

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 494 265**

51 Int. Cl.:

**C01B 4/00** (2006.01)

**C01B 3/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2011 E 11739190 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.05.2014 EP 2582618**

54 Título: **Reactor de membrana para el tratamiento de gases con tritio**

30 Prioridad:

**16.06.2010 IT RM20100330**

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

**15.09.2014**

73 Titular/es:

**ENEA - AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE  
TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO  
ECONOMICO SOSTENIBILE (50.0%)**

**Lungotevere Thaon di Revel 76**

**00196 Roma, IT y**

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (50.0%)**

72 Inventor/es:

**TOSTI, SILVANO;**

**GHIRELLI, NICOLAS;**

**BORGOGNONI, FABIO;**

**TRABUC, PIERRE;**

**SANTUCCI, ALESSIA;**

**LIGER, KARINE y**

**MARINI, FABRIZIO**

74 Agente/Representante:

**MORGADES MANONELLES, Juan Antonio**

**ES 2 494 265 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

Reactor de membrana para el tratamiento de gases con tritio

5 **RESUMEN**

El dispositivo según la presente invención comprende fundamentalmente un reactor de membrana que utiliza un tubo de aleación de paladio-plata (tubo permeable), que es selectivamente permeable al hidrógeno y a sus isótopos. Dicho dispositivo se ha ideado para implementar un innovador proceso para la recuperación de tritio a partir de materiales (conocidos como "residuos domésticos blandos", es decir, guantes, papel, etc.) procedentes de laboratorios y plantas donde se manipulan materiales contaminados por tritio.

En el reactor de membrana descrito en el presente documento tiene lugar un intercambio de isótopos entre una corriente gaseosa tritiada procedente del proceso de detritiación de los "residuos domésticos blandos" y una corriente de hidrógeno de transporte configurado a contracorriente. En la configuración básica, la presente invención prevé la adopción de un tubo de aleación de paladio cerrado en un extremo (según un sistema "de tipo dedo" o "de doble tubo") y calentado mediante el efecto Joule del paso de la corriente. Se proporciona específicamente un dispositivo provisto de medios que simultáneamente pueden ejercer un estrés de tensión sobre el tubo permeable y permitir el paso de la corriente eléctrica para el calentamiento óhmico del propio tubo permeable.

La presente invención se comprenderá mejor a partir de la siguiente descripción detallada y con referencia a las figuras anexas, que ilustran, puramente a modo de ejemplo no limitativo, algunas formas de realización preferidas de la misma.

En los dibujos:

Las figuras 1-4 muestran dispositivos según el estado de la técnica conocido;

La figura 5 es una vista transversal longitudinal del reactor de membrana según la presente invención;

La figura 6, que es parecida a la anterior, muestra una variante provista de un paso eléctrico aislado en el borde del extremo;

Las figuras 7 y 8, que son parecidas a las figuras anteriores 5 y 6, respectivamente, contemplan una segunda forma de realización de la presente invención, que prevé unos medios para ajustar la fuerza de tensión que el muelle ejerce sobre el tubo permeable; y

Las figuras 9 y 10 muestran dos dibujos del reactor según la presente invención, respectivamente en caso de que el borde del extremo esté conectado mediante juntas eléctricamente aisladas y en caso de que se utilice un paso eléctrico aislado.

**1. ESTADO DE LA TÉCNICA**

Para eliminar el tritio de corrientes gaseosas en aplicaciones estudiadas para el ciclo del combustible de los reactores de fusión nuclear [1, 2] se ha propuesto un reactor de membrana (PERMCAT) que utiliza tubos permeables de aleación de paladio-plata, con permeabilidad selectiva a los isótopos de hidrógeno a contracorriente respecto a una corriente gaseosa que contenga tritio y compuestos tritiados (por ejemplo, agua tritiada y metano además de CO, CO<sub>2</sub> y sustancias inertes), que se envía a un lecho catalítico situado en la carcasa del propio reactor, tal como se observa en la figura 1, en la que el tritio se señala con la letra Q.

El tubo permeable de aleación de Pd-Ag empleado comprende una pared con un grosor de 0,100 mm y se caracteriza por una elevada proporción de longitud/diámetro (diámetro externo de 3,3 mm y longitud de 500 mm). Por lo general, este reactor de membrana, que emplea tubos de aleación de paladio, presenta los inconvenientes relacionados con los ciclos térmicos y los ciclos de hidrogenación/deshidrogenación, que implican el alargamiento/contracción de los propios tubos. Si el módulo del reactor evita o retrasa dichas deformaciones, estas pueden producir estrés mecánico, incluso de tipo cíclico, que rápidamente puede causar un fallo de la membrana con pérdida de selectividad y por tanto de funcionalidad del dispositivo. Para superar dichos inconvenientes, ENEA ha estudiado una configuración concreta de reactor de membrana en la que se emplea un tubo permeable de pared delgada (0,050 mm), caracterizado por un flujo de impregnación más elevado de los isótopos de hidrógeno [3]. En dicha configuración, el tubo de paladio se encuentra conectado de modo estanco con el módulo del reactor, mediante dos fuelles metálicos que pueden compensar las diversas deformaciones y, además, durante las etapas de la instalación dicho tubo de paladio se fija mediante soldadura al módulo del reactor al aplicar tensión a dichos fuelles metálicos, que se alargan convenientemente con respecto a su posición de reposo mediante un dispositivo de expansión (figura 2). De este modo, en las condiciones de funcionamiento, la membrana tubular se ve sujeta a un estrés de tensión axial compatible con la configuración y las características de los materiales. Sin embargo, el reducido grosor de la pared (0,050 mm) puede conllevar la formación de defectos (pequeños orificios o grietas) debido a la abrasión o la corrosión en caso de entrar en contacto con el lecho catalítico.

En otras aplicaciones conocidas, por ejemplo tanto para procesos de detritiación como para reacciones de deshidrogenación, se han estudiado reactores de membrana en los que los tubos permeables están fijados al módulo del reactor únicamente en un extremo; esta configuración se conoce como configuración "de tipo dedo" o "de

5 doble tubo". De hecho, el tubo permeable está cerrado en uno de sus extremos, y a la vez se inserta un tubo más pequeño dentro del lumen para la entrada del suministro o recuperación del retenido. Por ejemplo, la figura 3 ilustra el esquema de un módulo de membrana que utiliza un tubo permeable Pd-Ag en una configuración de tipo dedo: el hidrógeno que pasa a través de la membrana se acumula en la carcasa del reactor mediante un gas de transporte, mientras que el retenido (gas no filtrado) se recupera a través de un tubo de acero de diámetro pequeño insertado en el lumen del tubo permeable.

10 Sin embargo, especialmente en el caso de tubos permeables de gran longitud (es decir, en caso de que se requieran factores de detritación elevada), esta configuración conocida presenta el inconveniente del contacto y atasco del tubo permeable T con las paredes internas del módulo de membrana 1 como consecuencia de las deformaciones que experimenta el propio tubo T debido a los ciclos térmicos y a los ciclos de hidrogenación. A este respecto, se debe hacer referencia a la figura 4, que ilustra un tubo permeable de aleación de Pd-Ag antes y después de unas pruebas de larga duración con ciclos térmicos y ciclos de hidrogenación.

15 Por último, recientemente se ha propuesto el calentamiento óhmico de los tubos permeables de aleación de paladio para reducir la potencia necesaria y evitar calentar las corrientes gaseosas procesadas, si no es necesario [4]. Sin embargo, dichos dispositivos requieren unos pasos eléctricos concretos a través de las paredes del módulo del reactor, y sistemas adecuados para la conexión flexible del tubo permeable a los propios pasos eléctricos.

20 El principal objetivo de la presente invención es superar los problemas mencionados anteriormente mediante un reactor de membrana tal como se describe en la reivindicación 1 más adelante, en la que se prevé un contenedor sustancialmente cilíndrico conocido como "módulo" 1, realizado preferentemente de acero pero que también puede estar fabricado con otros metales y otros materiales: por ejemplo, para aplicaciones de laboratorio, a menudo se prefiere el vidrio (p. ej. Pyrex).

## 25 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

30 El reactor de membrana objeto de la presente invención comprende al menos un tubo permeable T de aleación de paladio-plata (preferentemente con 23-25 wt% de Ag) que comprende una pared con un grosor aproximado de entre 0,050 mm y 0,200 mm. En caso de que los tubos comprendan una pared con un grosor aproximado de 0,050 mm, se tratará de tubos de pared delgada que se fabrican enrollando y posteriormente realizando una soldadura por difusión [5]; en caso de que los tubos comprendan una pared con un grosor aproximado de 0,200 mm, se tratará de tubos comercialmente disponibles, que se encuentran con un grosor aproximado a partir de los 100 µm.

35 Debe tenerse en cuenta que las aleaciones utilizadas habitualmente para los tubos permeables son aleaciones de paladio-plata, como por ejemplo PdCu, pero también se están estudiando las aleaciones metálicas con una base de Ni, Nb, V, Ta o Ti. Los grosores de interés práctico para dichas membranas tubulares de metal denso están comprendidos sustancialmente en un rango de entre 50 y 200 µm, tal como se ha mencionado anteriormente.

40 El tubo permeable T se encuentra alojado en el módulo 1 en una configuración de tipo dedo, en la que los dos flujos de gas dirigidos hacia el lumen y hacia la carcasa van a contracorriente. El calentamiento del tubo T hasta la temperatura del proceso, de aproximadamente 300-400 °C, se consigue pasando una corriente eléctrica para obtener un calentamiento óhmico directo.

45 Según una característica peculiar de la presente invención, se proporciona un dispositivo especial que se aplica al extremo cerrado del tubo permeable T, que básicamente comprende un muelle M preferentemente fabricado con dos metales, y que tiene dos funciones muy concretas:

50 - aplicar al tubo permeable T una carga de tensión que pueda evitar el contacto y atasco del mismo con las paredes internas del módulo de membrana 1 debido a las deformaciones que experimenta como resultado de los ciclos térmicos y los ciclos de deshidrogenación; y

- garantizar una continuidad eléctrica entre el extremo cerrado libre del tubo permeable T y el exterior del módulo de membrana 1, para permitir el calentamiento del propio tubo debido al efecto Joule.

55 En el ejemplo de forma de realización descrito en el presente documento, para proporcionar dicho dispositivo para obtener tensión mecánica y conexión eléctrica, se ha estudiado un muelle M que comprende:

60 - un alambre de Inconel® (una aleación principalmente compuesta por una base de níquel 48%-72% y cromo 14%-29%) que puede garantizar el rendimiento mecánico requerido también a la temperatura de trabajo, concretamente, una carga de tensión suficiente para guiar el tubo permeable T en línea recta a lo largo de su eje longitudinal durante su expansión; y

- un alambre de plata que puede garantizar el paso de una corriente eléctrica con baja resistencia para evitar el calentamiento del propio muelle M, y restringir el calentamiento del tubo permeable T debido al efecto óhmico.

65 Concretamente, la rigidez mecánica de la plata se puede considerar insignificante. Del mismo modo, el paso de la corriente eléctrica a través del Inconel (y por tanto el correspondiente calentamiento debido al efecto Joule) es

irrelevante como consecuencia de la conductividad muy superior del alambre de plata, caracterizada por una menor resistividad y una sección transversal que es adecuadamente superior a la del alambre de Inconel.

5 Las figuras 5 y 6 ilustran un esquema de la presente invención, en el que se resalta el detalle del muelle M bimetalico para dos variantes:

- 10 a) un aislamiento eléctrico del borde FF del extremo del módulo de membrana 1 mediante una junta de sellado del propio borde realizada con un material orgánico aislante (silicona, Viton, Vespel, etc.) y casquillos especiales, de nuevo fabricados con un material aislante para los pernos para ajustar el borde (figura 5); y  
 10 b) uso de un paso eléctrico aislado a través del borde FF del extremo del módulo de membrana 1 (figura 6).

Una segunda forma de realización, ilustrada en las figuras 7 y 8, prevé unos medios para ajustar la fuerza de tensión que ejerce el muelle M en el tubo permeable T.

15 En este caso, también se ilustran los dos casos de aislamiento eléctrico del borde del extremo (figura 7) y del uso del paso eléctrico aislado (figura 8). Más concretamente, la fuerza de tensión que ejerce el muelle M se regula mediante la actuación de una varilla de ajuste que se proporciona para ese fin, que finalmente se bloquea de modo sellado mediante soldadura directa al borde del extremo (figura 7) o al paso eléctrico aislado (figura 8).

20 2.1 Medición del muelle bimetalico

Para las pruebas, la medición del muelle bimetalico M se realizó basándose en las características mecánicas (límite elástico) y a las características eléctricas (resistividad) del tubo permeable T en condiciones operativas, en un rango de temperatura de aproximadamente 300-400 °C. Concretamente, a modo de ejemplo, se tuvo en cuenta el caso de  
 25 un tubo de Pd-Ag con un diámetro de 10 mm con diversos valores de grosor (0,050 y 0,200 mm) y longitud (250 y 500 mm) de pared.

Para evitar cualquier deformación excesiva del tubo permeable, y teniendo también en cuenta el fenómeno de fluencia a una temperatura de funcionamiento de 300-400 °C, la carga de tensión aplicable se fijó en  
 30 aproximadamente el 5% de la resistencia a la rotura por tracción (UTS) relativa a la temperatura de 400 °C. A partir de los datos proporcionados en la bibliografía [6, 7], se calculó un valor UTS de 280 MPa para la aleación Pd-Ag (23-25 % en peso de Ag). Por tanto, el valor de la carga de tensión que el muelle M ejerce en el tubo T, que se calcula que es un 5% de la UTS, para un tubo permeable con un grosor de pared de 0,050 mm y 0,200 mm es, respectivamente, 20 N y 80 N.

En los rangos de temperatura y en las condiciones de hidrogenación ya tenidas en cuenta en estudios anteriores [8], la variación de porcentaje de longitud estimada para el tubo de Pd-Ag fue de aproximadamente el 1,5%, que por  
 40 tanto corresponde a una variación absoluta de longitud de aproximadamente 4 mm para el caso del tubo permeable T con una longitud total de 250 mm, y de aproximadamente 8 mm para un tubo T con una longitud de 500 mm.

En la Tabla I se observan las mediciones de la fracción de Inconel del muelle bimetalico M. El número de giros se calculó de modo que, en condiciones operativas, la variación de longitud del muelle M ("número de giros" x "desvío")  
 45 es 10 veces superior a la variación absoluta de longitud del tubo permeable T como resultado de los ciclos térmicos y los ciclos de hidrogenación. De este modo, se descubrió de modo razonable que la variación de la carga de tensión que ejerce el muelle M tras la elongación/contracción del tubo permeable T es básicamente insignificante (es decir, aproximadamente 10% de la carga aplicada inicialmente).

Tabla I

Grosor de pared del tubo permeable (mm)	Longitud del tubo permeable (mm)	Fuerza de tensión del muelle (N)	Diámetro de alambre de Inconel 718 (mm)	Diámetro de giro (mm)	Número de giros	Desvío (mm)
0,050	250	20	1	11	20	2
0,050	500	20	1	11	40	2
0,200	250	80	2	20	10	4
0,200	500	80	2	20	20	4

50 La medición de la porción de plata del muelle bimetalico M, para la conducción eléctrica con una resistencia lo más baja posible, se realizó teniendo en cuenta que el alambre de plata presenta la misma longitud que el alambre de Inconel (es decir, el alambre de plata y el alambre de Inconel se enrollan en una única espiral para formar el muelle bimetalico). Además, también debe tenerse en cuenta que la resistencia eléctrica de la porción de plata es  
 55 suficientemente inferior a la resistencia del tubo permeable T: concretamente, la resistencia del alambre de plata se fijó en un 10% de la resistencia del tubo T de Pd-Ag, que se calculó asumiendo un valor de resistividad de dicha aleación de  $4 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$ . Los valores calculados para el diámetro del alambre de Ag son aproximadamente

$\psi = 1,5$  mm para el caso del tubo permeable T con un grosor de pared de 0,050 y  $\psi = 3$  mm para el tubo T con un grosor de pared de 0,200 mm (ver Tabla II).

Tabla II

5

Grosor de pared del tubo permeable (mm)	Longitud del tubo permeable (mm)	Resistencia del tubo Pd-Ag ( $\Omega$ )	Resistencia del alambre de Ag ( $\Omega$ )	Longitud del alambre de Ag (mm)	Diámetro del alambre de Ag (mm)
0,050	250	$6,37 \times 10^{-2}$	$6,37 \times 10^{-3}$	690,8	1,48
0,050	500	$1,27 \times 10^{-1}$	$1,27 \times 10^{-2}$	1381,6	1,48
0,200	250	$1,59 \times 10^{-2}$	$1,59 \times 10^{-3}$	628	2,83
0,200	500	$3,18 \times 10^{-2}$	$3,18 \times 10^{-3}$	1256	2,83

## 2.2 EJEMPLOS DE REACTORES

10 Para la aplicación relativa al sistema de detritiación de JET (Joint European Torus), se diseñó un módulo de reactor 1 que comprendía un tubo permeable T de Pd-Ag con una longitud de 250 mm, un diámetro de 10 mm, y un grosor de pared de 0,050 mm. En este caso, el muelle bimetalico M presentaba 20 giros de un alambre de Inconel con un diámetro de 1 mm y un alambre de plata con un grosor de 1,5 mm. Las figuras 9 y 10 representan dos dibujos del módulo 1 en cuestión para el caso de un borde FF de extremo conectado mediante juntas aisladas eléctricamente (figura 9) y para el caso del uso de un paso eléctrico aislado (figura 10). En cualquiera de los dos casos se prevé el uso del sistema para ajustar la fuerza de tensión formada por una varilla proporcionada a tal efecto que, al final de las operaciones de instalación, se fija mediante sellado (soldadura, soldadura TIG, etc.) directamente al borde FF del extremo o mediante el paso eléctrico aislado según el caso.

20 Dicho módulo 1 también prevé el uso de un termopar para detectar la temperatura en los alrededores de la parte central del tubo permeable.

25 Debe tenerse en cuenta que el muelle bimetalico M descrito en el presente documento es un objeto que se puede implementar de diversas maneras, siempre que se garantice su función dual, concretamente, la aplicación de una fuerza de tensión y la conducción de electricidad.

30 Por ejemplo, además de posiblemente estar fabricado con dos alambres metálicos distintos (uno de Inconel y otro de plata) enrollados en la misma bobina, también se puede implementar al proporcionar dos muelles coaxiales distintos, uno dentro del otro, con diámetros diferentes, pasos diferentes, etc., o también puede estar formado por un único muelle M fabricado con un material especial que comprende ambas características requeridas, una buena resistencia mecánica a una temperatura de trabajo ya indicada, y una elevada conductividad eléctrica.

35 Debe tenerse en cuenta que el muelle M descrito anteriormente, que preferentemente es bimetalico, es de gran importancia a la hora de garantizar que las deformaciones del tubo permeable T (alargamiento y contracción debidas a los ciclos térmicos y ciclos de hidrogenación) se guíen en una dirección axial mediante la aplicación de una fuerza de tensión adecuada.

40 Debe tenerse en cuenta que la aplicación específica de dichos dispositivos, concretamente los reactores de membrana que utilizan tubos permeables T de aleación de Pd-Ag en configuración de dedo, es decir, colocados en forma de voladizo con su extremo libre cerrado, requiere que la corona entre el exterior del tubo T de Pd-Ag y el interior de la carcasa del módulo de membrana 1 sea muy pequeña. De hecho, el elevado nivel de efectividad operativa de dichos dispositivos se expresa en términos del factor de detritiación, es decir, la proporción entre la concentración de tritio de los gases entrantes y salientes es notablemente dependiente, no solamente de la cinética de la reacción de intercambio de isótopos que tiene lugar en el lecho catalítico, sino también de la cinética de permeabilidad de los isótopos de hidrógeno, principalmente a través de la pared de la membrana tubular pero también a través de las diversas películas de gas.

50 La cinética de la permeabilidad se determina a su vez mediante la resistencia al transporte de material de los isótopos de hidrógeno: en este sentido, la presencia de una capa gaseosa de gran grosor en el voladizo entre el tubo permeable y la carcasa del módulo provoca una gradiente de las concentraciones de los isótopos de hidrógeno que es responsable de la resistencia al transporte.

55 Por tanto, para obtener un elevado factor descontaminante, es precisamente necesario reducir en la medida de lo posible el voladizo entre el tubo permeable T y la carcasa del módulo 1. Sin embargo, un voladizo de dimensiones reducidas puede provocar, en el caso de una configuración de dedo y como consecuencia de los ciclos térmicos y de deshidrogenación, el contacto y atasco del tubo permeable con las paredes internas del módulo de membrana 1. Con este fin, para la aplicación específica de los procesos de detritiación según la presente invención, y más

generalmente para todos aquellos casos en los que se requiera una permeabilidad de cinética elevada, un sistema capaz de guiar en dirección axial las deformaciones del tubo permeable T obtenido al aplicar una fuerza de tensión adecuada en el tubo permeable ofrece ventajas concretas.

5

### 3. APLICACIONES

10 El dispositivo objeto de la presente invención ha sido específicamente diseñado para la detritiación de corrientes gaseosas procedentes de un horno para tratar lo que se conoce como "residuos domésticos blandos" (es decir, guantes, papel, etc.) de los laboratorios.

15 De modo más general, la presente invención se puede utilizar en el tratamiento de liberación de plasma de máquinas experimentales de confinamiento magnético (por ejemplo JET o ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor) o en cualquier proceso de separación en fase gaseosa de los isótopos de hidrógeno (H, D, T) que utilicen membranas tubulares de aleación de Pd-Ag, como por ejemplo la purificación (detritiación) de corrientes gaseosas, la separación de isótopos o un proceso de enriquecimiento, etc.

20 Sin embargo, las aplicaciones más importantes en relación con el mercado potencial están relacionadas con la producción de módulos de membrana para la purificación de hidrógeno y de reactores de membrana para la producción de hidrógeno ultrapuro mediante reacciones de deshidrogenización. Estas aplicaciones se pueden enfocar hacia sistemas que utilizan pilas de combustible de tipo polimérico (pilas de combustible PEM), en sectores concretos de la industria química (química fina, sector farmacéutico), además de hacia dispositivos que produzcan hidrógeno ultrapuro para uso en laboratorios.

25 En las diversas aplicaciones puede ser necesario modificar las dimensiones de los objetos descritos hasta ahora (longitudes, diámetros, tipo y volumen del catalizador, etc.) así como proporcionar dispositivos que contengan un número de tubos T permeables, o proporcionar combinaciones en serie o en paralelo de cierta cantidad de módulos de membrana 1.

30 Finalmente, se pueden prever distintas maneras de transportar las corrientes gaseosas.

35 En conclusión, el caudal para el suministro de la membrana ( $H_2$ ) se puede enviar a través del tubo de acero de diámetro pequeño, y se puede recuperar el retenido (corriente rica en  $Q_2$ ) mediante el tubo permeable. De nuevo, las corrientes enviadas en el lumen se pueden intercambiar con las que se han enviado en la carcasa del módulo (es decir, la corriente  $H_2/Q_2$  se envía hacia la carcasa del reactor y la corriente  $CH_4+CO+CO_2+CO_2+H_2+H_2O/CQ_4+CO+CO_2+Q_2+Q_2O$  se envía al lumen del tubo permeable).

40 Además, las corrientes gaseosas enviadas al lumen y a la carcasa pueden funcionar a contracorriente o en equicorriente (es decir, atravesar el reactor en la misma dirección).

Finalmente, se puede prever el uso y colocación del catalizador dentro o fuera del tubo T permeable.

**4. REFERENCIAS**

- 5 [1] M. Glugla, A. Perevezentsev, D. Niyongabo, R.D. Penzhorn, A. Bell, P. Hermann, A PERMCAT Reactor for Impurity Processing in the JET Active Gas Handling System, Fusion Engineering and Design 49-50 (2000) 817-823
- [2] B. Bornschein, M. Glugla, K. Gunther, R. Lasser, T.L. Le, K.H. Simon, S. Welte, Tritium tests with a technical Permcatal for final clean-up of ITER exhaust gases, Fusion Engineering and Design 69 (2003) 51-56
- [3] S. Tosti, L. Bettinali, F. Marini, Dispositivo per la rimozione di trizio da correnti gassose, Italian Patent n. RM2005U000165 (14.12.2005)
- 10 [4] S. Tosti, L. Bettinali, R. Borelli, D. Lecci, F. Marini, Dispositivo a membrana di permeazione per la purificazione di idrogeno, Italian Patent n. RM2009U000143 (15.09.2009)
- [5] S. Tosti, L. Bettinali, D. Lecci, F. Marini, V. Violante, Method of bonding thin foils made of metal alloys selectively permeable to hydrogen, particularly providing membrane devices, and apparatus for carrying out the same, European Patent EP 1184125 A1
- 15 [6] ASM Handbook, vol. 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, ASM International  
1990, ISBN 0-87170-378-5 (v. 2)
- [7] <http://www.platinummetalsreview.com>
- 20 [8] S. Tosti, L. Bettinali, F. Borgognoni, D.K. Murdoch, Mechanical design of a PERMCAT reactor module, Fusion Engineering and Design 82 (2007) 153-161

**Reivindicaciones**

- 5 1. Dispositivo para la recuperación de tritio a partir de mezclas gaseosas contaminadas mediante procesos de intercambio de isótopos, **caracterizada por que** comprende un contenedor de forma preferentemente cilíndrica, fabricado con acero u otro metal o vidrio adecuado, conocido como "módulo" (1), que contiene al menos un tubo permeable (T) fabricado de metal o aleación de metal con permeabilidad selectiva al hidrógeno y a sus isótopos, en el que dicho tubo (T) está dispuesto en forma de voladizo con el extremo cerrado libre; proporcionándose otros medios para ejercer una fuerza de tensión axial en el extremo libre del tubo permeable (T) y unos medios para la conexión eléctrica de dicho extremo libre del propio tubo (T) con un borde (FF) de extremo del módulo (1) adyacente al mismo.
- 10
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que:**
- el módulo (1) está cerrado en ambos extremos mediante bordes sellados;
  - 15 - el tubo permeable (T) está fabricado con aleación de Pd-Ag y se fija mediante soldadura a un primer borde del módulo;
  - el tubo permeable (T) está cerrado en un extremo, y la recuperación del retenido se realiza mediante otro tubo de diámetro pequeño, fabricado con acero u otro material adecuado, colocado en el lumen del propio permeable, en configuración de dedo:
  - 20 - el extremo cerrado del tubo (T) fabricado con Pd-Ag está conectado a un segundo borde (FF) del módulo (1) mediante un muelle (M) diseñado para ejercer una fuerza de tensión axial y proporcionar el paso de la corriente eléctrica; y
  - el segundo borde (FF) se fija al módulo mediante una junta fabricada con material de aislamiento eléctrico y casquillos para los pernos para fijar el borde fabricado con un material de aislamiento eléctrico.
- 25
3. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichos medios para aplicar una fuerza de tensión axial y para permitir el paso de la corriente están formados por un muelle (M) conectado mediante un paso eléctrico aislado al borde (FF) del segundo extremo, que está provisto de juntas metálicas y no requiere casquillos de material de aislamiento eléctrico.
- 30
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado por que** comprende además unos medios para ajustar la fuerza de tensión que ejerce el muelle (M) provisto de una varilla de ajuste, diseñada para ser bloqueada mediante sellado por soldadura.
- 35
5. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el tubo permeable (T) comprende un tubo fabricado con aleación metálica de Pd-Ag.
- 40
6. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichos medios para ejercer una fuerza de tensión axial y para permitir el paso de una corriente están formados por un muelle (M) bimetálico fabricado con Inconel®/plata.
7. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichos medios para ejercer una fuerza de tensión y para permitir el paso de una corriente comprenden:
- 45 - un muelle (M) que se obtiene a partir de dos alambres de diferentes materiales enrollados en uno solo;
  - o
  - dos muelles coaxiales distintos: uno para aplicar la fuerza de tensión, y otro para establecer la conexión eléctrica de baja resistencia.

ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA

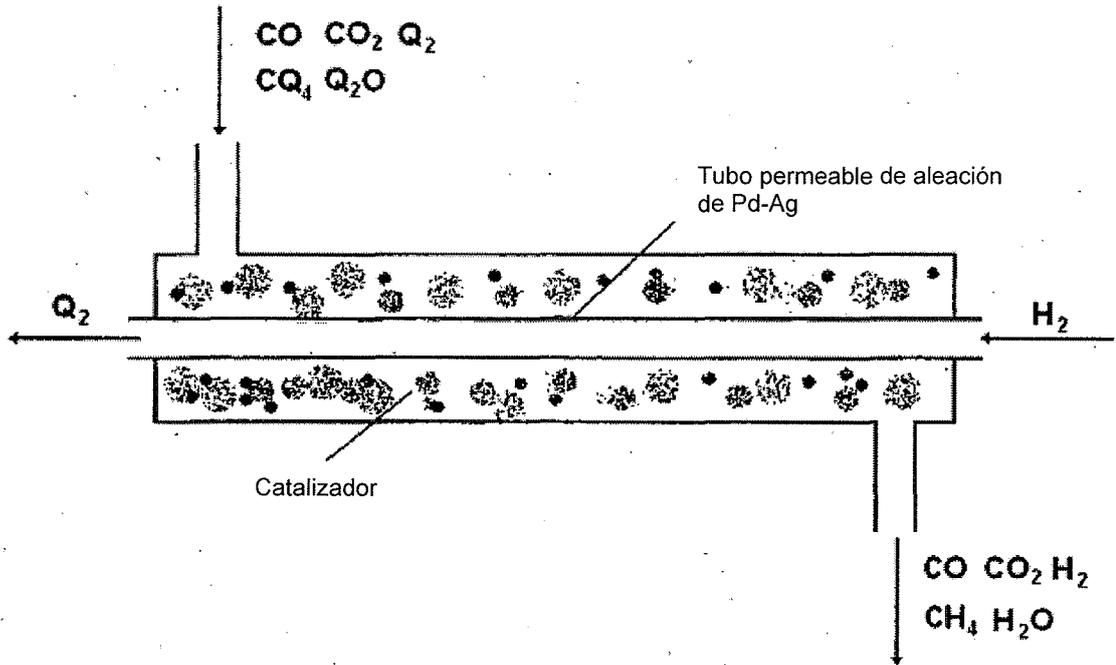


Fig. 1

ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA

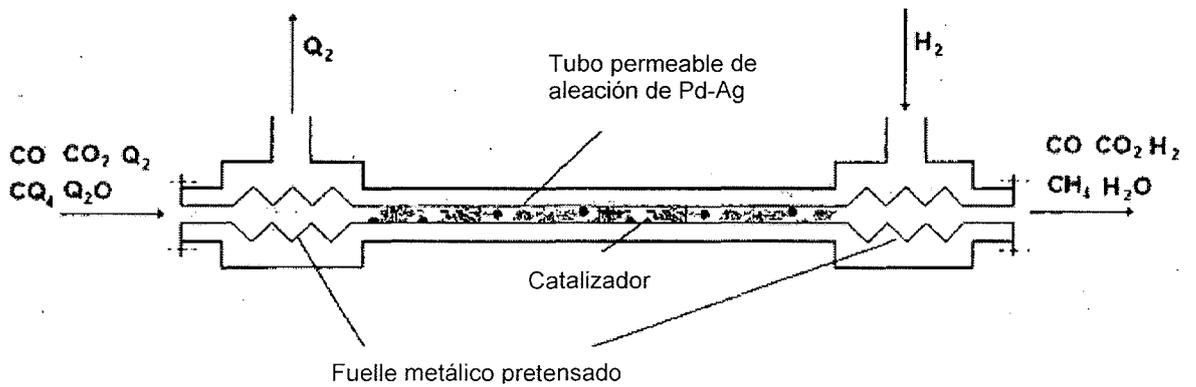


Fig. 2

**ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA**

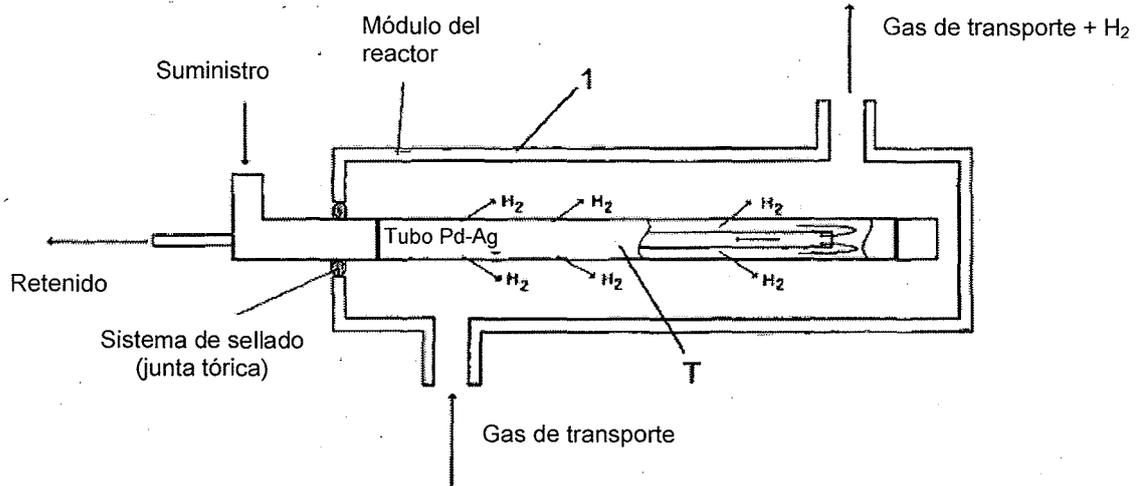


Fig. 3

**ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA**

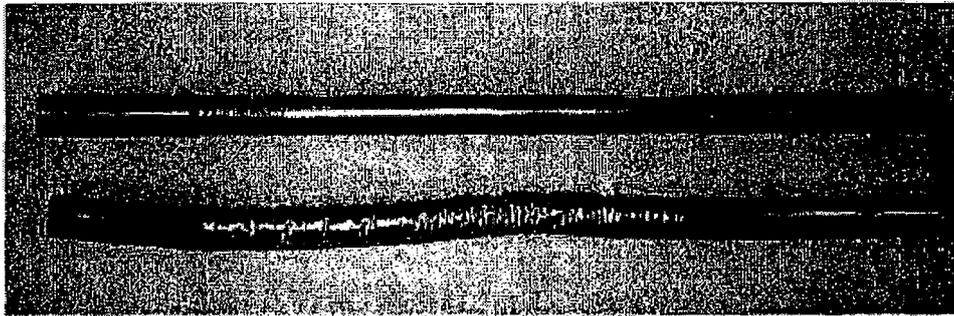


Fig. 4

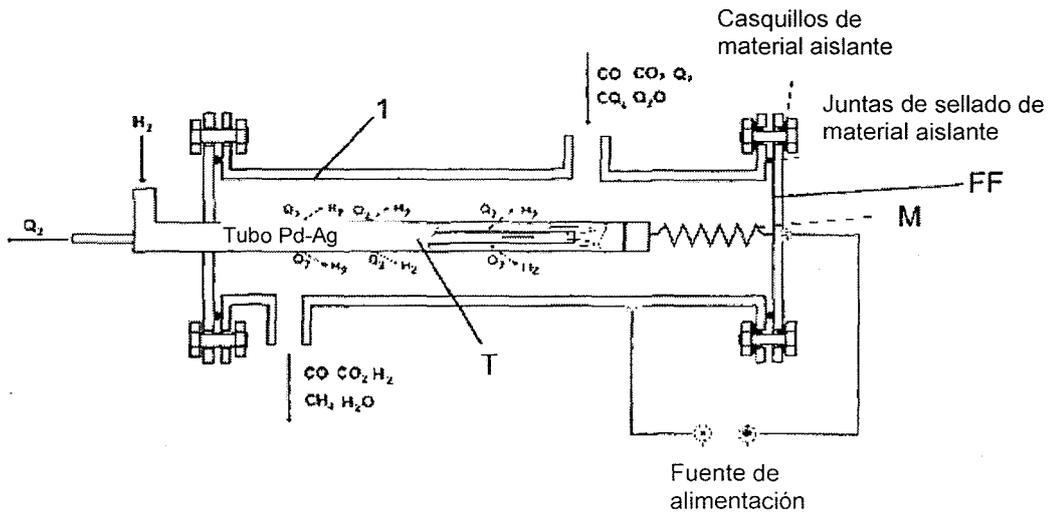


Fig. 5

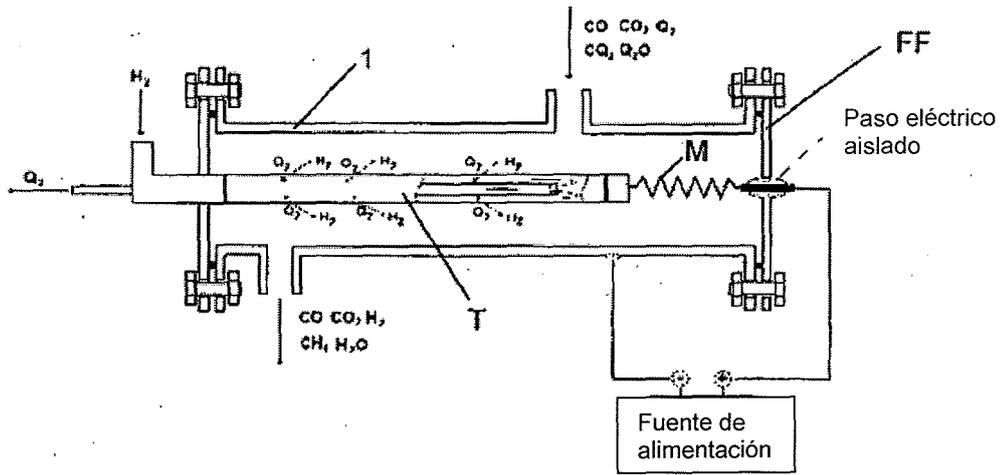


Fig. 6

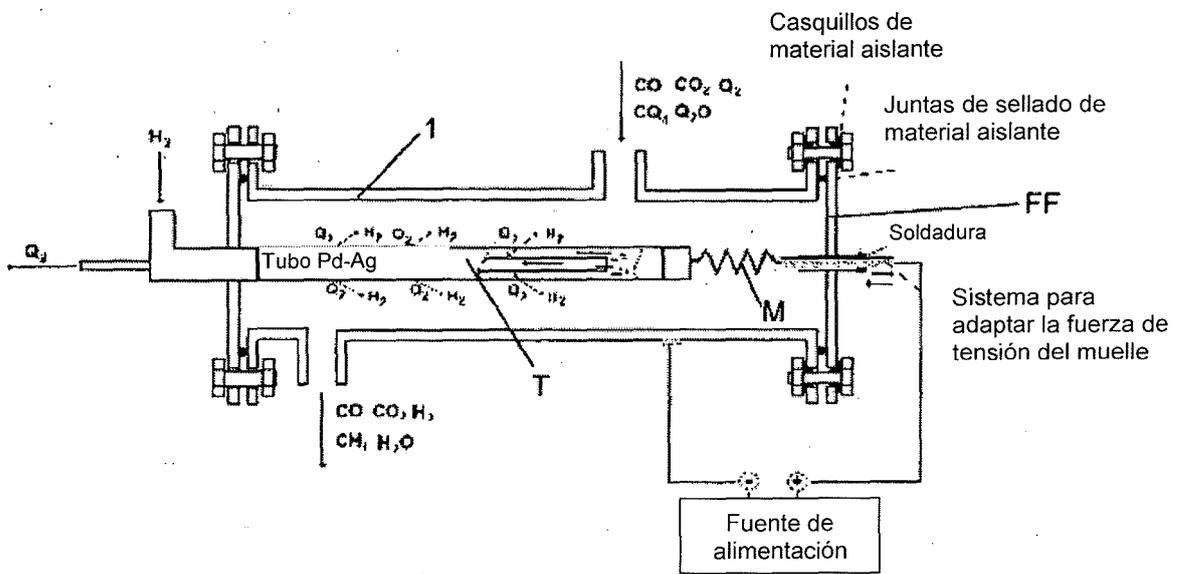


Fig. 7

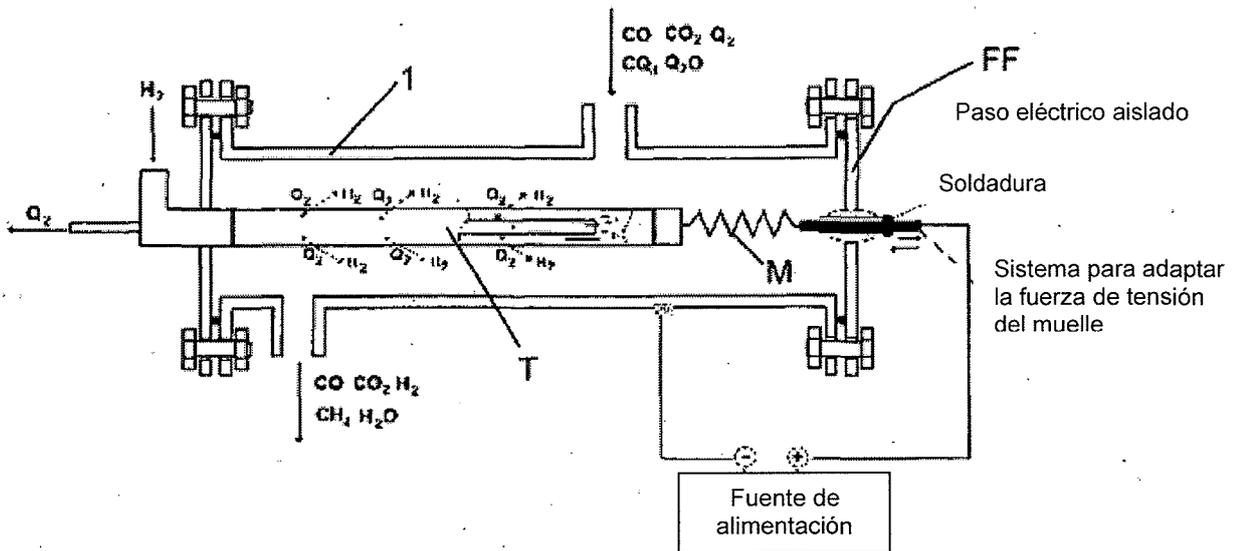


Fig. 8

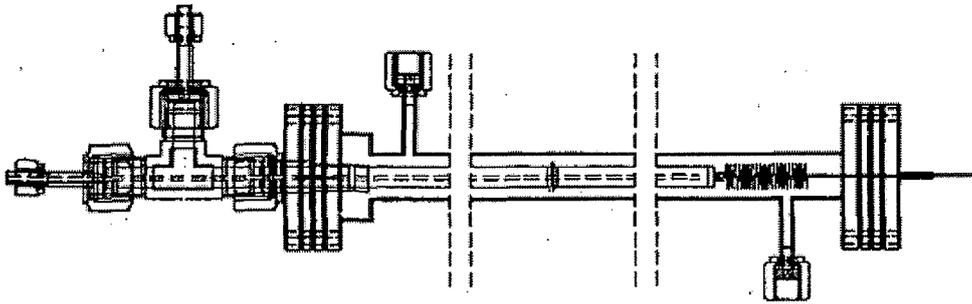


Fig. 9

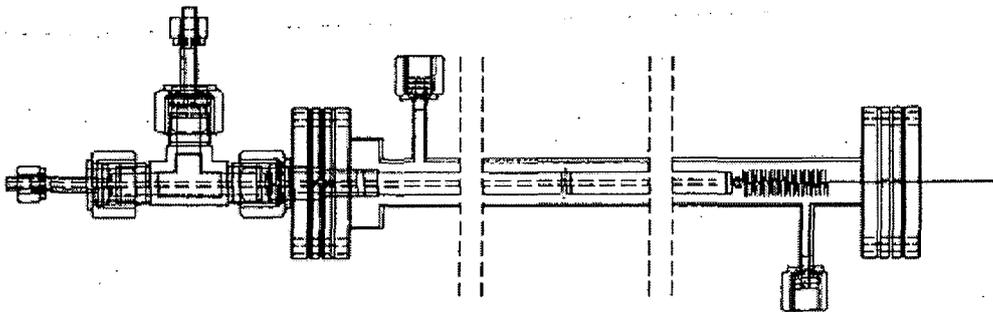


Fig. 10

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

La presente lista de referencias citadas por el solicitante se presenta únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de patente europea. Aunque la recopilación de las referencias se ha realizado muy cuidadosamente, no se pueden descartar errores u omisiones y la Oficina Europea de Patentes declina toda responsabilidad en este sentido.

5

**Documentos de patente citados en la descripción**

- 10 • IT RM20050165 U [0041] • EP 1184125 A1 [0041]  
 • IT RM20090143 U [0041]

**Documentos que no corresponden a patentes citados en la descripción**

15

- 20 • **M. GLUGLA; A. PEREVEZENTSEV; D. NIYONGABO; R.D. PENZHORN; A. BELL; P. HERMANN.** A PERMCAT Reactor for Impurity Processing in the JET Active Gas Handling System. *Fusion Engineering and Design*, 2000, vol. 49-50, 817-823 [0041]
- 25 • **B. BORNSCHEIN; M. GLUGLA; K. GUNTHER; R. LASSER; T.L. LE; K.H. SIMON; S. WELTE.** Tritium tests with a technical Permcatal for final clean-up of ITER exhaust gases. *Fusion Engineering and Design*, 2003, vol. 69, 51-56 [0041]
- **Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials.** ASM Handbook. ASM International, 1990, vol. 2 [0041]
- **S. TOSTI; L. BETTINALI; F. BORGOGNONI; D.K. MURDOCH.** Mechanical design of a PERMCAT reactor module. *Fusion Engineering and Design*, 2007, vol. 82, 153-161 [0041]