqueización se puede estanqueizar un extremo de árbol del árbol de salida, que sale de una carcasa del soplador de émbolos rotativos y puede ser idéntico a un árbol de uno de los émbolos rotativos. El dispositivo de estanqueización puede estar configurado en particular como junta de varias etapas, en la que dos o más elementos de estanqueización están previstos uno detrás de otro en dirección axial, que estanqueizan a diferentes niveles de presión, de modo que cada elemento de estanqueización estanqueiza contra una diferencia de presión comparativamente reducida y/o sustancialmente igual.

De forma especialmente preferente, únicamente el extremo de árbol del árbol de salida, que en particular es al mismo tiempo un árbol de uno de los émbolos rotativos, se extiende saliendo de la carcasa del soplador de émbolos rotativos. Los extremos de árbol restantes de los árboles de los émbolos rotativos pueden estar dispuestos y montados dentro de la carcasa del soplador de émbolos rotativos. En particular, la carcasa del soplador de émbolos rotativos presenta dos mitades de carcasa que están unidas entre sí a través de una junta de alta presión. En particular, la carcasa presenta solo una entrada, una salida y exactamente un paso de árbol para un extremo de árbol del árbol de salida como pasos a través de la carcasa.

Otro aspecto de la invención se refiere al uso de un soplador de émbolos rotativos como válvula reductora de presión para reducir el vapor generado a una presión de generación real a una presión de funcionamiento teórica para un consumidor de presión, que es en particular parte de una instalación industrial, teniendo lugar al mismo tiempo la generación de energía mecánica y/o energía eléctrica a partir de la energía térmica del vapor suministrado y la utilización interna de la energía generada durante la generación del vapor. En lugar de destruir la exergía del vapor en una válvula reductora de presión convencional para la reducción de la presión de generación real a la presión de funcionamiento teórica, la exergía destruida de otro modo se convierte en energía utilizable de mayor calidad mediante el soplador de émbolos rotativos que reemplaza la válvula reductora de presión convencional. El soplador de émbolos rotativos se puede utilizar en particular en el procedimiento descrito anteriormente y/o en el generador de vapor descrito anteriormente. Preferentemente, el uso del soplador de émbolos rotativos puede estar configurado y perfeccionado como se explica con la ayuda del procedimiento descrito anteriormente y/o con la ayuda del generador de vapor descrito anteriormente. Mediante la conversión eficiente de energía térmica adicional en formas de energía de mayor valor por parte del soplador de émbolos rotativos se puede reducir la utilización de energía externa cara de mayor valor y/o mediante una alimentación a una red eléctrica se puede conseguir una compensación de costes, de manera que es posible una generación económica de un vapor técnicamente utilizable.

A continuación, la invención se explica a modo de ejemplo haciendo referencia a los dibujos adjuntos con la ayuda de un ejemplo de realización preferente, pudiendo representar las características representadas respectivamente tanto de manera individual como en combinación un aspecto de la invención. Muestran: la figura 1: una representación esquemática de un generador de vapor.

El generador de vapor 10 representado en la figura 1 puede usarse para la generación de vapor para una instalación industrial. El generador de vapor 10 presenta un quemador 12 en el que se puede quemar un combustible transportado por un dispositivo transportador 14, por ejemplo, gas natural. Con la ayuda del combustible quemado en el quemador 12, se puede calentar una caldera de vapor 16, a la que se ha suministrado un medio de trabajo, por ejemplo agua, transportado por una bomba 18. El medio de trabajo precalentado preferentemente, en particular hasta el punto de ebullición, se evapora en la caldera de vapor 16 y está presente en la salida de la caldera de vapor 16 a una presión de generación real, que se puede predefinir, por ejemplo, con la ayuda de una válvula de presión que está prevista a la salida de la caldera de vapor 16 y que es en particular ajustable y/o regulable. Por ejemplo, la presión de generación real y/o el flujo de volumen y/o la temperatura del vapor se miden y se suministran a un regulador de transporte 20 para regular la cantidad de combustible que se suministrará al quemador 12, de manera que el vapor pueda estar presente en un estado de energía definido con precisión.

El vapor se suministra desde la caldera de vapor 16 a un soplador de émbolos rotativos 22, donde el vapor se expande por una diferencia de presión Δp comparativamente pequeña de, por ejemplo, 1,5 bares o menos hasta una presión de funcionamiento teórica. Precisamente a esta presión de funcionamiento nominal, que es, por ejemplo, de 8 bares, deben someterse los consumidores de presión 24 en una instalación industrial. El soplador de émbolos rotativos 22 puede generar energía mecánica que puede derivarse a través de un árbol de salida 26 con una eficiencia muy alta, que puede convertirse en energía eléctrica, por ejemplo, con la ayuda de un generador 28, y suministrarse a una red eléctrica externa 30. También es posible almacenar al menos una parte de la energía eléctrica en una batería recargable 32, con cuya ayuda el dispositivo transportador 14 y/o la bomba 18 pueden accionarse eléctricamente, de modo que el dispositivo transportador 14 y/o la bomba 18 pueden hacerse funcionar de forma independiente sin conexión a la red eléctrica externa 30. Adicional o alternativamente, el árbol de salida 26 del soplador de émbolos rotativos 22 se puede acoplar mecánicamente al dispositivo transportador 14 y/o a la bomba 18, en cuyo caso en particular puede estar intercalado un dispositivo de acoplamiento 34 respectivamente. El dispositivo de acoplamiento 34 puede presentar, por ejemplo, un engranaje para la conversión del número de revoluciones y/o un embrague separador y/o una rueda libre, en particular conmutable. En comparación con una válvula reductora de presión, la exergía no se destruye en el soplador de émbolos rotativos 22, sino que se convierte en formas de energía de mayor valor y se utiliza para reducir el requerimiento de energía del generador de vapor 10 para establecer la presión de funcionamiento teórica más baja.

En un ejemplo de cálculo conservador, se parte de una presión de funcionamiento teórica de 8 bares. Se especifica 9,5 bares para la presión de generación real, lo que conduce a una diferencia de presión Δp de 1,5 bares que puede dominarse muy bien por el soplador de émbolos rotativos 22 preparado para un nivel de presión de 10 bares. Por la presión aumentada a 9,5 bares en la salida de la caldera de vapor 12, la temperatura de ebullición del agua utilizada como medio de trabajo ha aumentado en aproximadamente 7 K. Una reducción de la eficiencia de la caldera de vapor 16 como resultado del aumento de las pérdidas de gases de escape y las pérdidas de calor a través de la superficie

de caldera a la temperatura aumentada puede ignorarse sustancialmente con un aumento tan pequeño de la presión y la temperatura y sería, como mucho, del orden de -0,4%. Para alcanzar 9,5 bares en la caldera de vapor 16 en lugar de 8 bares, con un flujo másico del medio de trabajo de 4 t/h se requiere por tanto una potencia térmica adicional de 29 kW que se puede lograr fácilmente mediante una cantidad correspondientemente mayor de combustible quemado en el quemador 12. Si el vapor en el soplador de émbolos rotativos 22 se expande de 9,5 bares a 8 bares, con una eficiencia del generador 28 de aproximadamente 80% se puede lograr una potencia eléctrica útil de al menos aproximadamente 14,5 kW. Esto corresponde sustancialmente a la demanda de energía eléctrica del dispositivo transportador 14, que generalmente es inferior a 14 kW. Durante el funcionamiento real, se puede esperar una potencia eléctrica útil significativamente mayor. Además, la potencia mecánica del soplador de émbolos rotativos 22 antes de la conversión en energía eléctrica es significativamente mayor, de modo que después del funcionamiento del transportador 14 aún queda suficiente energía para alimentar la batería recargable 32, accionar la bomba 18 y/o alimentar potencia eléctrica útil a la red eléctrica externa 30. Además, la combustión adicional ha aumentado la capacidad de vapor en aproximadamente 10,3 kWth, que puede utilizarse adicionalmente en los consumidores a presión 24.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de generación de vapor, en el que

5 con la ayuda de un dispositivo transportador (14), se suministra un combustible a un quemador (12) para la generación de calor,
 con la ayuda del calor generado en el quemador (12) se genera vapor a una presión de generación real, siendo la presión de generación real mayor, por una diferencia de presión Δp , que una presión de funcionamiento teórica prevista para la utilización técnica del vapor, y
 10 el vapor se expande a la presión de funcionamiento teórica con la ayuda de un soplador de émbolos rotativos (22) que genera energía mecánica y/o energía eléctrica a partir de la energía térmica del vapor,

caracterizado por que

la energía generada en el soplador de émbolos rotativos (22) es suministrada de forma mecánica y/o eléctrica al dispositivo transportador (14) para el funcionamiento total o parcial del dispositivo transportador (14).

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el suministro de la energía desde el soplador de émbolos rotativos (22) al dispositivo transportador (14) se realiza evitando una red eléctrica externa, en particular sustancialmente de forma directa y/o inmediata.

20 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el que, con la ayuda de una bomba (18), un medio de trabajo evaporable es bombeado a una caldera de vapor (16) calentada por el quemador (12), siendo suministrada de forma mecánica y/o eléctrica a la bomba (18) la energía generada en el soplador de émbolos rotativos (22) para el funcionamiento total o parcial de la bomba (18).

25 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que al menos una parte de la energía generada en el soplador de émbolos rotativos (22) es alimentada a una red eléctrica (30).

30 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que al menos después de una fase de arranque, para alcanzar un estado de funcionamiento normal, la generación de vapor se hace funcionar exclusivamente de forma puramente térmica mediante la combustión del combustible.

35 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la capacidad de transporte del dispositivo transportador (14) se ajusta de tal manera que la diferencia de presión Δp es $0,1 \text{ bares} \leq \Delta p \leq 2,5 \text{ bares}$, en particular $0,3 \text{ bares} \leq \Delta p \leq 1,5 \text{ bares}$ y preferentemente $0,5 \text{ bares} \leq \Delta p \leq 1,0 \text{ bar}$.

7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la presión de funcionamiento nominal p_s es $p_s \geq 1,2 \text{ bares}$, en particular $2,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 100 \text{ bares}$, preferentemente $5,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 50 \text{ bares}$, más preferentemente $7,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 30 \text{ bares}$ y de forma especialmente preferente $9,0 \text{ bares} \leq p_s \leq 15 \text{ bares}$.

40 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el soplador de émbolos rotativos (22) se hace funcionar con una eficiencia η para una relación entre la energía térmica generada adicionalmente durante la combustión para el aumento de presión de Δp y una energía mecánica, que puede ser tomada en un árbol de salida del soplador de émbolos rotativos (22) de un generador (28), de $0,75 \leq \eta \leq 1,0$, en particular de $0,80 \leq \eta \leq 0,99$, preferentemente de $0,90 \leq \eta \leq 0,98$ y de forma especialmente preferente de $0,95 \leq \eta \leq 0,97$.

45 9. Generador de vapor para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, con

una caldera de vapor (16) para evaporar un medio de trabajo evaporable a una presión de generación real, un quemador (12) para calentar el medio de trabajo en la caldera de vapor (16) mediante la combustión de combustible,

50 un dispositivo transportador (14) para transportar el combustible al quemador (12), una bomba (18) para transportar el medio de trabajo a la caldera de vapor (16), un soplador de émbolos rotativos (22) conectado a la caldera de vapor (16) para expandir sustancialmente el vapor suministrado a la presión de generación real a una presión de funcionamiento teórica que es inferior a la presión de generación real por una diferencia de presión Δp y
 55 un consumidor de presión, en particular un motor térmico y/o una calefacción, previsto corriente abajo del soplador de émbolos rotativos (22), para la utilización técnica del vapor suministrado sustancialmente a la presión de funcionamiento teórica, con reducción de la presión y/o de la temperatura del vapor,

caracterizado por que

una energía mecánica, que puede ser tomada en un árbol de salida del soplador de émbolos rotativos (22), es suministrada al menos parcialmente de forma mecánica y/o eléctrica al dispositivo transportador (14) para el funcionamiento total o parcial del dispositivo transportador (14).

60 10. Generador de vapor según la reivindicación 9, en el que la energía mecánica que puede ser tomada en el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos (22) está acoplada eléctricamente, al menos parcialmente, a una red eléctrica (30) a través de un generador (28) que ataca en el árbol de salida.

11. Generador de vapor según las reivindicaciones 9 o 10, en el que a través de un generador (28) para la conversión de energía mecánica en energía eléctrica está acoplada una batería (32) recargable al árbol de salida del soplador de émbolos rotativos (22).
- 5 12. Generador de vapor de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el dispositivo transportador (14) y/o la bomba (18) están acoplados mecánicamente al árbol de salida del soplador de émbolos rotativos.
- 10 13. Generador de vapor de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el dispositivo transportador (14) y/o la bomba (18) están acoplados eléctricamente, a través de una alimentación eléctrica interna, a un generador (28) que ataca en el árbol de salida del soplador de émbolos rotativos (22), evitando una red eléctrica externa.
14. Generador de vapor de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 13, en el que solo un extremo de árbol del árbol de salida se extiende saliendo de una carcasa del soplador de émbolos rotativos (22).
- 15 15. Uso del soplador de émbolos rotativos (22) en un generador de vapor de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 13 como válvula reductora de presión para la reducción del vapor generado a una presión de generación real a una presión de funcionamiento teórica para un consumidor de presión, que en particular es parte de una instalación industrial, con la generación simultánea de energía mecánica y/o energía eléctrica a partir de la energía térmica del vapor suministrado y la utilización interna de la energía generada durante la generación del vapor.
- 20

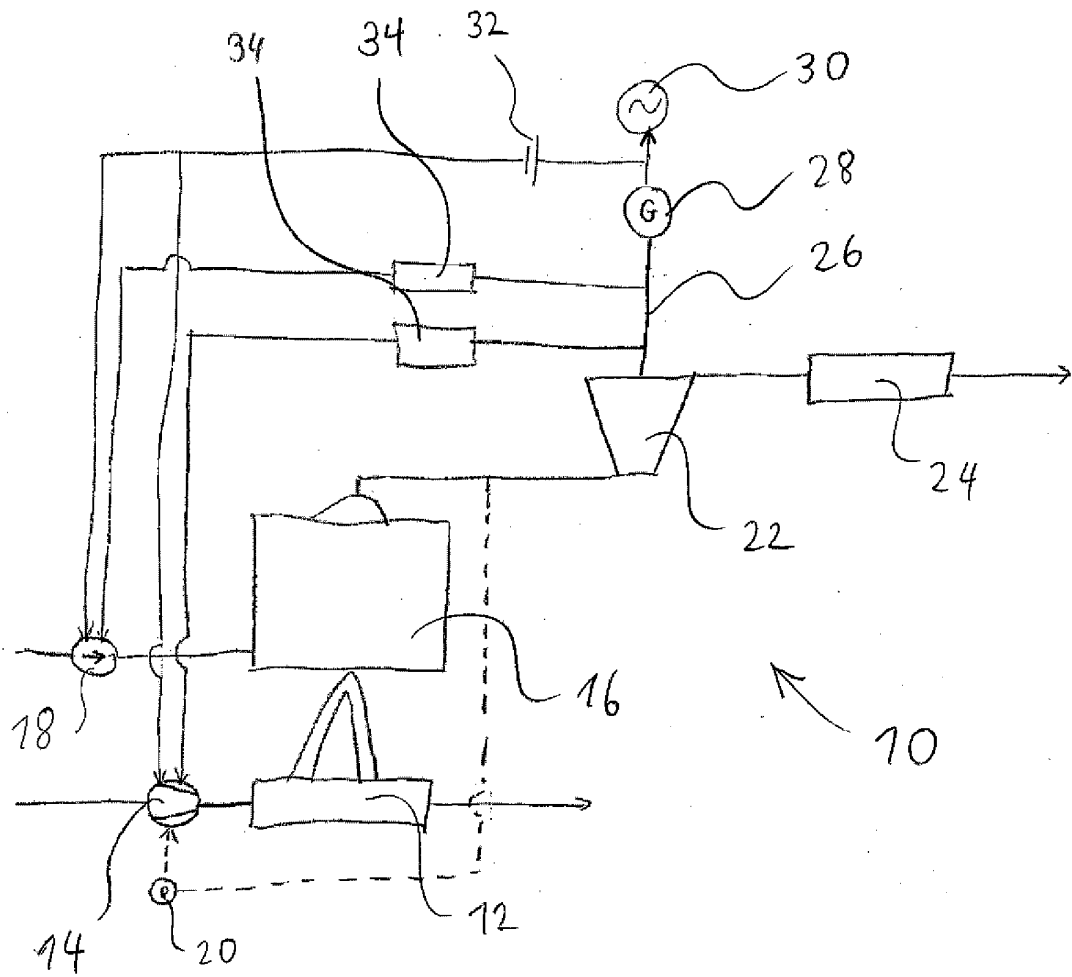


Fig. 1