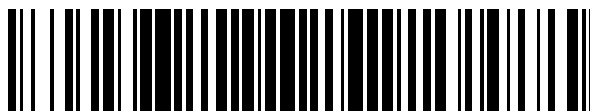


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 008**

51 Int. Cl.:

**F02K 9/34** (2006.01)

**F17C 1/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2009 E 09012710 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 2182198**

54 Título: **Recipiente a presión para el uso a altas temperaturas y un procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

**03.11.2008 DE 102008054293**

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

**25.03.2013**

73 Titular/es:

**MT AEROSPACE AG (100.0%)  
Franz-Josef-Strauss-Strasse 5  
86153 AUGSBURG, DE**

72 Inventor/es:

**MURAWSKI, BERND y  
MAIERHOFER, HELMUT**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 399 008 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

Recipiente a presión para el uso a altas temperaturas y un procedimiento para su fabricación

5 La presente invención se refiere a recipientes a presión para el uso a altas temperaturas y un procedimiento para su fabricación. Gracias a sus propiedades y cualidades, los recipientes a presión según la invención son adecuados, por ejemplo, para botellas de gas, pero en particular como cámaras de combustión de combustible sólido, por ejemplo de misiles guiados. Un recipiente a presión de este tipo se conoce por el documento US-PS 3 686 868.

A continuación, la invención se explicará sobre todo haciéndose referencia a cámaras de combustión de combustible sólido. No obstante, la invención no debe estar limitada a ello. Por lo contrario, puede referirse a cualquier recipiente a presión que esté expuesto o pueda estar expuesto a sollicitaciones mecánicas y térmicas muy elevadas.

10 Además, en el marco de la presente invención, por el término recipiente a presión no sólo se entenderá un sistema cerrado en sí, sino también una parte de un sistema bajo presión de este tipo, como tuberías, cuerpos de botellas de gas o cámaras de combustión, en particular para combustible sólido.

15 Por ejemplo un misil guiado debe resistir, por un lado, fuerzas de aceleración muy elevadas y, por otro lado, cargas térmicas enormes. Estas altas temperaturas no sólo se generan en el interior de las cámaras de combustión por la combustión de combustible sólido sino también en el revestimiento exterior de los misiles guiados. Estas altas temperaturas se generan allí por el rozamiento de aire generado por las altas velocidades de funcionamiento en la zona supersónica.

En el estado de la técnica hay numerosos planteamientos para resolver esta problemática.

20 En relación con la misma, en el documento US-PS 3,973,397 está descrito un motor de cohete, formado por una carcasa de metal y una capa aislante fijada mediante pegamento en el lado interior. La capa aislante sirve sustancialmente para absorber el calor generado durante la combustión del cohete para proteger la carcasa de metal. La capa aislante está hecha de EPDM (caucho de etileno propileno dieno). No obstante, una carcasa de metal no cumple el requisito del peso ligero del motor de cohete.

25 Por el documento US-PS 5,348,603 se conoce otra estructura de un motor de cohete, formado por una carcasa de metal y un material compuesto de fibras que reviste la superficie interior de la carcasa de metal. El revestimiento con el material compuesto de fibras forma con la carcasa de metal una estructura híbrida y sustituye, por lo tanto, una carcasa hecha completamente de metal.

30 Una estructura híbrida de metal-material compuesto de fibras de este tipo sigue presentando mucho peso debido al revestimiento exterior existente de metal. El material de fibras según el documento US-PS 5,438,603 se fabrica, además, a temperaturas de endurecimiento de aprox. 149°C, lo cual sólo permite temperaturas de uso comparativamente bajas.

35 Además, en el marco de los proyectos ASRAAM y VT1 ya se conocen misiles guiados, cuyas cámaras de combustión están hechas de una carcasa de plástico reforzado con fibra de carbono (CFK) y un aislamiento interior. El aislamiento interior está hecho de EPDM (caucho de etileno propileno dieno) reforzado con fibras, en forma de esteras de goma, en las que se han incorporado fibras cortas. La matriz del CFK está formada habitualmente por un sistema de resina epoxi termoendurecible. Por lo tanto, las propiedades de estos materiales permiten un funcionamiento de los misiles guiados sólo hasta una temperatura media de aprox. 160°C.

40 Por temperatura media se entiende aquí el valor medio del desarrollo de la temperatura desde la superficie exterior de una carcasa de cámara de combustión hasta su superficie interior. Concretamente es posible que puedan producirse durante poco tiempo saltos de temperatura locales de hasta 400°C en el revestimiento exterior de las cámaras de combustión. Por lo tanto, para un servicio seguro de los misiles guiados serían deseables temperaturas de uso más elevadas.

45 En el documento US-A-5,763,027 está descrito un recipiente para el alojamiento de compuestos energéticamente activos. El recipiente comprende una carcasa, que está revestida con un "liner". La carcasa está hecha de un material compuesto de fibras, usándose fibras con dos propiedades de resistencia térmica distintas, es decir, fibras dinámicas y estables. Están descritas distintas técnicas de colocación de fibras.

50 En vista de estos antecedentes del estado de la técnica, la presente invención tiene el objetivo de prever una estructura para recipientes a presión, en particular para cámaras de combustión, por ejemplo de misiles guiados, que cumpla al mismo tiempo las exigencias elevadas respecto a la resistencia mecánica y térmica, además de ser de peso ligero. Deben superarse los inconvenientes y problemas que se presentan en el estado de la técnica.

La actividad inventiva se refiere, por lo tanto, sustancialmente a la camisa exterior y a la estructura de la capa aislante dispuesta en el interior de un recipiente a presión, en particular de una cámara de combustión para un misil guiado o similar.

El objeto de la presente invención es, por lo tanto, un recipiente a presión, formado por una carcasa y una capa aislante que reviste la superficie interior de la carcasa, que se caracteriza porque la carcasa está hecha de un material compuesto de fibras alta resistencia mecánica y térmica y porque la capa aislante está hecha de un elastómero de silicona estanco a gas estando unidas la carcasa y la capa aislante por adhesión.

5 La camisa exterior de un recipiente a presión de este tipo está hecha, por lo tanto, de un plástico reforzado con fibras, por lo que se cumple perfectamente el requisito del peso ligero del objeto.

Un factor determinante, que hasta ahora no había permitido este peso ligero, es el uso de una matriz resistente a altas temperaturas adecuada, en la que están incorporadas las fibras. La elección del material compuesto de fibras usado según la invención, en particular de la matriz de resina, pudo resolver este problema. Por lo tanto, también  
10 puede cumplirse el requisito de la estabilidad de la carcasa, también en el uso a altas temperaturas.

Para proteger la carcasa del material compuesto de fibras contra las altas temperaturas que se generan por la combustión del combustible sólido en el interior de la cámara de combustión, según la invención está prevista como  
15 capa aislante un revestimiento de un elastómero de silicona estanco a gas. Además de la función aislante, un revestimiento de silicona de este tipo ("liner") conlleva la ventaja de que la temperatura de endurecimiento del sistema de resina para la camisa exterior (la carcasa) de resina sintética reforzada con fibras puede ser elegida mucho más elevada que hasta ahora. De ello resulta al mismo tiempo que sean posibles temperaturas de uso más elevadas para los recipientes a presión.

Otra ventaja de este revestimiento de silicona es la flexibilidad del mismo. Esta flexibilidad tiene dos efectos positivos en la calidad de un recipiente a presión equipado con el mismo:

20 1. Al llenar, el combustible incorporado en un plástico se vierte en forma líquida a temperatura ambiente en la cámara de combustión. Gracias al endurecimiento de este plástico o de esta resina tiene lugar un encogimiento de la masa de combustible cargada. La capa aislante usada según la invención del elastómero de silicona puede compensar este encogimiento e impide de este modo que se forme un espacio de aire entre el combustible, el revestimiento de silicona y el lado interior de la carcasa. Es importante evitar a toda costa un  
25 espacio de aire entre las distintas capas, porque puede hacer que las propiedades de combustión del combustible se vuelvan incontrolables. Una combustión no controlada puede conducir a un aumento repentino de la presión en una cámara de combustión y destruir un misil guiado.

30 2. Las fibras que se han arrollado en la zona exterior, es decir más tarde, en el revestimiento de silicona, se vuelven tanto más flojos cuanto más en el exterior estén dispuestos. Gracias a la expansión térmica del revestimiento de silicona durante el endurecimiento de la matriz de material compuesto de fibras, estas fibras son pretensadas. Este efecto hace en el componente acabado que pueda absorberse con mayor efectividad la aplicación de una carga.

Gracias a la combinación según la invención de una carcasa de un material compuesto de fibras de alta resistencia mecánica y térmica con un revestimiento de un elastómero de silicona estanco a gas como capa aislante, puede  
35 preverse una carcasa para la cámara de combustión de misiles guiados que pueda funcionar a una temperatura media de aproximadamente 200°C y más. Gracias a ello no sólo aumentan las temperaturas de uso posibles para un misil guiado sino también las velocidades de uso y la duración de uso y, por lo tanto, el alcance.

En las reivindicaciones 2 a 10 se indican formas de realización especiales y preferibles del recipiente a presión según la invención.

40 Según éstas, el material compuesto de fibras está hecho de fibras de alta resistencia mecánica y térmica de refuerzo en una matriz de resina de alta resistencia mecánica y térmica. Cuando tanto las fibras como también la matriz están hechas de materiales en particular resistentes a altas temperaturas, éstas refuerzan mutuamente su efecto positivo en dirección a un uso a altas temperaturas.

45 Las fibras son seleccionadas preferiblemente de fibras de vidrio, carburo de silicio, mullita, carburo de boro, aramida y/o aramida de carbono, en particular preferiblemente fibras de carbono. Esta relación no ha de entenderse exhaustiva.

La resina que forma la matriz de resina es preferiblemente una resina termoendurecible y preferiblemente un polifenil cianato. Una resina resistente a altas temperaturas de este tipo puede adquirirse, por ejemplo, con el nombre de Primaset® PT-30 de la empresa Lonza.

50 También es concebible un material compuesto de fibras con una matriz cerámica, por ejemplo basada en carburo de silicio, óxido de aluminio, mullita o carbono con un concepto de fabricación adaptado.

El elastómero de silicona estanco a gas es preferiblemente un material reticulador de peróxido con una dureza IRHD de 85 y una extensibilidad del 120%. Podría estar reforzado con fibras, p.ej. fibras de aramida. No obstante, según la  
55 invención es preferible un llenado con polvo de cuarzo o también vidrio, cerámica, productos ignífugos, metal, etc. Se llena de tal modo que presenta una extensibilidad de aún al menos el 3%. El equipamiento con fibras de aramida

o polvo de cuarzo, etc. aumenta aún más la resistencia a altas temperaturas y también la resistencia mecánica del elastómero de silicona.

5 La geometría del recipiente a presión según la invención no está especialmente limitada. Debido a los campos de aplicación de botellas de gas y, en particular, cámaras de combustión de combustible sólido para misiles guiados y similares, la geometría está realizada sustancialmente de forma alargada y en forma de cilindro hueco.

10 La presente invención se refiere también a un procedimiento para la fabricación de un recipiente a presión según la invención, en el que en primer lugar se reviste un mandril de arrollamiento de una geometría deseada con el elastómero de silicona, se hace rugosa la superficie del elastómero de silicona no orientada hacia el mandril de arrollamiento, se provee la superficie hecha rugosa del elastómero de silicona en primer lugar de una imprimación y a continuación de una capa adhesiva, se envuelve el revestimiento así preparado de elastómero de silicona mediante métodos de por sí conocidos en el estado de la técnica con fibras de alta resistencia mecánica y térmica de vidrio, carburo de silicio, mullita, carburo de boro, aramida y/o aramida de carbono, preferiblemente carbono, que están impregnadas o se impregnan con una resina termoendurecible, preferiblemente un polifenil cianato, endureciéndose a continuación la resina a temperaturas de aproximadamente 220°C.

15 Para el revestimiento del mandril de arrollamiento con el elastómero de silicona, éste ya se presenta adecuadamente en forma de un tubo flexible, que se coloca por deslizamiento en el mandril de arrollamiento o una forma similar. Como alternativa, el revestimiento de silicona también podría realizarse directamente en el mandril de arrollamiento, colocándose esteras de silicona prefabricadas alrededor del mandril de arrollamiento y vulcanizándose a continuación directamente allí. Las esteras de silicona, las llamadas pieles, tienen aquí un espesor de 0,5 mm a 1 mm.

20 La operación de hacer rugosa la superficie del elastómero de silicona puede realizarse de forma mecánica, química o por ejemplo mediante grabado con plasma. Dado el caso, después de haberse hecho rugosa la superficie, ésta debe limpiarse, por ejemplo mediante lavado con un disolvente (acetona). La imprimación aplicada en la misma sirve de agente adherente o refuerza la adhesión entre la superficie de silicona y la capa adhesiva. Se usa por ejemplo "Chemosil" de la empresa Henkel (Alemania). Se trata de un aglutinante elastómero, que contiene polímeros orgánicos en etanol.

25 La capa adhesiva prevista se aplica en forma de un pegamento líquido o preferiblemente de una lámina adhesiva o de un prepreg (fibras pre-impregnadas). La lámina adhesiva está provista de un tejido de soporte y el adhesivo puede licuarse mediante calentamiento. El prepreg presenta una parte de resina muy elevada y correspondientemente una parte de fibras reducida, estando previstas las fibras como tejido de soporte. Es preferible usar láminas adhesivas o prepregs, porque con ellos puede conseguirse un espesor definido y deseado de la capa adhesiva, que no puede realizarse en el grado necesario con un adhesivo líquido.

30 La envoltura del revestimiento de elastómero de silicona con las fibras puede realizarse en una forma de realización especial con ayuda de la técnica de arrollamiento en húmedo. En ella, unas fibras impregnadas con la resina resistente a altas temperaturas se arrollan de forma de por sí conocida alrededor del elastómero de silicona (en varias capas).

35 La envoltura del revestimiento de elastómero de silicona con las fibras también puede realizarse con ayuda de prepregs, es decir, con esteras de fibras ya humectadas con la resina resistente a altas temperaturas. También las esteras de fibras pueden disponerse en varias capas para conseguir un espesor de pared deseado, en función del campo de aplicación en cuestión, alrededor del elastómero de silicona preparado.

40 La envoltura del revestimiento de elastómero de silicona también puede realizarse de forma adecuada con esteras de fibras secas (también en varias capas), que se infiltran a continuación de forma de por sí conocida con la resina resistente a altas temperaturas.

45 Las fibras del material de fibras están orientadas preferiblemente de forma unidireccional, cruzada y/o multiaxial y se reúnen para formar una estructura de capas, estando orientadas las distintas capas según las cargas en la estructura.

El método para la envoltura con las fibras, es decir, la estructura del material compuesto de fibras no debe estar especialmente limitada aquí. Por lo contrario, pueden usarse todos los procedimientos conocidos por el experto que sean adecuados.

50 Una parte esencial del procedimiento según la invención es la preparación de la superficie del elastómero de silicona, que debe unirse a continuación por adhesión al material compuesto de fibras. Esta unión por adhesión entre la capa aislante y la superficie interior de la carcasa es especialmente importante y desempeña, además, del uso de un elastómero de silicona como aislamiento interior un papel importante en el marco de la presente invención.

A continuación, se explicará la invención haciéndose referencia a los dibujos. Allí muestran:

55 La figura 1 una vista en corte transversal de la estructura de un recipiente a presión según la invención en el ejemplo

de una cámara de combustión para un misil guiado;

la figura 2 un corte longitudinal de un mandril de arrollamiento con un "liner" de silicona dispuesto en el mismo.

La figura 1 representa, por lo tanto, una vista en corte transversal de una cámara de combustión de combustible sólido para un misil guiado. El recipiente a presión 10 para una cámara de combustión de este tipo está formado por la carcasa 15 y la capa aislante 20 dispuesta en el interior.

Según la invención, la carcasa 15 está hecha preferiblemente de fibras de alta resistencia mecánica y térmica de refuerzo, que están fijadas en una resina resistente a altas temperaturas como matriz. Preferiblemente se trata de un plástico reforzado con fibras de carbono, CFK. El espesor de una carcasa de CFK de este tipo puede estar situado entre 1 mm y 15 mm, según el campo de aplicación. La carcasa 15, por lo tanto, la camisa exterior del recipiente, puede contener, dado el caso y si es necesario, piezas de empalme de metal, como elementos de control o similares, así como por ejemplo piezas para colocar válvulas o similares.

La capa aislante 20 presenta las propiedades y calidades arriba descritas. Los aditivos añadidos no están especialmente limitados, mientras favorezcan la estabilidad a altas temperaturas del material que va dotado de los mismos. El espesor del revestimiento de silicona está situado entre 0,5 y 10 mm.

La carcasa 15 y la capa aislante 20 están unidas entre sí por adhesión, como se ha descrito anteriormente, mediante sus superficies 16 y 21 colindantes. La capa adhesiva no se muestra en la figura 1, puesto que naturalmente presenta sólo un espesor despreciable en comparación con la carcasa 15 y la capa aislante 20.

En el recipiente está dispuesto el combustible sólido 25. En la configuración representada a título de ejemplo están dispuestas unas muescas 30 en forma de estrella que realizan un llamado mechero en estrella en el combustible sólido 25. De este modo mejoran las propiedades de combustión del combustible 25, puesto que aumenta la superficie del combustible provocándose una combustión correspondientemente más rápida. Este equipamiento acelera el misil guiado, aunque no es objeto de la presente invención.

La figura 2 muestra en una vista puramente esquemática la realización del revestimiento de silicona 20 en un mandril de arrollamiento 35 y la posición de la superficie que ha de ser preparada del revestimiento de silicona 21.

Finalmente, se resumirán una vez más las ventajas de un recipiente a presión realizado según la invención, en particular de una cámara de combustión de combustible sólido configurada según la invención. Estas ventajas están basadas, por un lado, en la carcasa de material compuesto de fibras de alta resistencia mecánica y térmica y, por otro lado, en la capa aislante de elastómero de silicona estanco a gas llenado. Estas características no sólo suman las propiedades positivas de un recipiente a presión así configurado sino que también provocan un efecto sinérgico.

La carcasa de material compuesto de fibras resistente a altas temperaturas tiene menos masa pero al mismo tiempo una mayor rigidez específica, por lo que un misil guiado hecho del mismo dispone de un mayor alcance, de una mayor velocidad y de una mejor agilidad o maniobrabilidad gracias a la menor inercia de masa. Por lo tanto, también aumenta la probabilidad de colisión.

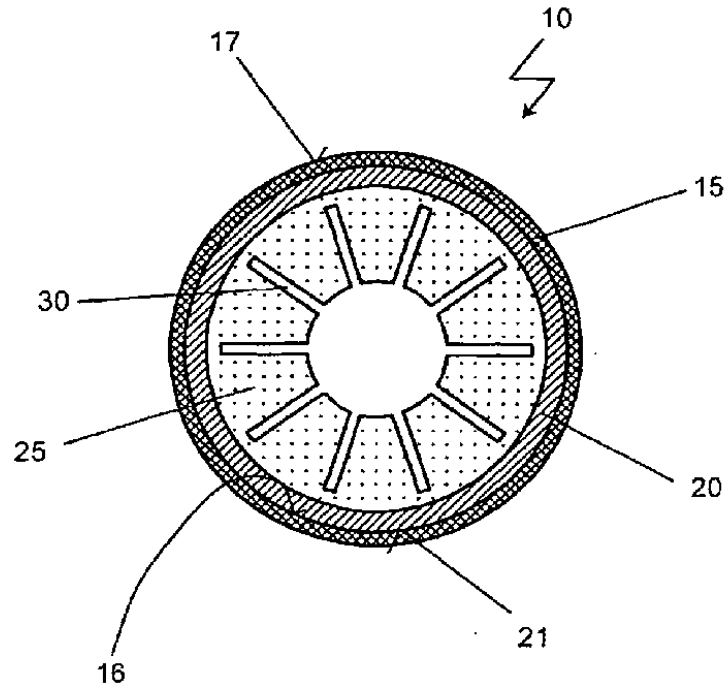
El uso de una resina resistente a altas temperaturas para la carcasa de material compuesto de fibras disminuye los problemas de temperatura que resultan en el funcionamiento de un misil guiado en la zona supersónica debido al elevado rozamiento de aire.

La capa aislante de elastómero de silicona permite las altas temperaturas que son necesarias para el endurecimiento de una resina resistente a altas temperaturas para la carcasa del material compuesto de fibras de una cámara de combustión de combustible sólido, pero también para una botella de gas utilizable a altas temperaturas o algo similar. Puesto que la capa aislante de elastómero de silicona es estanca al gas, se evita una combustión incontrolada del combustible. El elastómero de silicona absorbe el encogimiento del combustible sólido durante el endurecimiento del mismo tras cargarlo en el recipiente (véase arriba).

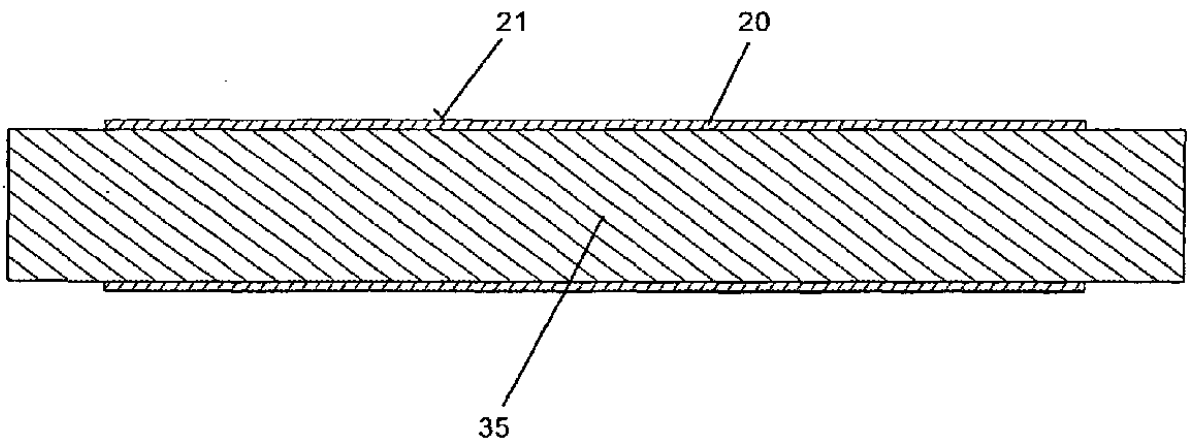
Además, y allí está el efecto sinérgico, el uso del elastómero de silicona como capa aislante conduce a una clara mejora de la calidad de la carcasa de material compuesto de fibras. La expansión térmica de la capa aislante de silicona durante el endurecimiento de la matriz del compuesto de fibras conduce concretamente a una tensión previa de las capas de fibras. Las fibras que se han arrollado en la zona exterior, es decir más tarde, en el revestimiento de silicona, se vuelven tanto más flojas cuanto más en el exterior estén dispuestos. Gracias a la expansión térmica del revestimiento de silicona, estas fibras son tensadas. Este efecto hace en el componente acabado de endurecer que pueda absorberse con mayor efectividad la aplicación de una carga.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Recipiente a presión (10), formado por una carcasa (15) y una capa aislante (20) que reviste la superficie interior (16) de la carcasa (15), **caracterizado porque** la carcasa (15) está hecha de un material compuesto de fibras con una alta resistencia mecánica y térmica, formado por fibras de alta resistencia mecánica y térmica de refuerzo en una matriz de resina de alta resistencia mecánica y térmica, y por un elastómero de silicona llenado, estanco a gas como capa aislante (20), estando unidas la carcasa (15) y la capa aislante (20) por adhesión, de modo que el recipiente a presión pueda funcionar a temperaturas medias de 200°C y más.
2. Recipiente a presión según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las fibras son seleccionadas de fibras de vidrio, carburo de silicio, mullita, carburo de boro, aramida y/o aramida de carbono.
- 10 3. Recipiente a presión según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las fibras son fibras de carbono.
4. Recipiente a presión según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la resina que forma la matriz de resina es una resina termoendurecible.
5. Recipiente a presión según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la resina termoendurecible es polifenil cianato.
- 15 6. Recipiente a presión según las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el elastómero de silicona está reforzado con fibras o llenado.
7. Recipiente a presión según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el elastómero de silicona está llenado con polvo de cuarzo.
- 20 8. Recipiente a presión según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el elastómero de silicona presenta una extensibilidad de al menos el 3 %.
9. Recipiente a presión según las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** presenta una geometría sustancialmente alargada, cilíndrica.
10. Recipiente a presión según las reivindicaciones 1 a 9, en forma de una botella de gas.
- 25 11. Recipiente a presión según las reivindicaciones 1 a 9, en forma de una cámara de combustión de combustible sólido para misiles guiados.
12. Procedimiento para la fabricación de un recipiente a presión según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque**
- 30 - en primer lugar se reviste un mandril de arrollamiento (35) de una geometría deseada con el elastómero de silicona estanco a gas,  
 - se hace rugosa la superficie (21) del elastómero de silicona no orientada hacia el mandril de arrollamiento (35),  
 - se provee la superficie (21) hecha rugosa del elastómero de silicona en primer lugar de una imprimación y a continuación de una capa adhesiva,  
 - se envuelve el revestimiento así preparado de elastómero de silicona de forma de por sí conocida con fibras seleccionadas entre las fibras según las reivindicaciones 2 y 3, que están impregnadas o se impregnan con una resina según las reivindicaciones 4 ó 5  
 35 - endureciéndose a continuación la resina a temperaturas de aproximadamente 220°C.
13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** la operación para hacer rugosa la superficie (21) del elastómero de silicona se realiza de forma mecánica, química o por ejemplo mediante grabado con plasma.
- 40 14. Procedimiento según la reivindicación 12 ó 13, **caracterizado porque** la imprimación es una capa que sirve de agente adherente.
15. Procedimiento según las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** la capa adhesiva se aplica en forma de un pegamento líquido/pastoso o preferiblemente en forma de una lámina adhesiva o de un prepreg (fibras pre-impregnadas).
- 45 16. Procedimiento según las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado porque** la envoltura del revestimiento de elastómero de silicona con las fibras se realiza con ayuda de una técnica de arrollamiento en húmedo.
17. Procedimiento según las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado porque** la envoltura del revestimiento de elastómero de silicona con las fibras se realiza con ayuda de prepreps (fibras pre-impregnadas).
18. Procedimiento según las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado porque** la envoltura del revestimiento de elastómero de silicona se realiza con esteras de fibras secas, que se infiltran a continuación con la resina.



**Fig. 1**



**Fig. 2**