

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 680**

21 Número de solicitud: 201730063

51 Int. Cl.:

F24J 2/46 (2006.01)
F24J 2/14 (2006.01)
F24J 2/05 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

20.01.2017

30 Prioridad:

03.02.2016 DE 10 2016 201 654

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.08.2017

71 Solicitantes:

SCHOTT AG (100.0%)
Hattenbergstrasse, 10
D-55122 MAINZ DE

72 Inventor/es:

KUCKELKORN, Thomas y
SOHR, Oliver

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la descarga de un depósito de hidrógeno en colectores de cilindro parabólico**

57 Resumen:

Procedimiento y dispositivo para la descarga de un depósito de hidrógeno en colectores de cilindro parabólico.

La presente invención describe un procedimiento para la descarga de un depósito de hidrógeno que se encuentra en el espacio anular (3) de un tubo colector (4), especialmente para colectores solares, configurándose el espacio anular (3) entre un tubo envolvente exterior (2) y un tubo absorbedor interior (1) del tubo colector (4) y uniéndose de forma impermeable al gas el tubo envolvente exterior (2) al tubo absorbedor (1) a través de una pared (5). El procedimiento se caracteriza porque se genera un orificio (O1) que atraviesa el tubo envolvente (2) o la pared (5), se bombea hidrógeno al interior del espacio anular (3) a través del orificio (O1) y, a continuación, el orificio (O1) se cierra de nuevo. La invención también describe un dispositivo (100) para la realización del procedimiento.

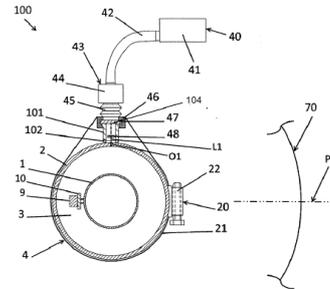


Fig. 1a

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la descarga de un depósito de hidrógeno en colectores de cilindro parabólico

5

La presente invención se refiere a un procedimiento para la descarga de un depósito de hidrógeno que se encuentra en el espacio anular de un tubo colector, configurándose el espacio anular entre un tubo envolvente exterior y un tubo absorbedor interior del tubo colector y uniéndose de forma impermeable al gas el tubo envolvente exterior al tubo absorbedor a través de una pared. La pared se compone por regla general de metal y contiene un elemento de transición de vidrio y metal, un elemento de compensación de dilatación, así como otros elementos de unión. Por otra parte, la invención se refiere a un dispositivo para la descarga de un depósito de hidrógeno que se encuentra en el espacio anular del tubo colector.

15

Los colectores solares presentan un espejo colector, por ejemplo, un espejo cilíndrico parabólico (cilindro parabólico), y un tubo colector y se utilizan en centrales termosolares preferiblemente para la generación de corriente. El tubo colector se dispone en la línea focal del respectivo espejo colector y generalmente se compone de un tubo absorbedor de acero, que presenta una capa que absorbe la radiación, y de un tubo envolvente de vidrio que rodea el tubo absorbedor y lo aísla térmicamente. En las centrales termosolares conocidas se utiliza como medio portador de calor un aceite térmico que se conduce a través del tubo absorbedor y que se puede calentar hasta una temperatura de 400°C aproximadamente por medio de la radiación solar reflejada por los espejos colectores y enfocada al tubo absorbedor. La energía almacenada en el portador de calor se suministra a un circuito de vapor a través de un intercambiador de calor y se transforma en energía eléctrica en una turbina.

Entre el tubo absorbedor y el tubo envolvente se configura en el tubo colector un espacio anular. Éste sirve para minimizar las pérdidas de calor en la superficie exterior del tubo absorbedor y, por lo tanto, para aumentar el rendimiento del colector solar. Con esta finalidad se evacúa el espacio anular, de manera que el tubo absorbedor pueda ceder el calor en su mayor parte sólo en forma de radiación.

El aceite térmico utilizado en el tubo absorbedor como medio portador de calor presenta un envejecimiento dependiente de la temperatura y un índice de descomposición asociado al

mismo. La descomposición del portador de calor termina provocando la formación de distintos productos de descomposición, contando entre éstos también el hidrógeno. La cantidad liberada durante el proceso de envejecimiento depende, por una parte, del aceite térmico utilizado y de las condiciones de servicio en las centrales termosolares y, por otra
5 parte, del grado de pureza del portador de calor.

El hidrógeno que se libera como consecuencia de la descomposición del portador de calor llega parcialmente mediante permeación al espacio anular evacuado del colector. Dado que la permeabilidad al hidrógeno del vidrio es en órdenes de magnitud menor que para el
10 acero, el hidrógeno se acumula en el espacio anular. Por lo tanto, la presión en éste aumenta, aumentando también la conductibilidad térmica del espacio anular. Esto ocurre hasta que reine un equilibrio entre las presiones parciales del hidrógeno en el tubo absorbedor y el espacio anular. Aquí resulta especialmente el inconveniente de que el hidrógeno presenta una mayor conductibilidad térmica que, por ejemplo, el aire, de manera
15 que la conductibilidad térmica en el espacio anular con una cada vez mayor permeación de hidrógeno es incluso mejor que la del aire fuera del tubo colector. Como consecuencia, baja el rendimiento del tubo colector y, por consiguiente, de todo el colector solar.

Por el estado de la técnica se conocen distintas soluciones para contrarrestar este aumento
20 de presión parcial del hidrógeno en el espacio anular y mantener así un alto rendimiento del tubo colector.

Por el documento DE 10 2009 017 741 A1, por ejemplo, se conoce un tubo colector que comprende un conjunto de válvulas que se extiende a través de la pared del tubo envolvente
25 al espacio anular. Este conjunto de válvulas permite limpiar o evacuar el espacio anular siempre que se acumule un porcentaje elevado de sustancias perturbadoras, por ejemplo, hidrógeno.

Por otra parte, el hidrógeno difundido en el espacio anular puede enlazarse por medio de un
30 afinador de vacío o getter. Sin embargo, la capacidad de absorción de estos materiales es limitada, de modo que una vez alcanzada la capacidad de absorción máxima específica del material no es posible enlazar más hidrógeno y la presión en el espacio anular vuelve a aumentar.

35 Los tubos colectores con un material reductor de presión dispuesto en el espacio anular se conocen, por ejemplo, por el documento WO 2004/063640 A1. En el caso del dispositivo

descrito en esta memoria, el material reductor de presión se dispone en barras de reducción entre el tubo absorbedor y el tubo envolvente directamente en el espacio anular. Por medio de las barras de afinador de vacío o getter se crea una distancia entre el tubo absorbedor y el afinador de vacío o getter, de manera que se reduzca la carga térmica del afinador de vacío o getter y se mejore, por consiguiente, su capacidad de absorción. No obstante, aparte del uso de un material reductor de presión no se proporciona ninguna otra solución para reducir la concentración de hidrógeno en el espacio anular, de modo que siguen existiendo los inconvenientes antes descritos del afinador de vacío o getter..

10 A fin de reducir el problema de los materiales reductores de presión, por el documento DE 198 21 137 A1 se conoce un tubo colector para aplicaciones termosolares en el que existe adicionalmente gas noble con una presión parcial de hasta varios cientos mbar en el espacio anular. La ventaja de esta solución consiste en que muchos gases nobles presentan una conductibilidad térmica más reducida que el aire, de manera que pueda reducirse la conducción del calor a través del espacio anular y el empeoramiento del rendimiento asociado a la misma. Sin embargo, el inconveniente de esta configuración consiste en que el espacio anular se rellena desde un principio con gas noble, de modo que directamente después de la instalación ya se obtiene un menor rendimiento del colector solar que en el caso del espacio anular evacuado.

20 Variantes de realización alternativas como, por ejemplo, las publicadas en el documento DE 10 2005 057 276 B3, prevén en el espacio anular al menos un recipiente cerrado de forma impermeable al gas relleno con al menos un gas noble desde el cual el gas noble se introduce en el espacio anular tan pronto como el material reductor de presión se agote. No obstante, el inconveniente de esta variante de realización alternativa consiste en que el colector solar y especialmente el tubo absorbedor deben fabricarse con el recipiente ya relleno. Una modificación posterior no es posible, de manera que el cliente debe decidir directamente en la fabricación de los tubos colectores si asume los costes adicionales y la mayor cantidad de trabajo a invertir. Además, la apertura del recipiente representa otra dificultad, lo que sólo puede llevarse a cabo con mucho esfuerzo.

35 Un procedimiento para la apertura del recipiente y para el llenado del espacio anular con gas noble se conoce por el documento DE 10 2011 082 772 B9, abriéndose el recipiente por medio de un procedimiento de perforación con láser. Desde fuera, un rayo láser se dirige a través del tubo envolvente al recipiente, irradiando éste último hasta que se forma en el recipiente un orificio y liberando el gas inerte. No obstante, esta invención también presenta

el inconveniente de que no es posible una modificación posterior del tubo colector con el recipiente de gas inerte y el cliente debe asumir unos mayores costes y gastos de fabricación ya en la fabricación aunque el gas noble se utilice mucho tiempo después de la puesta en funcionamiento.

5

Por consiguiente, en la actualidad no se conoce ningún procedimiento que permita un restablecimiento satisfactorio del rendimiento de un tubo colector que ya provoca mermas de potencia a causa de una mayor presión de hidrógeno en el espacio anular.

10 Por consiguiente, la tarea de la invención consiste en proporcionar un procedimiento y un dispositivo que restablezca de la forma más eficaz y económica posible el rendimiento original del tubo colector.

Esta tarea se resuelve con un procedimiento según la reivindicación de patente 1 y con un
15 dispositivo según la reivindicación de patente 16. Las reivindicaciones dependientes 2 a 15 y 17 a 22 representan respectivamente variantes de realización ventajosas del procedimiento o del dispositivo.

El procedimiento citado al principio para la descarga de un depósito de hidrógeno prevé,
20 según la invención, generar en una primera fase de proceso un orificio que atraviese el tubo envolvente o la pared, bombear en una segunda fase hidrógeno libre en el espacio anular a través del orificio y volver a cerrar el orificio en la tercera fase de proceso.

Como se conoce por el estado de la técnica, el hidrógeno puede encontrarse tanto en el
25 mismo espacio anular, como, en su caso, enlazarse mediante sorción por medio de un afinador de vacío o getter dispuesto en el espacio anular. Como consecuencia, el depósito de hidrógeno comprende aquí y a continuación tanto el volumen del propio espacio anular, como también un afinador de vacío o getter situado en su caso en el espacio anular. La capacidad total del depósito de hidrógeno comprende la capacidad de absorción del espacio
30 anular, así como, en caso de existencia de un afinador de vacío o getter en el espacio anular, la capacidad de absorción del afinador de vacío o getter.

La ventaja del procedimiento según la invención consiste en que el espacio anular de un
35 tubo colector ya acabado e incluso instalado en un colector solar pueda recuperar, posteriormente y sin necesidad de grandes costes ni de mucho tiempo, una vez alcanzado el límite de carga del afinador de vacío o getter, un estado totalmente funcional

prácticamente sin mermas en el rendimiento. Por otra parte, el tubo colector puede suministrarse con un espacio anular en principio evacuado, de modo que sea posible alcanzar un máximo rendimiento también desde el comienzo de la utilización. Tan pronto como el tubo colector presente mermas en cuanto al rendimiento debidas a la difusión de hidrógeno, se puede restablecer el estado funcional original del espacio anular de acuerdo con el procedimiento según la invención. Por consiguiente, incluso en casos en los que un funcionamiento irregular, que pueda haber provocado, por ejemplo, una mayor temperatura de funcionamiento o un ensuciamiento del portador de calor, se pueden eliminar eficazmente las influencias negativas de una mayor permeación de hidrógeno.

10

Se suprime el montaje costoso y complicado de un recipiente adicional relleno de gas inerte. Por otra parte, también se puede restablecer el estado funcional original de los espacios anulares de instalaciones ya existentes con ayuda del procedimiento según la invención. Por lo tanto se alarga la vida útil de todos los tubos colectores, lo que ofrece una ventaja económica y ecológica considerable.

15

Un valor crítico de posibles mermas de potencia de un tubo colector se puede deducir, por ejemplo, de la concentración de hidrógeno realmente existente en el espacio anular, que se mide por medio de sensores apropiados. Una temperatura medida en el tubo envolvente de vidrio también es un indicador idóneo, dado que con el aumento de la concentración de hidrógeno se incrementa la conductibilidad térmica del espacio anular y, por consiguiente, también la temperatura del tubo envolvente de vidrio durante el funcionamiento. Sin embargo, incluso antes de poder detectar un aumento de la temperatura del tubo envolvente de vidrio durante el funcionamiento y antes de que el mismo conduzca a mayores pérdidas de calor, se puede calcular a través de la determinación del estado de carga del afinador de vacío o getter si es necesaria una descarga en el sentido de un mantenimiento preventivo. Para ello el afinador de vacío o getter se puede calentar por medio de un dispositivo calefactor montado desde fuera en el tubo colector a diferentes niveles de temperatura para medir la correspondiente temperatura característica del tubo envolvente. A partir de la curva característica resultante se puede determinar el estado de carga del material reductor de presión. De esta manera se pueden evitar mermas de potencia.

20

25

30

En una variante de realización ventajosa del procedimiento según la invención, el orificio se puede realizar por medio de un procedimiento de perforación con láser.

35

El procedimiento de perforación con láser tiene la ventaja de que los orificios se pueden realizar en principio en cualquier tamaño y forma. Para ello sólo hay que adaptar la potencia y/o geometría del rayo láser a la respectiva geometría y al estado de los tubos colectores, tubos envolventes y/o paredes. El procedimiento de perforación con láser ofrece además la posibilidad de practicar el orificio con el mismo dispositivo tanto en el tubo envolvente formado fundamentalmente por vidrio como también en la pared formada principalmente de metal o de una aleación de metal. Al contrario que en los procesos de perforación con arranque de virutas, el procedimiento de perforación con láser permite realizar orificios sin ningún tipo de abrasión con lo que se evitan impurezas en el espacio anular.

5
10

En otra forma de realización ventajosa, el orificio se cierra por medio de un procedimiento de soldadura con láser.

El cierre mediante el procedimiento de soldadura con láser ofrece la ventaja de que el orificio se puede cerrar sin aplicación adicional de un material de cierre. Por otra parte, gracias a la variación de su potencia y/o geometría, un rayo láser se puede adaptar a las más diversas geometrías de orificio y a diferentes requisitos como, por ejemplo, el grosor de pared del tubo envolvente o de la pared o sus composiciones de material.

15
20

En otra variante de realización igualmente ventajosa, el orificio se produce por un procedimiento de perforación con láser con un diámetro de rayo láser d_{L1} y el orificio se cierra después de la descarga del depósito de hidrógeno mediante un procedimiento de soldadura con láser con un diámetro de rayo láser d_{L2} , siendo d_{L2} mayor que d_{L1} .

25
30

Esta forma de realización ofrece la posibilidad de generar y volver a cerrar el orificio con sólo un dispositivo láser. Al cerrar el orificio, sólo hay que aumentar el diámetro del rayo láser, por ejemplo, con un sistema óptico. A continuación se aplica el rayo láser al orificio, siendo su radio mayor que el radio del orificio. Esto da lugar a que el material que rodea al orificio se caliente por absorción y se funda a continuación. Las zonas fundidas fluyen acto seguido al interior del orificio y lo cierran.

En otra forma de realización alternativa según la invención, el cierre del orificio se produce utilizando un material de cierre adicional.

35

Precisamente en caso de tubos envolventes de pared fina o paredes finas es posible que no se disponga de material suficiente para el cierre del orificio mediante fusión, con lo que no

se puede garantizar la estabilidad del tubo envolvente o de la pared en la zona del orificio cerrado. En estos casos se aplica al orificio según la invención material adicional, con lo que se cierra el orificio y no se perjudica o se perjudica en menor medida el material del tubo envolvente que lo rodea.

5

Otra forma de realización según la invención prevé que antes de realizar el orificio, el material de cierre adicional se aplique en el punto a abrir del tubo envolvente o de la pared.

10 El orificio se realiza a través del material de cierre aplicado. El material de cierre no influye de manera significativa en el paso de apertura y de bombeo. Esta forma de realización tiene además la ventaja de que sólo tiene que utilizar una parte reducida del material de pared o del tubo envolvente para el cierre del orificio. Se dispone de material adicional suficiente, por lo que se evita una merma de la estabilidad del tubo envolvente y/o de la pared y se hace posible un cierre seguro.

15

También resulta ventajosa una forma de realización en la que el material de cierre se aplica por medio de un procedimiento de soldadura con plomo, soldadura o adhesión.

20 Con todos estos procedimientos el material de cierre se dispone de forma fija en el tubo envolvente o en la pared, con lo que se reduce el riesgo de que se desplace durante el paso de apertura o bombeo.

25 El material de cierre sobre el punto a abrir también se puede fijar moldeando el material de cierre a modo de disco, y las paredes de una cámara de procesamiento se pueden configurar por su extremo orientado hacia el tubo colector, de manera que reciban el disco en arrastre de forma. Esto se puede conseguir, por ejemplo, mediante talones o salientes dispuestos en las paredes que penetran en la cámara. Alternativamente la pared de la cámara puede presentar por su cara interior, por el extremo orientado hacia el tubo colector, un resalte perimetral en el que se aloje el disco en arrastre de forma.

30

Preferiblemente el disco se realiza en forma de disco perforado, correspondiendo el diámetro de las perforaciones a la sección transversal del rayo láser durante el proceso de apertura. Como consecuencia, durante el proceso de apertura no hay que fundir material adicional.

35

El material de cierre adicional se funde después del bombeo del espacio anular y entra a continuación, al menos en parte, en el orificio para cerrarlo.

5 La fusión del material de cierre se puede llevar a cabo, como se ha descrito antes, por medio de un rayo láser cuyo diámetro es mayor que el diámetro del orificio. Como material de cierre se puede elegir además un material con una temperatura de fusión por debajo de la del tubo envolvente o de la pared, por lo que para la fusión se necesita una cantidad de energía claramente menor con lo que se reduce aún más la carga térmica local del tubo envolvente o de la pared.

10

Si en el caso del material de cierre se trata, como se ha descrito antes, de un disco perforado, la zona del borde alrededor del orificio se funde durante el cierre por medio del rayo láser desenfocado. El material entra en el orificio y lo cierra. Se produce una unión soldada entre el disco y la pared. De este modo se puede evitar un desplazamiento del material de cierre sin recurrir a un procedimiento adicional de soldadura con plomo, de soldadura o de adhesión.

15

También es ventajoso el empleo de un material de cierre que presente una elevada permeabilidad al hidrógeno.

20

Especialmente ventajoso es el empleo de paladio, de una aleación de paladio, de hierro puro o de niobio como material de cierre.

De este modo se puede crear durante el cierre del orificio una ventana selectiva de hidrógeno y realizar el proceso de descarga de manera más sencilla y sin ningún dispositivo de bombeo adicional, dado que el hidrógeno puede salir del espacio anular a través de la ventana selectiva de hidrógeno mientras que la ventana de hidrógeno es impermeable a otros gases. Estas ventanas de hidrógeno ya se conocen, por ejemplo, por el documento DE 10 2005 022 183 B3. El hierro puro constituye una alternativa económica al paladio, sin embargo se tiene que calentar bajo gas inerte.

25

30

En otra variante de realización ventajosa del procedimiento según la invención, el orificio se realiza con al menos dos diámetros distintos d_{o1} y d_{o2} , representando d_{o2} el diámetro de apertura por el lado opuesto al tubo absorbedor y d_{o1} el diámetro de apertura por el lado orientado hacia el tubo absorbedor del tubo envolvente o de la pared, siendo $d_{o2} > d_{o1}$.

35

La configuración del orificio en forma de perforación escalonada permite un proceso de cierre seguro. Mediante la fusión de un material de cierre en el diámetro de apertura d_0 , el material de cierre entra tanto en la zona de apertura con un diámetro menor, como también en la zona de apertura con un diámetro mayor. Esto da lugar a una reducción de posibles espacios vacíos del material de cierre en el interior del orificio y, por consiguiente, también a una reducción de posibles fugas de gas.

En un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento según la invención, antes de la generación del orificio se dispone de forma impermeable al gas en el tubo envolvente y/o la pared, una cámara de procesamiento por encima del punto a abrir para el bombeo del hidrógeno. En la cámara de procesamiento se disponen los medios para la generación y el cierre del orificio. Mediante un procedimiento de bombeo adecuado se crea en la cámara un vacío y, una vez generado el orificio, el hidrógeno se bombea a través del orificio fuera del espacio anular.

El material reductor de presión reacciona con el oxígeno del aire y puede desactivarse por medio de éste o, en caso de temperaturas más altas, incluso arder. Sin embargo, en cualquier caso se reduce de forma duradera la capacidad de absorción de un afinador de vacío o getter para hidrógeno en una interacción con aire. Por lo tanto resulta ventajoso llevar a cabo cada fase individual del proceso bajo un vacío lo mejor posible o bajo una atmósfera de gas inerte. Gracias al vacío en la cámara se garantiza, en primer lugar, que el gas, especialmente el aire, no pueda pasar al espacio anular. El empleo de una cámara de procesamiento, en la que se disponen los medios para la generación y cierre del orificio, así como para el bombeo del hidrógeno fuera del espacio anular, resulta por lo tanto especialmente ventajoso. Así se evita una ruptura de la atmósfera de vacío entre las distintas fases del proceso y se suprime el riesgo de entrada de aire en el espacio anular.

En virtud del diámetro de orificio limitado es necesario esperar un cierto tiempo hasta que el hidrógeno salga del espacio anular a través del orificio.

Este período de espera también depende, además del diámetro del orificio, de las diferencias de presión entre el espacio anular y la cámara de procesamiento. El proceso de bombeo puede supervisarse directamente a través de mediciones de presión o de mediciones de tiempo siempre que se conozcan los índices de compresión y el diámetro del orificio.

Resulta especialmente ventajoso si el depósito de hidrógeno contiene, como se ha mencionado al principio, material reductor de presión para la absorción y el almacenamiento de hidrógeno.

- 5 La ventaja del empleo de un material reductor de presión consiste, como ya se ha dicho arriba, en su elevada capacidad de absorción de hidrógeno.

La capacidad de absorción del afinador de vacío o getter disminuye con un aumento de la temperatura. Este efecto lo aprovecha una forma de realización ventajosa del procedimiento según la invención en la que el depósito de hidrógeno se descarga térmicamente.

Como consecuencia de un aumento de temperatura provocado del depósito de hidrógeno se libera hidrógeno del mismo, aumentando la presión parcial del hidrógeno en el espacio anular. Este paso se denomina descarga térmica. Al mismo tiempo aumenta la conductibilidad térmica del espacio anular a causa del hidrógeno liberado, lo que acelera el calentamiento y, por consiguiente, todo el proceso. El hidrógeno liberado se bombea a través del orificio. Por lo tanto, con ayuda de la descarga térmica del depósito de hidrógeno es posible bombear el hidrógeno fuera del espacio anular en menos tiempo que sin descarga térmica.

20 Ventajosamente el tubo colector se calienta antes del bombeo y/o durante el bombeo.

El proceso de calentamiento puede comenzar antes, durante o después de la apertura. Como consecuencia del proceso de calentamiento aumenta la temperatura del afinador de vacío o getter y se reduce la capacidad del afinador de vacío o getter por lo que éste cede hidrógeno. En este caso, el depósito de hidrógeno puede calentarse, por ejemplo, indirectamente a través de la pared del tubo colector y/o a través del tubo envolvente mediante la aplicación de elementos calefactores anulares o dispuestos linealmente y/o inductivamente. Para los sistemas de reducción de presión montados en la pared metálica del tubo colector se coloca preferiblemente una calefacción de contacto en una cara exterior de la pared metálica opuesta al espacio anular. Para los depósitos de hidrógeno montados en el tubo absorbedor con una barra en el espacio anular se posiciona preferiblemente una calefacción por superficies radiantes o una calefacción por inducción por encima de la barra.

35 En otra variante de realización ventajosa, el hidrógeno que entra en la cámara de procesamiento a través del orificio se evacúa por medio de un sistema de bombeo mecánico

y/o químico. En este caso resulta especialmente ventajosa la combinación entre un sistema de bombeo mecánico y un afinador de vacío o getter externo que se encuentra en un recipiente acoplado a la cámara de procesamiento de forma impermeable al gas.

5 Esto tiene la ventaja de que al mismo tiempo que se produce el proceso de descarga del espacio anular tiene lugar un proceso de carga del material reductor de presión externo fuera del espacio anular. El material reductor de presión externo forma parte integrante del dispositivo de bombeo para el bombeo del hidrógeno fuera del espacio anular y puede utilizarse en lugar de, con preferencia de forma complementaria a una bomba mecánica.

10 Ventajosamente el material reductor de presión externo se descarga de nuevo una vez alcanzado un grado de carga determinado.

Además resulta ventajoso cargar y descargar cíclicamente el material reductor de presión externo durante el proceso de bombeo.

15

De este modo es posible garantizar un bombeo del hidrógeno a través del orificio fuera del espacio anular en el recipiente del afinador de vacío o getter con un rendimiento constante y evitar un funcionamiento de la bomba del afinador de vacío o getter en el campo de saturación. Por otra parte, la bomba de sorción puede volver a utilizarse después de la
20 descarga del afinador de vacío o getter externo para la descarga de otros tubos colectores.

20

A continuación de la fase de bombeo, el orificio se cierra. Acto seguido puede permitirse la entrada de un gas de prueba en la cámara de procesamiento. Este gas de prueba es preferiblemente helio, argón o xenón. Al bombear de nuevo la cámara de procesamiento
25 puede determinarse con ayuda de un espectrómetro de masa si el orificio se ha cerrado de forma estanca al vacío. Si, como consecuencia de una fuga, una parte del gas de prueba penetra en el paso anular del colector, después de bombear la cámara este gas pasa lentamente del paso anular a la cámara, siendo posible detectarlo. Después de haber superado con éxito una prueba de fuga, la cámara se ventila y se separa de nuevo del tubo
30 colector.

30

La cámara de procesamiento puede montarse de forma desmontable en el tubo colector y volver a utilizarse para varios usos y distintos tubos colectores.

35 Alternativamente la cámara de procesamiento puede unirse de forma separable a la pared y/o al tubo envolvente, de manera que a continuación de la fase de bombeo el orificio se

cierre, ventilándose la cámara de procesamiento, no obstante sin separarse de nuevo del tubo colector.

Además de a un procedimiento, la invención también se refiere a un dispositivo para la
5 descarga de un depósito de hidrógeno en el espacio anular de un tubo colector, en lo
sucesivo llamado "dispositivo de descarga", estando formado el espacio anular al menos por
un tubo envolvente exterior y por un tubo absorbedor interior del tubo colector y estando
unido el tubo envolvente exterior al tubo absorbedor por medio de una pared, e incluyendo el
10 dispositivo una cámara de procesamiento, que junto con la pared o el tubo envolvente
configura un espacio hueco, medios para la generación de un orificio a través del tubo
envolvente o la pared, medios para el bombeo de hidrógeno fuera del espacio anular, así
como medios para el cierre del orificio.

Esta invención ofrece las ventajas antes explicadas en relación con el procedimiento según
15 la invención.

En una forma de realización ventajosa, la cámara de procesamiento presenta al menos un
orificio de salida al que pueden seguir medios para la evacuación de la cámara de
procesamiento o para el bombeo del hidrógeno fuera del espacio anular y de la cámara de
20 procesamiento, así como al menos un orificio de paso para la conexión de medios para la
generación y el cierre de un orificio a través del tubo envolvente o de la pared de un tubo
colector.

En un perfeccionamiento ventajoso del dispositivo según la invención, los medios para la
25 generación y/o para el cierre de un orificio a través del tubo envolvente o la pared están
formados por un sistema de láser.

Un sistema de láser ofrece la posibilidad de generar de forma rápida y sin arranque de
virutas orificios a través del tubo envolvente o la pared con los más diversos diámetros o
30 geometrías. Las ventajas detalladas de un sistema de láser ya se han explicado en relación
con la descripción del procedimiento según la invención.

Una variante de realización ventajosa del dispositivo según la invención presenta medios
para la descarga térmica del depósito de hidrógeno que ya se ha explicado en el marco de
35 la descripción del procedimiento según la invención.

Resulta especialmente ventajosa la utilización de un dispositivo calefactor dispuesto fuera en el tubo colector, por ejemplo, en forma de elementos de calefacción dispuestos de manera anular o lineal.

5 Según el posicionamiento y la fijación de un afinador de vacío o getter dispuesto en su caso en el espacio anular, pueden ser ventajosas diferentes formas de realización del dispositivo calefactor. Para afinadores de vacío o getteres que, por ejemplo, están fijados en la pared metálica del tubo colector, se coloca preferiblemente una calefacción por contacto en una cara exterior de la pared metálica opuesta al espacio anular. Para depósitos de hidrógeno montados (directamente) en el tubo absorbedor con una barra en el espacio anular, una
10 calefacción por superficies radiantes o, en caso de existir una barra metálica, una calefacción por inducción orientada, se posiciona preferentemente en la barra.

Los medios para el bombeo del hidrógeno fuera del espacio anular están formados ventajosamente por un sistema de bombeo mecánico y/o químico.

15 Resulta ventajosa especialmente la combinación entre un sistema de bombeo mecánico y una bomba de sorción conectada de forma impermeable al gas a la cámara de procesamiento.

20 Las ventajas de una bomba de sorción que se utiliza en lugar de, preferiblemente de forma complementaria a una bomba mecánica, ya se han explicado en el marco de la descripción del procedimiento según la invención.

25 En un perfeccionamiento ventajoso del dispositivo según la invención se prevé adicionalmente a la cámara de procesamiento un sistema de soporte que absorbe todas las fuerzas que actúan mecánicamente del láser, de las bombas, etc., que están unidos al sistema de soporte, de manera que la obturación de la cámara de procesamiento en la pared o el tubo envolvente esté sujeta a una sollicitación mecánica claramente menor.

30 Ventajosamente la cámara de procesamiento se dota de una ventana estanca al vacío y transparente para el rayo láser. Adicionalmente puede montarse una unión de tubo flexible ondulado entre la óptica del láser y la ventana, a fin de conseguir un blindaje completo del recorrido del rayo láser.

35 La cámara de procesamiento puede presentar, además, un vidrio protector que se dispone entre la ventana de láser y el punto a abrir del tubo colector y se apoya de forma

preferiblemente giratoria y que protege la ventana de láser contra la vaporización durante el proceso de apertura.

5 A continuación se explican por medio de la descripción de las figuras otras características, ventajas y ejemplos de realización del procedimiento y del dispositivo para la descarga de un depósito de hidrógeno en colectores de cilindro parabólico.

Se muestra en la:

10 Figura 1a una primera variante de realización del dispositivo de descarga en sección transversal después de la generación de un orificio;

Figura 1b una primera variante de realización del dispositivo de descarga en sección longitudinal;

15

Figura 2a una primera variante de un dispositivo calefactor para la descarga de un afinador de vacío o getter situado en el espacio anular y dispuesto en la pared del tubo colector; y

20 Figura 2b una segunda variante de un dispositivo calefactor para la descarga de un afinador de vacío o getter situado en el espacio anular y dispuesto sobre la barra de afinador de vacío o getter en el tubo absorbedor.

En las figuras 1a y 1b se representa una primera variante de realización del dispositivo de descarga 100 según la invención. Este dispositivo presenta una cámara de procesamiento
25 101 que se dispone en un tubo colector 4 que se encuentra en la línea de combustión de un cilindro parabólico 70. El tubo colector 4 presenta un tubo absorbedor 1 y un tubo envolvente 2, configurándose un espacio anular 3 entre el tubo absorbedor 1 y el tubo envolvente 2. El tubo envolvente exterior 2 se une al tubo absorbedor 1 a través de una pared 5. La pared 5 incluye un elemento de transición de vidrio y metal 6 representado en la figura 1b, así como
30 un elemento de compensación de dilatación 7.

Como se representa esquemáticamente en la figura 1a, en el espacio anular 3 se dispone un afinador de vacío o getter 9 sobre una barra de afinador de vacío o getter 10 que se fija en el tubo absorbedor 1. Normalmente, en una forma de realización como ésta, el afinador
35 de vacío o getter 9 se dispone en el eje de parábola P1 que separa la línea de combustión y en la cara del tubo absorbedor 1 opuesta al cilindro parabólico 70.

La cámara de procesamiento 101 se fija de forma impermeable al gas por medio de un sistema de fijación 20 en una parte perimetral de la pared 5 en la zona del elemento de transición de vidrio y metal 6. La cámara de procesamiento puede fijarse alternativamente en el tubo envolvente 2. El sistema de fijación 20 se compone de una abrazadera 21 y de un cierre 22 y se dispone en la cámara de procesamiento 101, de manera que al tensar la abrazadera 21 se genere una presión de apriete homogénea. A fin de poder montar la cámara de procesamiento 101 de forma rápida y separable en distintos tubos colectores 4 con diámetros diferentes del tubo envolvente 2 o de la pared 5, el tamaño perimetral de la abrazadera 21 puede regularse de manera variable por medio del cierre 22. Alternativamente a una abrazadera 21 también es posible utilizar una cinta elástica, una banda de sujeción o una correa para la fijación de la cámara de procesamiento 101 en el tubo colector 4.

Para crear una unión impermeable al gas entre la cámara de procesamiento 101 y el tubo colector 4 se coloca en la superficie de contacto correspondiente de la cámara de procesamiento 101 una junta. En este ejemplo de realización la junta se configura en forma de un anillo de obturación 102. Al tensar la abrazadera 21, el anillo de obturación 102 y la cámara de procesamiento 101 ejercen tal presión sobre el tubo colector 4 que se crea una unión impermeable al gas.

La cámara de procesamiento 101 presenta un orificio de salida 103. A través de un sistema de unión, que en la figura 1b se configura esquemáticamente como tubo de unión 105, la cámara de procesamiento 101 está en contacto durante el flujo con medios para la evacuación y el bombeo de la cámara de procesamiento 101 y del espacio anular 3, así como con un sistema de sensores 110. A efectos de un desacoplamiento mecánico se inserta, entre el tubo de unión 105 y la cámara de procesamiento 101, un elemento de tubo flexible estanco al vacío 106. Con esta finalidad, el tubo de unión 105 presenta uniones que en la figura 1b se insinúan como bridas 120. En el ejemplo de realización representado en las figuras 1a y 1b, los medios antes citados para la evacuación y el bombeo están formados por una bomba de vacío 30 y una bomba de sorción 50, uniéndose la bomba de vacío 30 en la figura 1b al tubo de unión 105 por medio de un tubo flexible a prueba de vacío 31. La bomba de sorción 50 se compone de un recipiente de afinador de vacío o getter 51 que incluye un afinador de vacío o getter externo para el proceso de descarga explicado en la descripción que antecede. Válvulas 121 permiten mantener el vacío en la cámara de procesamiento mientras la bomba de vacío 30 y/o la bomba de sorción 50 se desacopla del

tubo de unión 105. La representación del sistema de unión como tubo de unión 105 no debe entenderse de forma restrictiva. También es posible imaginar otras variantes de realización que permitan una evacuación de la cámara de procesamiento 101 o un bombeo del espacio anular 3 a pocos milibares. Por ejemplo también es posible utilizar otra combinación de elementos tubulares y uniones flexibles para el desacoplamiento mecánico de la cámara de procesamiento 101 de las bombas (30, 50) y/o del sistema de sensores 110.

La cámara de procesamiento 101 presenta un orificio de paso 104. El orificio de paso 104 se dota, por medio de una unión atornillada 46, de una ventana de láser 47 impermeable al gas y transparente para un láser. Por encima de la ventana de láser 47 se dispone un sistema de láser. El sistema de láser 40 presenta una fuente de láser 41 en forma, por ejemplo, de un diodo láser o de un láser de estado sólido. Esta fuente de láser 41 se conecta, por medio de un conductor de luz 42, a la cabeza de láser 43, a un sistema óptico 44, así como a una unidad de enfoque 45. Adicionalmente en la cámara de procesamiento 101 se monta un vidrio protector 48 preferiblemente giratorio que protege la ventana de láser contra la vaporización durante la generación y el cierre del orificio O1.

El tubo de unión 105 se fija en un sistema de soporte 210 que absorbe las fuerzas que actúan mecánicamente y que, junto con el elemento de tubo flexible 106, descarga la obturación de la cámara de procesamiento 101 en la pared 5 o el tubo envolvente 2. El sistema de soporte 210 presenta una base de soporte 211 en la que se fija el tubo de unión 105, disponiéndose de forma móvil en la base de soporte 211 un brazo de soporte 212. El brazo de soporte se une de forma rígida a la cabeza de láser 43. De este modo el láser puede colocarse en su posición necesaria para la generación y el cierre del orificio O1 y fijarse allí.

En las figuras 2a y 2b se representan esquemáticamente diferentes formas de realización de un dispositivo calefactor 60 en dependencia de la posición de un afinador de vacío o getter 9 que se encuentra en el espacio anular 3.

Si, como se muestra en la figura 2a, el afinador de vacío o getter 9 se dispone, por ejemplo, en forma de anillo en la pared 5 del tubo colector 4, se proporciona una calefacción por contacto en la cara exterior de la pared metálica 5. Para ello se montan en la pared 5 un elemento calefactor 61 y una carcasa 62 que también pueden configurarse en forma de anillo. La carcasa 62 y el elemento calefactor 61, así como la sección de la pared 5 que

rodea al afinador de vacío o getter 9 están protegidos por un aislamiento térmico 63 que reduce una pérdida de calor.

Si, por el contrario, el afinador de vacío o getter 9, como se representa en las figuras 1a y 2b se dispone en una barra de afinador de vacío o getter 10 fijada en el tubo absorbedor 1, resulta especialmente adecuada una calefacción por superficies radiantes y/o inducción. En este caso, el dispositivo calefactor 60' se dispone fuera del tubo colector 4 y se orienta de manera que la radiación de energía se oriente al afinador de vacío o getter 9, por ejemplo, por medio de reflectores apropiados. Durante la realización del procedimiento según la invención, el cilindro parabólico 70 se encuentra en una posición de mantenimiento - por ejemplo, en una posición de "9 en punto" referido a la posición del afinador de vacío o getter 9 representada - en la que se puede acceder fácilmente al tubo colector 4. Dado que el afinador de vacío o getter 9, como se ha descrito antes y como se muestra en la figura 1a, se encuentra en el eje de parábola P1 del cilindro parabólico 70 y que el cilindro parabólico 70 se encuentra en la posición de mantenimiento, el dispositivo calefactor 60 y la cámara de procesamiento 101 pueden disponerse desplazados en ángulo en la sección transversal.

Las distintas fases del proceso para la descarga del depósito de hidrógeno de un tubo colector 4 se explican a la vista de las figuras por medio de una forma de realización del dispositivo de descarga 100.

Como puede verse en la figura 1a, en una primera fase el dispositivo de descarga 100, compuesto de cámara de procesamiento 101, bomba de vacío 30, sistema de láser 40 y bomba de sorción 50, se dispone por medio de un sistema de fijación 20 en un tubo colector 4 y especialmente en su pared 5 o tubo envolvente 2. En este caso, el anillo de obturación 102 forma preferiblemente el único contacto entre la cámara de procesamiento 101 y la pared 5 o el tubo envolvente 2. A continuación, el sistema de fijación 20 se tensa de manera que la cámara de procesamiento 101 se apriete contra el elemento de transición de vidrio y metal 5. Si el sistema de fijación 20 está formado, por ejemplo, por una abrazadera 21, el apriete se lleva a cabo mediante el ajuste del cierre 22.

Una vez colocada de forma impermeable al gas la cámara de procesamiento 101 en el tubo envolvente 2 o la pared 5, acto seguido su interior se evacúa mediante la bomba de vacío 30 a través del orificio de salida 103 y del tubo de unión 105. Esto ocurre hasta que en la cámara de procesamiento 101 predominen presiones de 10^{-3} a 10^{-2} mbar aproximadamente. Por medio de esta evacuación se libera el interior de la cámara de procesamiento 101 de

impurezas que, en caso contrario, podrían dar lugar a un ensuciamiento del espacio anular 3 en la apertura posterior del tubo envolvente 2 o de la pared 5.

5 Una vez se haya evacuado la cámara de procesamiento 101, se genera, por medio del sistema de láser 40, un orificio O1 a través de la pared 5 o directamente a través del tubo envolvente 2. Con esta finalidad, un rayo láser generado en la fuente de láser 41 se dirige a través de la cabeza de láser 43 y del orificio de paso 104 a lo largo de un eje L1 al interior de la cámara de procesamiento 101 y a la superficie del tubo envolvente 2 o de la pared 5.

10 Una vez perforada la pared 5 o el tubo envolvente 2 mediante el rayo láser, el hidrógeno que se libera se bombea a través del orificio O1 por medio de la bomba de vacío 30 hasta alcanzar una presión definida en el espacio anular. Alternativamente, la bomba de vacío mecánica 30, que anteriormente se utilizó para la evacuación de la cámara de procesamiento 101, puede separarse de la cámara de procesamiento 101 y activarse una
15 bomba de sorción 50 conectada a la cámara de procesamiento 101 para el bombeo del hidrógeno. A fin de acelerar la fase de bombeo, el material reductor de presión 9 dispuesto en el espacio anular 3 se calienta mediante el dispositivo calefactor 60 montado fuera en el tubo colector 4. Con el proceso de calentamiento se puede empezar incluso antes del bombeo.

20 A continuación del bombeo, el orificio O1 se cierra de nuevo. Para ello, el rayo láser se ensancha por medio del sistema óptico 44 y la unidad de enfoque 45 hasta alcanzar en el punto de enfoque un diámetro mayor que el orificio O1 y no tenga ya la densidad de energía necesaria para evaporar el material del tubo envolvente 2 o de la pared 5, sino sólo para
25 fundirlo. Para el cierre del orificio O1, el rayo láser ensanchado se proyecta sobre el orificio O1 a lo largo del eje L1. Esto da lugar a que los bordes del orificio O1 se ablanden y finalmente se fundan. El material fundido fluye en el orificio O1 y lo cierra, separándose otra vez el espacio anular 3 de la cámara de procesamiento 101.

30 En una última fase, el sistema de fijación 20 se suelta, siendo posible separar totalmente el dispositivo de descarga 100 del tubo colector 4.

LISTA DE REFERENCIAS

	1	Tubo absorbedor
	2	Tubo envolvente
5	3	Espacio anular
	4	Tubo colector
	5	Pared
	6	Elemento de transición de vidrio y metal
	7	Elemento de compensación de dilatación
10	9	Afinador de vacío o getter
	10	Barra de afinador de vacío o getter
	20	Sistema de fijación
	21	Abrazadera
15	22	Cierre
	30	Bomba de vacío
	31	Tubo flexible a prueba de vacío
20	40	Sistema de láser
	41	Fuente de láser
	42	Conductor de luz
	43	Cabeza de láser
	44	Sistema óptico
25	45	Unidad de enfoque
	46	Unión atornillada
	47	Ventana de láser
	48	Vidrio protector
30	50	Bomba de afinador de vacío o getter externa
	51	Recipiente de afinador de vacío o getter
	60	Dispositivo calefactor
	61	Elemento calefactor
35	62	Carcasa
	63	Aislamiento

	70	Cilindro parabólico
	100	Dispositivo de descarga
	101	Cámara de procesamiento
5	102	Junta
	103	Orificio de salida
	104	Orificio de paso
	105	Tubo de unión
	106	Elemento de tubo flexible
10		
	110	Sistema de sensores
	120	Brida
	121	Válvula
15	210	Sistema de soporte
	211	Base de soporte
	212	Brazo de soporte
	O1	Orificio
20	L1	Eje
	P1	Eje de parábola

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la descarga de un depósito de hidrógeno que se encuentra en el espacio anular (3) de un tubo colector (4), especialmente para colectores solares, estando
5 formado el espacio anular (3) al menos por un tubo envolvente exterior (2) y un tubo absorbedor interior (1) del tubo colector (4) y uniéndose el tubo envolvente exterior (2) por medio de una pared (5) al tubo absorbedor (1), caracterizado por que se genera un orificio (O1) que atraviesa el tubo envolvente (2) o la pared (5), se bombea hidrógeno libre en el espacio anular a través del orificio (O1) y a continuación el orificio (O1) se cierra de nuevo.
10
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el orificio (O1) se genera por medio de un procedimiento de perforación con láser.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que el orificio
15 (O1) se cierra por medio de un procedimiento de soldadura por láser.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el orificio (O1) se genera por medio de un procedimiento de perforación por láser con un diámetro de rayo láser d_{L1} y por que el orificio (O1) se cierra por medio de un procedimiento de
20 soldadura por láser con un diámetro de rayo láser d_{L2} , siendo: $d_{L2} > d_{L1}$.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el cierre del orificio (O1) se realiza utilizando un material de cierre adicional.
- 25 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el material de cierre adicional se aplica en el punto a abrir antes de la generación del orificio (O1).
7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado por que como material de cierre se utiliza un material con una elevada permeabilidad al hidrógeno.
30
8. Procedimiento según las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que el material de cierre se compone de paladio o de una aleación de paladio, hierro puro o niobio.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que antes de la
35 generación del orificio (O1) sobre el punto a abrir para el bombeo del hidrógeno, se dispone

de forma impermeable al gas una cámara de procesamiento (101) en el tubo envolvente (2) y/o la pared (5).

5 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el depósito de hidrógeno contiene material reductor de presión.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que el depósito de hidrógeno se descarga térmicamente.

10 12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que el tubo colector se calienta antes del bombeo y/o durante el bombeo.

15 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que el hidrógeno libre que durante el bombeo sale del espacio anular (3) y entra en la cámara de procesamiento (101) se enlaza por medio de un material reductor de presión externo que se encuentra en un recipiente (51) acoplado a la cámara de procesamiento (101) de forma impermeable al gas.

20 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que el material reductor de presión externo se descarga de nuevo después de alcanzar un grado de carga determinado.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 ó 14, caracterizado por que el material reductor de presión externo se carga y descarga cíclicamente durante el bombeo.

25 16. Dispositivo (100) para la descarga, mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, de un depósito de hidrógeno que se encuentra en el espacio anular (3) de un tubo colector (4), especialmente para colectores solares, formándose el espacio anular (3) al menos a partir de un tubo envolvente exterior (2) y de un tubo absorbedor interior (1) del tubo colector (4) y uniéndose el tubo envolvente exterior (2) por medio de una pared (5)
30 al tubo absorbedor (1), caracterizado por que el mismo presenta una cámara de procesamiento (101), que se puede fijar de forma impermeable al gas en el tubo colector (4) y disponiéndose acoplados a ésta medios (40) para la generación y el cierre de un orificio (O1) a través del tubo envolvente (2) o de la pared (5), así como medios (30, 50) para el bombeo de hidrógeno fuera del espacio anular (3).

35

17. Dispositivo (100) según la reivindicación 16, caracterizado por que la cámara de procesamiento (101) presenta al menos un orificio de salida (103) para la evacuación y/o el bombeo del hidrógeno fuera de la cámara de procesamiento (101) y al menos un orificio de paso (104) para los medios (40) para la generación y/o el cierre del orificio (O1) a través del tubo envolvente (2) o de la pared (5).

18. Dispositivo (100) según una de las reivindicaciones 16 a 17, caracterizado por que los medios (40) para la generación y/o el cierre de un orificio (O1) a través del tubo envolvente (2) o de la pared (5) están formados por un sistema de láser (40).

19. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado por medios (60) para la descarga térmica del depósito de hidrógeno.

20. Dispositivo según la reivindicación 19, caracterizado por que los medios (60) para la descarga térmica del depósito de hidrógeno están formados por un dispositivo calefactor (60) dispuesto fuera del tubo colector.

21. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 20, caracterizado por que los medios (30, 50) para el bombeo del hidrógeno fuera del espacio anular (3) están formados por un sistema de bombeo mecánico y/o químico.

22. Dispositivo según la reivindicación 21, caracterizado por que el sistema de bombeo químico está formado por una bomba de sorción (50).

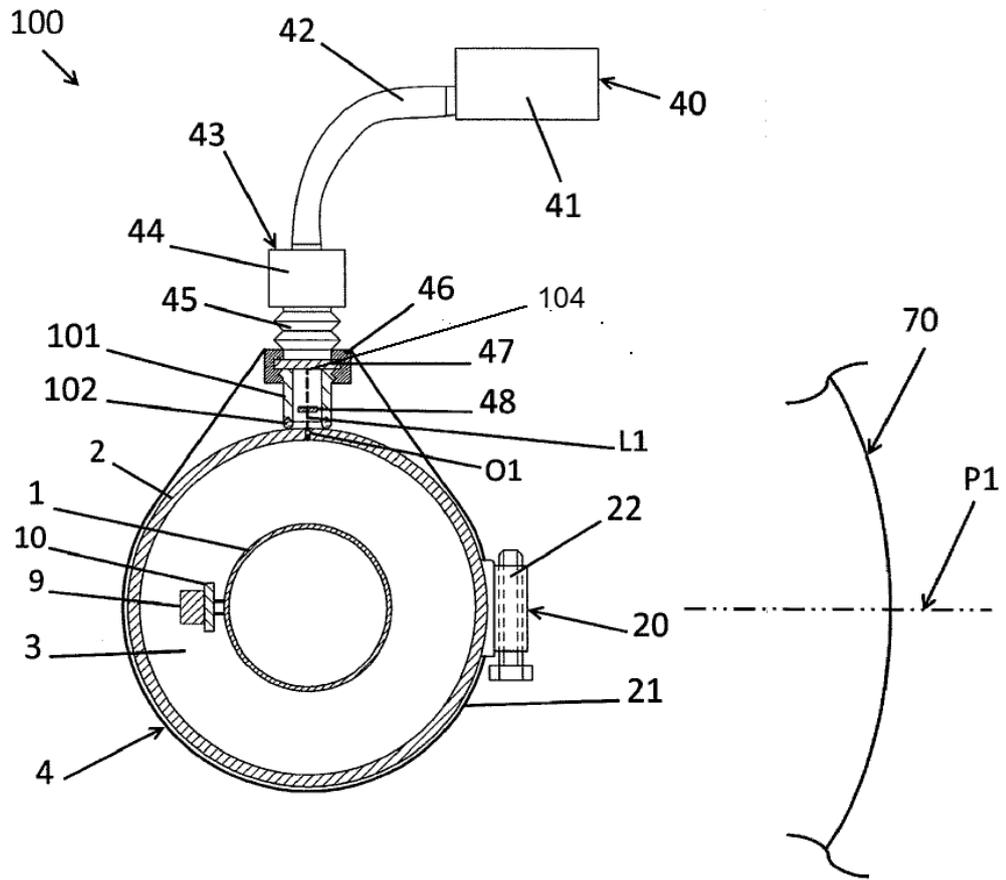


Fig. 1a

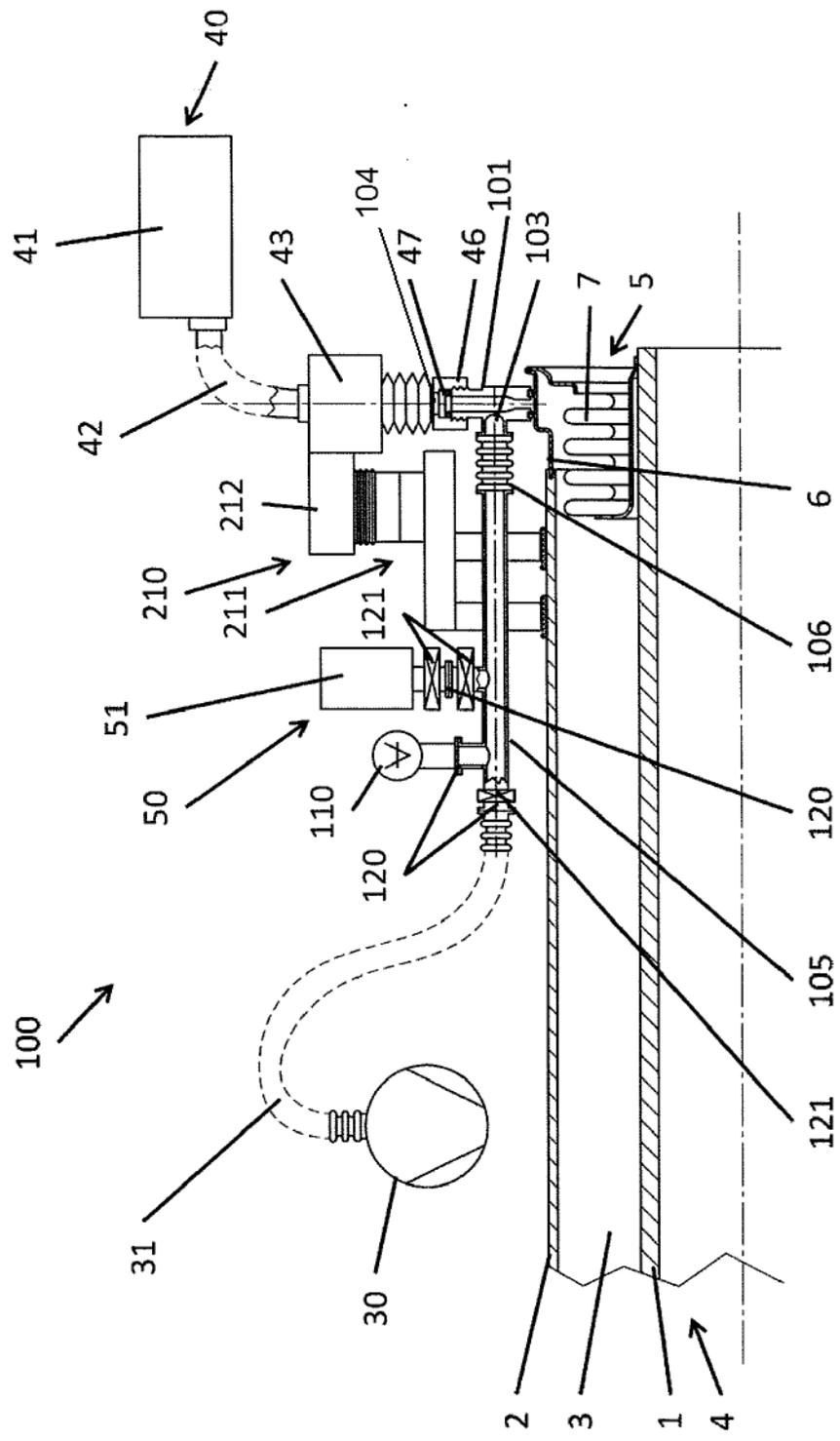


Fig. 1b

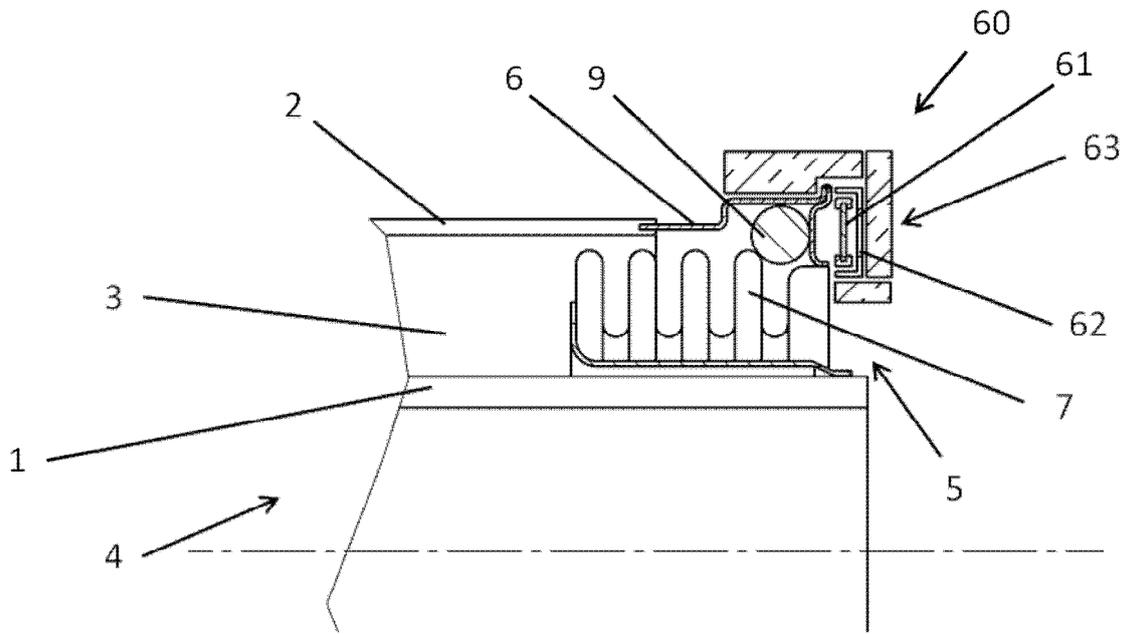


Fig. 2a

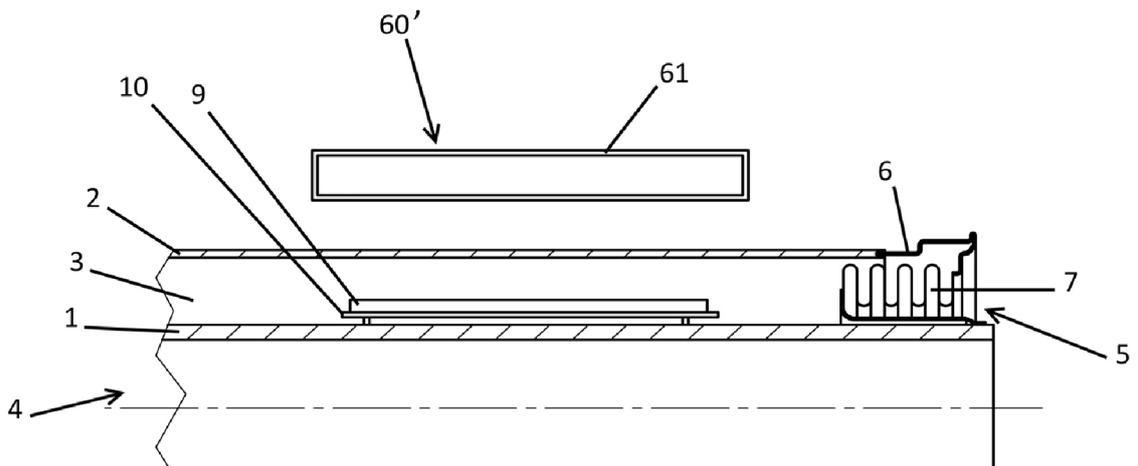


Fig. 2b