

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 851**

51 Int. Cl.:

**F17C 1/00** (2006.01)

**F17C 1/06** (2006.01)

**F17C 3/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2010 E 10700386 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013 EP 2386042**

54 Título: **Disposición de capa de barrera para sistemas de depósito**

30 Prioridad:

**06.01.2009 DE 102009004066**

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

**16.08.2013**

73 Titular/es:

**KAEFER SCHIFFSAUSBAU GMBH (100.0%)  
Getreidestrasse 3  
28217 Bremen, DE**

72 Inventor/es:

**SENKER, NIKOLAI y  
HOLTZ, SEBASTIAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 418 851 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**

Disposición de capa de barrera para sistemas de depósito

La invención se refiere a una disposición de capa de barrera para sistemas de depósito según el preámbulo de la reivindicación principal.

- 5 Una disposición de barrera de este tipo se conoce por el documento FR 2 717 298 A1, que se considera el estado de la técnica más cercano. A continuación se prevé un recipiente estanco a los gases para el transporte y para el almacenamiento de helio licuado. Una capa del recipiente puede componerse de un material con propiedades anisotrópicas, pudiendo variarse las propiedades anisotrópicas en dirección longitudinal y dirección horizontal, lo que repercute en los coeficientes de dilatación térmica.
- 10 Para el transporte y el almacenamiento de líquidos ultracongelados, tales como por ejemplo gas natural licuado (LNG - *Liquidified Natural Gas*), se encuentran disponibles diferentes tipos de sistemas de depósito. Una variante ampliamente extendida debido al elevado volumen de carga no la representan depósitos con membrana integrada autoportantes, en los que el sistema de contención está instalado directamente sobre la estructura portante.
- 15 De manera correspondiente a los códigos vigentes, por ejemplo IGC, los sistemas de depósito con membrana integrada están contruidos a partir de al menos una capa de barrera estanca a los gases y al menos una capa aislante, en el ejemplo del código IGC se exigen dos capas de barrera estancas a los gases.
- Mediante las bajas temperaturas del material de transporte, que ascienden por ejemplo a  $-160^{\circ}\text{C}$  y menos, se produce una contracción del material de barrera. Dado que el sistema de depósito está unido firmemente con la estructura de soporte, estas contracciones se compensan mediante elementos de compensación.
- 20 Los sistemas de depósito con membrana integrada utilizados actualmente usan materiales metálicos como material de barrera y compensan las contracciones mediante la incorporación de compensadores en forma de acanaladuras. Para minimizar contracciones se conoce también el uso de aleaciones especiales, tales como por ejemplo FeNi36, cuyo coeficiente de dilatación térmica es muy bajo.
- Debido al comportamiento del material isotrópico (se dilatan o contraen de forma geoméricamente uniforme con los cambios de temperatura) son necesarias acanaladuras de compensación en varias direcciones, lo que lleva inevitablemente a que las acanaladuras se corten geoméricamente. Esto requiere elementos de cruzamiento de forma compleja o la interrupción de una acanaladura, lo que lleva a valores pico de tensión en la barrera.
- 25 A partir del documento WO 20081125248 se conoce un panel multicapa para el revestimiento de depósitos de líquido-gas con una placa aislante de material aislante del calor y un recubrimiento de obturación, en el que el recubrimiento de obturación presenta un termocompensador formado como acanaladura sin fin, por ejemplo, circular.
- 30 Resulta el objetivo de desarrollar una disposición de capa de barrera para sistemas de depósito, que presente una construcción simplificada y que permita un procedimiento de fabricación automatizado, continuo, debiendo mantenerse bajas las tensiones que aparecen mediante cambios de temperatura.
- 35 Este objetivo se consigue mediante las características de las reivindicaciones independientes. Configuraciones y perfeccionamientos ventajosos resultan con las características de las reivindicaciones dependientes.
- Se propone una disposición de capa de barrera para sistemas de depósito con membrana integrada con al menos una capa, produciéndose la capa de un material con propiedades anisotrópicas. Las propiedades anisotrópicas están ajustadas con respecto al comportamiento de dilatación térmica y también con respecto al comportamiento de elasticidad de modo que un valor de un cociente de coeficientes de dilatación térmica en una dirección secundaria y coeficientes de dilatación térmica en una dirección primaria ortogonal a la dirección secundaria así como un valor de un cociente del módulo de elasticidad en dirección primaria y módulo de elasticidad en dirección secundaria es en cada caso mayor de 1,3.
- 40 De manera especialmente preferente el cociente de los coeficientes de dilatación térmica es mayor de 4 o mayor de 20 y el cociente de los módulos de elasticidad es mayor de 2.
- 45 El material es preferentemente un material compuesto. Mediante la anisotropía del coeficiente de dilatación térmica y del módulo de elasticidad, debido a fuertes cambios de temperatura, pueden ajustarse de manera dirigida en función de la dirección las dilataciones y contracciones provocadas, y pueden incorporarse compensadores sólo en una dirección.
- 50 Las propiedades anisotrópicas del material compuesto, que puede estar formado como material compuesto de fibra, pueden definirse mediante una estructura de varias capas, dispuestas una con respecto a otra en ángulos determinados, de un material de fibra con fibras orientadas, estando previstas por ejemplo tres capas dispuestas una con respecto a otra en ángulos diferentes y encontrándose los ángulos de las capas una con respecto a otra con respecto a una dirección primaria definida entre  $-45^{\circ}$  y  $45^{\circ}$ . En el presente caso se denomina ángulo entre capas el

ángulo entre direcciones principales de fibra de las capas. En ensayos anteriores, esta construcción resultó especialmente ventajosa para la formación de propiedades anisotrópicas, siendo posible una adaptación de las condiciones dadas, por ejemplo mediante la elección de los ángulos de las capas.

5 Por un sistema de depósito con membrana integrada pueden entenderse depósitos no autoportantes, que presentan paredes que se componen de una capa delgada. Las paredes flexibles pueden sostenerse a través de una capa aislante de estructuras circundantes del barco. Además se exponen depósitos con membrana integradas al menos exclusivamente para bajas presiones de sobrepresión de por debajo de 0,07 MPa o incluso a menos de 0,025 MPa con respecto a una presión ambiental, mediante lo cual los mismos pueden producirse de forma que se ahorre material esencialmente, como depósitos de gas a alta presión.

10 En una realización ventajosa, los ángulos de las capas dispuestas una con respecto a otra con referencia a una dirección primaria definida pueden presentar los valores 0°, 33° y -33° o los valores 0°, 45° y -45°. Para estos valores la construcción en capas muestra propiedades especialmente favorables.

15 A través de la utilización de fibras con coeficientes de dilatación térmica muy bajos o negativos tales como fibras de carbono, fibras de polietileno, fibras de PBO, fibras de aramida o fibras de vidrio es posible ajustar los coeficientes de dilatación térmica de la disposición de capa de barrera en dirección primaria a un valor desde muy bajo hasta negativo. Además es posible ajustar, a través de la construcción en capas la rigidez de la disposición de capa de barrera en dirección secundaria a un valor bajo. De esta manera las contracciones debidas a la temperatura disminuidas llevan a bajas tensiones.

20 Las varias capas para la construcción de un material compuesto anisotrópico pueden estar formadas exclusivamente por un tipo de fibra, por ejemplo exclusivamente de fibras de carbono o exclusivamente de fibras de vidrio. En una realización híbrida pueden estar formadas al menos dos capas de distintos materiales de fibra. Por ejemplo puede estar formada una capa para la construcción de un material compuesto de fibra anisotrópico de fibras de carbono y al menos una capa de fibras de vidrio. Dado que las fibras de carbono presentan un coeficiente de dilatación térmica negativo, en particular en combinación con capas de fibras de vidrio, se consiguen propiedades favorables para un  
25 material compuesto de fibra anisotrópico.

De manera ventajosa, las varias capas están dispuestas simétricamente con respecto al plano central de la capa de material compuesto. De este modo se evita una generación de tensiones internas.

30 Las capas pueden estar formadas como materiales preimpregnados, que se componen de fibras sin fin, que pueden existir como tejidos, en una matriz de plástico aún no endurecida, produciéndose la matriz a partir de resina epoxídica, resina de poliéster, poliuretano u otro material adecuado. Los materiales preimpregnados dan como resultado una calidad uniforme y elevada, son ventajosos también una baja ondulación (desviación de las fibras) y un alto porcentaje de fibras. Así mismo, los materiales preimpregnados son bastante adecuados para un procesamiento a máquina y para procesos de fabricación automatizados.

35 Mediante una elección de material de refuerzo, material de relleno, material para la matriz y la construcción en capas pueden ajustarse de manera controlada los parámetros del material coeficiente de dilatación térmica y módulo de elasticidad. En la dirección primaria pueden ajustarse a un valor bajo el coeficiente de dilatación térmica y en una dirección secundaria, que están dispuesta con un ángulo de 90° con respecto a la dirección primaria, el módulo de elasticidad mediante la construcción en capas. En particular, el coeficiente de dilatación térmica y el módulo de elasticidad son relevantes para las tensiones y dilataciones que aparecen en una barrera a bajas temperaturas y  
40 pueden ajustarse de manera dirigida en función de la dirección en el caso de un plástico reforzado con fibras.

Mediante estas propiedades, la disposición de capa de barrera se contrae casi exclusivamente en dirección secundaria, lo que permite una reducción del número de compensadores de dilatación, pudiendo hacer posible también la utilización de compensadores de dilatación en exclusivamente una dirección.

45 La disposición de capa de barrera puede formarse de tal manera que la al menos una capa, que está formada de un material con propiedades anisotrópicas, sea estanca a los gases, en particular de tal manera que el material con propiedades anisotrópicas sea en sí estanco a los gases.

50 Igualmente puede producirse una estanqueidad a los gases de la disposición de capa de barrera por que la capa de material compuesto anisotrópica está unida con una capa o un forro estanco a los gases, produciéndose el forro por ejemplo a partir de aluminio o polietileno. En este caso no es obligatoriamente necesaria una estanqueidad a los gases de la capa de material compuesto anisotrópica en sí.

En una forma de realización, la al menos una capa presenta acanaladuras sólo en una dirección, por ejemplo en dirección secundaria, pudiendo estar formadas las acanaladuras en particular principal o exclusivamente para la compensación de dilataciones térmicas en una dirección.

55 Si bien en formas de realización adicionales, están dispuestas acanaladuras en ambas direcciones, sin embargo un número total de acanaladuras en una primera dirección es menor y en particular sólo la mitad que un número total de acanaladuras en una segunda dirección ortogonal a la primera dirección.

Las acanaladuras pueden estar formadas por ejemplo como acanaladuras rectas, pudiendo ser sin embargo, de manera ventajosa, también otras formas.

5 La capa de material compuesto anisotrópica presenta una relación, dependiente de los ángulos de las capas y del material de las fibras y de la matriz, del coeficiente de dilatación térmica en dirección secundaria con respecto al de en dirección primaria de mayor de 2 y en el caso de coeficiente de dilatación negativo de inferior a -9, así como una relación del módulo de elasticidad en dirección primaria con respecto al de en dirección secundaria entre 1,5 y 15. En formas de realización alternativas, la relación del coeficiente de dilatación térmica en dirección secundaria con respecto al de en dirección primaria puede ser mayor de 3 o mayor de 5. Además, la relación del módulo de elasticidad en dirección primaria con respecto al de en dirección secundaria puede ser en particular mayor de 2 o 3.

10 La barrera de acuerdo con la invención compuesta por al menos una capa de material compuesto anisotrópica permite, debido al bajo coeficiente de dilatación térmica, una reducción del número o una renuncia a compensadores en dirección primaria, de lo que resulta una simplificación clara del sistema.

La capa de material compuesto anisotrópica puede producirse en un procedimiento de fabricación automatizado, continuo, con alta calidad y ahorrando tiempo y costes.

15 En algunas formas de realización, el material con propiedades anisotrópicas está formado como un material compacto, es decir, sin inclusiones de gases y/o líquidos. Mediante una configuración de este tipo son posibles membranas especialmente delgadas. Además, las propiedades anisotrópicas de materiales compactos pueden ajustarse mejor que las de materiales espumados, dado que en el caso de materiales espumados se generan irregularidades de fabricación adicionales mediante una magnitud variable en cierta medida de los huecos contenidos en el material espumado.

20 En formas de realización adicionales, el material anisotrópico otros aditivos o materiales de relleno para la modificación de propiedades. Por ejemplo pueden añadirse aditivos inhibidores de la llama o pigmentos.

25 En una forma de realización adicional, el valor del coeficiente de dilatación térmica del material anisotrópico en una dirección, en la que el valor del coeficiente de dilatación térmica es mínimo, es menor de  $10^{-5}/K$ , de manera ventajosa menor de  $8 \times 10^{-6}/K$  y especialmente de manera ventajosa menor de  $4 \times 10^{-6}/K$ .

Mediante la minimización o la pérdida del acoplamiento debido al cruzamiento de compensadores de dos direcciones del sistema, es posible una adaptación variable del sistema de depósito en el lugar de aplicación.

30 La construcción simplificada es adecuada para una utilización general en instalaciones de bajas temperaturas tales como depósitos de transporte y de almacenamiento, por ejemplo contenedores cisterna, tanques de gas licuado en barcos e instalaciones en el mar así como para tanques en tierra. A este respecto los recipientes pueden presentar diferentes formas, pueden estar formados por ejemplo en forma de prisma, de cilindro o de esfera o pueden estar compuestos por varias formas.

35 Además de la disposición de capa de barrera, la invención se refiere también a un sistema de depósito con membrana integrada para el alojamiento de líquidos ultracongelados con una capa aislante y una disposición de capa de barrera del tipo descrito.

Respectivamente, en una forma de realización, el sistema de depósito con membrana integrada presenta un volumen de al menos  $1000 \text{ m}^3$ ,  $10000 \text{ m}^3$  o  $50000 \text{ m}^3$ .

40 En una forma de realización adicional el sistema de depósito con membrana integrada puede cargarse hasta como máximo 0,07 MPa o incluso sólo hasta 0,025 MPa de sobrepresión y por lo tanto, no está formado para el almacenamiento de gas comprimido.

Un ejemplo de realización de la invención está representado en un dibujo y se explica en detalle a continuación.

Muestran:

45 La figura 1 esquemáticamente una capa de barrera (a la izquierda) con una definición de dirección primaria y dirección secundaria y una representación esquemática de capas dispuestas en un ángulo de  $0^\circ$ ,  $33^\circ$  y  $-33^\circ$  de un material de fibra y

La figura 2 un ejemplo de realización de una construcción de capa de barrera de acuerdo con la invención con disposición de material compuesto y acanaladuras de compensación.

La figura 3 representación de la dependencia de la dirección del módulo E (a la izquierda) y del coeficiente de dilatación térmica (a la derecha).

50 En la figura 1 está representada esquemáticamente una capa de barrera 1, que está formada como material compuesto anisótropo o plástico reforzado con fibras de manera anisotrópica. Esto significa que el material compuesto presenta propiedades dependientes de la dirección, que se dan por los parámetros del material, en

particular los coeficientes de dilatación térmica  $\alpha_{\Delta T}$  y la rigidez indicada por el módulo de elasticidad. Estos dos parámetros son relevantes para las tensiones y dilataciones que aparecen en la capa de barrera a baja temperatura.

5 El material compuesto de la capa de barrera se compone de fibras orientadas e incluidas en una matriz. Para que la contracción de la capa de barrera aparezca esencialmente sólo en una dirección, que en la figura 1 se denomina con dirección secundaria 2, el coeficiente de dilatación térmica  $\alpha_{\Delta T}$ , en una dirección primaria 3 que se encuentra en perpendicular a una capa secundaria 2, por un lado debe ser tan bajo como sea posible, y también la rigidez en dirección secundaria 2 debería presentar un valor bajo.

La dilatación térmica de la capa de barrera 1 se ve influida entre otras cosas por la elección de las fibras y la rigidez por la construcción de la capa de barrera.

10 Las fibras orientadas de la capa de barrera 1 o del material compuesto están dispuestas en capas diferentes a lo largo del grosor de la capa, presentando las capas una con respecto a otra ángulos diferentes. En la figura 1 a la derecha están representadas a modo de ejemplo tres capas 4, 5 y 6, que están dispuestas una sobre otra y que presentan en cada caso un ángulo de  $0^\circ$ ,  $33^\circ$  y  $-33^\circ$  con respecto a la dirección primaria.

15 Para el material de refuerzo, que puede ser por ejemplo un material de fibra, se usan fibras de carbono, fibras de polietileno, fibras de aramida, fibras de PBO o fibras de vidrio o un material adecuado adicional, mientras que la producción de la matriz se realiza por ejemplo a partir de resina epoxídica, resina de poliéster, poliuretano o un material adecuado adicional.

20 Las fibras o las capas de fibra 4, 5 y 6 pueden estar formadas exclusivamente por un material de fibra, por ejemplo fibras de carbono o fibras de vidrio. En realizaciones híbridas, el material de fibra también puede estar mezclado, por ejemplo para una primera capa se usan fibras de carbono y para otras capas se usan fibras de vidrio.

La capa de material compuesto anisotrópica es estanca a los gases debido a los materiales seleccionados. Puede combinarse con otras capas adicionales, por ejemplo puede estar unida con una capa o un forro estanco a los gases. Para la producción de la capa de material compuesto de fibra y capa de barrera 1, las capas de fibra pueden disponerse una sobre otra en ángulos dados y embeberse y endurecerse con la matriz.

25 Además, las capas pueden estar formadas también como materiales preimpregnados, en los que fibras sin fin, que pueden existir también como tejidos, están incluidas en una matriz de plástico aún no endurecida, disponiéndose los materiales preimpregnados uno sobre otro en ángulo y uniéndose entre sí mediante aporte de calor y de presión.

30 En la figura 2 se representa un ejemplo de realización de la capa de barrera 1, que presenta una construcción, que se describió en relación con la figura 1, encontrándose una junto a otra en dirección secundaria 2 varias acanaladuras como compensadores 7, que están orientadas en dirección primaria 3.

35 Si la capa de barrera 1 como pared de un depósito para líquidos ultracongelados se enfría mediante el llenado de este depósito hasta una temperatura en el intervalo de  $-160^\circ\text{C}$  o más baja, el material compuesto de fibra anisotrópico provoca, mediante un alto módulo de elasticidad y un coeficiente de dilatación térmica muy bajo en dirección primaria 3 y, al mismo tiempo, un bajo módulo de elasticidad y altos coeficientes de dilatación térmica en la dirección secundaria 2 dispuesta en un ángulo de  $90^\circ$  con respecto a la dirección primaria 3, una contracción 8 debida a la temperatura, que sólo se produce en dirección secundaria 2 y está representada mediante la línea discontinua en la figura 2.

40 La contracción 8 que aparece sólo en dirección secundaria 2 se compensa mediante una dilatación 9 de las acanaladuras de compensación 7 y la capa de barrera 6 no presenta ningún valor pico de tensión provocado por acanaladuras que se cortan en el caso de un material compuesto de fibra isotrópico.

45 A continuación se indican distintos ejemplos del estado de la técnica y de la invención, que se exponen en la tabla 1. En la misma designan UD: unidireccional, híbrido: fibras de carbono y fibras de vidrio, C: fibras de carbono, G: fibras de vidrio y CLT: Teoría Clásica de Laminación. El subíndice s indicado en cada caso para los ángulos entre paréntesis de las capas de fibra de la estructura de material laminado significa que los materiales laminados están contruidos con simetría especular para evitar alabeos. [0/45/- 45/90]s representa correspondientemente [0/45/- 45/90/90/-45/45/0], es decir, ocho capas.

Tabla 1

Material		Coeficiente de dilatación térmica [ $10^{-6}/K$ ]				Módulo E [MPa]				
		Determinado experimentalmente		Calculado según CLT		Calculado según CLT				
	Material de fibra	Construcción de material laminado	Primario (0°)	Secundario (90°)	Primario (0°)	Secundario (90°)	Primario (0°)	Secundario (90°)	Primario (0°)	Secundario (90°)
Casi isotrópico	Vidrio	[0 <sub>G</sub> ,45 <sub>G</sub> ,-45 <sub>G</sub> ,90 <sub>G</sub> ] <sub>s</sub>	11,0	11,00	11,79	11,79	23711	23711	23711	23711
	Carbono	[0 <sub>C</sub> ,45 <sub>C</sub> ,-45 <sub>C</sub> ,90 <sub>C</sub> ] <sub>s</sub>	2,58	2,58	2,66	2,66	54335	54335	54335	54335
Anisotrópico	Vidrio	[0 <sub>G</sub> ,45 <sub>G</sub> ,-45 <sub>G</sub> ] <sub>s</sub>	8,03	11,76	8,79	17,35	26102	16785	26102	16785
		[0 <sub>G</sub> ,33 <sub>G</sub> ,-33 <sub>G</sub> ] <sub>s</sub>	6,87	16,01	7,05	25,87	31260	14005	31260	14005
	Híbrido	[0 <sub>C</sub> ,45 <sub>G</sub> ,-45 <sub>G</sub> ] <sub>s</sub>	2,63	13,76	2,36	19,86	57647	16674	57647	16674
		[0 <sub>C</sub> ,33 <sub>G</sub> ,-33 <sub>G</sub> ] <sub>s</sub>	2,54	17,96	1,89	25,14	62776	13566	62776	13566
	Carbono	[0 <sub>C</sub> ,45 <sub>C</sub> ,-45 <sub>C</sub> ] <sub>s</sub>	-	-	0,09	6,74	60476	26015	60476	26015
		[0 <sub>C</sub> ,33 <sub>C</sub> ,-33 <sub>C</sub> ] <sub>s</sub>	-	-	-1,64	15,17	76920	14612	76920	14612
UD	Vidrio	[0 <sub>G</sub> ,0 <sub>G</sub> ,0 <sub>G</sub> ]	6,21	17,49	7,36	31,76	44480	13219	44480	13219
	Carbono	[0 <sub>C</sub> ,0 <sub>C</sub> ,0 <sub>C</sub> ]	0,25	25,11	0,25	31,54	139280	9560	139280	9560

UD	Unidireccional
Híbrido	Fibras de carbono y de vidrio
C	Fibras de carbono
G	Fibras de vidrio
CLT	Teoría Clásica de Laminación

- 5 Tal como se desprende de la tabla 1, para una construcción casi isotrópica con ocho capas, que están dispuestas una sobre otra en los ángulos  $[0^\circ, 45^\circ, -45^\circ, 90^\circ]$ s, con el uso de fibras de vidrio según la Teoría Clásica de Laminación (CLT), resultan los valores  $11,79 \times 10^{-6}/K$  para el coeficiente de dilatación térmica  $\alpha_{\Delta T}$  y 23711 MPa para el módulo de elasticidad (módulo E). El uso de fibras de carbono lleva, según CLT a los valores  $2,66 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 54335 MPa para el módulo E.
- 10 Para una construcción unidireccional, en la que tres capas están dispuestas una sobre otra exclusivamente en dirección primaria 3, según CLT, para fibras de vidrio en dirección primaria 3, resultan los valores  $7,36 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 44480 MPa para el módulo E y en dirección secundaria 2 los valores  $31,76 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 13219 MPa para el módulo E. Para fibras de carbono, en el caso de esta disposición en dirección primaria 3 resultan los valores  $0,25 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 139280 MPa para el módulo E y en dirección secundaria 2 los valores  $31,54 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 9560 MPa para el módulo E.
- 15 Una construcción anisotrópica con seis capas dispuestas una sobre otra en los ángulos  $[0^\circ, 45^\circ, -45^\circ]$ s, según CLT, para fibras de vidrio en dirección primaria 3 da como resultado los valores  $8,79 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 26102 MPa para el módulo E y en dirección secundaria 2  $17,35 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 16785 MPa para el módulo E. Para fibras de carbono, en el caso de esta disposición en dirección primaria 3 resultan los valores  $0,09 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 60467 MPa para el módulo E y en dirección secundaria 2 los valores  $6,74 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 26015 MPa para el módulo E.
- 20 Para una construcción anisotrópica con seis capas dispuestas una sobre otra en los ángulos  $[0^\circ, 33^\circ, -33^\circ]$ s, según CLT, para fibras de vidrio en dirección primaria 3 resultan los valores  $7,05 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 31260 MPa para el módulo E y en dirección secundaria 2 los valores  $25,87 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 14005 MPa para el módulo E. Para fibras de carbono, en el caso de esta disposición, resultan los valores  $-1,64 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 76920 MPa para el módulo E en dirección primaria 3 y en dirección secundaria 2 los valores  $15,17 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 14612 MPa para el módulo E.
- 25 En el caso de una construcción híbrida anisotrópica con seis capas dispuestas una sobre otra en los ángulos  $[0^\circ, 45^\circ, -45^\circ]$ s, de las que la capa en dirección primaria 3 ( $0^\circ$ ) está formada por fibras de carbono y las capas con los ángulos  $45^\circ$  y  $-45^\circ$  están formadas por fibras de vidrio, según CLT, en dirección primaria 3 resultan los valores  $2,36 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 57647 MPa para el módulo E y en dirección secundaria 2 los valores  $19,86 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 16674 MPa para el módulo E. Para una disposición en los ángulos  $0^\circ, 33^\circ$  y  $-33^\circ$ , para la construcción híbrida, según CLT, en dirección primaria 3, resultan los valores  $1,89 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 62776 MPa para el módulo E y en dirección secundaria 2 los valores  $25,14 \times 10^{-6}/K$  para  $\alpha_{\Delta T}$  y 13556 MPa para el módulo E.
- 30 El coeficiente de dilatación térmica más bajo en dirección primaria se consigue con una disposición de capas a  $[33^\circ/-33^\circ]$ s. Una capa a  $0^\circ$  aumenta la resistencia en dirección primaria 3.
- 35 Mientras que una construcción en capas casi isotrópica para presenta valores idénticos módulo de elasticidad y coeficiente de dilatación térmica en dirección primaria 3 y en dirección secundaria 2, un valor de un cociente de coeficiente de dilatación térmica en dirección secundaria dividido entre los coeficientes de dilatación térmica en dirección primaria puede ajustarse a un valor mayor de 2 mediante la elección de los materiales y ángulos para las capas. En el caso de un cociente negativo, el valor del cociente es preferentemente mayor de 5 y de manera especialmente preferente mayor de 10.
- 40 El valor de un cociente de módulo E en dirección primaria dividido entre el módulo E en dirección secundaria puede ajustarse entre 1,5 y 15 mediante la elección de los materiales y ángulos para las capas.
- 45 En las figuras anteriores se muestran respectivamente sólo secciones de una capa de barrera. Una capa de barrera completa puede producirse en formas prácticamente aleatorias. Por ejemplo, la capa de barrera puede estar formada de manera adecuada para formas esféricas, de prisma o cilíndricas. Igualmente son posibles formas compuestas.
- 50 En la figura 3 están representados el módulo de elasticidad (a la izquierda) y el coeficiente de dilatación térmica (a la derecha) en función de la dirección. Una distancia 10 de un punto 11 sobre la elipse 12 corresponde al módulo E en la dirección correspondiente. De igual modo, el coeficiente de dilatación térmica está representado en la parte derecha de la figura. Como puede reconocerse, el módulo E en dirección secundaria 2 es claramente menor que en dirección primaria 3 y el coeficiente de dilatación térmica en dirección primaria 3 es claramente menor que en dirección secundaria 2.

## REIVINDICACIONES

1. Disposición de capa de barrera con propiedades de estanqueidad a los gases para recipientes para el transporte y para el almacenamiento de gases licuados con al menos una capa, componiéndose la capa de un material con propiedades anisotrópicas y estando ajustadas las propiedades anisotrópicas con respecto al comportamiento de dilatación térmica de modo que un valor de la relación de coeficiente de dilatación térmica en dirección secundaria con respecto al coeficiente de dilatación térmica en una dirección primaria ortogonal a la dirección secundaria asciende al menos a 1,3, **caracterizada porque** las propiedades anisotrópicas con respecto al comportamiento de elasticidad están ajustadas de modo que un valor de la relación del módulo de elasticidad en dirección primaria con respecto al módulo de elasticidad en dirección secundaria es al menos 1,3.
2. Disposición de capa de barrera de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** el valor de la relación del módulo de elasticidad en dirección primaria con respecto al módulo de elasticidad en dirección secundaria es al menos 2 y/o porque el valor de la relación del coeficiente de dilatación térmica en dirección secundaria con respecto al coeficiente de dilatación térmica en dirección primaria es al menos 4 y preferentemente es al menos 20.
3. Disposición de capa de barrera de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** el material es un material compuesto, estando formado el material compuesto preferentemente como material compuesto de fibra.
4. Disposición de capa de barrera de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** las propiedades anisotrópicas de la capa formada como material compuesto pueden ajustarse mediante una elección de material de fibra y/o material para una matriz que incluye las fibras y/o material de relleno y/o mediante una construcción del material compuesto.
5. Disposición de capa de barrera de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** las propiedades anisotrópicas del material de la capa formado como material compuesto pueden ajustarse mediante una estructura de varias capas dispuestas una con respecto a otra en ángulos determinados de un material de fibra con fibras orientadas, encontrándose preferentemente los ángulos de las capas una con respecto a otra con respecto a la dirección primaria definida entre  $-45^\circ$  y  $45^\circ$ .
6. Disposición de capa de barrera de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada porque** los ángulos de las capas dispuestas una con respecto a otra con referencia a la dirección primaria definida presentan los valores  $0^\circ$ ,  $33^\circ$  y  $-33^\circ$  o los valores  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $-45^\circ$ .
7. Disposición de capa de barrera de acuerdo con la reivindicación 3 a 6, **caracterizada porque** las fibras de la capa formada como material compuesto son fibras de carbono, fibras de aramida, fibras de polietileno, fibras de PBO o fibras de vidrio.
8. Disposición de capa de barrera de acuerdo con la reivindicación 3 a 7, **caracterizada porque** las varias capas para la construcción de un material compuesto anisotrópico están formadas exclusivamente por un tipo de fibra, o como material híbrido por varios tipos de fibra.
9. Disposición de capa de barrera de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** las varias capas están dispuestas simétricamente con respecto al plano central de la capa formada como material compuesto.
10. Disposición de capa de barrera de acuerdo con la reivindicación 3 a 9, **caracterizada porque** el material para la matriz que incluye las fibras o capas es preferentemente resina epoxídica, resina de poliéster o poliuretano.
11. Disposición de capa de barrera de acuerdo con la reivindicación 1 a 10, **caracterizada porque** la capa anisotrópica está unida con al menos una capa estanca a los gases o al menos un forro.
12. Disposición de capa de barrera de acuerdo con la reivindicación 1 a 11, **caracterizada porque** la capa anisotrópica sólo en una dirección presenta compensadores, tales como acanaladuras, para la compensación de solicitaciones físicas.
13. Disposición de capa de barrera de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada porque** el material con propiedades anisotrópicas está formado como un material compacto.
14. Disposición de capa de barrera de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada porque** el valor del coeficiente de dilatación térmica del material anisotrópico en una dirección, en la que el valor del coeficiente de dilatación térmica es mínimo, asciende a menos de  $10^{-5}/K$ , de manera ventajosa a menos de  $8 \times 10^{-6}/K$  y especialmente de manera ventajosa a menos de  $4 \times 10^{-6}/K$ .
15. Depósito con membrana integrada para el alojamiento de líquidos ultracongelados con una capa aislante y una disposición de capa de barrera de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14.

Fig. 1

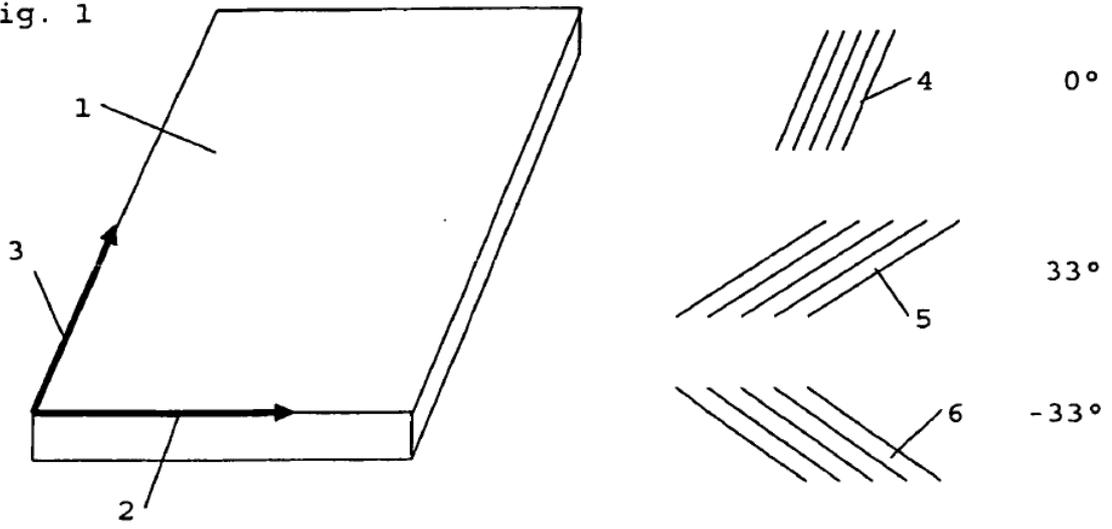
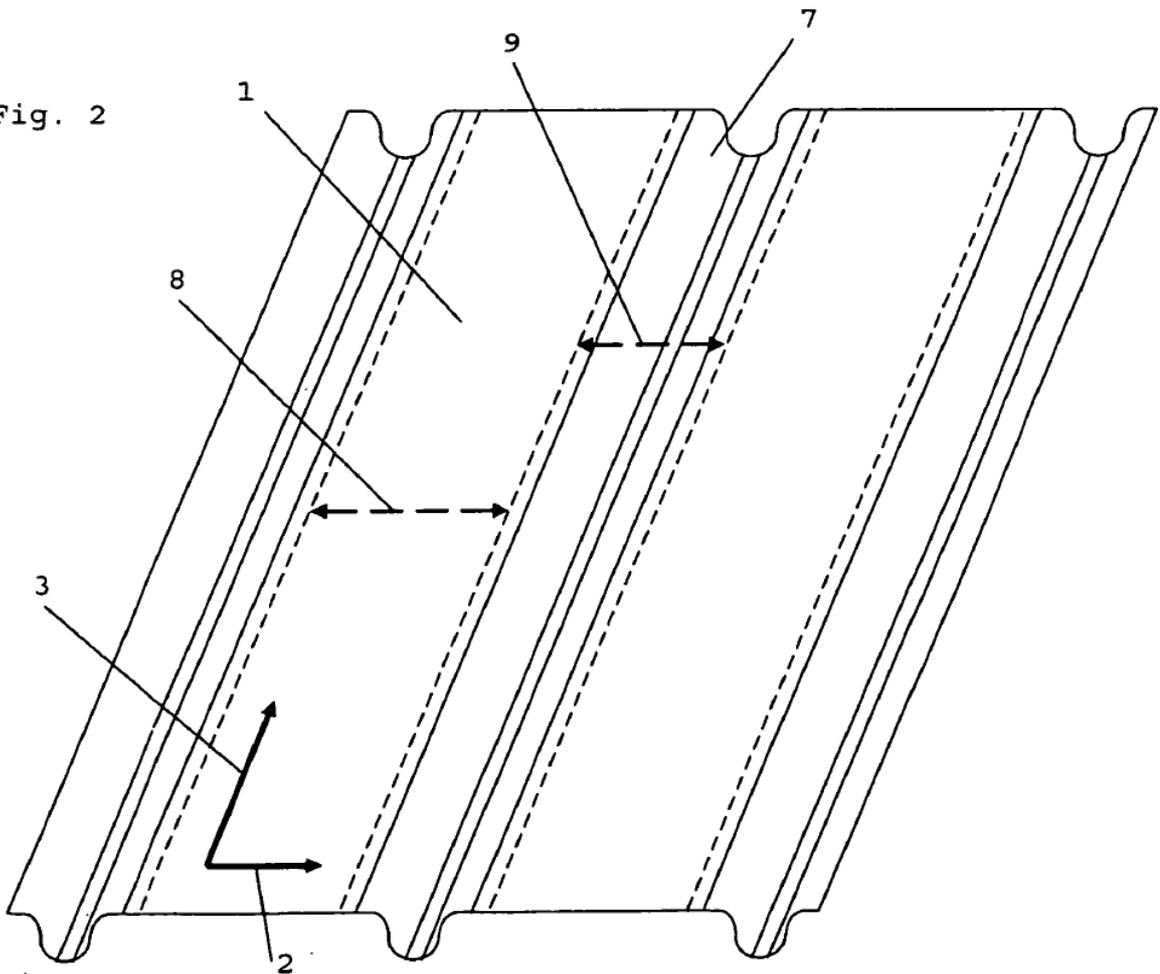


Fig. 2



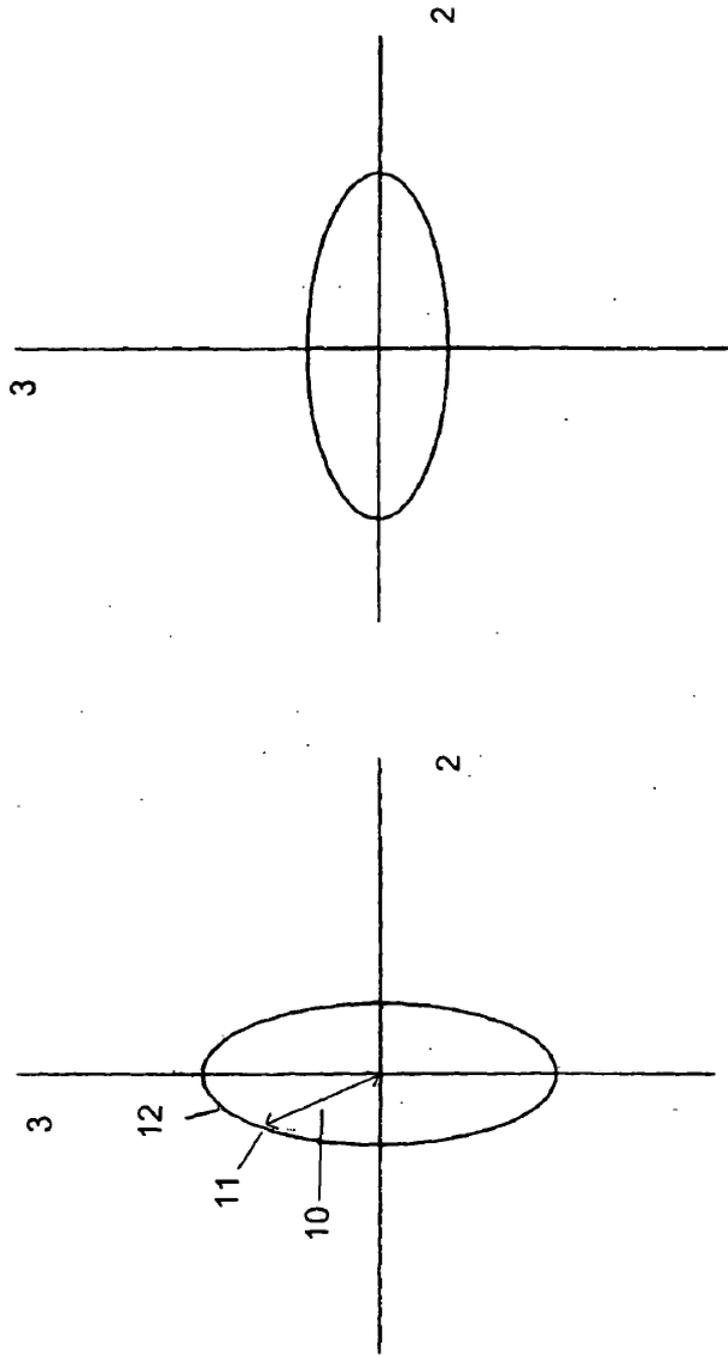


Fig. 3