

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 578**

51 Int. Cl.:

**F17C 1/14** (2006.01)

**F17C 1/16** (2006.01)

**F17C 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.06.2012 PCT/EP2012/061712**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12175498**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2012 E 12735481 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2724073**

54 Título: **Depósito a presión para la recepción y el almacenamiento de fluidos criógenos**

30 Prioridad:

**22.06.2011 DE 102011105426**

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

**24.03.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RADTKE, WULF**

74 Agente/Representante:

**LAHIDALGA DE CAREAGA, José Luis**

ES 2 606 578 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Depósito a presión para la recepción y el almacenamiento de fluidos criógenos, especialmente de líquidos criógenos, y procedimiento para su fabricación así como para su empleo

- 5 La invención se refiere a un depósito a presión para la recepción y el almacenamiento de fluidos criógenos, especialmente de líquidos criógenos, y procedimiento para su fabricación así como para su empleo.

Estos depósitos a presión para el almacenamiento de líquidos criógenos, especialmente de hidrógeno líquido (LH<sub>2</sub>), que por su eficiencia energética y compatibilidad ambiental sirven de combustible, son generalmente conocidos. Dichos depósitos a presión se componen de un depósito metálico que constituye un liner y de una armadura de plástico reforzado con fibras dispuesta sobre el liner. Los depósitos a presión o tanques de este tipo se pueden emplear en todos los sectores de la automoción, tales como navegación aérea y espacial, construcción de buques y barcos y, especialmente, en la industria del automóvil.

10 El hidrógeno líquido (LH<sub>2</sub>) pasa a una temperatura de unos 20 K (- 253 °C) y a presión ambiente a su estado gaseoso, por lo que no se puede almacenar a temperatura ambiente. Para permitir un almacenamiento con una densidad de almacenamiento elevada en la fase líquida y/o gaseosa, el hidrógeno se almacena a temperaturas de ultracongelación (criógenas) y a una presión lo más alta posible hasta entrar en la zona de presiones supercríticas, o a temperaturas de hasta aproximadamente + 100 °C, igualmente a presión elevada. Por consiguiente, el material del depósito tiene que presentar una resistencia al hidrógeno (a presión) y una ductilidad en frío lo más alta posible. Debido al campo de aplicación el depósito a presión o tanque debe ser además extremadamente ligero.

15 Los liners de depósitos a presión de acero totalmente austenítico empleados hasta ahora en la práctica poseen todos una zona elástica escasa calculada según Hocke a partir de la relación entre límite de elasticidad y módulo E. Sin embargo, una zona elástica menor significa a su vez que, para la limitación de la carga en funcionamiento del liner a la zona elástica (con el fin de evitar una fatiga rápida (low cycle fatigue)) bajo el efecto de los ciclos de presión y temperatura, se tiene que emplear una armadura de plástico reforzado con fibras más fuerte, posiblemente también en combinación con una solidificación intermedia adicional para evitar "cabello de ángel". Esto da lugar a un aumento del peso de los depósitos a presión y además a una ampliación del volumen no aprovechable, resultando la fabricación de los depósitos a presión, por lo tanto, realmente costosa.

20 Para incrementar la resistencia mecánica de los depósitos a presión de aceros austeníticos, se propone en los documentos DE 37 26 960 A1 y EP 0 243 663 B1 una crioconformación de un depósito bruto fabricado de una aleación de acero austenítico. No obstante, una crioconformación como ésta presenta el inconveniente considerable de que se forma martensita en la estructura básica austenítica. Bajo los efectos del hidrógeno y de la temperatura criógena reinante, la martensita provoca fragilidad, por lo que no conviene.

25 En los documentos WO 00/57102 A1, US 3,843,010 A y EP 2 163 325 A2 se describen depósitos a presión genéricos creados por un depósito metálico que forma un liner y por una armadura de plástico reforzado con fibras dispuesta sobre el liner. El material del liner es aluminio o una aleación de acero fino con un determinado contenido de carbono, manganeso y/o silicio.

30 Por consiguiente, la presente invención tiene por objeto proporcionar un depósito a presión para la recepción y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criógenos, con el que se puedan evitar los inconvenientes antes citados, que tenga una construcción especialmente sencilla y al mismo tiempo compacta, estable y muy ligera, que presente una zona elástica más amplia y una elevada tolerancia frente al hidrógeno (a presión), que sirva para las temperaturas requeridas y permita una fabricación realmente económica, así como un procedimiento para su fabricación y utilización.

Esta tarea se resuelve de manera sorprendentemente sencilla, gracias a las características de la reivindicación 1.

35 Como consecuencia de la configuración del depósito a presión según la invención para la recepción y el almacenamiento de fluidos criógenos, especialmente de líquidos criógenos, compuesto por un depósito metálico que forma un liner y por una armadura de plástico reforzado con fibras dispuesta en el liner, estando el liner formado por una aleación metálica no magnética con una estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica y estirándose o endureciéndose el mismo en frío, para la ampliación o el aumento de la zona elástica y/o para el aumento del límite de elasticidad antes de la aplicación de la armadura de plástico reforzado con fibras en un porcentaje de hasta un 25 %, especialmente de menos del 15 %, se consigue una construcción especialmente sencilla y al mismo tiempo compacta y estable del depósito a presión con un peso relativamente bajo. El depósito a presión presenta a la vez una zona elástica ampliada francamente alta. Por una parte, en los liners de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica aumenta de por sí considerablemente al bajar la temperatura, por lo que a la temperatura criógena la zona elástica de los liners de aleaciones de aluminio se alcanza o incluso se rebasa, incluso cuando la zona elástica de los primeros a temperatura ambiente es claramente inferior a la de los últimos en un orden aproximado del 50 %. Por otra parte, a través de la propia solidificación en frío se puede lograr un aumento del límite de elasticidad con un módulo E constante, de cuyo cociente resulta una zona elástica aumentada como ésta. En los liners de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla, centrada cúbica totalmente austenítica, la tendencia a una ampliación de la

- zona elástica bajo conformación en frío es extraordinaria. En comparación con los liners de aleaciones de aluminio, el coeficiente de la ampliación de la zona elástica por conformación (estirado) se duplica o incluso se triplica. Como consecuencia resulta que, en los liners de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla, centrada cúbica totalmente austenítica, una conformación en frío ya provoca con un grado de conformación reducido un aumento considerable de la zona elástica. Sin embargo, en realidad el estirado en frío incluso conduce a un descenso del módulo E, con lo que se produce adicionalmente un efecto que influye de manera doblemente positiva en el aumento del cociente. Con todo ello se puede garantizar una elevada tolerancia de hidrógeno (a presión) y limitar o evitar de forma fiable una fragilidad de temperatura. La fabricación del depósito según la invención resulta en definitiva sencilla, poco laboriosa y francamente económica.
- 5 De acuerdo con la invención el liner se compone de una aleación de metal 1.3914, 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964, 1.3965, 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 ó 27-7 Mo.
- De entre estas aleaciones metálicas destaca especialmente la aleación metálica 1.3974 debido a su contenido de nitrógeno en comparación elevado que, por una parte, conduce a un incremento extraordinario de la resistencia por conformación en frío y, por otra parte, aprovecha un retraso en lo que se refiere a la eliminación de las fases frágiles, lo que facilita a su vez la soldabilidad. Un comportamiento de solidificación igualmente elevada como función de un grado de conformación en frío muestra la aleación metálica 1.3914, probablemente por una composición química similar.
- 15 Un depósito a presión según la invención se caracteriza, por lo tanto, por una pluralidad de ventajas. Incluso después de una conformación en frío, el liner sigue siendo de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica. Ventajosamente se aprovechan, antes de la conformación en frío, el elevado límite de elasticidad inicial de la aleación metálica no magnética con estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica y su tendencia claramente fuerte a la solidificación en frío. Con una conformación en frío adicional se puede conseguir sin dificultades un alto límite de elasticidad  $R_{p0.2}$  de al menos 800 MPa o más. Un alto límite de elasticidad  $R_{p0.2}$  tiene a su vez un efecto ventajoso sobre una zona elástica  $\epsilon$  lo más elevada posible según Hocke ( $\epsilon = R_{p0.2}/E$ ). La conformación en frío puede provocar al mismo tiempo una reducción del módulo, lo que también resulta ventajoso para la ampliación de la zona elástica.
- 20 Otros detalles ventajosos del depósito según la invención se describen en las reivindicaciones 1 a 9.
- Una importancia especial tienen las medidas constructivas de la reivindicación 2, según las cuales el liner se compone de un acero de submarino. En el caso del acero de submarino como material previsto para el liner se trata de una austenita maciza, es decir, de un acero con estructura de rejilla totalmente austenítica, apta para el empleo a temperaturas criógenas, que presenta una buena tolerancia frente al hidrógeno (a presión) y que en sus propiedades de material, experimenta como consecuencia del estirado en frío una ampliación de la zona elástica y adquiere, por consiguiente, una zona elástica mayor como función del grado de estirado.
- 30 De acuerdo con las características de la reivindicación 3, el liner de al menos dos piezas individuales a soldar se ensambla en un depósito metálico.
- En el marco de la invención se considera además que el liner según la reivindicación 4 se solidifique en frío de forma parcial o completa, es decir, localmente o en su totalidad.
- Para un aumento aún mayor del límite de elasticidad inicial, las medidas según la reivindicación 5 resultan de especial interés. De acuerdo con las mismas, el liner se somete de forma parcial o completa, es decir, sólo localmente o en su totalidad, antes de la aplicación de la armadura de plástico reforzado con fibras, preferiblemente después de la soldadura y muy preferiblemente todavía antes del estirado en frío, a un tratamiento de nitruración mediante nitrógeno o amoníaco. Con estas medidas técnicas de aleación se puede aumentar adicionalmente el contenido de nitrógeno, que a su vez se puede incrementar por medio de elevados contenidos de cromo y manganeso, en su caso también mediante la adición de niobio y, por consiguiente, la zona elástica, así como el límite de elasticidad del liner. La solubilidad de nitrógeno en aceros totalmente austeníticos se puede elevar especialmente también con ayuda de los elementos de aleación níquel, vanadio y molibdeno. En caso de utilización de níquel, se prefiere un porcentaje de al menos un 13 % para garantizar el estado totalmente austenítico. La solidificación en frío según la invención es tanto más eficaz, cuando más elevado es el contenido de nitrógeno en el material o en la aleación metálica del liner.
- 40 En este sentido resulta especialmente ventajoso que el liner según la reivindicación 6 se trate por medio de nitrógeno o amoníaco, especialmente de forma parcial o por completo, a una temperatura superior a unos 1.000 °C, en especial en una gama de temperaturas de entre 1.000 y unos 1.200 °C. Por lo tanto, la nitruración se produce a la temperatura del recocido de disolución del material del liner. Como consecuencia, el nitrógeno se puede disolver por completo. Además se puede evitar la formación de fases frágiles como la fase Sigma, la fase Chi o la fase de nitruro de cromo y, a la vez, la formación de nitruros de efecto fragilizante que se produce a temperaturas de nitruración por debajo de los 1.050 °C, aproximadamente. Por otra parte, la velocidad de difusión a temperaturas de más de 1.050 °C es tan grande que, con grosores de pared típicos del liner de aprox. 1,0 mm, es posible una "aleación" con nitrógeno en tiempos comercialmente razonables.
- 50 De acuerdo con la reivindicación 7, el liner se enfría después del tratamiento de nitruración ventajosamente de forma brusca por medio de un enfriamiento rápido a alta presión, especialmente con nitrógeno o argón. Gracias a un
- 60

enfriamiento lo suficientemente rápido de la temperatura de recocido de disolución, el nitrógeno aportado se puede mantener en estado disuelto.

De acuerdo con la invención, el líner según la reivindicación 8 se somete, antes del estirado en frío, a un recocido de disolución parcial o completo, es decir, solamente local o en su totalidad.

5 De acuerdo con la reivindicación 9 se prevé, según la invención, que el líner se temple en parte o por completo, es decir, solamente de forma local o en su totalidad, después del estirado en frío. El templado conduce, además de reducir las tensiones propias, a un incremento adicional del límite de elasticidad y a la ampliación de la zona elástica, por una parte y, viceversa, a la reducción del grado de estirado necesario.

10 En el aspecto técnico de procedimiento, esta tarea se resuelve además de manera sorprendentemente sencilla gracias a las características de la reivindicación 10.

Se ha podido comprobar que el diseño del procedimiento según la invención para la fabricación de un depósito a presión para líquidos criógenos, compuesto por un depósito de metal que forma un líner y por una armadura de plástico reforzado con fibras aplicada al líner, formándose el líner de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica, en concreto de 1.3914, 1,3948, 1.3952, 1,3957, 1.3964, 1.3965. 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1,4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 ó 27-7 Mo y estirándose o endureciéndose el mismo en frío, para la ampliación o el aumento de la zona elástica y/o para el aumento del límite de elasticidad, antes de la aplicación de la armadura de plástico reforzado con fibras, en un porcentaje de hasta un 25 %, especialmente de menos del 15 %, para lo que una pieza bruta de forma y medidas más pequeñas se coloca en un molde o en una matriz, se somete después a un medio de presión hidráulico o neumático de manera que la pieza bruta del líner se transforme en el líner correspondiente en cuanto a forma y medidas y se ajuste al menos a la forma o matriz, sacándose el líner a continuación del molde o de la matriz, ha dado en la práctica resultados especialmente ventajosos, junto con las ventajas descritas en relación con el depósito a presión según la invención, que el procedimiento conforme a la invención presenta igualmente. Mediante el empleo de un molde o de una matriz se puede conseguir por lo tanto, de manera especialmente sencilla, sin gran esfuerzo y de una manera beneficiosa para el material, un ajuste reproducible de la geometría deseada del molde del líner a recubrir con plástico y, por consiguiente, una fabricación en serie. El material que se utiliza según la invención, que de por sí ya presenta un elevado límite de elasticidad inicial, resulta especialmente ventajoso, dado que para la consecución de un límite de elasticidad elevado sólo se necesita un grado de conformación en frío reducido. Esto es deseable puesto que, debido a las imperfecciones materiales y geométricas inevitables, los fallos en el estirado en frío se producen tanto más rápidamente cuanto mayor es el grado de conformación necesario. Esto se refiere especialmente a las costuras de soldadura.

Otros detalles ventajosos del procedimiento según la invención se describen en las reivindicaciones 11 a 19.

En una variante especialmente ventajosa el líner se fabrica, según la reivindicación 11, de acero de submarino.

35 En el marco de la invención se considera además que el líner según la reivindicación 12 se ensamble en un depósito metálico a partir de al menos dos piezas individuales que se sueldan entre sí.

De acuerdo con la invención se prevé además que el líner se estire parcialmente o por completo en frío según las medidas de la reivindicación 13.

40 Especialmente importantes para el procedimiento según la invención son las características de la reivindicación 14, que consisten en que la pieza bruta del líner se presione, por medio de la presión constante del medio de presión hidráulico o neumático, contra el molde o la matriz. Durante el estirado en frío, el líner del depósito a presión configurado según la invención casi se "insufla" en el molde o en la matriz, por lo que, al comenzar el ajuste del líner al molde o a la matriz o con el avance del ajuste del líner al molde o a la matriz con un índice de transporte en principio constante del medio de presión hidráulico o neumático, se produce un aumento muy fuerte de la presión del mismo. Por lo tanto se puede aprovechar una limitación de presión sencilla como criterio de desconexión.

45 El estirado en frío a través del así llamado "insuflado" a temperatura reducida, es decir, por razones prácticas mediante nitrógeno líquido, mejora adicionalmente y en gran medida la deformabilidad del líner del depósito a presión según la invención como consecuencia de la homogeneización conocida en materiales centrados cúbicos totalmente austeníticos de la deformación y el grado de conformación máximo posible, de por sí incrementado.

50 Conforme a las medidas técnicas de procedimiento de la reivindicación 15, el líner se puede someter especialmente en parte o por completo, antes de la aplicación de la armadura de plástico reforzado con fibras, preferiblemente después de la soldadura, y con especial preferencia todavía antes del estirado en frío, a un tratamiento de nitruración con nitrógeno o amoniaco, a fin de aumentar el contenido de nitrógeno y, por lo tanto, la zona elástica y el límite de elasticidad del propio líner.

55 Resulta especialmente ventajoso que el líner según la reivindicación 16 se trate con nitrógeno o amoniaco, especialmente en parte o por completo, a una temperatura superior a los 1.000 °C, en especial a una temperatura entre unos 1.000 y 1.200 °C.

El líner según las características de la reivindicación 17 se enfría preferiblemente de forma brusca, después del tratamiento de nitruración, mediante un enfriamiento rápido de alta presión especialmente con nitrógeno o argón.

De acuerdo con la reivindicación 18 se prevé además según la invención que el líner se someta antes del estirado en frío, especialmente de forma parcial o por completo, a un recocido de disolución.

Conforme a las medidas de la reivindicación 19, el líner se somete después del estirado en frío, especialmente de forma parcial o por completo, a un proceso de templado.

5 Finalmente se considera en el marco de la invención emplear el depósito a presión según la invención para la recepción y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criogénos, preferiblemente de oxígeno e hidrógeno, según la reivindicación 20, en vehículos, especialmente en aeronaves o aparatos voladores de la navegación aérea y espacial, preferiblemente en aviones y misiles espaciales, en especial en vehículos acuáticos, preferiblemente en un submarino o en un aerodeslizador (Hovercraft), o especialmente en vehículos terrestres, con  
10 preferencia en un turismo, un vehículo para el transporte de personas, como un autobús o minibús, un camión o una autocaravana. El depósito a presión según la invención está especialmente indicado para tanques de hidrógenos de vehículos motorizados, tanques de carburante de cohetes, tanques de satélites o tanques de alta presión, especialmente tanques de gas a alta presión, por ejemplo helio, preferiblemente alojados en hidrógeno líquido como tanques completos, permitiendo la temperatura extremadamente baja una reducción del volumen del tanque a alta  
15 presión.

Otras características, ventajas y detalles de la invención resultan de la siguiente descripción de una variante de realización preferida de la invención, así como a la vista del dibujo. Éste muestra en la

Figura una vista esquemática en sección longitudinal de una variante de realización de un depósito a presión configurado de acuerdo con la invención.

20 El depósito a presión 10 según la invención para la recepción y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criogénos, preferiblemente de oxígeno e hidrógeno, se emplea ventajosamente en vehículos, especialmente en aeronaves o aparatos voladores de la navegación aérea y espacial, preferiblemente en aviones y misiles espaciales, en especial en vehículos acuáticos, preferiblemente en un submarino o en un aerodeslizador (Hovercraft), o especialmente en vehículos terrestres, con preferencia en un turismo, un vehículo para el transporte de  
25 personas, como un autobús o minibús, un camión o una autocaravana. El depósito a presión 10 según la invención está especialmente indicado para tanques de hidrógenos de vehículos motorizados, tanques de carburante de cohetes, tanques de satélites o tanques de alta presión, especialmente tanques de gas a alta presión. Especialmente tanques de gas a alta presión, por ejemplo para helio, preferiblemente alojados en el hidrógeno líquido como tanques completos, en los que la temperatura extremadamente baja permite una reducción del  
30 volumen del tanque a alta presión, se utilizan de manera adecuada como depósitos a presión 10 según la invención.

La variante de realización representada esquemáticamente en la figura del depósito 10 según la invención comprende un depósito metálico que forma un líner 12, y una armadura 14 de plástico reforzado con fibras colocada sobre el líner 12.

35 Como se puede ver en la figura, el líner 12 presenta una sección fundamentalmente cilíndrica 16. A los respectivos extremos 18 y 20 de la sección cilíndrica 16 se ajustan secciones en forma de domo 22 y 24. Éstas se pueden configurar en una sola pieza con la sección cilíndrica 16 o aplicar mediante soldadura antes del estirado en frío. En al menos una de las secciones en forma de domo 22 ó 24 se puede integrar una cabeza de botella 26 (no representada), por ejemplo también mediante soldadura.

40 Es sabido que los metales y las aleaciones de metales, que se exponen con frecuencia o incluso permanentemente al hidrógeno, se vuelven frágiles. Una medida de este fenómeno es el así llamado índice de fragilidad que, sin embargo, no permite ninguna reducción de las propiedades reales de los materiales durante el uso, dado que la resistencia a la rotura de un material en una atmósfera de hidrógeno (a presión) sufre los efectos de los más diversos factores como la presión del gas hidrógeno, la temperatura y la tensión por tracción. Por este motivo se  
45 tienen que considerar todas las características relevantes para un determinado campo de empleo a la hora de seleccionar aleaciones apropiadas para un líner de hidrógeno.

Además de la compatibilidad de hidrógeno (a presión) y la idoneidad de temperatura hay que señalar ante todo como criterios de selección una zona elástica ampliada y un elevado límite de elasticidad. Estas características tienen que ser en gran medida estables en una gama de temperaturas de aprox. 4 K a aprox. 400 K y a presiones de unos 700 bar.

50 El líner 12 según la invención se compone de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica, en concreto de 1.3914, 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964, 1.3965, 1.3974, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, S20910, 22-13-5, XM-19, 1.4652, 1.4659 ó 27-7 Mo, o especialmente de un acero de submarino, preferiblemente de de una aleación metálica.

55 El depósito a presión 10 según la invención se fabrica de forma habitual de los materiales antes citados o se ensambla y suelda con ayuda de elementos de construcción prefabricados, por ejemplo la sección cilíndrica 16 y las secciones en forma de domo 22, 24. Alternativamente también es posible prever un líner 12 conformado sin costuras. En secciones apropiadas del depósito a presión 10 también se puede integrar al menos una cabeza de botella 26 para el llenado y vaciado.

Antes del estirado en frío el liner 12 o una pieza bruta (no representada) del liner 12 se puede someter preferiblemente a un recocido de disolución.

Para el estirado en frío la pieza bruta del liner 12, que presenta una forma y medidas más pequeñas que el liner 12 a fabricar, se introduce en un molde o en una matriz (no representados). La pieza bruta del liner 12 se somete después a un medio de presión hidráulico o neumático aplicado al interior 28 del liner 12. El medio de presión hidráulico o neumático transforma, casi "insufla", la pieza bruta del liner 12 en el liner 12 correspondiente en forma y medidas al molde o a la matriz. Durante este proceso la pieza bruta del liner 12 a transformar se ajusta al menos al molde o la matriz y/o se presiona contra el molde o la matriz. De este modo, el liner 12 se estira en frío en un porcentaje del 25 %, especialmente en un porcentaje inferior al 15 %.

Además de la aplicación del medio de presión hidráulico o neumática a la pieza bruta del liner 12, resulta especialmente ventajoso alargar la pieza bruta del liner 12 axialmente con elementos mecánicos. Esto se puede hacer durante y/o después de la aplicación del medio de presión. En caso de enfriamiento del depósito a presión 10 según la invención se puede evitar así una posible sobrecarga local del liner 12 durante el funcionamiento según lo previsto bajo presión interior.

Finalmente, el liner 12 se extrae del molde o de la matriz.

Después del estirado en frío, el liner 12 se somete además preferiblemente a un proceso de templado.

Conforme a las medidas técnicas de aleación previstas, el liner 12 se puede someter especialmente en parte o por completo, antes de la aplicación de la armadura de plástico reforzado con fibras, a un tratamiento de nitruración con nitrógeno o amoniaco. La nitruración se produce preferiblemente después de la soldadura y, por consiguiente, antes del estirado en frío. De este modo se aumenta el contenido de nitrógeno y, por lo tanto, la zona elástica y el límite de elasticidad del propio liner 12

Resulta especialmente ventajoso que el liner se trate con nitrógeno o amoniaco, especialmente en parte o por completo, a una temperatura superior a los 1.000 °C. Con preferencia la nitruración se produce en una gama de temperaturas de entre unos 1.000 y 1.200 °C en una atmósfera de nitrógeno o amoniaco a una presión apropiada de nitrógeno o amoniaco. Por lo tanto, la nitruración se lleva a cabo en una gama de temperaturas del recocido de disolución.

Después del tratamiento de nitruración, el liner 12 se enfría bruscamente mediante un enfriamiento rápido a alta presión, especialmente con nitrógeno o argón.

A continuación se enrolla la armadura 14 del depósito a presión 10 según la invención con una pretensión correspondiente.

La armadura 14 del depósito a presión 10 según la invención es de un material plástico compuesto de fibras. La armadura 14 se ajusta bajo tensión al liner 12 fabricado a partir de la aleación metálica definida anteriormente para la invención. En el caso representado, el liner 12 reviste la armadura 14 por completo.

El depósito a presión 10 se puede dotar del material compuesto de fibras por el procedimiento de enrollado en mojado y por el procedimiento de infiltración de resina. Lo importante es que el material compuesto de fibras, que forma la pared exterior, se ajuste en estado solidificado, bajo tensión, al liner 12 que constituye la cara interior. Se pueden emplear haces o grupos de fibras previamente impregnados, los así llamados Rovings. Sin embargo, el procedimiento para la conformación del material plástico reforzado con fibras sobre el liner 12 no debe limitarse al procedimiento de enrollado en mojado. Se puede emplear igualmente el procedimiento de enrollado con impregnación previa o el procedimiento de enrollado de haces individuales. Las fibras son preferiblemente fibras de carbono, vidrio, aramida y/o cerámica, pero no se limitan a éstas. Más bien se pueden emplear también fibras térmicas y mecánicas altamente resistentes. Además de las fibras de vidrio, las fibras de basalto poseen la ventaja de un coeficiente de dilatación muy positivo y permiten, por lo tanto, una reducción de la diferencia del coeficiente de dilatación térmica con respecto al liner 12.

A pesar de que las resinas de poliuretano se consideran apropiadas, se emplean principalmente resinas epoxi debido a su mejor manejabilidad. No obstante, también se pueden utilizar mezclas de resina, por ejemplo de poliuretano y epoxi.

### Ejemplo

Mediante una selección apropiada de los materiales se puede conseguir un mejor comportamiento de solidificación como función de un menor grado de conformación en frío. Ambas características se cumplen ventajosamente con ayuda de acero de submarino, en general, y con acero de submarino de la aleación metálica 1.3974, en particular.

Dejando a un lado la diferencia de densidad entre el aluminio y el acero, se obtiene una zona elástica igual a la del aluminio 6110A con un límite de elasticidad de 990 MPa. De acuerdo con la hoja de rendimiento de materiales se necesita, en la aleación metálica 1.3974, una deformación en frío del 15 %. Al mismo tiempo la resistencia a la tracción sube a 1.060 MPa. La dilatación de rotura desciende al 24 % (todos los valores a temperatura ambiente).

## ES 2 606 578 T3

5 El proceso de templado conduce, además de provocar una disminución de las tensiones propias, a un incremento adicional de los valores de estirado y, viceversa, a la reducción del grado de estirado necesario. El efecto del proceso de templado se puede interpretar como envejecimiento de estirado o bloqueo de dislocaciones, provocadas por el estirado en frío, a causa de los átomos de nitrógeno. Cuanto mayor sea el grado de conformación en frío, tanto más alto será el contenido de nitrógeno y tanto mayor será la ampliación de la zona elástica. La siguiente tabla 1 muestra de forma general las características de los materiales antes y después del estirado en frío.

Tabla 1

Aleación metálica y tratamiento	Límite de elasticidad $R_{p0,2}$	Resistencia a la tracción $R_m$	Dilatación de rotura A
	MPa	MPa	%
1.3974 recocido	$\geq 480$	850 - 1050	$\geq 35$
1.3974 recocido + 15 % estirado en frío	~ 990	~ 1060	~ 24
1.3974 recocido, 15 % estirado en frío + templado	> 990	> 1060	Por determinar

10 Deformación en frío del 15 % significa que la pieza bruta del líner presenta, antes del estirado en frío, un diámetro de escasamente un 87 % del diámetro final deseado del propio líner antes del enrollado y de la pretensión. Después de la reacción lineal del material base en un ensayo de tracción de un solo eje hasta un grado de conformación en frío del 40 %, ya se consigue con un grado de conformación del 15 % una seguridad suficientemente alta.

15 Gracias a la elección del material para el líner 12 y al estirado en frío del mismo se puede proporcionar un depósito a presión 10 que posee una mayor capacidad de almacenamiento de hidrógeno líquido y/o gaseoso debido a la tolerancia de hidrógeno a alta presión y a la idoneidad para temperaturas criógenas. Al mismo tiempo se cumplen óptimamente los requisitos en cuanto a rigidez y a la zona elástica así como los requisitos relacionados con el comportamiento de abollamiento y con una construcción ligera.

20 La presente invención no se limita a la variante de realización representada del líner 12. Es perfectamente posible ensamblar dos cilindros con la mitad de la longitud total y domos respectivamente integrados, fabricados, por ejemplo, mediante una técnica de conformación adecuada, como rodillos de compresión, de una pieza bruta debidamente moldeada, formando así un líner 12 con una costura de soldadura en el centro de la longitud del depósito a presión. También son posibles depósitos a presión esféricos o depósitos a presión de otra forma rotacionalmente simétrica y/o rotacionalmente no simétrica.

25 Las secciones en forma de domo 22, por ejemplo, se pueden configurar en forma de semiesfera, caperuza esférica, calota, calota elipsoide, cónica, elíptica, en forma de Cassini, semi-toro o con otras formas similares de sección transversal.

30 En principio también cabe la posibilidad de realizar la nitruración después del estirado en frío (parcial o total). En la siguiente tabla 2 se indican, a modo de ejemplo, otras variantes de realización del procedimiento según la invención que prevén un estirado en frío y/o una nitruración en los más variados órdenes de sucesión y que también están comprendidas en la teoría de la invención y protegidas por la misma.

Tabla 2

Estirado en frío	Nitruración + estirado en frío I	Nitruración + estirado en frío II	Nitruración + estirado en frío III
Fabricar piezas individuales y soldarlas para formar el líner	Fabricar piezas individuales y soldarlas para formar un semi- líner	Fabricar piezas individuales y soldarlas para formar un semi- líner	Fabricar piezas individuales y soldarlas para formar un semi- líner
Estirado en frío global	Nitruración de las mitades de líner	Nitruración de las mitades de líner	Nitruración de las mitades de líner
(Templar)	Soldar líner (O de costura más pequeño)	Soldar líner (O de costura más pequeño)	Soldar líner
	Estirado en frío local de la costura	Nitruración local de la costura de soldadura de montaje	Soldar líner
	(Templar)	Estirado en frío local de la costura	Estirado en frío global
		(Templar)	(Templar)

## REIVINDICACIONES

1. Depósito a presión para la recepción y al almacenamiento de fluidos criógenos, especialmente de líquidos criógenos, compuesto por un depósito de metal que forma un liner (12) y por una armadura (14) de plástico reforzado con fibras aplicada al liner (12), caracterizado por que el liner (12) se compone de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica, en concreto de 1.3914, 1.3965, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, 1.4652, 1.4659 ó 27-7 Mo o de los aceros de submarino 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964 ó 1.3974, y se estira antes de la aplicación de la armadura (14) de plástico reforzado con fibras, en un porcentaje de hasta un 25 %, especialmente de menos del 15 %, obteniéndose un límite de elasticidad  $R_{p0,2}$  de al menos 800 MPa o más.
2. Depósito a presión según la reivindicación 1, caracterizado por que el liner (12) se ensambla con al menos dos piezas individuales a soldar entre sí para formar un depósito metálico.
3. Depósito a presión según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que el liner (12) se estira parcial o totalmente en frío.
4. Depósito a presión según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el liner (12) se somete especialmente de forma parcial o por completo, antes de la aplicación de la armadura (14) de plástico reforzado con fibras, preferiblemente después de la soldadura y con especial preferencia antes del estirado en frío, a un tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco.
5. Depósito a presión según la reivindicación 4, caracterizado por que el liner (12) se trata, especialmente de forma parcial o por completo, con nitrógeno o amoníaco, a una temperatura superior a unos 1.000 °C. especialmente en una gama de temperaturas de entre aprox. 1.000 y aprox. 1.200 °C.
6. Depósito a presión según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el liner (12) se enfría bruscamente después de la nitruración mediante un enfriamiento rápido a alta presión, especialmente con nitrógeno o argón.
7. Depósito a presión según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el liner (12) se somete, antes del estirado en frío, especialmente de forma parcial o por completo, a un tratamiento de recocido de disolución.
8. Depósito a presión según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el liner (12) se temple antes del estirado en frío, especialmente de forma parcial o por completo.
9. Procedimiento para la fabricación de un depósito a presión para la recepción y el almacenamiento de fluidos criógenos, especialmente de líquidos criógenos, compuesto por un depósito de metal que forma un liner (12) y por una armadura (14) de plástico reforzado con fibras aplicada al liner (12), caracterizado por que el liner (12) se compone de una aleación metálica no magnética con estructura de rejilla centrada cúbica totalmente austenítica, en concreto de 1.3914, 1.3965, 1.4529, 1.4547, 1.4565, 1.4566, Nitronic 50, 1.4652, 1.4659 ó 27-7 Mo o de los aceros de submarino 1.3948, 1.3952, 1.3957, 1.3964 ó 1.3974, y se estira antes de la aplicación de la armadura (14) de plástico reforzado con fibras, en un porcentaje de hasta un 25 %, especialmente de menos del 15 %, obteniéndose un límite de elasticidad  $R_{p0,2}$  de al menos 800 MPa o más, para lo que una pieza bruta de forma y medidas más pequeñas del liner (12) se coloca en un molde o en una matriz, la pieza bruta del liner (12) se somete después a un medio de presión hidráulico o neumático de manera que la pieza bruta del liner (12) se transforme en el liner (12) correspondiente en cuanto a forma y medidas y se ajuste al menos a la forma o matriz, sacándose el liner (12) a continuación del molde o de la matriz.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que el liner (12) se ensambla con al menos dos piezas individuales a soldar entre sí para la formación de un depósito metálico.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 ó 10, caracterizado por que el liner (12) se estira parcial o totalmente en frío.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que la pieza bruta del liner (12) se presiona contra el molde o la matriz mediante presión constante del medio de presión hidráulico o neumático.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que el liner (12) se somete, especialmente de forma parcial o por completo, antes de la aplicación de la armadura (14) de plástico reforzado con fibras, preferiblemente después de la soldadura y con especial preferencia antes del estirado en frío, a un tratamiento de nitruración con nitrógeno o amoníaco.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que el liner (12) se trata, especialmente de forma parcial o por completo, con nitrógeno o amoníaco, a una temperatura superior a unos 1.000 °C. especialmente en una gama de temperaturas de entre aprox. 1.000 y aprox. 1.200 °C.

15. Procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, caracterizado por que el líner (12) se enfría bruscamente después de la nitruración mediante un enfriamiento rápido a alta presión, especialmente con nitrógeno o argón.
- 5 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 15, caracterizado por que el líner (12) se somete, especialmente de forma parcial o por completo, antes del estirado en frío, a un recocido de disolución.
17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 16, caracterizado por que el líner (12) se somete, especialmente de forma parcial o por completo, antes del estirado en frío, a un tratamiento de templado.
- 10 18. Empleo de un depósito a presión según una de las reivindicaciones 1 a 8, u obtenido según una de las reivindicaciones 9 a 17, para la recepción y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criógenos, preferiblemente de oxígeno e hidrógeno, en vehículos, especialmente en aeronaves o aparatos voladores de la navegación aérea y espacial, preferiblemente en aviones y misiles espaciales, en especial en vehículos acuáticos, preferiblemente en un submarino o en un aerodeslizador (Hovercraft), o especialmente en vehículos terrestres, con preferencia en un turismo, un vehículo para el transporte de personas, como un autobús o minibús, un camión o una autocaravana.

15

