

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 119**

51 Int. Cl.:

C08L 77/00 (2006.01)

F16J 12/00 (2006.01)

F17C 1/04 (2006.01)

F17C 1/12 (2006.01)

F17C 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.10.2014 PCT/EP2014/073142**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15063101**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2014 E 14789848 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 3063226**

54 Título: **Material y dispositivo para el confinamiento de líquidos criogénicos**

30 Prioridad:

29.10.2013 FR 1360537

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

19.12.2017

73 Titular/es:

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES

APPLIQUEES (33.3%)

Domaine scientifique de la Doua 20 Rue Albert Einstein

69621 Villeurbanne Cedex, FR;

AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS SAS (33.3%) y

INSAVALOR (33.3%)

72 Inventor/es:

L'INTERMY, JULIEN;

DEFOORT, BRIGITTE;

DUCHET-RUMEAU, JANNICK y

GERARD, JEAN-FRANÇOIS

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 647 119 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

Material y dispositivo para el confinamiento de líquidos criogénicos

5 **Campo técnico**

La invención se refiere al campo del confinamiento de líquidos criogénicos, es decir, gases licuados que son conservados y/o utilizados a temperaturas de $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a cero grados absolutos ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Se trata normalmente de nitrógeno, helio, neón, argón, kriptón, hidrógeno, metano, oxígeno y gas natural.

10 Más específicamente, la invención se refiere a la utilización de un material compuesto particular la fabricación de un dispositivo de confinamiento de un líquido criogénico.

15 Se refiere también a un dispositivo de confinamiento de un líquido criogénico que comprende al menos una capa de este material compuesto.

La invención encuentra aplicación en la fabricación de depósitos criogénicos y, particularmente, depósitos de oxígeno líquido, en particular para una lanzadera espacial.

20 No obstante, puede encontrar aplicación también en la fabricación de líneas de alimentación de líquidos criogénicos y, en particular, de oxígeno líquido así como en la fabricación de cualquier dispositivo que permita el almacenamiento, transporte y/o suministro de un gas a presión.

Estado de la técnica anterior

25 Los depósitos criogénicos y, en particular, los depósitos de oxígeno líquido que se utilizan en las lanzaderas espaciales se realizan habitualmente de aleaciones metálicas.

30 Sin embargo, las aleaciones metálicas que se utilizan para realizar estos depósitos, presentan un cierto número de inconvenientes, en particular una densidad elevada (que constituye así una restricción a una reducción del peso de las lanzaderas espaciales), una disponibilidad comercial mayormente escasa (con largas demoras de suministro y baja elección de referencias), costes elevados y que, además, las pérdidas de materia por mecanización pueden ser considerables (hasta 80%).

35 La utilización de materiales compuestos debería permitir superar estos inconvenientes en la medida en que los materiales compuestos son generalmente menos densos, menos costosos y más sencillos de trabajar que las aleaciones metálicas.

40 Globalmente, se han previsto dos estrategias en la concepción de depósitos criogénicos a partir de materiales compuestos. La primera consiste en realizar estos depósitos superponiendo varias capas de materiales diferentes de las cuales una es una capa interna denominada "liner" (recubrimiento), que tiene esencialmente como función asegurar una hermeticidad del líquido criogénico, una capa intermedia, que tiene esencialmente una función estructural, es decir, en la práctica, de resistencia mecánica y una capa externa que tiene esencialmente una función de aislamiento térmico. La segunda consiste en realizar depósitos sin el liner, en cuyo caso el grosor de la pared de estos depósitos debe ser tal que pueda cumplir a la vez las funciones estructurales y de hermeticidad.

45 En el caso de que el depósito criogénico sea un depósito de oxígeno líquido, es imprescindible que el material que constituye la parte del depósito que está destinada a estar en contacto con el oxígeno líquido sea compatible con este último. Esta compatibilidad significa que, incluso en el caso de aporte de energía, el material no corra peligro de generar una reacción violenta, a pesar del carácter fuertemente oxidante del oxígeno. La compatibilidad de un material con oxígeno líquido, que se denomina más simplemente "compatibilidad LOX" se determina mediante ensayos normalizados y, en particular, según los ensayos de la norma ASTM D2512 ("*Standard Test Method for Compatibility of Materials with Liquid Oxygen (Impact Sensitivity Treshold and Pass-Fail Techniques)*").

50 No obstante, es bien conocido que los polímeros tienen generalmente una tendencia a reaccionar en un medio oxidante con el aporte de una fuente de energía.

55 Para realizar el liner de depósitos de oxígeno líquido, se ha propuesto utilizar un fluoropolímero termoplástico, en la especie de poli(etileno-co-tetrafluoroetileno) o ETFE (Kooij et al., "Proceedings of the European Conference on Spacecrafts Structures, Materials and Mechanical Testing", 29 de noviembre - 1 de diciembre de 2000, Noordwijk, Países Bajos, págs. 187-192, referencia [1]; Baker et al., "International Conference on Green Propellant for Space Propulsion", junio de 2001, Noordwijk, Países Bajos, págs. 327-334, referencia [2]). Desgraciadamente, este fluoropolímero es permeable al oxígeno al helio, lo que hace que su utilización no se adapte bien a la realización de un liner para depósitos de oxígeno líquido que, por definición, debe ser hermético al oxígeno líquido y muy débilmente permeable al helio que sirve de gas de presurización. Además, su realización no está desprovista de riesgos en términos de higiene y seguridad (H&S).

Se ha propuesto también utilizar materiales compuestos de matriz de epóxido o poliuretano, reforzados con nanocargas de tipo montmorillonita o hidrotalcita (Scatteia et al., "Proceedings of the 54th International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation", octubre de 2003, Bremen, Alemania, págs. 1630-1642, referencia [3]; Scatteia et al., "13th AIAA/CIRA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference", mayo de 2005, Capua, Italia, págs. 2055-2062, referencia [4]). No obstante, no se ha dicho nada en estas publicaciones sobre la compatibilidad LOX según la norma ASTM D2512 de los materiales propuestos.

Además, para realizar depósitos de oxígeno líquido sin liner, se ha propuesto utilizar, por una parte, materiales compuestos de matriz de epóxido reforzados con grafito (Robinson et al., "42th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference and Exhibit", abril de 2001, Seattle, USA, págs. 285-295, referencia [5]) y, por otra parte, materiales compuestos de matriz de epóxido o éster de cianato reforzados con fibras de carbono (Scatteia et al., referencias [3] y [4] anteriormente citadas). No obstante, tampoco en este caso se demostró la compatibilidad LOX según la norma ASTM D2512 de estos materiales.

Además, la compatibilidad con oxígeno líquido según la norma ASTM D2512 no es el único criterio que debe satisfacer un material para poder ser utilizado en la fabricación de depósitos de oxígeno líquido destinados a lanzaderas espaciales. En efecto, conviene que, como se mencionó con anterioridad, el material sea también hermético al oxígeno líquido y débilmente permeable a los gases y, en particular, al helio.

Conviene también que presente una densidad lo más baja posible para que se puedan alcanzar los objetivos en materia de reducción del peso de las lanzaderas espaciales y, en el caso de que el material esté destinado a desempeñar una función estructural, que tenga propiedades mecánicas apropiadas para permitir el cumplimiento de esta función.

Finalmente, es deseable que sea relativamente poco costosos, sencillo de fabricar y que pueda ser transformado sin riesgo H&S particular, especialmente en piezas voluminosas (es decir, que pueden incluir de 3 a 5 m³ de oxígeno líquido), mediante técnicas convencionales del campo de la industria de los plásticos como el moldeo rotacional.

La invención tiene precisamente como objeto suministrar un material compuesto que satisfaga todos estos criterios y que por tanto sea adecuado para ser utilizado para el confinamiento de oxígeno líquido, particularmente en una lanzadera espacial.

Debe entenderse que, en la medida en que este material responde a restricciones muy elevadas, propias para el confinamiento de oxígeno líquido en el campo espacial, está también adaptado para ser adecuado para confinar oxígeno líquido en aplicaciones menos restrictivas o para confinar líquidos criogénicos distintos del oxígeno líquido.

Exposición de la invención

Por tanto, la invención, en primer lugar, tiene como objeto la utilización de un material compuesto para la fabricación de un dispositivo de confinamiento de un líquido criogénico, en que el material compuesto es obtenido a partir de una composición que comprende, en porcentajes en peso referidos al peso total de la composición:

- de 60% a 90% de una poliamida escogida entre poliamidas 6, 6.6 y 6/6.6 y sus mezclas;
- de 10% a 30% de un grafito sintético primario que se presenta en forma de partículas; y
- de 0% a 10% de un agente antioxidante.

En lo que antecede y en lo sigue, se entiende mediante "grafito sintético primario", un grafito que es obtenido a través de síntesis pero que no es sometido a ningún tratamiento particular al final de esta síntesis, en oposición a un grafito sintético oxidado, que es obtenido introduciendo un grafito sintético primario en una solución oxidante (compuesta normalmente por permanganato de potasio y ácido sulfúrico), lo que tiene como efecto hacerlo más polar que el grafito sintético primario, o un grafito sintético exfoliado, que es obtenido sometiendo un grafito sintético oxidado a un tratamiento térmico, que tiene como efecto conferirle una densidad aparente muy inferior a la que presenta el grafito sintético primario.

Las partículas de grafito sintético primario están disponibles, particularmente, a través de la empresa TIMCAL.

Además, en lo que antecede y en lo que sigue, se entiende por "agente antioxidante", cualquier compuesto capaz de inhibir la oxidación de una poliamida, cualesquiera que sean, por una parte, el origen de esta oxidación (tratamiento térmico por contacto con aire, acción de la luz UV, etc.) y, por otra parte, el mecanismo de esta inhibición (inhibición radicalaria, inhibición de hidroperóxidos, etc.).

Según la invención, la poliamida es, preferentemente, una poliamida 6 como la comercializada por empresa

SOLVAY bajo la referencia Technyl® S27 BL, adaptándose particularmente este tipo de poliamida a una transformación del material compuesto mediante moldeo rotacional.

Además, el grafito sintético primario, preferentemente, un grafito sintético primario que presenta al menos una de las características siguientes:

(1) 50% en volumen de partículas (d50) de este grafito tienen un tamaño (el término "tamaño" es sinónimo en este caso de "dimensión más elevada") como máximo igual a 25 µm y un 90% en volumen de las partículas (d90) tienen un tamaño como máximo igual a 65 µm;

(2) una superficie específica (determinada mediante el método BET) comprendida entre 5 y 8 m²/g y, incluso mejor, entre 6 y 7 m²/g;

(3) un contenido en peso de carbono al menos igual a 99,9%.

Ventajosamente, el grafito sintético primario presenta dos de las características (1), (2) y (3) anteriormente citadas y, mejor incluso, estas tres características a la vez.

Este grafito es, por ejemplo, el grafito que es comercializado por la empresa TIMCAL bajo la referencia Timrex® KS75 que presenta un d90 comprendido entre 48 y 65 µm, una superficie específica BET de 6,5 m²/g y un contenido en peso de carbono superior a 99,9%.

Según la invención, el material compuesto comprende, preferentemente, un agente antioxidante, lo que significa que el porcentaje en peso de este agente en la composición es diferente a 0%.

El agente antioxidante puede ser escogido entre todos los compuestos cuya utilización ha sido propuesta para prevenir o ralentizar la oxidación de una poliamida. A este respecto, el lector podrá recurrir a la monografía "Stabilisation des Plastiques: Principes Généraux", in Techniques de l'Ingénieur, Traité Plastiques et Composites, AM 3 232, págs. 1-14, referencia [6].

No obstante, en el contexto de la invención, se prefiere que el agente antioxidante sea un estabilizante térmico, es decir, un compuesto capaz de inhibir la oxidación en caliente de una poliamida. En efecto, no solamente la presencia de un estabilizante térmico en la composición permite estabilizar esta composición durante la fabricación del material compuesto, por ejemplo, mediante extrusión, sino que permite además estabilizar el material compuesto en sí mismo durante su transformación posterior si esta transformación se realiza mediante una técnica que comprende un tratamiento térmico del material compuesto, lo que será particularmente el caso de una transformación mediante moldeo rotacional.

Como ejemplos de estabilizantes térmicos que pueden ser convenientes, se pueden citar yoduros minerales como yoduro de cobre y yoduro de potasio, compuestos fenólicos como los que se comercializan por la empresa BASF con las referencias Irganox® 245, Irganox® 1010, Irganox® 1098 e Irganox® MD 1024, o como el que se comercializa por la empresa ADDIVANT con la referencia Lowinox® 44B25, fosfitos como el que se comercializa por la empresa BASF con la referencia Irgafos® 168 y los estabilizantes de tipo aminas como los que se comercializan por la empresa CHEMTURA con la referencia Naugard® 445 y por la empresa BASF con la referencia Tinuvin® 770.

Evidentemente se puede concebir una mezcla de dos o más de estos estabilizantes térmicos.

Según la invención, el estabilizante térmico es, preferentemente, un compuesto fenólico y, incluso mejor, un compuesto fenólico con impedimento estérico como Irganox® 1098.

Además, este compuesto fenólico está presente ventajosamente en la composición con un porcentaje en peso de 5 ± 2% con respecto al peso total del material.

En función del uso al que está destinado el dispositivo de confinamiento de líquido criogénico y/o de la función que el material compuesto está destinado a desempeñar en este dispositivo (función de hermeticidad, función estructural, etc.), la composición puede comprender además uno o varios adyuvantes de tipo plastificantes, colorantes y/o pigmentos, materiales de carga antiestáticos, modificadores de choque, materiales ignífugos, etc.

Según una disposición particularmente preferida de la invención la composición comprende, en porcentajes en peso referidos al peso total de la composición:

- 75 ± 2% de una poliamida 6;

- 20 ± 2% de grafito sintético primario; y

- 5 ± 2% de un compuesto fenólico como agente antioxidante.

Según la invención, el material compuesto puede estar constituido únicamente por la composición, es decir, no comprende nada distinto a la misma. En este caso, el material compuesto puede ser obtenido particularmente mezclando los diferentes constituyentes de la composición, por ejemplo, mediante extrusión, reduciendo seguidamente la mezcla resultante a la forma de partículas, por ejemplo, mediante micronización.

En una variante, el material compuesto puede comprender además un refuerzo, en cuyo caso la composición sirve para formar una matriz en la que se encuentra este refuerzo. En este caso, el material compuesto puede ser obtenido particularmente, según la naturaleza del refuerzo, mediante extrusión (en cuyo caso se obtienen gránulos reforzados), por coextrusión (en cuyo caso se obtienen placas en un material termoplástico reforzado estampable) o incluso mediante impregnación por vía electrostática (utilizando el material en forma de polvo). El semiproducto obtenido puede ser seguidamente transformado en la pieza final a través de diferentes técnicas como inyección, compresión, moldeo y, particularmente, moldeo rotacional o incluso enrollamiento filamentosos.

De forma general, para una transformación mediante moldeo rotacional se utiliza, preferentemente, un material compuesto cuya viscosidad sea inferior a 4.000 Pa.s a la temperatura del moldeo rotacional (es decir, por ejemplo, aproximadamente 240 °C en el caso de un material compuesto basado en poliamida 6 de referencia Technyl® S27 BL de la empresa SOLVAY, siendo determinado esta viscosidad, por ejemplo, por medio de un reómetro rotatorio ARES (empresa RHEOMETRIC SCIENTIFIC) y utilizando una velocidad de rotación de 1 radian/segundo.

El refuerzo presente en el material compuesto puede ser de diferentes tipos. Así, se puede tratar particularmente de un refuerzo constituido por fibras de cuarzo, fibras de carbono, fibras de grafito, fibras de sílice, fibras metálicas como fibras de acero, fibras de aluminio o fibras de boro, fibras orgánicas como fibras de aramida, fibras de polietileno, fibras de poliéster o fibras de poli(p-fenileno-benzobisoxazol) más conocidas con las siglas PBO o incluso mezclas de estas fibras.

Además, el refuerzo se puede presentar, según la naturaleza de las fibras que lo constituyen, en forma de hilos cortados, fibras molidas, rollos de filamentos continuos, rollos de filamentos cortados, mechas (o "rovings" en inglés), tejidos, tricotados, fieltros o incluso en forma de complejos realizados mediante asociación de diferentes tipos de materiales planos.

La invención tiene también por objeto un dispositivo de confinamiento del líquido criogénico, que comprende al menos una capa de un material compuesto como se definió con anterioridad.

Según la invención, el dispositivo de confinamiento es, preferentemente, un dispositivo multicapas de las que una capa está destinada a estar en contacto con el líquido criogénico, en cuyo caso esta capa es de un material compuesto que está constituido únicamente por la composición, es decir, no comprende nada distinto a la misma.

Esta capa corresponde, por ejemplo, al liner de un depósito de oxígeno líquido para una lanzadera espacial.

Ventajosamente, el dispositivo de confinamiento comprende, además, al menos una capa de un material compuesto que comprende un refuerzo.

Esta capa corresponde, por ejemplo, a una capa destinada a desempeñar una función estructural en un depósito de oxígeno líquido para una lanzadera espacial.

Preferentemente, el dispositivo de confinamiento es un depósito criogénico y, particularmente, un depósito de oxígeno líquido, en particular para una lanzadera espacial.

Otras características y ventajas de la invención se apreciarán mejor mediante la lectura del complemento de descripción que sigue, que se refiere a un ejemplo de realización de un material compuesto según la invención y la demostración de sus propiedades.

Debe entenderse que este ejemplo solo se proporciona como ilustración del objeto de la invención y no constituye en ningún caso una limitación de este objeto.

Exposición detallada de modos de realización particulares

Se prepara un primer material compuesto según la invención, en lo que sigue material 1, mezclando:

- 80% en peso de una poliamida (Technyl® S27 BL - empresa SOLVAY); y

- 20% en peso de grafito sintético primario comercializado por la empresa TYMCAL bajo la referencia Timrex® KS75.

ES 2 647 119 T3

La mezcla se realiza mediante extrusión de dos husillos (perfil del husillo L/D= 48), a una temperatura de 240 °C y utilizando una velocidad de los husillos de 300 revoluciones por minuto.

5 Seguidamente, la materia extruida obtenida es micronizada en frío para obtener un polvo cuyas partículas presentan un diámetro medio en volumen de algunos cientos de micrómetros.

El material 1 así preparado es sometido a ensayos destinados a apreciar su compatibilidad LOX, su permeabilidad al helio, su densidad, su módulo Young en tracción a T= 123 °K, su deformación a la rotura por tracción a T=123 °K y su coeficiente de expansión térmica a T < Tg.

10 La compatibilidad LOX se determina según la norma ASTM D2512 para muestras obtenidas mediante inyección del material 1 y se presentan en la forma de discos de 18 ± 0,1 mm de diámetro y de 1,65 ± 0,05 mm de grosor.

15 La permeabilidad al helio se determina mediante un ensayo permeación al helio que se realiza por medio de un aparato que está compuesto por dos compartimentos separados por una película de material 1 de 150 µm de grosor, obtenido mediante compresión de un disco como el utilizado para determinar la compatibilidad LOX. La superficie de la película, que es sometida al ensayo de permeación, es de 3 cm². Previamente al ensayo, se efectúa una desorción en vacío del material con el fin de asegurar que las variaciones de presión en el compartimento en dirección descendente son más bajas que las debidas a la difusión del helio. Se aplica seguidamente una diferencia de presión (ΔP) de 3 bares entre los dos compartimentos y se registra el aumento de la presión P en la cámara en dirección descendente en función del tiempo, por medio de un detector de la presión (DATAMETRICS). Después de una fase transitoria, se obtiene un estado de equilibrio relativo a la evolución de la presión en función del tiempo cuya pendiente permite calcular el coeficiente de permeabilidad del helio. En ensayo se realiza a 20 °C.

25 La densidad se determina por medio de un picnómetro de helio (Accupyc® 1330 - empresa MICROMERITICS) siguiendo el procedimiento siguiente: secado de una mezcla del material en una estufa a 50 °C durante 12 horas. Enfriamiento de la muestra en un desecador, pesado de la muestra en seco, calibrado y verificación del picnómetro según las instrucciones del fabricante, medida de la densidad (5 mediciones como mínimo) y registro de la densidad así medida.

30 El módulo de Young de la tracción y la deformación de la rotura a T=123 °K se determinan basándose en las normas ISO 527-1 e ISO 527-2 (relativas a los ensayos de determinación de propiedades mecánicas y plásticas) y la norma ISO 1874-2 (relativa a las poliamidas), utilizando muestras de tipo 5A, obtenidas mediante inyección del material 1 y que presentan un grosor de 2 mm.

35 El coeficiente de expansión térmica a T < Tg se determina en muestras obtenidas por inyección de material 1 y se presentan en forma de cilindros de 6 mm de diámetro y 25 mm de grosor, por medio de un analizador termomecánico (TA modelo 2940 - empresa TA INSTRUMENTS) y utilizando los parámetros de funcionamiento siguientes: subida de temperatura de 5 °C/minuto; intervalo de temperaturas: de -150 °C a 130 °C; bajo barrido de nitrógeno; sonda de 6 mm de diámetro; carga de 0,1 N y carga previa de 0,05 N.

40 Los resultados de los ensayos se recogen en la tabla I siguiente.

Tabla I

Compatibilidad LOX (número de reacciones en 20 impactos)	0
Permeabilidad al helio (barrera)	0,45
Densidad	1,23
Módulo de Young de tracción a T = 123 °K (GPa)	4,5 ± 0,2
Deformación a la rotura en tracción a T = 123 °K (%)	4 ± 1
Coficiente de expansión térmica a T < Tg (K ⁻¹)	44·10 ⁻⁶

45 Se prepara un segundo material compuesto según la invención, en lo que sigue material 2, siguiendo un protocolo operatorio igual al descrito con anterioridad para la preparación del material 1, con la excepción de que se mezcla un 75% en peso de poliamida 6, 20% en peso de grafito sintético primario y 5% en peso de un antioxidante fenólico con impedimento estérico (Irganox® 1098 – empresa BASF).

50 El material 2 se somete también a un ensayo de compatibilidad LOX pero con muestras obtenidas mediante moldeo

rotacional y que se presentan en forma de cubos cruzados de 25 cm de lado cuyas paredes miden como media 3 mm de grosor. La compatibilidad LOX de este material es igual a la obtenida para el material 1 (ninguna reacción en 20 impactos).

- 5 Estos resultados muestran que el material compuesto según la invención presenta una compatibilidad LOX que satisface la norma ASTM D2512 (ninguna reacción en 20 impactos) independientemente de si contiene o no un agente antioxidante.

10 El material compuesto según la invención presenta además una permeabilidad al helio extremadamente baja, lo que permite considerar que será también impermeable o casi impermeable al oxígeno líquido. En efecto, es bien conocido que la permeabilidad de un elemento al helio es más elevada que permeabilidad de este elemento al oxígeno gaseoso (ya que una molécula de oxígeno, en estado gaseoso, es más voluminosa que una molécula de helio), la cual es en principio, en sí misma, más elevada que la permeabilidad de dicho elemento al oxígeno líquido. Además, es bien conocido que la permeabilidad de un elemento a los gases permanentes disminuye cuando disminuye la temperatura. El valor de la permeabilidad al helio indicada en la Tabla I se obtuvo a 20 °C, la permeabilidad al helio (y, consecuentemente, al oxígeno líquido) del material compuesto según la invención será por tanto incluso más baja a una temperatura criogénica.

20 El material compuesto según la invención presenta además propiedades mecánicas extremadamente satisfactorias.

Este material por tanto representa un material para ser elegido en la fabricación de depósitos de oxígeno líquido, particularmente para lanzaderas espaciales.

Referencias citadas

- 25 [1] Kooij et al., Proceedings of the European Conference on Spacecrafts Structures, Materials and Mechanical Testing, 29 noviembre - 1 diciembre 2000, Noordwijk, Países Bajos, págs. 187-192.
- 30 [2] Baker et al., International Conference on Green Propellant for Space Propulsion, junio 2001, Noordwijk, Países Bajos, págs. 327-334.
- [3] Scatteia et al., Proceedings of the 54th International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation, octubre 2003, Bremen, Alemania, págs. 1630-1642.
- 35 [4] Scatteia et al., 13th AIAA/CIRA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference, mayo 2005, Capua, Italia, págs. 2055-2062.
- [5] Robinson et al., 42th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference and Exhibit, abril 2001, Seattle, EE.UU., págs. 285-295.
- 40 [6] "Stabilisation des Plastiques: Principes Généraux", in Techniques de l'Ingénieur, Traité Plastiques et Composites, AM 3 232, págs. 1-14.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Utilización de un material compuesto para la fabricación de un dispositivo de confinamiento de un líquido criogénico, en la que el material compuesto es obtenido a partir de una composición que comprende, en porcentajes en peso relativos al peso total de la composición:
- de 60% a 90% de una poliamida escogida entre poliamidas 6, 6.6 y 6/6.6 y sus mezclas;
 - 10 - de 10% a 30% de un grafito sintético primario que se presenta en forma de partículas; y
 - de 0% a 10% de un agente antioxidante.
- 15 2. Utilización según la reivindicación 1, en la que la poliamida es una poliamida 6.
- 15 3. Utilización según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el grafito sintético primario presenta al menos una de las características siguientes:
- 20 (1) 50% en volumen de partículas del tienen un tamaño como máximo igual a 25 μm y un 90% en volumen de las partículas de grafito tienen un tamaño como máximo igual a 65 μm ;
 - (2) una superficie específica (determinada mediante el método BET) comprendida entre 5 y 8 m^2/g y,
 - (3) un contenido en peso de carbono al menos igual a 99,9%.
- 25 4. Utilización según la reivindicación 3, en la que el grafito sintético primario presenta dos, e incluso mejor tres de las características (1), (2) y (3).
- 30 5. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el porcentaje en peso del agente antioxidante es diferente a 0%.
- 30 6. Utilización según la reivindicación 5, en la que el agente antioxidante es un estabilizante térmico, preferentemente un compuesto fenólico.
- 35 7. Utilización según la reivindicación 6, en la que el compuesto fenólico está presente en la composición en un porcentaje en peso de $5 \pm 2\%$.
- 40 8. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la composición comprende:
- $75 \pm 2\%$ de una poliamida 6;
 - 40 - $20 \pm 2\%$ de grafito sintético primario; y
 - $5 \pm 2\%$ de un compuesto fenólico como agente antioxidante.
- 45 9. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el material compuesto está constituido únicamente por la composición.
- 50 10. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el material compuesto comprende además un refuerzo.
- 50 11. Utilización según la reivindicación 10, en la que el refuerzo se escoge entre fibras de cuarzo, fibras de carbono, fibras de grafito, fibras de sílice, fibras metálicas, fibras de aramida, fibras de polietileno, fibras de poliéster, fibras de poli(p-fenileno-benzobisoxazol) y sus mezclas.
- 55 12. Dispositivo de confinamiento de un líquido criogénico, que comprende al menos una capa de un material compuesto como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
- 60 13. Dispositivo de confinamiento según la reivindicación 12, que es un dispositivo multicapas en el que una capa está destinada a estar en contacto con el líquido criogénico y en el que la capa que está destinada a estar en contacto con el líquido criogénico es de un material compuesto como se define en la reivindicación 9.
- 60 14. Dispositivo de confinamiento según la reivindicación 13, que comprende además al menos una capa de un material compuesto como se define en la reivindicación 10.
- 65 15. Dispositivo de confinamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, que es un depósito

criogénico.

16. Dispositivo según la reivindicación 15, que es un depósito de oxígeno líquido, en particular para una lanzadera espacial.