

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 187**

51 Int. Cl.:

F17C 1/00 (2006.01)

F17C 1/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2012 E 12745410 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015 EP 2724072**

54 Título: **Depósito de presión para la recogida y el almacenamiento de fluidos criogénicos, especialmente de líquidos criogénicos, y procedimiento para su fabricación y su uso**

30 Prioridad:

22.06.2011 DE 102011105423

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

17.08.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

RADTKE, WULF

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 543 187 T3

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

DESCRIPCIÓN

Depósito de presión para la recogida y el almacenamiento de fluidos criogénicos, especialmente de líquidos criogénicos, y procedimiento para su fabricación y su uso

5 La presente invención se refiere a un depósito de presión para la recogida y el almacenamiento de fluidos criogénicos, especialmente de líquidos criogénicos, y un procedimiento para su fabricación y su uso.

10 Los depósitos de presión de este tipo para la recogida y el almacenamiento de fluidos criogénicos, especialmente de líquidos criogénicos (LH2), que sirve como combustible por su eficacia energética y compatibilidad medioambiental, son conocidos en general. A este respecto, estos depósitos de presión están formados por un depósito de metal que forma un revestimiento y un refuerzo de plástico reforzado con fibras aplicado sobre el revestimiento. Tales depósitos de presión o tanques pueden encontrar aplicación en todos los ámbitos de la automoción, como la navegación aérea y especial, la construcción de buques y barcos y especialmente en la industria automovilística. Un depósito de presión de este tipo se deduce del documento EP-A-2163325.

15 El hidrógeno líquido (LH2) pasa a una temperatura de aproximadamente 20 K (-253 °C) a presión ambiente a estado gaseoso y no es, por lo tanto, almacenable a temperatura ambiente. Para hacer posible un almacenaje con alta densidad de almacenamiento en la fase líquida y/o gaseosa, el almacenamiento de hidrógeno tiene lugar a temperatura ultracongelada (criogénica) y a ser posible bajo alta presión hasta el interior de la región supercrítica o a temperaturas de hasta aproximadamente +100 °C también bajo alta presión. El material del depósito debe presentar, por lo tanto, una máxima resistencia al hidrógeno (comprimido) y tenacidad a bajas temperaturas. Además, el depósito de presión o tanque debe ser, por el campo de aplicación deseado, extremadamente ligero.

20 Hasta el momento, en la práctica, los revestimientos usados de depósitos de presión de acero totalmente austenítico poseen todos sin excepción una zona elástica insuficiente, calculada según Hooke de la relación de límite de alargamiento y módulo de elasticidad. Una zona elástica menor significa, por el contrario, que para limitar la carga en funcionamiento del revestimiento en la zona elástica (para prevenir fatiga a bajo ciclo) bajo el efecto de los ciclos de presión y temperatura, debe usarse un refuerzo más fuerte de plástico reforzado con fibras, posiblemente también unido a un endurecimiento intermedio adicional para prevenir cabello de ángel. Esto lleva a un aumento de peso de los depósitos de presión, aumenta además el volumen inutilizable y es, por consiguiente, realmente costoso en conjunto para la fabricación de los depósitos de presión.

30 Para tratar una fragilización por hidrógeno, está recomendado en el documento DE 10 2007 020 027 A1 una nitruración plasma o carburación de un depósito en bruto preparado de una aleación de acero austenítico. No obstante, tal nitruración plasma o carburación presenta el inconveniente importante de que se aplica el elemento químico no metálico en forma de nitrógeno o carbono disuelto en cierto sentido como capa protectora adicional sobre la superficie de la aleación de acero austenítico y por consiguiente puede formarse martensita inalterable en la estructura básica austenítica. La martensita causa bajo el efecto del hidrógeno y de la temperatura criogénica predominante una fragilización y por este motivo no es deseable.

35 La presente invención se basa por ello en el objetivo de poner a disposición un depósito de presión para la recogida y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criogénicos, con los cuales se evitan los inconvenientes anteriormente mencionados, el cual es, por consiguiente, especialmente sencillo desde el punto de vista constructivo, al mismo tiempo compacto y sólido, así como muy ligero, presenta una zona elástica ampliada y una alta resistencia al hidrógeno (comprimido) así como idoneidad a temperaturas ultrabajas y resulta realmente económico en la fabricación, así como facilitar un procedimiento para su fabricación y su uso.

Este objetivo se consigue de manera sorprendentemente sencilla a través de las características de la reivindicación 1.

45 A través de la configuración del depósito de presión de acuerdo con la invención para la recogida y el almacenamiento de fluidos criogénicos, especialmente de líquidos criogénicos, que está formado por un depósito de metal que forma un revestimiento y un refuerzo de plástico reforzado con fibras aplicado sobre el revestimiento, en el que el revestimiento está formado por una aleación metálica no magnética con una estructura reticular cúbica centrada en las caras totalmente austenítica y, para el aumento o intensificación de la zona elástica y/o intensificación del límite de alargamiento antes de la aplicación del refuerzo de plástico reforzado con fibras, está sometido a un tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco, se consigue un procedimiento constructivo especialmente sencillo, además de compacto y estable, del depósito de presión de peso relativamente bajo. Al mismo tiempo, el depósito de presión de acuerdo con la invención presenta una zona elástica ampliada y muy alta. Por una parte, la zona elástica aumenta considerablemente por sí con revestimientos de una aleación metálica no magnética con estructura reticular cúbica centrada en las caras totalmente austenítica ya al bajar la temperatura, de manera que, a temperatura criogénica, la zona elástica de los revestimientos de aleaciones de aluminio se alcanza o incluso se excede aunque la zona elástica de los primeros esté claramente a temperatura ambiente, aproximadamente en una dimensión del 50 %, por debajo de los últimos. Por otra parte, puede conseguirse por la misma nitruración una intensificación adicional del límite de alargamiento en un módulo de alargamiento constante, de cuyo cociente resulta dicha zona elástica incrementada. Estas medidas de técnicas de aleación pueden reforzar el contenido de nitrógeno, que por el contrario puede intensificarse mediante altos contenidos de cromo y manganeso, y opcionalmente con la

adición de niobio, y con ello intensificar más la zona elástica y el límite de alargamiento de los revestimientos. La solubilidad de nitrógeno en aceros totalmente austeníticos puede aumentarse también especialmente a través de elementos de aleación níquel, vanadio y molibdeno. En un uso de níquel es preferente un porcentaje de al menos el 13 % para garantizar el estado totalmente austenítico. Por todo esto puede asegurarse una alta resistencia al hidrógeno (comprimido) y limitar o evitar de manera eficaz una fragilización a temperaturas ultrabajas. Finalmente, la fabricación del depósito de acuerdo con la invención resulta sencilla y con poco gasto de trabajo y es, por consiguiente, realmente económica.

El revestimiento está tratado a una temperatura de aproximadamente más de 1000 °C, especialmente en un intervalo de temperatura de entre aproximadamente 1000 y aproximadamente 1200 °C, por medio de nitrógeno o amoníaco. Por lo tanto, el tratamiento de nitruración tiene lugar a la temperatura del recocido de disolución del material del revestimiento. De esta manera puede disolverse completamente el nitrógeno en la solución. Además, la formación de fases frágiles, como la fase sigma, la fase chi o la fase de nitruro de cromo, y con ello la formación de nitruros fragilizadores, puede evitar que se formen en temperaturas de nitruración de aproximadamente por debajo de 1050 °C. Asimismo, la tasa de difusión a temperaturas de más de aproximadamente 1050 °C es tan grande que en grosores de pared del revestimiento típicos de aproximadamente 1,0 mm es posible un "cortocircuito" con nitrógeno en tiempos comercialmente razonables.

Como resultado, el depósito de presión según la invención destaca por un sinnúmero de ventajas. El revestimiento consta también, después de una nitruración ya realizada, de una aleación metálica no magnética con estructura reticulada cúbica centrada en las caras totalmente austenítica. De manera ventajosa, se aprovecha antes de la nitruración el alto límite de alargamiento inicial de la aleación metálica no magnética con estructura reticulada cúbica centrada en las caras totalmente austenítica. Con una nitruración adicional puede obtenerse sin dificultad un alto límite de alargamiento Rp0,2 de al menos 800 MPa o más. Un alto límite de alargamiento Rp0,2 tiene en cambio un efecto ventajoso sobre una posible zona elástica ϵ según Hooke ($\epsilon = Rp0,2/E$).

Otros detalles ventajosos del depósito de presión de acuerdo con la invención están descritos en las reivindicaciones 2 a 11.

Resultan de gran importancia las medidas constructivas de la reivindicación 2, por las que el revestimiento está formado de un acero de submarino. En el caso del acero de submarino como material destinado para el revestimiento de acuerdo con la invención, se trata de un austenita completa, es decir, de un acero con estructura reticulada completamente austenítica, que es adecuada para el uso a temperaturas ultracongeladas, presenta una buena resistencia al hidrógeno (comprimido) y experimenta en sus propiedades de material a través de nitruración un aumento de la zona elástica y por consiguiente una zona elástica incrementada como función del grado de nitruración.

Esto puede obtenerse en maneras especialmente ventajosas por las características de la reivindicación 3, por las que el revestimiento está formado por la aleación metálica 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 o 27-7 Mo.

De manera correspondiente a las características de la reivindicación 4, el revestimiento de acuerdo con la invención está unido por al menos dos piezas individuales que van a soldarse juntas formando un depósito de metal.

Además, en el contexto de la invención se encuentra que el revestimiento según la reivindicación 5 va a someterse parcial o completamente, es decir, solo localmente o en su totalidad, al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco.

De manera correspondiente a las medidas de la reivindicación 6, el revestimiento está sometido después de la soldadura al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco. Después de que los cordones de soldadura tengan que presentar propiedades mecánicas semejantes a la aleación metálica del revestimiento, pueden compensarse segregaciones en su efecto sobre las propiedades mecánicas y garantizar el estado totalmente austenítico. Los reblandecimientos y evaporaciones locales de elementos de aleación, especialmente de nitrógeno y manganeso, por el calor de la soldadura pueden equilibrarse por tanto después de la soldadura.

De manera correspondiente a la reivindicación 7, el revestimiento está enfriado bruscamente de manera ventajosa tras el tratamiento de nitruración por medio de enfriamiento rápido a alta presión, especialmente con nitrógeno o argón. Mediante el enfriamiento suficientemente rápido de la temperatura del recocido de disolución puede mantenerse el nitrógeno introducido en un estado disuelto.

De especial interés para una mayor intensificación de la zona elástica y del límite de alargamiento son las medidas de la reivindicación 8, por las que el revestimiento está estirado en frío en una medida de hasta aproximadamente el 25 %, especialmente de menos de aproximadamente el 15 %, especialmente parcial o completamente, es decir, solo localmente o en su totalidad, antes de la aplicación del refuerzo de plástico reforzado con fibras. En comparación con revestimientos de aleaciones de aluminio, el coeficiente del aumento de la zona elástica mediante deformación plástica (estirado) está doblado o incluso triplicado. De esto se deduce que, en revestimientos de una aleación metálica no magnética con estructura reticulada cúbica centrada en las caras totalmente austenítica, una deformación en frío lleva ya en un bajo grado de deformación a un aumento considerable de la zona elástica. De hecho, sin embargo, el estiramiento en frío lleva además incluso a un descenso del módulo de alargamiento, por el cual sucede

un efecto adicional sobre el aumento del cociente el doble de ventajoso. Además, la compactación en frío de acuerdo con la invención será más efectiva cuanto más alto sea el contenido de nitrógeno en el material o aleación metálica del revestimiento. La compactación en frío comienza por tanto en un contenido de nitrógeno alto ya a un nivel más elevado de los límites de alargamiento y aumenta con gradientes más pronunciados.

- 5 En este contexto es especialmente ventajoso que el revestimiento según la reivindicación 9 esté estirado en frío antes o después del tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco.

Además, en el contexto de la invención se encuentra que el revestimiento según la reivindicación 10 está recocido en disolución, especialmente parcial o completamente, es decir, solo localmente o en su totalidad, antes del estirado en frío.

- 10 Según la reivindicación 11, está previsto de acuerdo con la invención que el revestimiento esté preferentemente atemperado, especialmente parcial o completamente, es decir, solo localmente o en su totalidad, después del estirado en frío. El atemperado lleva, además de a la reducción de esfuerzos residuales, a otra mejora del límite de alargamiento, por una parte, y al aumento de la zona elástica, por otra o, a la inversa, a la reducción del grado de estiramiento necesario.

- 15 Este objetivo se consigue además con respecto al procedimiento técnico de manera sorprendentemente sencilla por las características de la reivindicación 12.

- 20 La configuración del procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de un depósito de presión para líquidos criogénicos, que se forma por un depósito de metal que forma un revestimiento y un refuerzo de plástico reforzado con fibras aplicado sobre el revestimiento, en el que el revestimiento se forma por una aleación metálica no magnética con una estructura reticular cúbica centrada en las caras completamente austenítica y, para el aumento o intensificación de la zona elástica y/o para la intensificación del límite de alargamiento antes de la aplicación del refuerzo de plástico reforzado con fibras, se somete a un tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco, ha demostrado en la práctica, además de las ventajas ya descritas en conexión con el depósito de presión según la invención, que presenta igualmente el procedimiento de acuerdo con la invención, ser especialmente ventajosa.

Otros detalles ventajosos del procedimiento de acuerdo con la invención están descritos en las reivindicaciones 13 a 24.

De manera completamente ventajosa se forma el revestimiento según la reivindicación 13 de un acero de submarino.

- 30 En este contexto se forma el revestimiento según la reivindicación 14 preferentemente a partir de la aleación metálica 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 o 27-7 Mo.

Además, en el contexto de la invención se encuentra que el revestimiento según la reivindicación 15 se une por al menos dos piezas individuales que van a soldarse juntas formando un depósito de metal.

- 35 Además está previsto de acuerdo con la invención que el revestimiento según las medidas de la reivindicación 16 se someta parcial o completamente al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco.

De acuerdo con la invención, el revestimiento se trata por medio de nitrógeno o amoníaco a una temperatura de aproximadamente más de 1000 °C, especialmente en un intervalo de temperatura de entre aproximadamente 1000 y aproximadamente 1200 °C.

- 40 Preferentemente, el revestimiento conforme a las características de la reivindicación 17 se enfría bruscamente tras el tratamiento de nitruración por medio de enfriamiento rápido a alta presión con nitrógeno o argón.

De manera correspondiente a las medidas del procedimiento técnico de la reivindicación 18, el revestimiento puede someterse después de la soldadura a un tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco para aumentar el contenido de nitrógeno y con ello la zona elástica y el límite de alargamiento del mismo revestimiento.

- 45 De especial importancia para el procedimiento de acuerdo con la invención son las características de la reivindicación 19, por las que el revestimiento se estira en frío en una medida de hasta aproximadamente el 25 %, especialmente de menos de aproximadamente el 15 %, especialmente parcial o completamente, antes de la aplicación del refuerzo de plástico reforzado con fibras.

En este contexto es especialmente ventajoso que el revestimiento según la reivindicación 20 se estire en frío antes o después del tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco.

- 50 Además, en el contexto de la invención según la reivindicación 21 se encuentra que la pieza bruta del revestimiento se presiona contra un molde o una matriz a través de presión constante del medio de presión hidráulico o neumático. En el estirado en frío, el revestimiento del depósito de presión formado de acuerdo con la invención en cierto modo se "introduce soplando" en el molde o la matriz, de manera que, en el ajuste incipiente del revestimiento al molde o a la

matriz o a otra presión progresiva del revestimiento al molde o a la matriz al principio a una tasa de extracción constante del medio de presión hidráulico o neumático, tiene lugar una subida muy fuerte de la misma presión. Por tanto, puede aprovecharse una simple limitación de presión como criterio de desconexión.

5 El estirado en frío mediante el denominado "inflado" a temperatura reducida, es decir, por razones prácticas por medio de nitrógeno líquido, mejora de manera adicional la deformabilidad del revestimiento del depósito de presión de acuerdo con la invención a través de la homogeneización conocida en los materiales cúbicos centrados en las caras completamente austeníticos de la deformación y, por tanto, el máximo grado de conformación posible de una manera adicional y considerable.

10 Según la reivindicación 22, está previsto de acuerdo con la invención, además, que el revestimiento se someta a un recocido de disolución, especialmente parcial o completamente, antes del estirado en frío.

De manera correspondiente a las medidas de la reivindicación 23, el revestimiento se somete a un atemperado, especialmente parcial o completamente, después del estirado en frío.

15 Finalmente, en el contexto de la invención se encuentra que el depósito de presión para la recogida y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criogénicos, preferentemente de oxígeno e hidrógeno, se va a usar, de acuerdo con la reivindicación 24, en vehículos, especialmente en aeronaves o artefactos voladores de navegación aérea o espacial, preferentemente en aviones y cohetes espaciales, especialmente en embarcaciones, preferentemente en un submarino o aerodeslizador ("*hovercraft*"), o especialmente en vehículos terrestres, preferentemente en un automóvil, vehículo de transporte de viajeros, como un autobús o microbús, camión o autocaravana. El depósito de presión de acuerdo con la invención sirve muy especialmente para tanques de hidrógeno de automóviles, tanques de combustible de cohetes, tanques de satélite o tanques de alta presión, especialmente tanques de gas de alta presión, como helio, preferentemente como tanques completos almacenados en hidrógeno líquido, en el que la temperatura extremadamente baja permite una reducción del volumen del tanque de alta presión.

Otras características, ventajas y detalles de la invención se deducen de la siguiente descripción en una forma de realización preferente de la invención, así como mediante el dibujo. En este caso muestra

25 La Figura una vista en corte longitudinal mediante una forma de realización de un depósito de presión formado de acuerdo con la invención.

30 El depósito de presión 10 de acuerdo con la invención para la recogida y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criogénicos, preferentemente de oxígeno e hidrógeno, puede ser usado de manera ventajosa en vehículos, especialmente en aeronaves o artefactos voladores de navegación aérea o espacial, preferentemente en aviones y cohetes espaciales, especialmente en embarcaciones, preferentemente en un submarino o aerodeslizador ("*hovercraft*"), o especialmente en vehículos terrestres, preferentemente en un automóvil, vehículo de transporte de viajeros, como un autobús o microbús, camión o autocaravana. De forma muy especial, el depósito de presión 10 de acuerdo con la invención puede usarse para un tanque de hidrógeno de un automóvil o un tanque de combustible de cohetes o un tanque de satélite de un artefacto volador de la navegación aérea o espacial o un tanque de alta presión o un tanque de gas de alta presión. Especialmente los tanques de gas de alta presión, como helio, preferentemente como tanques completos almacenados en hidrógeno líquido, en el que la temperatura extremadamente baja permite una reducción del volumen del tanque de alta presión, pueden usarse de manera adecuada como depósito de presión 10 de acuerdo con la invención.

40 La forma de realización representada esquemáticamente en la Figura del depósito 10 según la invención comprende un depósito de metal, que forma un revestimiento 12, y un refuerzo 14 de plástico reforzado con fibras, que está aplicado sobre el revestimiento 12.

45 Como se deduce de la Figura, el revestimiento 12 presenta una sección 16 principalmente cilíndrica. En cada extremo 18 y 20 de la sección cilíndrica 16 limitan las secciones abovedadas 22 y 24. Estas pueden formarse de manera íntegra con la sección cilíndrica 16 o estar fijadas mediante soldadura. En al menos una de las secciones abovedadas 22 o 24 está integrada una cabeza de botella 26 (no representada), por ejemplo, también soldada.

50 Se conoce que los metales y aleaciones metálicas que están frecuente o incluso continuamente expuestos a hidrógeno están sometidos a una fragilización. Una medida para esto es el denominado índice de fragilización que, sin embargo, no permite ninguna previsión de las propiedades de material reales en uso, ya que la resistencia a la rotura de un material en un entorno de hidrógeno (comprimido) está influida por los distintos factores, como la presión del gas del hidrógeno, la temperatura y el esfuerzo de tracción. Por lo tanto, deben tomarse en consideración todas las propiedades relevantes para un campo de aplicación determinado en la selección de aleaciones adecuadas para un revestimiento de tanque de hidrógeno.

55 Junto a la resistencia al hidrógeno (comprimido) y a la idoneidad a temperaturas ultrabajas, cabe destacar como criterios de selección, sobre todo, una zona elástica ampliada y un elevado límite de alargamiento. Estas propiedades deben ser en gran parte estables en un intervalo de temperatura de aproximadamente 4 K hasta aprox. 400 K y a presiones de hasta aproximadamente 700 bares.

El revestimiento 12 de acuerdo con la invención consta de una aleación metálica no magnética con estructura reticulada cúbica centrada en las caras totalmente austenítica y está formada especialmente por un acero de submarino, preferentemente de una aleación metálica 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 o 27-7 Mo.

5 El depósito de presión 10 de acuerdo con la invención se prepara a partir de los materiales anteriormente mencionados o con ayuda de elementos de construcción prefabricados (por ejemplo, la sección cilíndrica 16 y las secciones abovedadas 22, 24) montados o soldados. De manera alternativa, también está previsto un revestimiento 12 moldeado sin soldadura. En secciones adecuadas del depósito de presión 10 está integrada al menos una cabeza de botella 26 para el llenado y el vaciado.

10 De manera especialmente ventajosa, se somete el revestimiento 12 antes de la aplicación del refuerzo 14 de plástico reforzado con fibras a un tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco. De esta manera se intensifica el contenido de nitrógeno y con ello la zona elástica y el límite de alargamiento del mismo revestimiento 12. La geometría del revestimiento 12 se conserva a este respecto inalterable.

15 El revestimiento 12 puede someterse a este respecto al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco parcial o completamente.

20 En este contexto es especialmente ventajoso que el revestimiento, especialmente parcial o completamente, se trate a una temperatura de aproximadamente más de 1000 °C por medio de nitrógeno o amoníaco. La nitruración se realiza preferentemente a un intervalo de temperatura de entre aproximadamente 1000 y aproximadamente 1200 °C en una atmósfera de nitrógeno o amoníaco con una presión adecuada de nitrógeno o amoníaco. La nitruración tiene lugar, por lo tanto, en un intervalo de temperatura del recocido de disolución.

Después del tratamiento de nitruración, el revestimiento 12 se enfría bruscamente por medio de enfriamiento rápido a alta presión, especialmente con nitrógeno o argón.

El tratamiento de nitruración se efectúa preferentemente después de la soldadura.

25 De manera correspondiente a las medidas previstas del procedimiento técnico, el revestimiento 12 puede, además, preferentemente estirarse en frío, especialmente parcial o completamente, antes de la aplicación del refuerzo de plástico reforzado con fibras, en una medida de hasta aproximadamente el 25 %, especialmente de menos de aproximadamente el 15 %.

Antes del estirado en frío, el revestimiento 12 o una pieza bruta (no representada) del revestimiento 12 puede someterse preferentemente a un recocido de disolución.

30 Para el estirado en frío, se transporta la pieza bruta del revestimiento 12, que está configurada en forma y dimensión como el revestimiento 12 preparado, a un molde o una matriz (no mostrados). La pieza bruta del revestimiento 12 se admite después en un medio de presión hidráulico o neumático, que se aplica en el interior 28 del revestimiento 12. A través del medio de presión hidráulico o neumático, la pieza bruta del revestimiento 12 se remodela a la forma y dimensión del molde o matriz del correspondiente revestimiento 12, en cierto modo "inflada". A este respecto, la pieza
35 bruta remodelada del revestimiento 12 entra en contacto con el molde o la matriz y/o se vuelve a presionar adicionalmente contra el molde o la matriz. A este respecto, el revestimiento 12 se estira en frío en una medida de hasta aproximadamente el 25 %, especialmente de menos de aproximadamente el 15 %.

Finalmente, el revestimiento 12 se saca del molde o la matriz.

40 Después del estirado en frío, el revestimiento 12 se somete preferentemente a un atemperado. El atemperado lleva, además de a la reducción de esfuerzos residuales, a otra mejora de los factores de alargamiento o, a la inversa, a la reducción del grado de estiramiento necesario. El efecto del atemperado puede interpretarse como envejecimiento por deformación o como bloqueo de desplazamientos, que se introdujeron mediante el estirado en frío, a través de átomos de nitrógeno. Cuanto más elevado sea el grado de conformación en frío y cuanto más elevado sea el contenido de nitrógeno, mayor resulta el aumento de la zona elástica. La siguiente tabla muestra un resumen de las propiedades de
45 material antes y después del estirado en frío.

A continuación se envuelve el refuerzo 14 del depósito de presión 10 de acuerdo con la invención con una tensión de polarización adecuada.

50 El refuerzo 14 del depósito de presión 10 según la invención está formado por un plástico compuesto de fibras. El refuerzo 14 se ajusta bajo tensión al revestimiento 12 de la aleación metálica ya definida anteriormente para la invención. El revestimiento 12 reviste completamente el refuerzo 14 en el caso de la figura.

El depósito de presión 10 puede equiparse con el compuesto de fibras en procedimientos de devanado mojado y procedimientos de infiltración de resina. Resulta esencial que el compuesto de fibras que forma la pared exterior se ajuste en estado endurecido bajo tensión al revestimiento 12 que forma la pared interior. Pueden usarse haces o cuerdas de fibras preimpregnadas, denominadas mechas. No obstante, el procedimiento para la formación de

plásticos reforzados con fibras sobre un revestimiento 12 no debe estar limitado al procedimiento de devanado mojado. Igualmente puede usarse el procedimiento de devanado preimpregnado o el procedimiento de devanado de una sola cuerda.

5 Las fibras son preferentemente fibras de carbono, vidrio, basalto, aramida y/o cerámica, pero no están limitadas a ello. Más bien pueden ser todas las fibras térmicas y mecánicas altamente resistentes. Además de fibras de vidrio, las fibras de basalto poseen la ventaja de un coeficiente de dilatación claramente positivo y permiten, por tanto, una reducción de la diferencia de los coeficientes de dilatación térmica para el revestimiento 12.

10 Aunque las resinas de poliuretano son adecuadas, se usan, por su comportamiento duroplástico y su mejor procesabilidad, sobre todo resinas epoxi. No obstante, también son posibles mezclas de resinas, por ejemplo de poliuretano y epoxi.

15 A través de una selección de material acertada para el revestimiento 12 y su nitruración, puede ponerse a disposición un depósito de presión 10 que posee una capacidad de almacenamiento mejorada para hidrógeno líquido y/o gaseoso por la tolerancia del hidrógeno a alta presión y por la idoneidad para temperaturas criogénicas. Al mismo tiempo, se satisfacen de manera óptima los requisitos en cuanto a la rigidez y la zona elástica así como requisitos en cuanto al comportamiento de abolladuras y requisitos de construcción ligera.

20 La presente invención no está limitada a la forma de realización representada del revestimiento 12. De esta manera, es perfectamente posible añadir al revestimiento 12 dos cilindros de la mitad de la longitud total con respectivas bóvedas integrales, que se preparan por ejemplo a través de una técnica de conformación adecuada, como formación por estirado, una pieza bruta moldeada adecuadamente, a través de un cordón de soldadura horizontal situado en el medio de la longitud del depósito de presión. También son posibles depósitos de presión esféricos o depósitos de presión con cualquier otra forma de rotación simétrica y/o de rotación no simétrica. Por ejemplo, las secciones abovedadas 22 pueden formarse con forma semiesférica, de casquete esférico, de calota, de calota elíptica, cónica, elíptica, en forma de Cassini, de medio toro o con otras formas seccionales parecidas.

25 Además, también es posible, en principio, llevar a cabo la nitruración solo después de un estirado en frío (parcial o completo). Cualquier otra forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención, en la que está previsto un estirado en frío y/o nitruración en diferentes sucesiones temporales y está de la misma manera incluida y cubierta por la enseñanza de la investigación, está mencionada a modo de ejemplo en la siguiente Tabla.

Tabla

Nitruración I	Nitruración II	Nitruración + estirado en frío I	Nitruración + estirado en frío II	Nitruración + estirado en frío III
Fabricar piezas individuales y soldarlos formando el revestimiento	Fabricar piezas individuales y soldarlos formando semirevestimientos	Fabricar piezas individuales y soldarlos formando semirevestimientos	Fabricar piezas individuales y soldarlos formando semirevestimientos	Fabricar piezas individuales y soldarlos formando semirevestimientos
Nitrurar revestimiento	Nitrurar las mitades del revestimiento	Nitrurar las mitades del revestimiento	Nitrurar las mitades del revestimiento	Nitrurar las mitades del revestimiento
	Soldar formando el revestimiento	Soldar formando el revestimiento (costura-0 más pequeña)	Soldar formando el revestimiento (costura-0 más pequeña)	Soldar formando el revestimiento
	Nitrurar localmente el cordón de soldadura de montaje	Estirar en frío localmente la costura	Nitrurar localmente el cordón de soldadura de montaje	Nitrurar localmente el cordón de soldadura de montaje
		(Atemperar)	Estirar en frío localmente la soldadura	Estirar en frío globalmente
			(Atemperar)	(Atemperar)

REIVINDICACIONES

1. Depósito de presión para la recogida y el almacenamiento de fluidos criogénicos, especialmente de líquidos criogénicos, que está formado por un depósito de metal que forma un revestimiento (12) y un refuerzo (14) de plástico reforzado con fibras aplicado sobre el revestimiento (12), **caracterizado por que** el revestimiento (12) está formado por una aleación metálica no magnética con una estructura reticular cúbica centrada en las caras completamente austenítica y, para el aumento del límite de alargamiento $R_{p0,2}$ de al menos 800 MPa o más, antes de la aplicación del refuerzo (14) de plástico reforzado con fibras, está sometido a un tratamiento de nitruración a una temperatura de más de 1000 °C, especialmente en un intervalo de temperatura de entre 1000 y 1200 °C, por medio de nitrógeno o amoniaco.
2. Depósito de presión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está formado por un acero de submarino.
3. Depósito de presión de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está formado por la aleación metálica 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 o 27-7 Mo.
4. Depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está unido por al menos dos piezas individuales que van a soldarse entre sí formando un depósito de metal.
5. Depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está sometido parcial o completamente al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoniaco.
6. Depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está sometido después de la soldadura al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoniaco.
7. Depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el revestimiento (12) es enfriado bruscamente tras el tratamiento de nitruración por medio de enfriamiento rápido a alta presión, especialmente con nitrógeno o argón.
8. Depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está estirado en frío en una medida de hasta aproximadamente el 25 %, especialmente de menos de aproximadamente el 15 %, especialmente parcial o completamente, antes de la aplicación del refuerzo (14) de plástico reforzado con fibras.
9. Depósito de presión de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está estirado en frío antes o después del tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoniaco.
10. Depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está recocido en disolución, especialmente parcial o completamente, antes del estirado en frío.
11. Depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está atemperado, especialmente parcial o completamente, después del estirado en frío.
12. Procedimiento para la fabricación de un depósito de presión para líquidos criogénicos, que está formado por un depósito de metal que forma un revestimiento (12) y un refuerzo (14) de plástico reforzado con fibras aplicado sobre el revestimiento (12), especialmente de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está formado por una aleación metálica no magnética con una estructura reticular cúbica centrada en las caras completamente austenítica y, para el aumento del límite de alargamiento $R_{p0,2}$ de al menos 800 MPa o más, antes de la aplicación del refuerzo (14) de plástico reforzado con fibras, está sometido a un tratamiento de nitruración a una temperatura de más de 1000 °C, especialmente en un intervalo de temperatura de entre 1000 y 1200 °C, por medio de nitrógeno o amoniaco.
13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está formado por un acero de submarino.
14. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado por que** el revestimiento (12) está formado por la aleación metálica 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 o 27-7 Mo.
15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se une por al menos dos piezas individuales que van a soldarse juntas formando un depósito de metal.
16. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se somete parcial o completamente al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoniaco.
17. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se enfría bruscamente tras el tratamiento de nitruración por medio de enfriamiento rápido a alta presión, especialmente

con nitrógeno o argón.

18. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 17, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se somete después de la soldadura al tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco.
- 5 19. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 18, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se estira en frío en una medida de hasta aproximadamente el 25 %, especialmente de menos de aproximadamente el 15 %, especialmente parcial o completamente, antes de la aplicación del refuerzo (14) de plástico reforzado con fibras.
20. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se estira en frío antes o después del tratamiento de nitruración por medio de nitrógeno o amoníaco.
- 10 21. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 19 o 20, **caracterizado por que** la pieza bruta del revestimiento (12) se presiona contra el molde o la matriz mediante presión constante del medio de presión hidráulico o neumático.
22. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 21, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se somete a un recocido de disolución, especialmente parcial o completamente, antes del estirado en frío.
- 15 23. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 22, **caracterizado por que** el revestimiento (12) se somete a un atemperado, especialmente parcial o completamente, después del estirado en frío.
- 20 24. Uso de un depósito de presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11 u obtenido de acuerdo con un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 12 a 23 para la recogida y el almacenamiento de líquidos, especialmente de fluidos criogénicos, preferentemente de oxígeno e hidrógeno, en vehículos, especialmente en aeronaves o artefactos voladores de navegación aérea o espacial, preferentemente en aviones y cohetes espaciales, especialmente en embarcaciones, preferentemente en un submarino o un aerodeslizador ("*hovercraft*"), o especialmente en vehículos terrestres, preferentemente en un automóvil, un vehículo de transporte de viajeros, como un autobús o un microbús, un camión o una autocaravana.

