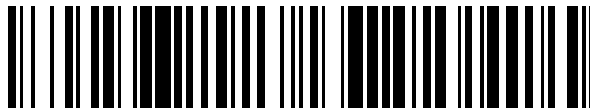


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 475 715**

51 Int. Cl.:

C01B 3/00 (2006.01)

F17C 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2010 E 10776993 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2014 EP 2499088**

54 Título: **Depósito de almacenamiento de hidrógeno en hidruros metálicos**

30 Prioridad:

13.11.2009 FR 0958021

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

11.07.2014

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**GILLIA, OLIVIER;
CHAISE, ALBIN;
ELIE, MANON y
PLANQUE, MICHEL**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 475 715 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

Depósito de almacenamiento de hidrógeno en hidruros metálicos

5 Campo técnico y técnica anterior

La presente invención se refiere a un depósito de almacenamiento de hidrógeno en forma de hidruros metálicos.

10 Se buscan energías alternativas al petróleo como consecuencia, en particular, de la reducción de las reservas de petróleo. Uno de los vectores prometedores para estas fuentes de energía es el hidrógeno, que puede ser utilizado en las pilas de combustible para producir electricidad.

15 El hidrógeno es un elemento muy abundante en el universo y sobre la Tierra, puede producirse a partir del carbón, del gas natural o de otros hidrocarburos, pero también mediante simple electrólisis del agua utilizando, por ejemplo, la electricidad producida por la energía solar o eólica.

20 Las pilas de hidrógeno ya se utilizan en determinadas aplicaciones, por ejemplo, en vehículos automóviles pero aún se utilizan poco, en particular debido a las precauciones a tomar y a las dificultades para el almacenamiento de hidrógeno.

El hidrógeno puede almacenarse en forma de hidrógeno comprimido entre 350 y 700 bares, lo que plantea problemas de seguridad. Hay que prever entonces depósitos adecuados para mantener estas presiones, sabiendo por otra parte que estos depósitos, cuando se colocan en los vehículos, pueden someterse a choques.

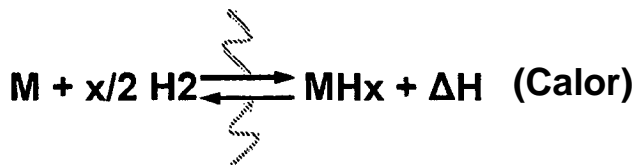
25 Puede almacenarse en forma líquida, sin embargo, este tipo de almacenamiento solamente asegura un rendimiento de almacenamiento bajo y no permite el almacenamiento de larga duración. El paso de un volumen de hidrógeno del estado líquido al estado gaseoso en condiciones normales de presión y temperatura produce un aumento de su volumen en un factor de aproximadamente 800. Los depósitos de hidrógeno en forma líquida no son en general muy resistentes a los choques mecánicos; eso plantea importantes problemas de seguridad.

30 Existe también el almacenamiento de hidrógeno denominado "sólido" en forma de hidruro. Este almacenamiento permite una densidad volumétrica de almacenamiento considerable y aplica una presión de hidrógeno moderada, minimizando al mismo tiempo el impacto energético del almacenamiento sobre el rendimiento global de la cadena del hidrógeno, es decir, desde su producción hasta su conversión en otra energía.

35 El principio del almacenamiento sólido del hidrógeno en forma de hidruro es el siguiente: determinados materiales y en particular determinados metales poseen la capacidad de absorber el hidrógeno para formar un hidruro; esta reacción se denomina absorción. Del hidruro formado puede obtenerse de nuevo hidrógeno gaseoso y un metal. Esta reacción se denomina desorción. La absorción o la desorción intervienen en función de la presión parcial del hidrógeno y de la temperatura.

40 La absorción y la desorción del hidrógeno en un polvo o una matriz metálica M se realizan de acuerdo con la siguiente reacción:

Almacenamiento: calor liberado (reacción exotérmica)



Liberación: calor a aportar (reacción endotérmica)

45 - siendo M el polvo o la matriz metálica,

- siendo MHx el hidruro metálico

50 Se utiliza, por ejemplo, un polvo metálico que se pone en contacto con el hidrógeno, cuando aparece un fenómeno de absorción y se forma un hidruro metálico. La liberación del hidrógeno se efectúa de acuerdo con un mecanismo de desorción.

55 El almacenamiento del hidrógeno es una reacción exotérmica, es decir, que desprende calor, mientras que la liberación del hidrógeno es una reacción endotérmica, es decir, que absorbe calor.

Se busca en particular tener una carga rápida del polvo metálico en hidrógeno. Para obtener tal carga rápida, es preciso evacuar el calor producido durante esta carga para impedir frenar la absorción del hidrógeno en el polvo o la matriz metálica. Durante la descarga del hidrógeno se aporta calor. Por lo tanto, la efectividad del enfriamiento y del calentamiento condiciona los rendimientos de carga y descarga.

5 De manera casi sistemática, el hidruro y el metal, presentándose ambos en forma de polvo en los depósitos, tienen una diferencia de densidad comprendida entre el 10% y el 30%.

Esta variación de densidad en el interior del depósito tiene dos consecuencias:

10 - Por una parte, la aparición de tensiones en el interior de los granos de polvo durante los ciclos de absorción-desorción, lo que provoca su fraccionamiento en granos más pequeños. Este fenómeno se denomina decrepitación.

15 - Por otra parte, el hinchamiento de los granos de polvo en el transcurso de la absorción del hidrógeno y el deshinchamiento de los granos de polvo durante la desorción. Se prevé entonces un volumen libre por encima del polvo para tener en cuenta su hinchamiento.

El fenómeno de decrepitación y el fenómeno de hinchamiento son responsables de una densificación progresiva de del lecho de polvo a medida que aumenta el número de ciclos de absorción-desorción. De hecho, la decrepitación hace aparecer polvos cada vez más finos que migran por gravedad hacia el fondo del depósito a través de la red de granos. Además, cuando la velocidad del flujo de hidrógeno es suficientemente grande, los granos se desplazan y se recolocan en el depósito. Por otra parte, el lecho de polvo tiende a retraerse, es decir, su volumen disminuye durante una desorción lo que deja un espacio vacío entre las paredes del depósito y el lecho del material de almacenamiento del hidrógeno. Tiene lugar una migración de polvos por gravedad hacia este espacio y lo llena. Durante la siguiente absorción, el polvo de hidruro formado no va a comprimirse como un fluido. En particular, el nivel del lecho de polvo en el depósito no es el alcanzado durante la absorción anterior. De hecho, los rozamientos entre los granos y contra la pared del depósito impiden que el lecho de polvo se dilate libremente. El hinchamiento de los granos de polvo se compensa entonces por la reducción del tamaño de las porosidades. El lecho de material de almacenamiento del hidrógeno/hidruro se densifica así progresivamente en el transcurso de los ciclos de hidruración.

Se denomina "ciclo de hidruración" una fase de absorción seguida de una fase de desorción de hidrógeno.

35 Es por lo tanto importante impedir una acumulación de material de almacenamiento de hidrógeno que podría aplicar tensiones pudiendo deteriorar la estructura del depósito.

El documento US 2004/0129048 describe un depósito de hidrógeno en el que el hidrógeno se almacena en forma de hidruro metálico. Este depósito de forma cilíndrica consta de canales longitudinales llenos de polvo. Se proporcionan conductos de circulación de agua en determinados canales para evacuar el calor.

40 Por una parte, este dispositivo no asegura una distribución homogénea del polvo en todo el depósito, lo que puede provocar la aplicación de tensiones perjudiciales a la estructura. Por otra parte, los intercambios térmicos no son óptimos. Además, la estructura de los canales es compleja de realizar, y el llenado con polvo es engorroso.

45 El documento WO-A-2007/124825 da a conocer un depósito para el almacenamiento de hidrógeno que consta de una carcasa exterior y una estructura interna que consta de una pluralidad de estratos. Cada estrato tiene varios compartimentos destinados a recibir el material de almacenamiento de hidrógeno. Los compartimentos están fabricados de un material poroso. El fondo inferior de un compartimento toca el fondo superior del siguiente compartimento.

50 El documento US 4436537 describe un depósito de hidrógeno que comprende una pluralidad de plataformas abiertas, comprendiendo las plataformas zonas rebajadas conectadas por paredes, siendo las zonas rebajadas de una sola pieza. Estas zonas están destinadas a contener el hidruro. La plataforma se realiza de un metal conductor del calor.

55 Es por consiguiente un objetivo de la presente invención ofrecer un depósito de almacenamiento del hidrógeno adecuado para mantener una distribución homogénea del polvo en el depósito. Otro objetivo de la presente invención es ofrecer un depósito de hidrógeno de realización simple.

60 **Exposición de la invención**

Los objetivos anteriormente enunciados se consiguen mediante un depósito de hidrógeno de eje longitudinal que consta de una carcasa de confinamiento exterior y una estructura de distribución interior del hidruro metálico, constando dicha estructura de una pluralidad de estratos superpuestos, constando cada estrato de una pluralidad de canales que se extienden en dirección del eje longitudinal, estando dichos canales divididos en compartimentos por paredes transversales al eje longitudinal, estando cada compartimento destinado a contener un material adecuado

ES 2 475 715 T3

para absorber el hidrógeno. El depósito también consta de intercambiadores térmicos. Los canales de un estrato, estando cada canal formado por un fondo y dos paredes laterales longitudinales, se forman de una sola pieza.

5 Gracias a la invención, de una manera sencilla se forman tabiques horizontales herméticos. Por otra parte, la realización se simplifica puesto que se limita el número de piezas a ensamblar.

En otros términos, el polvo se confina de manera hermética por estrato, estando éste por otra parte distribuido en celdas que limitan su desplazamiento y su acumulación, lo que podría dañar el depósito.

10 El sistema de intercambio térmico está, por ejemplo, en forma de canales en el que circula un caloportador, estando los canales interpuestos entre cada estrato, asegurando una captación o un aporte homogéneo de calor en el interior del depósito. Esto permite en particular reducir el tiempo de "carga" de hidrógeno.

15 La presente invención se refiere por lo tanto a un depósito destinado al almacenamiento de hidrógeno por absorción en un material, teniendo dicho depósito un eje longitudinal y comprendiendo una carcasa exterior y una estructura interna de eje longitudinal, comprendiendo la estructura interna una pluralidad de estratos que se extienden siguiendo planos paralelos al eje longitudinal y un sistema de intercambio térmico en el interior de la estructura interna, comprendiendo cada estrato un fondo inferior, un fondo superior y tabiques longitudinales y transversales, formando dichos tabiques con los fondos inferior y superior compartimentos destinados a recibir el material de
20 almacenamiento del hidrógeno, en el que el fondo superior y/o el fondo inferior y los tabiques transversales o longitudinales son de una sola pieza.

De manera particularmente ventajosa, el fondo superior y los tabiques longitudinales asociados son de una sola pieza y el fondo inferior y los tabiques longitudinales asociados son de una sola pieza.

25 El fondo superior y los tabiques longitudinales asociados y el fondo inferior y los tabiques longitudinales asociados están realizados respectivamente, de manera preferente, mediante plegado de un fleje metálico.

30 Por ejemplo, los tabiques transversales están unidos a los tabiques longitudinales por cooperación de ranuras realizadas en los tabiques longitudinales y en los tabiques transversales.

35 El depósito de acuerdo con la presente invención puede comprender subconjuntos formados por un fondo superior provisto de tabiques transversales y longitudinales en una cara y por un fondo inferior provisto de tabiques transversales y longitudinales en una cara, estando unidos los dos fondos en sus caras opuestas a las que portan dichos tabiques.

La estructura interna puede comprender, por lo tanto, un apilamiento de dichos subconjuntos, comprendiendo cada compartimento un tabique longitudinal de un subconjunto y un tabique longitudinal de otro subconjunto.

40 El depósito de acuerdo con la presente invención comprende canales definidos entre los fondos superior e inferior unidos, definiendo dichos canales el sistema de intercambio térmico.

45 Los subconjuntos están realizados por ejemplo de tal modo que un tabique longitudinal portado por el fondo superior está contenido en el mismo plano que un tabique longitudinal portado por el fondo inferior, y en el que los canales están definidos perpendicularmente respecto a las paredes longitudinales. Durante el plegado para formar los tabiques longitudinales, la base de los tabiques puede estar ventajosamente conformada para disponer una ranura de sección semicircular. En los canales formados por dos de dichas ranuras opuestas pueden alojarse conductos.

50 Ventajosamente, los conductos están soldados en las paredes de los canales.

El depósito puede comprender medios para transportar el hidrógeno al interior de los compartimentos, por ejemplo, formados por conductos porosos.

55 En los tabiques transversales se realizan, por ejemplo, muescas.

Por ejemplo, la altura de un compartimento representa entre el 50 y el 110% de la longitud y entre el 50 y el 110% de su anchura.

60 La presente invención también tiene por objeto un depósito de almacenamiento de hidrógeno que comprende un depósito de acuerdo con la presente invención y material de almacenamiento de hidrógeno dispuesto en los compartimentos.

El material se dispone ventajosamente en los compartimentos en forma de lingote.

65 De forma ventajosa, en cada compartimento se prevé un volumen libre que representa del 12% al 60% del volumen del compartimento.

5 El material de almacenamiento de hidrógeno puede estar constituido al menos por un material del tipo A_mB_n constituido de un elemento A que forma un hidruro estable tal como los metales alcalinos o alcalinotérreos, como el litio, el calcio o el magnesio, los metales de transición de la cuarta o quinta columna, como el circonio, el titanio, o las tierras raras metálicas como el lantano, el cerio y de un elemento B que forma un hidruro inestable en condiciones estándar, tal como la mayor parte de los metales de transición como el cromo, el cobalto, el níquel o el hierro.

10 La presente invención también se refiere a un procedimiento de realización de un depósito de almacenamiento de hidrógeno de acuerdo con la presente invención, que comprende las etapas de:

- 10 a) corte del fleje de chapa a las dimensiones deseadas,
- 15 b) plegado de dichas chapas de tal manera que formen canales longitudinales delimitados por tabiques longitudinales,
- 15 c) montaje de los tabiques transversales para delimitar los compartimentos con los tabiques longitudinales,
- 20 d) apilamiento de los elementos así formados y llenado con el material de almacenamiento de hidrógeno,
- 20 e) colocación en una carcasa,
- f) introducción del hidrógeno en la carcasa, transformándose de este modo el o los materiales en cada uno de los compartimentos en hidruro metálico.

25 El procedimiento de realización puede comprender previamente a la etapa d), una etapa c') durante la cual se efectúa una unión de dos elementos por su cara opuesta a la cara que porta los tabiques, realizándose así los subconjuntos, y durante la etapa d) se apilan dichos subconjuntos.

30 Durante la etapa c') entre los dos elementos se disponen conductos del sistema de intercambio térmico, pudiendo soldarse dichos conductos en cada uno de los elementos.

El material de almacenamiento de hidrógeno se presenta ventajosamente en forma de lingote durante su colocación en los compartimentos.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se comprenderá mejor con la ayuda de la siguiente descripción y de los dibujos adjuntos en los cuales:

40 - la figura 1 es una vista en perspectiva parcialmente arrancada de un ejemplo de realización de un depósito de acuerdo con la presente invención y en la cual es visible la estructura interna de un depósito de acuerdo con la presente invención,

45 - la figura 2 es una vista en perspectiva de un elemento aislado de la estructura de la figura 1,

- las figuras 3A y 3B son vistas en perspectiva de una parte aislada de la estructura interna de acuerdo con la presente invención que se está realizando,

50 - la figura 4 es una vista en perspectiva de dos estratos de la estructura interna de acuerdo con la presente invención,

- la figura 5 es una vista frontal de un detalle de la estructura interna del depósito con el material metálico en forma de lingote,

55 - la figura 6 es una representación esquemática de un compartimento lleno de polvo después de la decrepitación del lingote que contenía inicialmente.

Exposición detallada de realizaciones particulares

60 En la figura 1, se puede ver un ejemplo de realización de un depósito de hidrógeno de acuerdo con la presente invención.

El depósito comprende una carcasa exterior 2 adecuada para mantener la presión de hidrógeno y una estructura interna 4 de recepción de material de almacenamiento de hidrógeno 6 representado en la figura 5.

65 La carcasa exterior tiene, en el ejemplo representado, la forma de un cilindro de sección circular de eje longitudinal

ES 2 475 715 T3

X. Esta forma es ventajosa por la resistencia a la presión, como sucede con una forma tórica, pero no es en ningún caso limitativa; la carcasa podría tener, por ejemplo, una sección cuadrada o rectangular.

5 El depósito está destinado a estar orientado sustancialmente en la dirección horizontal en funcionamiento. Por lo tanto, el eje X está destinado a estar dispuesto en la dirección horizontal o sustancialmente en la dirección horizontal.

10 En general, el depósito está conectado a un circuito de circulación de hidrógeno conectado a uno o a dos extremos longitudinales de la carcasa para cargar el depósito con hidrógeno y descargar el depósito del hidrógeno. Además, un sistema de intercambio térmico, que será descrito más adelante, asegura la circulación de un extremo longitudinal al otro de un caloportador. El depósito está por lo tanto sometido generalmente a flujos de hidrógeno y de caloportador orientados en la dirección longitudinal.

15 El depósito, y más particularmente la estructura interna, presentan ventajosamente una arquitectura adaptada a los flujos longitudinales. No obstante la presente invención puede adaptarse a flujos que tengan otra orientación.

20 En la presente solicitud, se califica de "superior" e "inferior" un elemento o una parte de un elemento destinada a disponerse en una posición alta o baja en la representación del depósito de la figura 1, pero esto no es en ningún caso limitativo.

25 La carcasa exterior 2 es, por ejemplo, de acero inoxidable, de aluminio o de un material compuesto tejido. En el caso de depósitos de hidruros denominados de baja presión, las presiones que resiste la carcasa son del orden de 1 a 50 bares de hidrógeno. En las aplicaciones a presiones más altas, las presiones que resiste la carcasa están comprendidas entre 50 bares y 350 bares, incluso 700 bares.

30 La estructura interna 4 comprende una pluralidad de estratos superpuestos, E1, E2, ..., En, siendo n un número natural. Los estratos se extienden en planos paralelos al eje longitudinal. En los ejemplos representados, son horizontales.

35 Cada estrato E1, E2, ..., En se divide en compartimentos 8. En particular, cada estrato comprende un fondo inferior 9, tabiques longitudinales 10, tabiques transversales 12 y un fondo superior 14 que delimita los compartimentos 8.

40 Ventajosamente, los compartimentos presentan una concavidad suave, es decir, una altura reducida en relación a su superficie para impedir una concentración de tensiones en la parte inferior de los tabiques durante el hinchamiento del material de almacenamiento de hidrógeno.

45 Por ejemplo, con el fin de obtener las características de absorción del hidrógeno en el depósito del orden de algunas decenas de minutos, las dimensiones de las celdas se sitúan alrededor de 25 mm a 50 mm para la longitud, la profundidad y la altura de los compartimentos. El espacio libre por encima del polvo presenta una altura comprendida entre 5 mm y 10 mm de altura, siguiendo el hinchamiento del hidruro utilizado.

50 La estructura interna 4 también comprende un sistema de intercambio térmico 16 adecuado para asegurar una liberación de calor de los compartimentos y un aporte de calor en los compartimentos de manera homogénea, es decir, situada lo más cerca posible del material hidruro. El sistema de intercambio térmico 16 está dispuesto entre cada estrato y utiliza entre otros los tabiques longitudinales como superficies de intercambio térmico.

55 Para esto, el sistema de intercambio térmico 16 comprende canales 18 que se extienden longitudinalmente a través de la estructura y a lo largo de los fondos inferiores y de los fondos superiores 14.

60 De manera particularmente ventajosa, se realizan los elementos 26 que comprenden el fondo inferior 9 o el fondo superior 14 y los tabiques longitudinales 10 de una sola pieza, por ejemplo mediante plegado de un fleje metálico como se observa en la figura 2. La realización de este elemento 26 de una sola pieza, además de que la fabricación se simplifica, ya que el número de piezas se reduce y que se evita recurrir a un ensamblaje mediante soldadura, permite asegurar simplemente, al mismo tiempo, una estanqueidad entre cada estrato impidiendo que el material de almacenamiento de hidrógeno pase de un estrato a otro, en particular que caiga a estratos inferiores, y una estanqueidad transversal mediante tabiques longitudinales.

65 Los tabiques longitudinales 10 se realizan, por ejemplo, mediante plegado de dos porciones de chapa una contra otra, sin dejar espacio entre las dos porciones de chapa en gran parte de su superficie.

De manera también muy ventajosa, se prevé realizar elementos 26 sustancialmente similares para definir el fondo inferior y tabiques longitudinales y para definir el fondo superior y tabiques longitudinales. El ensamblaje de estas dos subestructuras delimita los compartimentos.

Para el montaje de los tabiques transversales 12, se realizan cortes verticales 20 en los tabiques longitudinales 12 a nivel de su extremo libre a lo largo del eje X, definiendo su distancia la longitud de los compartimentos. También se

realizan cortes similares en los tabiques transversales 12. Durante el montaje de los tabiques transversales 12, los cortes se hacen corresponder y los tabiques 10, 12 penetran los unos en los otros de manera que forman "cajas". Los cortes en los tabiques longitudinales y transversales tienen una longitud inferior a la altura de los tabiques.

- 5 Los tabiques longitudinales 10 y transversales 12 limitan el desplazamiento transversal y longitudinal, respectivamente, del material de almacenamiento de hidrógeno.

10 Por ejemplo, si el depósito se transporta en un vehículo automóvil, éste no tiene necesariamente siempre una posición sustancialmente horizontal y puede sufrir vibraciones que tiendan a desplazar el polvo. Además, estos tabiques aseguran la rigidez de los estratos.

15 De manera también particularmente ventajosa, el sistema de intercambio térmico se integra en la estructura interna 4 en el momento de la realización de los tabiques longitudinales 10. Para ello, la base de los tabiques longitudinales 10 está formada por una ranura 30 de eje longitudinal de sección semicircular. Si se ensamblan un fondo superior y un fondo inferior, las dos ranuras se encuentran enfrentadas y delimitan un cilindro que forma un canal 18.

20 El canal 18 puede formar directamente un canal de flujo de un caloportador o se puede prever, como se representa en las figuras 1, 3 y 4, la introducción de un conducto 24 en el canal 18. De manera ventajosa, el conducto 24 se suelda en el fleje para mejorar los intercambios térmicos.

El canal 18 y el conducto 24 están conectados por un extremo (no representado) con una alimentación de caloportador y el otro extremo (no representado) está conectado con una evacuación de caloportador. El conducto 24 es, por ejemplo, de aluminio o de acero inoxidable.

- 25 En cada compartimento se dispone material de almacenamiento de hidrógeno.

Se prevé un volumen libre 25 encima del polvo para impedir interacciones mecánicas entre el material y el fondo superior cuando el material se hincha como consecuencia de la carga de hidrógeno.

- 30 Este volumen libre 25 se realiza previendo una holgura entre el material y la estructura durante el ensamblaje. Cuando el material utilizado se presenta en forma de lingote, se prevé una holgura lateral y una holgura con el fondo superior. Después de las diferentes decrepitaciones, el material forma un lecho de polvo en contacto con las paredes laterales y separado del fondo superior por el volumen libre 25.

- 35 Para efectuar la carga de material con el hidrógeno, el hidrógeno puede circular simplemente en los compartimentos a nivel de las partes superiores de los compartimentos, el hidrógeno circula por los volúmenes libres 25. Con este fin, se puede prever que las paredes transversales 12 estén caladas, preferentemente en su parte superior en correspondencia con el volumen libre 25.

- 40 Se pueden añadir también tubos porosos 27 de alimentación de hidrógeno que atraviesen el material de almacenamiento de hidrógeno en el caso de que la permeación entre el material de almacenamiento de hidrógeno situado en el volumen libre 25 no sea suficiente, como consecuencia de la densificación del material durante las decrepitaciones sucesivas. En el caso de que se prevean conductos porosos, se cortan los tabiques transversales 12 para permitir el paso de los conductos 27. Por ejemplo, se prevé un conducto por hilera de compartimentos que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal. Estos conductos permiten también recoger el hidrógeno desorbido.

Ventajosamente, los tubos 27 se sitúan en el fondo de los compartimentos y sustancialmente a lo largo de su eje longitudinal. Como alternativa pueden pasar al volumen libre 25.

- 50 Los tabiques transversales 12 comprenden ventajosamente las incisiones y las muescas (no representadas) a nivel de su extremo superior para permitir la circulación de hidrógeno de un compartimento a otro a lo largo del eje X.

Se pueden prever tales incisiones en los tabiques longitudinales.

- 55 La recogida de hidrógeno durante la desorción se efectúa también por los volúmenes libres 25 de los compartimentos.

60 El material que forma la estructura 4 es preferentemente un buen conductor térmico para asegurar una evacuación y un aporte eficaces de calor. Ventajosamente, la estructura se fabrica de aluminio. También se puede prever la utilización de cobre. Estos materiales presentan además la ventaja de permitir una conformación cómoda, en particular mediante plegado y cortado. También se puede utilizar acero inoxidable.

Se describe ahora un ejemplo de un procedimiento de realización de un depósito de la figura 1.

- 65 Durante una primera etapa, se realizan las placas de chapa o un fleje con las dimensiones deseadas. Típicamente el fleje tiene un grosor de algunos cientos de micras.

5 Durante una etapa posterior, el fleje se pliega para obtener grandes longitudes plegadas siguiendo el modo de plegado para obtener el elemento 26 de la figura 2. Teniendo el depósito de la figura 1 una sección circular, los diferentes estratos no tienen la misma superficie. Se utiliza entonces ventajosamente un fleje plegado de grandes dimensiones en el cual cada estructura plegada 26 se carga teniendo en cuenta el estrato en el que se encuentra.

10 Después, se ensamblan dos elementos 26 adosados, de manera que el fondo inferior de un elemento y el fondo superior de otro elemento estén en contacto entre sí y que los tabiques longitudinales que sobresalen del fondo inferior y que sobresalen del fondo superior sean sustancialmente coplanares dos a dos. Este ensamblaje, representado en la figura 3A, delimita también los canales 18 entre el fondo inferior y el fondo superior. Este ensamblaje se denomina sub-ensamblaje 28. El ensamblaje de los dos elementos 26 adosados puede efectuarse mediante soldadura en horno, lo que mejora las propiedades de conducción térmica del conjunto, en este caso, las bobinas de fleje en las que ya se ha aplicado la pasta para soldar pueden utilizarse ventajosamente. El ensamblaje también puede efectuarse mediante la simple realización de algunos puntos de soldadura por soldadura por resistencia. Si se prevén conductos 24 para la circulación del caloportador, éstos pueden colocarse antes del ensamblaje de los dos elementos 26. Ventajosamente, los conductos se sueldan en los elementos en las ranuras, lo que tiene como efecto la mejora de los intercambios térmicos entre los conductos y los elementos.

20 Durante una etapa posterior, los tabiques transversales 12 se colocan en los cortes verticales 20, como se representa en la figura 3B. Se delimitan entonces espacios en el fondo inferior y el fondo superior, correspondiendo los espacios así delimitados a la superficie de dos compartimentos.

25 Durante una etapa posterior, el material de almacenamiento de hidrógeno se dispone en el fondo inferior de los compartimentos. Este material puede estar en forma de polvo.

De manera particularmente ventajosa, el material de almacenamiento de hidrógeno está en forma de lingote sólido. En cada espacio se disponen dos lingotes separados entre sí. La utilización de lingotes facilita la colocación del siguiente subconjunto.

30 La forma de los lingotes es sustancialmente similar a la de los compartimentos.

Los tubos porosos de aporte de hidrógeno se colocan también durante esta etapa.

35 Durante una etapa posterior, un subconjunto superior se dispone en el subconjunto inferior que comprende el material de almacenamiento de hidrógeno, disponiéndose los tabiques longitudinales entre dos tabiques longitudinales del subconjunto inferior entre dos lingotes, como se representa en la figura 4. Así se forma un estrato. El extremo libre de los tabiques longitudinales del subconjunto superior está en contacto con el fondo inferior del primer subconjunto y el extremo libre de los tabiques longitudinales del subconjunto inferior está en contacto con el fondo del segundo subconjunto superior. Estos contactos no son herméticos pero son lo suficientemente estrechos como para limitar el paso de grandes cantidades de material de un compartimento a otro. Lo mismo es válido para los tabiques transversales; que no son herméticos, sin embargo forman una barrera suficiente. Por otra parte, se recuerda que el eje del depósito está destinado a permanecer sustancialmente horizontal. Por consiguiente, los movimientos laterales del material se reducen. Por el contrario, gracias a la invención, la separación entre estratos, que es de una sola pieza, impide el paso de material hacia un estrato inferior.

45 Las etapas anteriores se repiten hasta obtener la estructura interna del tamaño deseado.

50 Los subconjuntos se inmovilizan entre sí siguiendo la dirección longitudinal y transversal debido a su imbricación mediante tabiques transversales 12 y cortes verticales 20 en los que se insertan los tabiques transversales 12.

Por supuesto, el primer y último estrato no se realizan exactamente como los estratos intermedios. De hecho, en el ejemplo representado, el primer estrato sólo comprende un fondo superior y tabiques longitudinales y transversales y el último subconjunto sólo comprende un fondo inferior, tabiques longitudinales y transversales.

55 La estructura definitiva se introduce después en la carcasa exterior 2. Se efectúan las conexiones de los conductos porosos y de los conductos del sistema de intercambio térmico y la carcasa se cierra herméticamente.

60 Durante las primeras cargas de hidrógeno aparece un fenómeno de decrepitación, es decir, el hidrógeno es absorbido por los lingotes metálicos que se hinchan y explotan en finas partículas que forman un polvo.

Después de varias etapas de carga, el compartimento contiene polvo en contacto con el fondo inferior y las paredes laterales y transversales como muestra esquemáticamente en la figura 6.

65 Por supuesto, se puede prever la construcción de la estructura interna del depósito superponiendo elementos 26; éstos comprenden los tabiques longitudinales requeridos y delimitan el fondo y las paredes laterales de los compartimentos.

Se puede considerar realizar los tabiques transversales 12 mediante plegado, pudiendo entonces montarse los tabiques longitudinales 10 por encajadura, como se ha descrito para los tabiques transversales 12.

5 A modo de ejemplo, el material dispuesto en los compartimentos puede estar compuesto por uno o varios materiales utilizados para el almacenamiento de hidrógeno. Estos materiales de almacenamiento de hidrógeno pueden seleccionarse de diferentes familias tales como AB, A₂B, A₂B₇, AB₂ o AB₅ o pueden ser una combinación de estas familias de materiales.

10 Los hidruros metálicos reversibles de fórmula A_mB_n están constituidos por un elemento A que forma un hidruro estable tal como los metales alcalinos o alcalinotérreos como el litio, el calcio o el magnesio, los metales de transición de la cuarta y quinta columna como el zirconio o el titanio, o por último las tierras raras metálicas como el lantano, el cerio y un elemento B que forma un hidruro inestable en condiciones estándar, tal como la mayoría de los metales de transición como el cromo, el cobalto, el níquel o el hierro.

15 Estos materiales pueden tener una estructura cúbica centrada (cc), una estructura cúbica centrada en las caras (ccc) o una estructura cristalográfica de tipo C-14 o C-15.

20 Por ejemplo, estos materiales pueden ser Mg, Mg-Ni, Mg-Cu, Ti-Fe, Ti-Mn, Ti-Ni, Ti-V, Mn-Ni, Ti-V-Cr, Ti-V-Fe. Las capacidades de absorción de hidrógeno en función de las presiones y temperaturas utilizadas varían según los materiales de almacenamiento de hidrógeno.

25 Otros materiales que absorben el hidrógeno, como los hidruros químicos complejos con elementos ligeros, tal como los alanos (NaAlH₄), los hidruros a base de Li y de B, tales como LiBH₄, NaBH₄ o las imidas o amidas, también pueden utilizarse en la geometría descrita en la presente invención.

A continuación se explica el funcionamiento de este depósito.

30 Cuando se desea cargar el depósito de hidrógeno, en el depósito, se hace circular el hidrógeno, por ejemplo, a través de los conductos porosos. Al ser exotérmica la reacción de absorción se desprende calor. Se evacua el calor simultáneamente haciendo circular un caloportador frío en los conductos 24 que se encuentra en el cruce de dos tabiques longitudinales y entre los pares de fondo inferior y de fondo superior. Los tabiques, particularmente los tabiques longitudinales 10, el fondo inferior y el fondo superior funcionan como las aletas de refrigeración, captando el calor y conduciéndolo al caloportador que circula por los conductos 24. Cuanto más rápida y eficazmente se evacua el calor, más rápida es la carga del depósito. El material cargado de hidrógeno forma entonces un hidruro metálico. Como ya se ha explicado, el material se hincha como consecuencia de la absorción y se decrepita para formar el polvo.

40 Cuando se desea disponer del hidrógeno contenido en el depósito, se reduce la presión de hidrógeno en el depósito y/o se calienta el hidruro mediante los conductos del intercambiador térmico y las aletas formadas por la estructura interna. El hidrógeno es desorbido. El hidrógeno así liberado circula de un volumen libre 25 a otro por las muescas realizadas en la parte superior de los tabiques 10, 12 y se recoge en un extremo longitudinal del depósito.

45 La temperatura de carga y de descarga del depósito varía por ejemplo de -20 °C a 400 °C. La presión de carga varía por ejemplo de 0,1 bar a 200 bares de H₂ y la presión de descarga varía por ejemplo de 100 bares a 0 bares (absolutos).

50 El depósito de acuerdo con la presente invención ofrece un muy buen compromiso entre la masa añadida como consecuencia de la estructura interna 4 que separa el material de almacenamiento de hidrógeno y la eficacia de intercambio térmico resultante.

55 Además, ofrece celdas cuyas dimensiones siguiendo la vertical pueden ser fácilmente inferiores o como mucho del mismo orden de magnitud que las dimensiones de la celda en las direcciones horizontales considerando la representación de la figura 4, lo que permite limitar las tensiones mecánicas en las partes inferiores de los compartimentos. Se puede disponer un espacio suficiente en cada una de las celdas con el fin de que el material pueda dilatarse sin trabas. Este espacio se encuentra alrededor y por encima de los lingotes durante el ensamblaje y se encuentra por encima del lecho de polvo de hidruro formado tras la decrepitación.

60 Además, impide que el polvo pueda desplazarse entre las diferentes celdas siguiendo la dirección vertical.

Por otra parte, el sistema de intercambio térmico se distribuye en capas en la estructura interna asegurando un intercambio térmico eficaz entre la estructura y el material de almacenamiento.

65 El depósito de acuerdo con la presente invención puede aplicarse al conjunto de aplicaciones que utilizan un almacenamiento de hidrógeno y al mismo tiempo en los campos que utilizan un almacenamiento de grandes cantidades y aquellos que necesitan almacenar pequeñas cantidades.

ES 2 475 715 T3

Por ejemplo, puede utilizarse como depósito para medios de locomoción, tales como barcos, submarinos, coches particulares, autobuses, camiones, maquinaria de construcción y agrícola, vehículos de dos ruedas.

- 5 También puede utilizarse para la alimentación de dispositivos portátiles tales como los aparatos electrónicos portátiles (teléfonos portátiles, ordenadores portátiles...).

- 10 Del mismo modo puede aplicarse a sistemas de almacenamiento en grandes cantidades, tales como grupos electrógenos, para el almacenamiento de hidrógeno producido en gran cantidad gracias a la energía eólica, paneles fotovoltaicos y geotermia.

REIVINDICACIONES

1. Depósito destinado al almacenamiento de hidrógeno mediante absorción en un material, teniendo dicho depósito un eje longitudinal (X) y comprendiendo una carcasa exterior (2) y una estructura interna (4) de eje longitudinal (X),
 5 comprendiendo la estructura interna (4) una pluralidad de estratos (E1, E2, ..., En) que se extienden siguiendo planos paralelos al eje longitudinal y un sistema de intercambio térmico en el interior de la estructura interna (4), comprendiendo cada estrato (E1, E2, ..., En) un fondo inferior (9), un fondo superior (14) y tabiques longitudinales (10) y transversales (12), formando dichos tabiques (10, 12) con los fondos inferior (9) y superior (14)
 10 compartimentos (8) destinados a recibir el material de almacenamiento de hidrógeno (6), en el que el fondo superior (14) y/o el fondo inferior (9) y los tabiques transversales (12) o longitudinales (10) son de una sola pieza.
2. Depósito de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el fondo superior (14) y los tabiques longitudinales (10) asociados son de una sola pieza y el fondo inferior (9) y los tabiques longitudinales (10) asociados son de una sola
 15 pieza.
3. Depósito de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el fondo superior (14) y los tabiques longitudinales (10) asociados y el fondo inferior (9) y los tabiques longitudinales (10) asociados están realizados respectivamente mediante plegado de un fleje metálico.
- 20 4. Depósito de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los tabiques transversales (12) están unidos a los tabiques longitudinales (10) mediante cooperación de ranuras realizadas en los tabiques longitudinales (10) y en los tabiques transversales (12).
5. Depósito de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, comprendiendo subconjuntos formados por un fondo superior (14) provisto de tabiques transversales (12) y longitudinales (10) en una cara y por un fondo inferior (9) provisto de tabiques transversales (12) y longitudinales (14) en una cara, estando unidos los dos fondos (9, 14) en sus caras opuestas a las que portan dichos tabiques (10, 12).
 25
6. Depósito de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la estructura interna (4) comprende un apilamiento de dichos subconjuntos, comprendiendo cada compartimento (8) un tabique longitudinal (10) de un subconjunto y un tabique longitudinal (10) de otro subconjunto.
 30
7. Depósito de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, que comprende canales (18) definidos entre los fondos superior (14) e inferior (9) unidos, definiendo dichos canales (18) el sistema de intercambio térmico.
 35
8. Depósito de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que los subconjuntos están realizados de tal modo que un tabique longitudinal (10) portado por el fondo superior (14) está contenido en el mismo plano que un tabique longitudinal (10) portado por el fondo inferior (9), y en el que los canales están definidos perpendicularmente respecto a las paredes longitudinales (10).
 40
9. Depósito de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el cual durante el plegado para formar los tabiques longitudinales (10), la base de los tabiques (10) está conformada para disponer una ranura con una sección semicircular.
- 45 10. Depósito de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende conductos (24) situados en los canales (18) formados por dos de dichas ranuras enfrentadas, estando dichos conductos (24) ventajosamente soldados en las paredes de los canales.
- 50 11. Depósito de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios (27) para transportar el hidrógeno al interior de los compartimentos, por ejemplo, formados por conductos porosos.
12. Depósito de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que se realizan muescas en los tabiques transversales (12).
 55
13. Depósito de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la altura representa del 50 al 110% de la longitud y del 50 al 110% de la anchura.
14. Depósito de almacenamiento de hidrógeno que comprende un depósito de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores y material de almacenamiento de hidrógeno (6) dispuesto en los compartimentos (8), estando dicho material dispuesto ventajosamente en los compartimentos en forma de lingote.
 60
15. Depósito de almacenamiento de hidrógeno de acuerdo con la reivindicación 14, en el que un volumen libre (25) que representa del 12% al 60% del volumen del compartimento (8) está previsto en cada compartimento (8).
- 65 16. Depósito de almacenamiento de hidrógeno de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, en el que el material de almacenamiento de hidrógeno (6) está constituido al menos por un material de tipo $A_m B_n$ constituido por un elemento

A que forma un hidruro estable, tal como los metales alcalinos o alcalinotérreos, como el litio, el calcio o el magnesio, los metales de transición de la cuarta o quinta columna como el zirconio, el titanio, o las tierras raras metálicas como el lantano o el cerio y por un elemento B que forma un hidruro inestable en condiciones estándar, tal como la mayoría de los metales de transición como el cromo, el cobalto, el níquel o el hierro.

5 17. Procedimiento de realización de un depósito de almacenamiento de hidrógeno de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 a 16, que comprende las etapas de:

10 a) corte del fleje de chapa a las dimensiones deseadas,

b) plegado de dichas chapas de tal manera que formen canales longitudinales delimitados por tabiques longitudinales,

15 c) montaje de los tabiques transversales para delimitar los compartimentos con los tabiques longitudinales,

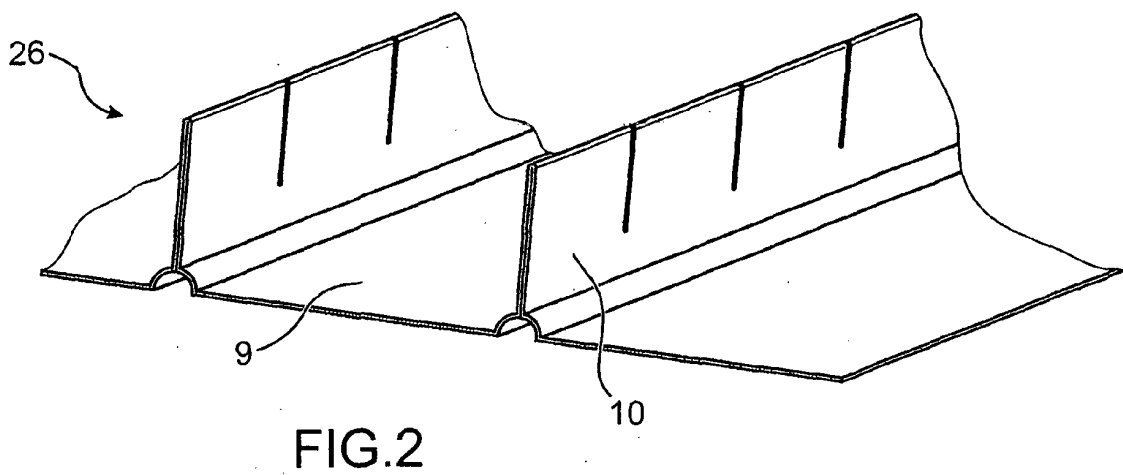
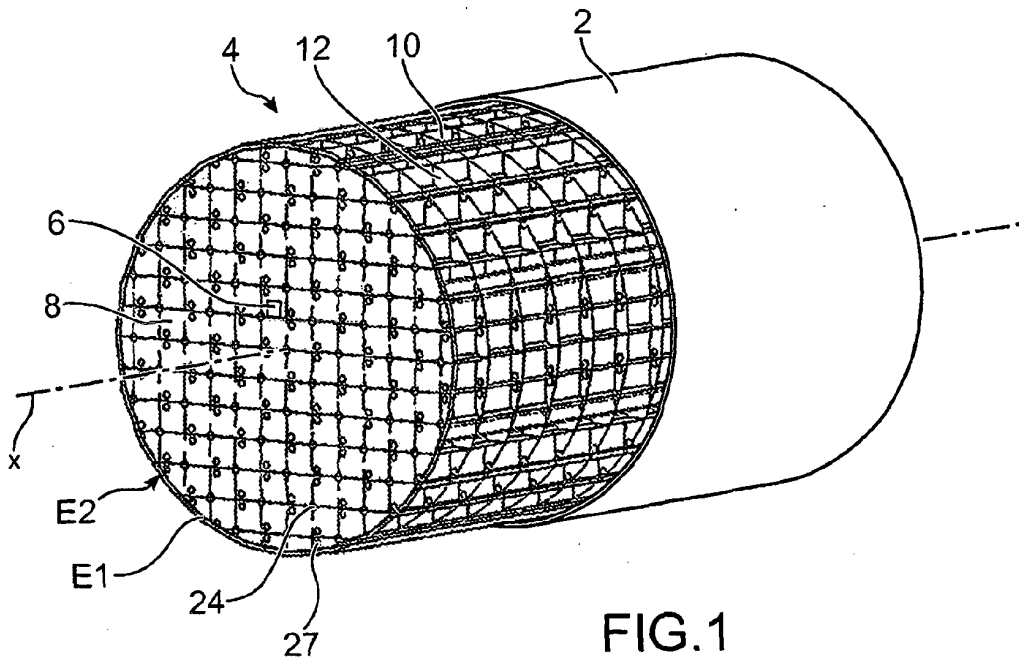
d) apilamiento de los elementos así formados y llenado con el material de almacenamiento de hidrógeno,

e) colocación en una carcasa,

20 f) introducción del hidrógeno en la carcasa, transformándose de este modo el o los materiales en cada uno de los compartimentos en hidruro metálico.

25 18. Procedimiento de realización de acuerdo con la reivindicación anterior, comprendiendo previamente a la etapa d), una etapa c') durante la cual se efectúa una unión de dos elementos por su cara opuesta a la que porta los tabiques, realizando así subconjuntos, y durante la etapa d) se apilan dichos subconjuntos.

19. Procedimiento de realización de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que, durante la etapa c'), entre los dos elementos se disponen conductos del sistema de intercambio térmico, pudiendo soldarse dichos conductos en cada uno de los elementos.



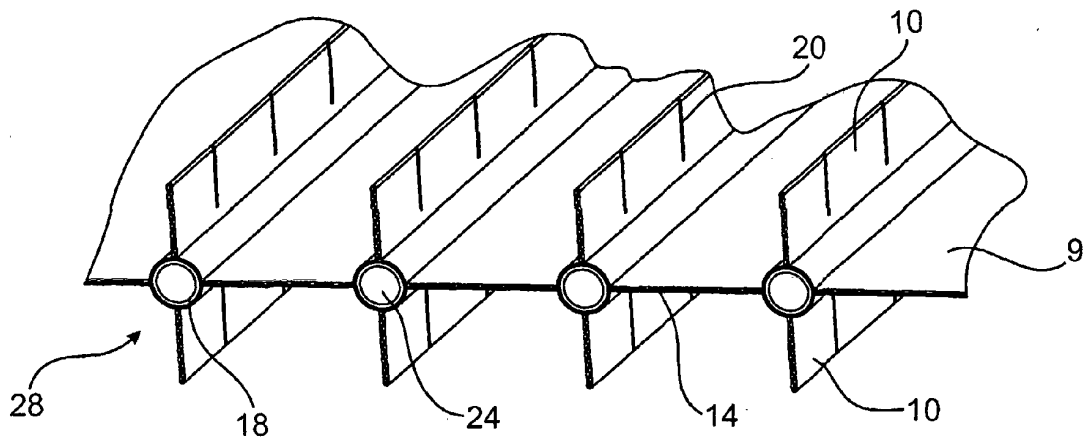


FIG.3A

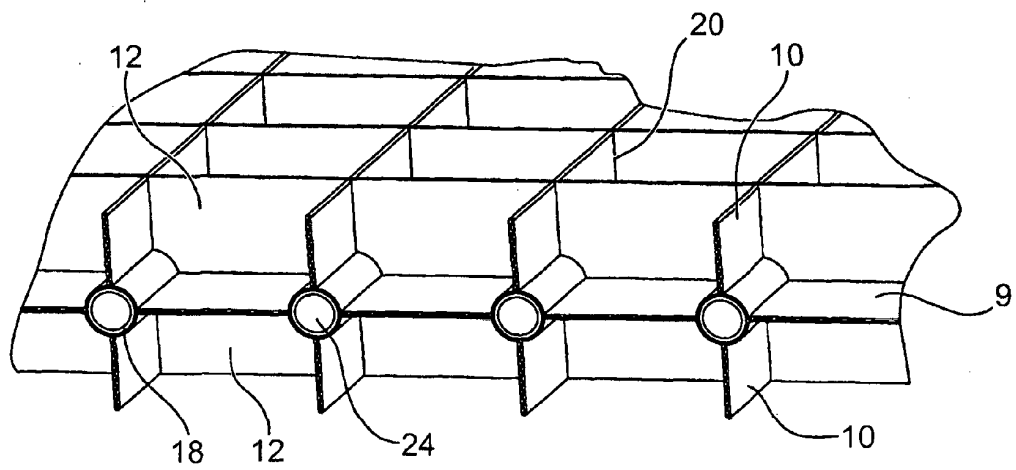


FIG.3B

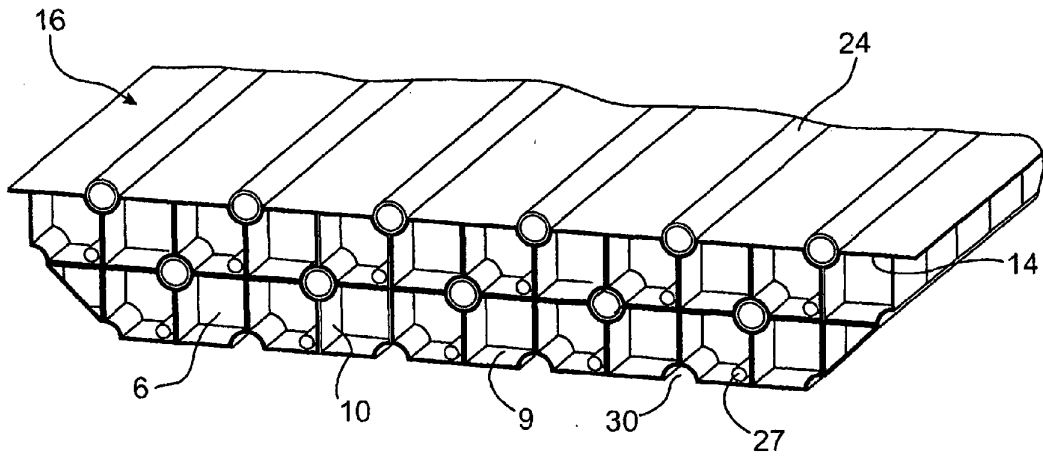


FIG.4

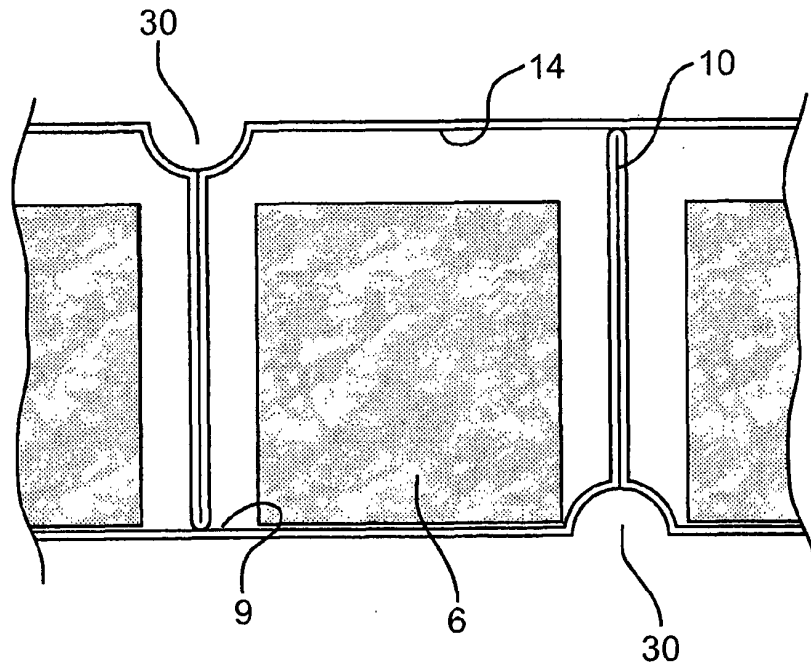


FIG.5

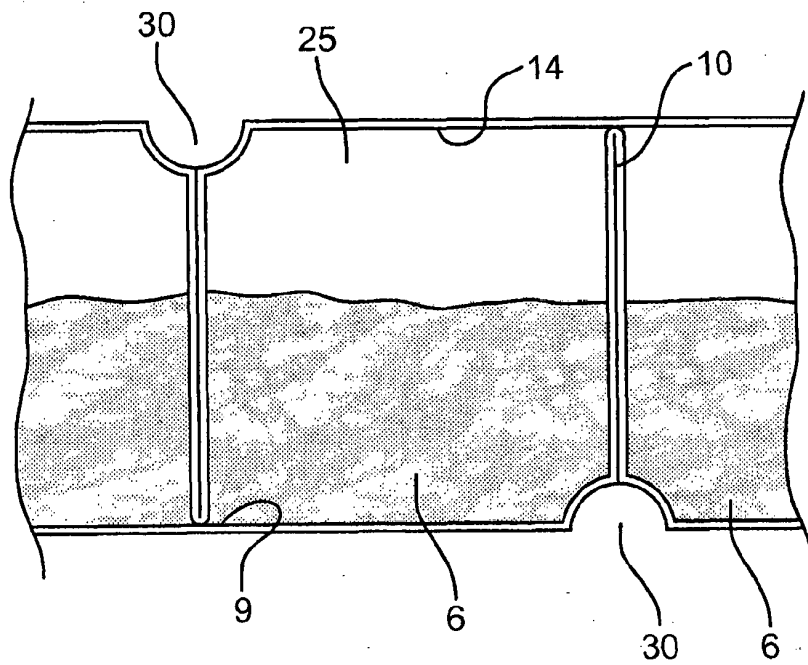


FIG.6