

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 486**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/38 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

F17C 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2019** **E 19305077 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 3686309**

54 Título: **Sistema de almacenamiento y/o transporte de gas licuado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
24.01.2025

73 Titular/es:

GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ (100.00%)
1 Route de Versailles
78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse, FR

72 Inventor/es:

LAURAIN, NICOLAS;
REYDET, PIERRE-LOUIS y
ESCOT, MARIELLE

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 994 486 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

Sistema de almacenamiento y/o transporte de gas licuado

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere al campo del almacenamiento y transporte de gases licuados, en particular a recipientes metálicos sellados adecuados para almacenar, transferir o transportar fluidos fríos como gases licuados.

La invención se refiere, en particular, a membranas metálicas estancas para el transporte, la transferencia y el almacenamiento de gases licuados, fabricadas a partir de chapas metálicas soldadas entre sí de forma estanca.

Antecedentes tecnológicos

- 10 Los tanques sellados y aislados térmicamente con membranas metálicas estancas se utilizan en particular para almacenar gas natural licuado (GNL), que puede almacenarse a presión atmosférica a unos -162°C . Estos tanques pueden instalarse en tierra o en una estructura flotante. En el caso de una estructura flotante, el tanque puede estar diseñado para transportar gas natural licuado o para recibir gas natural licuado utilizado como combustible para propulsar la estructura flotante.

- 15 Para limitar las tensiones térmicas en una membrana metálica tan hermética, es habitual utilizar aleaciones con un alto contenido en níquel conocidas como InvarO, que tienen un coeficiente de dilatación térmica notablemente bajo. Sin embargo, el alto contenido de níquel hace que estas aleaciones sean relativamente caras. Además, la soldabilidad de estas aleaciones con otros metales no siempre es satisfactoria, sobre todo en lo que se refiere a la resistencia mecánica de las soldaduras heterogéneas.

- 20 Se conocen aleaciones con base de hierro que también contienen carbono y manganeso para aplicaciones criogénicas, comercializadas por la empresa coreana Posco. Estos aceros comprenden, en peso:

$$0,35\% \leq C \leq 0,55\%$$

$$22,0\% \leq \text{Mn} \leq 26,0$$

$$3,0\% \leq \text{Cr} \leq 4,0\%$$

$$0 \leq \text{Si} \leq 0,3\%$$

- 25 el resto es hierro y elementos residuales del procedimiento de fabricación.

Sin embargo, estas aleaciones no son totalmente satisfactorias.

En efecto, aunque son satisfactorias desde el punto de vista de su coeficiente de dilatación térmica y de su resiliencia a temperatura ambiente y a temperatura criogénica (-196°C), los inventores de la presente invención han constatado que son más susceptibles al agrietamiento en caliente que las aleaciones actuales InvarO y el acero inoxidable 304L.

- 30 Los inventores de la presente invención también han observado que estos aceros son muy susceptibles a la corrosión. Una buena resistencia a la corrosión es importante para las aplicaciones mencionadas anteriormente, en particular en el caso de las tiras finas, sobre todo para limitar los riesgos de fallo por fatiga o fallo bajo tensión de las piezas y estructuras fabricadas con estas aleaciones.

- 35 Una buena resistencia a la corrosión es particularmente importante para las piezas y conjuntos destinados al almacenamiento y transporte de gases licuados. Estas piezas y ensamblajes pueden estar sujetos a niveles relativamente altos de corrosión atmosférica, ya que los lugares de construcción de los buques cisterna de gas licuado que incorporan dichas piezas y ensamblajes, y los lugares de ensamblaje de las tuberías de transporte de gas licuado, suelen estar situados junto al mar. La corrosión a una profundidad superior a una profundidad crítica aumenta el riesgo de fallo por fatiga, vinculado en particular al enfriamiento y recalentamiento cíclicos, o al fallo por tensión de las piezas y estructuras fabricadas con estas aleaciones. Por lo tanto, estas aleaciones no son del todo satisfactorias para las aplicaciones mencionadas. El documento WO2019/012236 A1 describe un sistema de almacenamiento y/o transporte de un gas licuado.
- 40

Sumario

- 45 Una idea de la invención es utilizar, en aplicaciones de almacenamiento y transporte de gases licuados, chapas fabricadas a partir de aleaciones que tengan un alto contenido en manganeso, suficiente para sustituir al níquel como estabilizador de la fase austenítica a bajas temperaturas, y que tengan otras propiedades satisfactorias para estas aplicaciones.

Otra idea que subyace a la invención es satisfacer los requisitos acumulativos relativos a:

- 50
- baja contracción térmica al enfriarse desde la temperatura ambiente
 - estabilidad de la fase austenítica en servicio, para mantener la ductilidad a bajas temperaturas,
 - resistencia a la corrosión,

- soldabilidad, incluida la soldadura heterogénea con aceros al carbono y aceros inoxidables,
- la resistencia mecánica de las soldaduras y, por tanto, la ausencia de fisuración en caliente,
- resistencia al frío,
- resistencia mecánica a la fatiga y a los ciclos térmicos.

5 A tal fin, la invención proporciona un sistema de almacenamiento y/o transporte de un gas licuado que comprende un recipiente destinado a estar en contacto con el gas licuado, en el que el recipiente está constituido esencialmente por chapas metálicas soldadas entre sí de manera estanca. Una, algunas o todas las chapas metálicas son de una aleación a base de hierro-manganeso como se define en la reivindicación 1.

10 La invención también se refiere a una estructura flotante, un sistema de carga o descarga, un procedimiento de carga o descarga de una estructura flotante, y un procedimiento de fabricación de un contenedor como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Según realizaciones particulares, la aleación comprende una o más de las siguientes características, tomadas solas o en cualquier combinación(es) técnicamente posible:

- El contenido de cromo se sitúa entre el 8,5% y el 11,5% en peso.
- El contenido de níquel se sitúa entre el 0,5% y el 2,5% en peso.
- El contenido de nitrógeno se sitúa entre el 0,15% y el 0,25% en peso.
- Las tierras raras comprenden uno o más elementos seleccionados entre lantano, cerio, itrio, praseodimio, neodimio, samario e iterbio.
- La aleación de hierro-manganeso descrita anteriormente tiene un coeficiente medio de dilatación térmica CTE entre -180°C y 0°C inferior o igual a 8,5, 10-6/°C.
- La aleación a base de hierro-manganeso descrita anteriormente tiene una temperatura Néel $T_{Néel}$ superior o igual a 40°C.
- La aleación a base de hierro-manganeso descrita anteriormente tiene, cuando se produce como una tira delgada con un espesor inferior o igual a 3 mm, al menos una de las siguientes características:
 - una resistencia al impacto KCV sobre una probeta reducida de 3 mm de espesor a temperatura criogénica (-196°C) superior o igual a 80 J/cm², y por ejemplo superior o igual a 100 J/cm²
 - un límite elástico $R_{p0,2}$ a -196°C igual o superior a 700 MPa;
 - un límite elástico $R_{p0,2}$ a temperatura ambiente (20°C) superior o igual a 300 MPa.
- La aleación a base de hierro-manganeso descrita anteriormente es austenítica a temperatura criogénica y a temperatura ambiente.

En estas aleaciones, la función de los distintos elementos químicos puede resumirse como sigue.

El manganeso Mn favorece la ductilidad estabilizando la fase austenítica deformable en frío. Por tanto, favorece el endurecimiento por maculación sin pérdida de ductilidad, lo que se traduce en un elevado alargamiento a la rotura.

35 El cromo Cr garantiza la resistencia a la corrosión atmosférica. En combinación con el nitrógeno, produce una capa de pasivación superficial. Sin embargo, el contenido debe limitarse para evitar la formación de una fase indeseable (fase sigma).

Opcionalmente, también puede utilizarse una pequeña cantidad de níquel Ni para estabilizar la fase austenítica a baja temperatura, por ejemplo -163°C, y garantizar así la ausencia de transición de fase con el enfriamiento y el endurecimiento por deformación.

40 El nitrógeno N desempeña un papel estabilizador en la fase austenítica y también protege contra la corrosión. Preferentemente, el número de resistencia a la picadura PREN (por *pitting resistance number*) de la aleación está comprendido entre 11 y 15. Recordemos la definición de este índice:

$$PREN = [Cr] + 3,3 * [Mo] + 16 * [N]$$

45 donde [X] denota la fracción de masa del elemento químico X expresada en porcentaje.

El carbono C debe permanecer en pequeñas cantidades dada su afinidad con el cromo, que corre el riesgo de producir la precipitación de carburos. El endurecimiento inducido por el carbono también puede ser perjudicial para la soldabilidad. Sin embargo, mejora la resistencia mecánica, aumentando el límite elástico Re y la carga de rotura Rm.

50 El silicio Si resulta del procedimiento de fabricación y debe limitarse para preservar la soldabilidad. Sin embargo, desempeña un papel estabilizador.

Los elementos metálicos como las tierras raras, en particular el cerio Ce y el lantano La y el itrio Y, mejoran notablemente la soldabilidad de la aleación.

Dicha aleación es un acero austenítico de alto contenido en manganeso. Es una aleación austenítica a temperatura ambiente y a temperatura criogénica (-196°C).

5 Por elementos residuales resultantes del procedimiento de producción se entienden los elementos que están presentes en las materias primas utilizadas para producir la aleación o que proceden de los equipos utilizados para producirla, por ejemplo los refractarios de los hornos. Estos elementos residuales no tienen ningún efecto metalúrgico sobre la aleación.

Los elementos residuales incluyen en particular uno o varios elementos seleccionados entre: carbono (C), aluminio (Al), selenio (Se), azufre (S), fósforo (P), oxígeno (O), cobalto (Co), cobre (Cu), molibdeno (Mo), estaño (Sn), niobio (Nb), vanadio (V), titanio (Ti) y plomo (Pb).

10 Para cada uno de los elementos residuales enumerados anteriormente, los contenidos máximos se seleccionan preferentemente como sigue, en peso:

15 C ≤ 0,05% en peso, y preferentemente C ≤ 0,035% en peso,
Al ≤ 0,02% en peso, y preferentemente Al ≤ 0,005% en peso,
Se ≤ 0,02% en peso, y preferentemente Se ≤ 0,01% en peso, aún más ventajosamente Se ≤ 0,005% en peso,
S ≤ 0,005% en peso, y preferentemente S ≤ 0,001% en peso
P ≤ 0,04% en peso, y preferentemente P ≤ 0,02% en peso
O ≤ 0,005% en peso, y preferentemente O ≤ 0,002% en peso
Co, Cu, Mo ≤ 0,2% en peso cada uno
Sn, Nb, V, Ti ≤ 0,02% en peso cada uno
20 Pb ≤ 0,001% en peso.

En particular, el contenido de selenio se limita dentro de los rangos mencionados anteriormente para evitar problemas de agrietamiento en caliente que podrían resultar de un contenido demasiado alto de selenio en la aleación. Ventajosamente, la fracción másica del elemento químico Se es inferior a 10 ppm, preferentemente inferior a 5 ppm, en la aleación a base de hierro-manganeso.

25 La aleación a base de hierro-manganeso en particular tiene:

- un coeficiente medio de dilatación térmica CTE entre -180°C y 0°C inferior o igual a $8,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; y
- una temperatura Néel $T_{\text{Néel}}$ superior o igual a 40°C,
y cuando se producen en tiras finas de un espesor igual o inferior a 3 mm,

30 o una resistencia al impacto KCV sobre una probeta reducida de 3 mm de espesor a temperatura criogénica (-196°C) superior o igual a 80 J/cm², y por ejemplo superior o igual a 100 J/cm² ;
 o un límite elástico $R_{p0.2}$ a -196°C igual o superior a 700 MPa; y
 o un límite elástico $R_{p0.2}$ a temperatura ambiente (20°C) superior o igual a 300 MPa.

35 En consecuencia, esta aleación tiene propiedades satisfactorias de expansión térmica, resistencia al impacto y resistencia mecánica para su uso en las aplicaciones mencionadas, particularmente a temperatura criogénica, como por ejemplo el transporte y almacenamiento de fluidos criogénicos.

40 La aleación a base de hierro-manganeso presenta también una resistencia a la corrosión caracterizada por una corriente crítica de corrosión en medio H₂SO₄ (2 mol.l⁻¹) estrictamente inferior a 230mA/cm² y un potencial de picadura V en medio NaCl (0,02 mol.l⁻¹) estrictamente superior a 40mV, determinándose el potencial de picadura por referencia a un potencial de referencia, el electrodo de hidrógeno (ENH). La aleación a base de hierro-manganeso ofrece así una resistencia a la corrosión igual o superior a la de Invar[®]-M93. Cabe señalar en este contexto que el Invar[®]-M93 es un material utilizado habitualmente en las aplicaciones mencionadas, en particular a temperaturas criogénicas.

45 La aleación a base de hierro-manganeso también presenta una soldabilidad satisfactoria y, en particular, una buena resistencia al agrietamiento en caliente. En particular, como se explica más adelante, tiene una longitud de fisura inferior o igual a 7 mm en un ensayo Vrestraint para una deformación plástica del 3%. Como resultado, la aleación a base de hierro-manganeso tiene una resistencia al agrietamiento mucho mayor que las anteriores aleaciones de Fe-Mn.

50 Más concretamente, en la aleación a base de hierro y manganeso, el manganeso, con un contenido inferior o igual al 32,0% en peso, permite obtener un coeficiente medio de dilatación térmica inferior a $8,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre -180°C y 0°C. Este coeficiente de dilatación térmica es satisfactorio para la utilización de la aleación en las aplicaciones previstas, y en particular en las aplicaciones criogénicas.

55 El contenido de manganeso igual o superior al 25,0% en peso, combinado con un contenido de cromo igual o inferior al 14,0% en peso, confiere a la aleación una buena estabilidad dimensional a temperatura ambiente y a temperatura criogénica (-196°C). En particular, la temperatura de Neel de la aleación es entonces estrictamente superior a 40°C, y no es probable que se alcance a las temperaturas habituales a las que se utiliza la aleación. Sin embargo, es probable

que la utilización de la aleación a temperaturas superiores a la temperatura de Néel genere variaciones significativas en la dilatación de las piezas y conjuntos soldados a temperatura ambiente. El coeficiente de dilatación del acero de alto manganeso descrito anteriormente es del orden de $8 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ a temperaturas inferiores o iguales a la temperatura de Néel, mientras que es del orden de $16 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ para temperaturas superiores a la temperatura de Néel.

- 5 El cromo con un contenido inferior o igual al 14,0% en peso permite obtener una buena resiliencia al impacto KCV sobre una probeta reducida de 3 mm de espesor a temperatura criogénica (-196°C), y en particular una resiliencia al impacto KCV a -196°C superior o igual a 50 J/cm^2 . Por el contrario, los inventores han comprobado que un contenido de cromo estrictamente superior al 14,0% en peso puede hacer que la aleación se vuelva demasiado quebradiza a temperaturas criogénicas.
- 10 Además, con un contenido superior o igual al 7,0% en peso, el cromo permite obtener una buena soldabilidad de la aleación. Los inventores han descubierto que la soldabilidad tiende a deteriorarse para contenidos de cromo estrictamente inferiores al 7,0% en peso. El cromo también contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión de la aleación.

Preferiblemente, el contenido de cromo está comprendido entre el 8,5% y el 11,5% en peso. Un contenido de cromo dentro de este rango resulta en un compromiso aún mejor entre una alta temperatura Neel y una alta resistencia a la corrosión.
- 15 El níquel con un contenido inferior o igual al 2,5% en peso permite obtener un coeficiente medio de dilatación térmica entre -180°C y 0°C inferior o igual a $8,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Este coeficiente de dilatación térmica es satisfactorio para la utilización de la aleación en las aplicaciones previstas y, en particular, en las aplicaciones criogénicas mencionadas anteriormente. Por el contrario, los inventores han comprobado que el coeficiente de dilatación térmica es susceptible de deteriorarse para contenidos de níquel estrictamente superiores al 2,5% en peso.

Preferiblemente, el contenido de níquel está comprendido entre el 0,5% y el 2,5% en peso. Un contenido de níquel igual o superior al 0,5% en peso mejora aún más la resiliencia al impacto de la aleación a temperaturas criogénicas (-196°C).
- 20 El nitrógeno, a niveles superiores o iguales al 0,05% en peso, contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión. Sin embargo, su contenido se limita al 0,30% en peso para mantener una soldabilidad y una resiliencia al impacto satisfactorias a temperatura criogénica (-196°C).

Preferiblemente, el contenido de nitrógeno se sitúa entre el 0,15% y el 0,25% en peso. Un contenido de nitrógeno dentro de este rango proporciona un compromiso aún mejor entre las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión.
- 25 El silicio, presente en la aleación a un nivel comprendido entre el 0,1% y el 0,5% en peso, actúa como desoxidante en la aleación.
- 30 La aleación incluye opcionalmente tierras raras en un contenido comprendido entre el 0,010% y el 0,14% en peso. Las tierras raras se seleccionan preferentemente entre itrio (Y), cerio (Ce), lantano (La), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), samario (Sm) e iterbio (Yb) o mezclas de uno o varios de estos elementos. En un ejemplo particular, las tierras raras incluyen una mezcla de cerio y lantano o itrio, utilizados solos o mezclados con cerio y lantano.
- 35 En particular, las tierras raras consisten en lantano y/o itrio, siendo la suma de los contenidos de lantano e itrio entre 0,010% y 0,14% en peso.

Alternativamente, las tierras raras consisten en cerio, siendo el contenido de cerio entre 0,010% y 0,14% en peso.
- 40 Preferentemente, la fracción másica acumulativa del elemento o elementos metálicos seleccionados entre Ce y La está comprendida entre 100ppm y 200ppm en la aleación a base de hierro-manganeso.

Alternativamente, las tierras raras consisten en una mezcla de lantano, itrio, neodimio y praseodimio, siendo la suma de los contenidos de lantano, itrio, neodimio y praseodimio entre 0,010% y 0,14% en peso. En este caso, se añaden tierras raras, por ejemplo en forma de Mischmetal, con un contenido comprendido entre el 0,010% y el 0,14% en peso.
- 45 El mischmetal contiene lantano, itrio, neodimio y praseodimio en las siguientes proporciones: Este: 50%, Ei: 25%, Nd: 20% y Pr: 5%.

La presencia de tierras raras, y más concretamente de una mezcla de cerio y lantano o itrio, en las proporciones mencionadas permite obtener una aleación con muy buena resistencia a la fisuración en caliente y, por consiguiente, aún mejor soldabilidad.
- 50 A modo de ejemplo, el contenido en tierras raras se sitúa entre 150 ppm y 800 ppm.

Ventajosamente, la aleación a base de hierro-manganeso tiene:

- un coeficiente de dilatación térmica inferior a $9,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ promediado en una gama de temperaturas comprendida entre 0°C y -180°C , preferentemente inferior a $8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,
- una temperatura Néel $T_{\text{Néel}}$ superior o igual a 40°C ,
y cuando se producen en tiras finas de un espesor igual o inferior a 3 mm,
- 5 • una resiliencia al impacto sobre una probeta reducida de 3 mm de espesor a -196°C superior a 80 J/cm^2 , preferentemente superior a 100 J/cm^2 ,
- un límite elástico $R_{p0,2}$ superior a 700 MPa a -196°C ,
- una carga de rotura R_m igual o superior a 1000 MPa a -163°C
- un alargamiento a la rotura superior al 40% a -163°C
- 10 • y un límite elástico $R_{p0,2}$ a temperatura ambiente (20°C) superior o igual a 300 MPa .

La producción de la aleación a base de hierro-manganeso puede implicar las etapas que se describen a continuación

- A modo de ejemplo, se produce en un horno de arco eléctrico y, a continuación, se refina en la cuchara mediante los procedimientos habituales (descarburación, desoxidación y desulfuración), que pueden incluir, en particular, una etapa de presurización a presión reducida. Alternativamente, la aleación a base de hierro-manganeso se produce en un
- 15 horno de vacío a partir de materias primas con bajo contenido residual.

A continuación se fabrican tiras en caliente o en frío, por ejemplo, a partir de la aleación así producida.

A modo de ejemplo, el siguiente procedimiento se utiliza para fabricar dichas tiras en caliente o en frío.

La aleación se funde en forma de productos semiacabados tales como lingotes, electrodos de refundición, desbastes, en particular desbastes finos de espesor inferior a 200 mm, en particular obtenidos por colada continua, o palanquillas.

- 20 Cuando la aleación se funde en forma de electrodo de refundición, éste se refunde ventajosamente al vacío o en una escoria conductora de electricidad para obtener una mayor pureza y productos semiacabados más homogéneos.

El producto semiacabado así obtenido se lamina a continuación en caliente a una temperatura comprendida entre 950°C y 1220°C para obtener un fleje en caliente.

El espesor de la tira en caliente se sitúa en particular entre 2 mm y 6,5 mm.

- 25 Según una realización, el laminado en caliente va precedido de un tratamiento térmico de homogeneización química a una temperatura comprendida entre 950°C y 1220°C durante un período comprendido entre 30 minutos y 24 horas. El procedimiento de homogeneización química se lleva a cabo en la losa, en particular en la losa fina.

La tira caliente se enfría a temperatura ambiente para formar una tira enfriada y, a continuación, se enrolla en bobinas.

- 30 Opcionalmente, la tira enfriada se lamina en frío para obtener una tira en frío con un espesor final ventajosamente comprendido entre 0,5 mm y 2 mm. El laminado en frío se realiza en una sola pasada o en varias pasadas sucesivas.

- 35 En el espesor final, la tira en frío se somete opcionalmente a un tratamiento térmico de recristalización en un horno estático durante un período que oscila entre 10 minutos y varias horas y a una temperatura superior a 700°C . Alternativamente, se somete a un tratamiento térmico de recristalización en un horno de recocido continuo durante un período que oscila entre unos segundos y aproximadamente 1 minuto, a una temperatura superior a 900°C en la zona de mantenimiento del horno, y en una atmósfera protegida del tipo N_2/H_2 (30%/70%) con una temperatura de congelación comprendida entre -50°C y -15°C . La temperatura de congelación define la presión parcial del vapor de agua contenido en la atmósfera de tratamiento térmico.

- 40 Un tratamiento térmico de recristalización puede efectuarse, en las mismas condiciones, durante la laminación en frío, en un espesor intermedio entre el espesor inicial (correspondiente al espesor de la tira en caliente) y el espesor final. Por ejemplo, se selecciona un espesor intermedio de 1,5 mm cuando el espesor final de la tira en frío es de 0,7 mm.

El procedimiento de producción de la aleación y de fabricación de tiras en caliente y en frío a partir de esta aleación se dan únicamente a título de ejemplo.

En particular, la tira tiene un espesor inferior o igual a 6,5 mm, y preferentemente inferior o igual a 3 mm.

- 45 Dicha tira es, por ejemplo, una tira en frío fabricada mediante el procedimiento descrito anteriormente o una tira en caliente obtenida al final de la etapa de laminación en caliente del procedimiento descrito anteriormente.

El laminado en frío puede realizarse en una o más etapas, cada una de las cuales puede ir seguida de un recocido de recristalización para ajustar el tamaño de grano de la microestructura. Los recocidos de recristalización durante el procedimiento de laminación en frío ayudan a ajustar el límite elástico y mejoran la soldabilidad.

Ejemplos

Ejemplo 1

Las aleaciones A, B, C y D se preparan variando el contenido de ciertos constituyentes como se muestra en la Tabla 1. La tabla 2 muestra las propiedades físicas medidas para estas aleaciones. La fase tras el enfriamiento se determina mediante el análisis microestructural, y designa la fase austenítica y ϵ la fase martensítica. La carga de rotura a -163°C Rm, el límite elástico a -163°C Rp_{0,2} y el alargamiento de rotura a -163°C A se determinan mediante ensayos de tracción. La resiliencia se mide con una probeta Charpy.

Estas mediciones muestran que las aleaciones C y D tienen propiedades muy ventajosas para una aplicación de contención criogénica de líquidos como un gas licuado.

También se llevaron a cabo ensayos de Varesstraint para las aleaciones B, C y D y se demostró la ausencia de riesgo de agrietamiento en caliente.

Tabla 1

Composición	%Mn	%Cr	%Ni	N
A	18	10	2	0,1
B	24	10	2	0,1
C	30	10	2	0,1
D	28	10,5	2	0,2

Tabla 2

Composición	Fase después del enfriamiento	Dilatación térmica de -180°C a 0°C α (10^{-6} K^{-1})	Carga de rotura a -163°C Rm (MPa)	Límite elástico a -163°C Rp _{0,2} (MPa)	Alargamiento a la rotura a -163°C A (%)	Resiliencia al impacto a -196°C (J/cm ²)
A	γ +10% ϵ	6,3	1029	300	79	208
B	γ +2% ϵ	7,4	1040	438	58	120
C	γ	7,5	980	495	79	140
D	γ	8	1100	500	45	110

Las propiedades mecánicas Rm, Rp_{0,2} y A se dan aquí a modo de comparación para un tamaño de grano idéntico en todas las aleaciones. Estas propiedades pueden modificarse mediante tratamiento térmico.

Ejemplo 2

Se prepara una aleación con la composición indicada en la Tabla 3 (fracciones máxicas):

Tabla 3

Mn	Cr	Ni	Si	N	S (ppm)	C (ppm)	Ce (ppm)	La (ppm)
28,7	10,4	1,91	0,282	0,181	50	220	81	80

La chapa inicial obtenida con un espesor de 3,5 mm se lamina en frío hasta 1 mm. Un tratamiento de recristalización de 10 minutos a 850°C produce un tamaño de grano muy pequeño ($4\mu\text{m}$) y un límite elástico muy elevado, de unos 500MPa. El resultado es un paso de flujo que puede provocar problemas de repetibilidad de la forma al formar las membranas. Se investigan los parámetros de recocido de recristalización para modular el tamaño de grano. Las granulometrías G correspondientes figuran en la tabla 4, medidas según la norma ASTM E112-10.

Tabla 4

Tiempo de recocido a 1000°C (min)	5	20	45	60
G (ASTM E112)	8	7,5	7	6,5

La resistencia mecánica de una soldadura homogénea entre dos piezas fabricadas con la aleación hierro-manganeso o de una soldadura heterogénea entre una pieza fabricada con la aleación hierro-manganeso y una pieza fabricada con una aleación diferente, y en particular acero inoxidable 304L e Invar® M93, se investigó mediante ensayos de tracción. Estas pruebas se llevaron a cabo utilizando la aleación según el ejemplo 16 de la Tabla 6 como aleación de hierro-manganeso.

Más particularmente, se produjeron soldaduras homogéneas soldando a tope dos cupones tomados de una tira hecha de la aleación hierro-manganeso según el ejemplo 16 de la tabla 6. También se produjeron soldaduras heterogéneas soldando a tope una probeta tomada de una tira hecha de la aleación según el ejemplo 16 de la Tabla 6 con una probeta tomada de una tira hecha de Invar® M93 o con una probeta tomada de una tira hecha de acero inoxidable 304L.

Además, a modo de comparación, se produjeron soldaduras homogéneas soldando a tope dos cupones tomados de tiras hechas de Invar® M93 y se produjeron soldaduras heterogéneas soldando a tope un cupón tomado de una tira hecha de Invar® M93 y un cupón tomado de una tira hecha de acero inoxidable 304L.

Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Resultados de las pruebas de tracción

Tipo de unión soldada a tope	ejemplo 16- ejemplo 16	Ejemplo 16- Acero inoxidable 304L	Ejemplo 16 - Invar M93	Invar M93 - Invar M93	Acero inoxidable 304L-Invar M93
Resistencia a la rotura de la unión soldada a 25°C (MPa)	615	475	425	410	330

Los ensayos de tracción se realizaron a temperatura ambiente, como es habitual en los ensayos de cualificación de soldaduras.

Estas pruebas muestran que la aleación a base de hierro-manganeso presenta una soldabilidad satisfactoria con acero inoxidable e invar®.

Ejemplo 3

Los inventores han llevado a cabo coladas de laboratorio de aleaciones que tienen composiciones como las definidas anteriormente, así como de aleaciones comparativas que tienen composiciones diferentes de la composición descrita anteriormente.

Estas aleaciones se produjeron en vacío y luego se laminaron en caliente para obtener tiras de 35 mm de ancho y 4 mm de espesor.

A continuación, estas tiras se mecanizaron para obtener una superficie libre de oxidación en caliente.

Las composiciones de aleación de cada una de las tiras probadas se muestran en la Tabla 6 a continuación.

Los inventores realizaron ensayos Vrestraint sobre las tiras obtenidas según la norma europea FD CEN ISO/TR 17641-3 al 3,2% de deformación plástica para evaluar su resistencia a la fisuración en caliente. Midieron la longitud total de las grietas desarrolladas durante la prueba y clasificaron las tiras en tres categorías:

- se consideró que las tiras con una longitud total de grieta igual o inferior a 2 mm al final del ensayo tenían una excelente resistencia al agrietamiento en caliente,
- se consideró que las tiras con una longitud total de fisura de entre 2 mm y 7 mm al final del ensayo tenían una buena resistencia a la fisuración en caliente, mientras que
- se consideró que las tiras con una longitud total de fisura estrictamente superior a 7 mm tenían una resistencia insuficiente a la fisuración en caliente.

Los resultados de estas pruebas figuran en la columna "Pruebas Vrestraint" de la Tabla 1. En esta columna, hemos señalado:

- "1": correas con excelente resistencia al agrietamiento en caliente;
 "2": tiras con buena resistencia al agrietamiento en caliente;
 "3": tiras con resistencia insuficiente al agrietamiento en caliente.

5 La resistencia al agrietamiento en caliente es un aspecto importante de la soldabilidad de una aleación, siendo la soldabilidad tanto mejor cuanto mayor sea la resistencia al agrietamiento.

Los inventores también han probado la resistencia a la corrosión mediante ensayos potenciométricos. Para ello, realizaron las siguientes pruebas:

- evaluación de la corrosión generalizada midiendo la corriente crítica de corrosión $J_{\text{acier Mn}}$ en medio H_2SO_4 (2 mol l^{-1}) y comparación de esta corriente con la medida para las tiras Invar[®]-M93 ($J_{\text{InvarM93}} \sim 230 \text{ mA/cm}^2$);
- 10 • evaluación de la corrosión localizada midiendo el potencial de picadura V en medio NaCl ($0,02 \text{ mol l}^{-1}$) y comparación de este potencial V con el del Invar[®]-M93 ($V_{\text{InvarM93}}/E_{\text{ENH}} \sim 40 \text{ mV}$), donde E_{ENH} es el potencial de referencia con respecto al electrodo de hidrógeno.

Invar[®]-M93 tiene la siguiente composición, en porcentaje en peso:

- 15 $35\% \leq \text{Ni} \leq 36,5$
- $0,2\% \leq \text{Mn} \leq 0,4$
- $0,02 \leq \text{C} \leq 0,04\%$
- $0,15 \leq \text{Si} \leq 0,25\%$
- opcionalmente
- $0 \leq \text{Co} \leq 20\%$
- 20 $0 \leq \text{Ti} \leq 0,5\%$
- $0,01\% \leq \text{Cr} \leq 0,5\%$
- el resto es hierro y elementos residuales del procedimiento de fabricación.

Si $J_{\text{acier Mn}} < J_{\text{Invar M93}}$ y $V_{\text{acier Mn}}/E_{\text{ENH}} > V_{\text{Invar M93}}/E_{\text{ENH}}$, el acero ensayado se considera más resistente a la corrosión que Invar M93.

- 25 Si $J_{\text{acier Mn}} > J_{\text{InvarM93}}$ o $V_{\text{acier Mn}}/E_{\text{ENH}} < V_{\text{InvarM93}}/E_{\text{ENH}}$, el acero ensayado se considera menos resistente a la corrosión que Invar[®]-M93.

Los resultados de estas pruebas se resumen en la columna titulada "Resistencia a la corrosión" de la Tabla 6 que figura a continuación. En esta columna:

- la mención "> Invar" corresponde a tiras para las que $J_{\text{acierMn}} < J_{\text{InvarM93}}$ y $V_{\text{acier Mn}}/E_{\text{ENH}} > V_{\text{InvarM93}}/E_{\text{ENH}}$;
- 30 • la mención "< Invar" corresponde a las tiras para las que $J_{\text{acier Mn}} > J_{\text{InvarM93}}$ o $V_{\text{acier Mn}}/E_{\text{ENH}} < V_{\text{InvarM93}}/E_{\text{ENH}}$; y
- la mención "- Invar" corresponde a las tiras para las que $J_{\text{acier Mn}} \approx J_{\text{InvarM93}}$ o $V_{\text{acier Mn}}/E_{\text{ENH}} \approx V_{\text{InvarM93}}/E_{\text{ENH}}$.

Los inventores también realizaron ensayos de resiliencia a -196°C sobre una probeta reducida (espesor - 3,5mm) y midieron la energía de rotura por impacto de la tira (anotado KCV), de acuerdo con la norma NF EN ISO 148-1. La energía de ruptura se expresa en J/cm^2 . Refleja la resiliencia de la tira. Los resultados de estas pruebas se resumen en la columna "KCV a -196°C " de la tabla 1.

35 También se han realizado pruebas dilatómetricas:

- de -180°C a 0°C para determinar el coeficiente medio de dilatación térmica de la aleación; y
- de 20°C a 500°C para determinar la temperatura de Néel $T_{\text{Néel}}$ de la aleación. La temperatura de Néel es la temperatura por encima de la cual un material antiferromagnético se vuelve paramagnético.

- 40 Más concretamente, el coeficiente medio de dilatación térmica se determina midiendo la variación de longitud en micrómetros entre -180°C y 0°C de una probeta de 50 mm de longitud a 0°C . El coeficiente medio de dilatación térmica

$$\frac{1}{L_0} \times \frac{L_0 - L_1}{T_0 - T_1}$$

se obtiene entonces aplicando la fórmula siguiente: donde L_0 . L_1 representa la variación de longitud en micrómetros entre 0°C y -180°C , L_0 representa la longitud de la probeta a 0°C , T_0 es igual a 0°C y T_1 es igual a -180°C .

- 45 La temperatura de Néel se determina midiendo $L(T)$, donde L es la longitud de la muestra a la temperatura T , y luego calculando la pendiente dL/dT . La temperatura de Néel corresponde a la temperatura a la que cambia la pendiente de esta curva.

Los resultados de estos ensayos se muestran en las columnas tituladas "CTE [-180°C a 0°C]" y " $T_{\text{Néel}}$ " respectivamente en la Tabla 1 siguiente.

Por último, los inventores realizaron ensayos mecánicos por tracción plana a -196°C para medir el límite elástico al 0,2% de alargamiento $R_{p0,2}$ a -196°C . Los resultados de estos ensayos se resumen en la columna titulada " $R_{p0,2}$ a -196°C " de la Tabla 1 que figura a continuación.

Tabla 6: Composición de las aleaciones y resultados de las pruebas

N°	Fe	Mn	Cr	Ni	N	Ce+La	Y	Si	C	Al	Se S P O	Otros	Prueba Varestraint	Resistencia a la corrosión
1	Bal.	25,0	3,6	0,18	mini	mini	mini	0,30	0,4	mini	mini	mini	3	< Invar
2	Bal.	25,0	3,6	0,18	mini	mini	mini	0,30	mini	mini	mini	mini	3	< Invar
3	Bal.	23,0	6,5	0,18	mini	mini	mini	0,28	0,45	mini	mini	mini	3	< Invar
4	Bal.	23,0	6,5	0,18	mini	mini	mini	0,28	mini	mini	mini	mini	3	< Invar
5	Bal.	28,0	6,5	2,1	0,1	mini	mini	0,25	mini	mini	mini	mini	3	> Invar
6	Bal.	28,0	8,0	2,1	0,1	mini	mini	0,25	mini	mini	mini	mini	2	> Invar
7	Bal.	28,0	10,2	1,8	mini	mini	mini	0,30	mini	mini	mini	mini	2	< Invar
8	Bal.	28,0	10,2	1,8	0,1	mini	mini	0,30	mini	mini	mini	mini	2	> Invar
9	Bal.	28,0	12,1	1,8	0,35	mini	mini	0,30	mini	mini	mini	mini	3	> Invar
10	Bal.	28,0	13,5	2,0	0,1	mini	mini	0,28	mini	mini	mini	mini	2	> Invar
11	Bal.	28,0	16,0	2,0	0,1	mini	mini	0,28	mini	mini	mini	mini	2	> Invar
12	Bal.	27,8	10,1	0,3	0,15	mini	mini	0,26	mini	mini	mini	mini	2	> Invar
13	Bal.	27,8	10,1	2,8	0,15	mini	mini	0,26	mini	mini	mini	mini	2	> Invar
14	Bal.	22,0	9,9	2,0	0,15	0,015	mini	0,20	mini	mini	mini	mini	1	> Invar
15	Bal.	25,5	9,9	2,0	0,15	0,035	mini	0,20	mini	mini	mini	mini	1	> Invar
16	Bal.	28,0	10,0	1,8	0,15	0,050	mini	0,25	mini	mini	mini	mini	1	> Invar
17	Bal.	31,5	10,0	1,8	0,15	0,075	mini	0,25	mini	mini	mini	mini	1	> Invar
18	Bal.	31,5	10,0	1,8	0,15	0,150	mini	0,25	mini	mini	mini	mini	3	> Invar
19	Bal.	28,0	9,5	1,9	0,2	mini	0,040	0,24	mini	mini	mini	mini	1	> Invar
20	Bal.	28,0	9,5	1,9	0,2	mini	0,080	0,24	mini	mini	mini	mini	1	> Invar
21	Bal.	28,0	9,5	1,9	0,2	mini	0,200	0,24	mini	mini	mini	mini	3	> Invar

5

En la tabla 6 anterior, "n.d." significa que no se ha determinado el valor en cuestión. Además, se han destacado pruebas acordes con la invención.

En esta tabla:

- para los elementos C, Al, Se, S, P, O, "mini" significa:

5
C < 0,05% en peso,
Al < 0,02% en peso,
Se < 0,001% en peso,
S < 0,005% en peso,
P < 0,04% en peso,
O < 0,002% en peso,

- los elementos señalados como "Otros" incluyen Co, Cu, Mo, Sn, Nb, V, Ti y Pb, y en esta columna "mini" significa:

10
• Co, Cu, Mo < 0,2% en peso,
• Sn, Nb, V, Ti < 0,02% en peso, y
• Pb < 0,001% en peso.

Para el nitrógeno, "mini" significa N < 0,03% en peso. A estos niveles, el nitrógeno se considera un elemento residual.

Para las tierras raras, a saber Ce, La e Y, "mini" significa que la aleación comprende como máximo trazas de estos elementos, preferentemente un contenido de cada uno de estos elementos inferior o igual a 1 ppm.

15 Las pruebas numeradas 6, 8, 10, 12, 15 a 17, 19 y 20 son conformes a la invención.

Se puede observar que las tiras producidas según estas pruebas muestran una buena, incluso excelente, resistencia al agrietamiento en caliente (véase la columna de pruebas Varestraint), y por tanto una buena soldabilidad.

20 Además, estas tiras tienen una resistencia a la corrosión superior o igual a la del invar M93, un coeficiente medio de dilatación térmica CTE entre -180°C y 0°C inferior o igual a $8,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, una temperatura de Neel superior o igual a 40°C, una resiliencia al impacto KCV a -196°C superior o igual a 80 J/cm² y un límite elástico Rp_{0,2} a -196°C superior o igual a 700 MPa.

Las tiras fabricadas a partir de la aleación a base de hierro-manganeso tienen, por tanto, propiedades satisfactorias de dilatación térmica, resiliencia y resistencia mecánica para su uso en aplicaciones en las que se requiere una alta estabilidad dimensional bajo el efecto de variaciones de temperatura, particularmente a temperatura criogénica.

25 Las aleaciones según los ensayos numerados del 1 al 5 tienen un contenido de cromo estrictamente inferior al 7,0% en peso. Los flejes correspondientes muestran una escasa resistencia a la fisuración en caliente y, por tanto, una soldabilidad insatisfactoria. Además, los ensayos 1 y 3 muestran que esta escasa resistencia al agrietamiento en caliente no se compensa con la adición de carbono, ni siquiera a niveles relativamente altos.

30 La aleación según la prueba 11 tiene un contenido de cromo estrictamente superior al 14,0% en peso. Las tiras correspondientes muestran una fragilidad significativa a temperatura criogénica, lo que se traduce en una resiliencia KCV estrictamente inferior a 50 J/cm². Esta aleación también tiene una temperatura de Neel estrictamente inferior a 40°C.

35 La aleación según la prueba número 13 tiene un contenido de níquel estrictamente superior al 2,5% en peso. Las tiras correspondientes muestran un coeficiente medio de dilatación térmica CTE entre -180°C y 0°C estrictamente superior a $8,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

La comparación de los ensayos 7 y 8 muestra que, en igualdad de condiciones, el aumento del contenido de nitrógeno mejora la resistencia a la corrosión. Además, la aleación según el ensayo número 9 tiene un contenido de nitrógeno estrictamente superior al 0,30% en peso, y se observa que tiene una soldabilidad degradada y una resiliencia al impacto KCV a -196°C.

40 Además, como lo demuestra la comparación de las pruebas 14 y 15, la disminución del contenido de manganeso, en igualdad de condiciones, provoca una disminución de la temperatura de Néel.

45 Se observa también que las tiras correspondientes a los ensayos 14, 17, 19 y 20, que incluyen tierras raras en proporciones comprendidas entre el 0,010% y el 0,14% en peso, presentan una excelente resistencia a la fisuración en caliente, con longitudes de fisura inferiores a 2 mm. En cambio, las tiras correspondientes a los ensayos 18 y 21 tienen un contenido de tierras raras estrictamente superior al 0,14% en peso, y se observa que estas tiras presentan una soldabilidad degradada.

La aleación a base de hierro-manganeso puede utilizarse ventajosamente en cualquier aplicación en la que se desee una buena estabilidad dimensional combinada con una buena resistencia a la corrosión y una buena soldabilidad, en particular en el campo criogénico o en el campo de la electrónica.

Habida cuenta de sus propiedades, las aleaciones seleccionadas anteriormente pueden utilizarse ventajosamente para fabricar conjuntos soldados destinados a aplicaciones criogénicas, y en particular tanques o tubos para transportar o almacenar gases licuados.

5 Las aleaciones de Fe-Mn seleccionadas anteriormente son particularmente adecuadas para aplicaciones que implican el almacenamiento y transporte de gases licuados, en particular para producir sistemas de contención relativamente delgados, también conocidos como membranas, por ejemplo en espesores inferiores o iguales a 3 mm, preferiblemente inferiores o iguales a 2 mm, o incluso inferiores o iguales a 1 mm.

10 Según una realización correspondiente, el sistema de almacenamiento y/o transporte está hecho en forma de un tanque sellado y aislado térmicamente y comprende además una estructura de soporte y una barrera térmicamente aislante dispuesta entre la estructura de soporte y el depósito. En dicho tanque, el contenedor tiene esencialmente la forma de una membrana metálica retenida en una superficie interior de la barrera termoaislante.

15 Según una realización del sistema de contención, las chapas metálicas que forman la membrana metálica están onduladas y comprenden al menos una serie de ondulaciones paralelas para promover el alargamiento elástico de la membrana en al menos una dirección. Dichas ondulaciones pueden sobresalir de una superficie interior o exterior de la membrana metálica.

Tales ondulaciones pueden producirse de varias formas. En una realización, una primera serie de ondulaciones paralelas se extiende en una primera dirección y una segunda serie de ondulaciones paralelas se extiende en una segunda dirección secante, preferiblemente ortogonal, a la primera dirección. En algunas realizaciones, las ondulaciones de las dos series pueden intersectarse o, por el contrario, pueden no intersectarse.

20 En particular, las ondulaciones de la membrana metálica pueden producirse en chapas metálicas mediante plegado o estampado. Mediante un procedimiento de plegado, es posible producir una ondulación que se extiende de un borde a otro de la chapa sin estirar significativamente la chapa, lo que preserva su resistencia mecánica a la fatiga. Al ensamblar las chapas metálicas, estas ondulaciones pueden disponerse alineadas entre sí para formar, en una superficie interior o exterior de la membrana metálica, un canal continuo que se extiende por toda la pared del tanque o parte de ella. Un canal continuo de este tipo puede utilizarse para hacer circular un gas neutro a través de la pared del tanque. En particular, un procedimiento de estampación puede producir una ondulación más corta que no se extienda de un borde a otro de la chapa metálica, limitando o evitando así la formación de canales largos.

30 Según una realización, las chapas de metal onduladas están hechas de una aleación a base de hierro-manganeso y tienen un tamaño de grano medido según ASTM E112-10 de entre 6 y 8. Este tamaño normalizado designa granos relativamente grandes e influye en el límite elástico. Por ejemplo, las chapas onduladas fabricadas con una aleación a base de hierro y manganeso tienen un límite elástico $R_{p0.2}$ a 20°C inferior a 350 MPa, preferiblemente entre 300 y 350 MPa. Este límite elástico favorece la conformabilidad de la aleación.

35 Según una realización del sistema de contención, el tanque sellado y aislado térmicamente tiene al menos una pared plana y la membrana metálica de la pared plana está hecha en forma de una membrana extendida en una dirección longitudinal de la pared plana, las chapas metálicas que forman la membrana metálica están hechas en forma de tiras que se extienden en la dirección longitudinal y una porción central de las cuales es plana para descansar sobre la superficie interior de la barrera térmicamente aislante.

40 En este caso, las chapas metálicas producidas en forma de tiras pueden tener bordes longitudinales elevados que se proyectan hacia el interior del tanque con respecto a la porción central plana y que se sueldan por pares para formar fuelles de expansión que promueven el alargamiento elástico de la membrana metálica en una dirección transversal perpendicular a la dirección longitudinal.

45 Preferentemente en este caso, la membrana metálica de la pared plana comprende además un soporte de soldadura dispuesto longitudinalmente entre dos tiras de la membrana tensada, estando el soporte de soldadura unido a la barrera termoaislante para retener la membrana tensada sobre la barrera termoaislante, estando un borde elevado de cada una de dichas dos tiras soldado al soporte de soldadura para formar un denominado fuelle de expansión.

50 En una realización, a lo largo de al menos un borde extremo longitudinal de la pared plana, el tanque comprende una viga de conexión unida a la estructura de soporte y un extremo de la membrana tensada está soldado a la viga de conexión para asumir la fuerza de tensión de la membrana tensada en la dirección longitudinal. La viga de conexión se fabrica ventajosamente con una aleación a base de hierro y manganeso. La viga de conexión también puede ser de InvarO.

En una realización, las dos tiras y el soporte de soldadura están hechos de una aleación a base de hierro-manganeso. El soporte de soldadura también puede ser de otro metal, por ejemplo acero inoxidable o InvarO.

55 Según una realización, las chapas metálicas producidas en forma de tiras están hechas de una aleación a base de hierro-manganeso y tienen un tamaño de grano medido según ASTM E112-10 de entre 8,5 y 12. Este tamaño normalizado, que designa granos relativamente finos, influye en el límite elástico. Por ejemplo, las chapas metálicas

producidas en forma de tira están hechas de una aleación a base de hierro-manganeso y tienen un límite elástico $R_{p0.2}$ a 20°C superior a 350 MPa, preferiblemente entre 350 y 450 MPa. En este caso, el límite elástico a -163°C se sitúa preferentemente entre 750 y 950 MPa.

- 5 Dicho tanque sellado y aislado térmicamente puede fabricarse de varias maneras, por ejemplo con una única barrera estanca o con varias barreras estancas sucesivas. En un tanque multibarrera, la aleación a base de hierro-manganeso puede utilizarse en la membrana secundaria y/o en la membrana primaria. Una membrana secundaria es una membrana estanca dispuesta alrededor de una membrana primaria y diseñada para contener el gas licuado en caso de fallo o rotura de la membrana primaria.
- 10 Según una realización correspondiente, el recipiente es una membrana secundaria y la barrera termoaislante es una barrera termoaislante secundaria, el tanque sellado y aislado térmicamente comprende además una barrera termoaislante primaria apoyada sobre la membrana secundaria y una membrana primaria retenida sobre la barrera termoaislante primaria, preferentemente una membrana primaria ondulada de acero inoxidable, por ejemplo de acero inoxidable 304L.
- 15 En otra realización, el recipiente es una membrana primaria y la barrera termoaislante es una barrera termoaislante primaria, el tanque sellado y aislado térmicamente comprende además una membrana secundaria dispuesta entre la barrera termoaislante primaria y la estructura de soporte y retenida sobre una barrera termoaislante secundaria dispuesta entre la membrana secundaria y la estructura de soporte.
- 20 Dicho tanque sellado y aislado térmicamente puede formar parte de una instalación de almacenamiento en tierra, por ejemplo para almacenar GNL, o instalarse en una estructura flotante, costera o de aguas profundas, en particular un buque metanero, una unidad flotante de almacenamiento y regasificación (FSRU), una unidad flotante de producción y almacenamiento externo (FPSO) y otros. Dicho tanque puede tener diferentes geometrías, por ejemplo prismática, cilíndrica, esférica u otra.
- 25 Según una realización, la invención también proporciona una estructura flotante que comprende un doble casco y el sistema de almacenamiento y/o transporte antes mencionado puede integrarse en el doble casco. Un armazón interior de la estructura flotante forma entonces la estructura de soporte.
Por ejemplo, la estructura flotante tiene la forma de un buque de transporte de gas licuado, en particular un metanero.
Según una realización, el sistema de almacenamiento y/o transporte de un gas licuado constituye un depósito de combustible para la propulsión de la estructura flotante.
- 30 Según una realización, la invención también proporciona un sistema de carga o descarga, que comprende una estructura flotante antes mencionada, tuberías aisladas dispuestas para conectar el tanque sellado y aislado térmicamente instalado en el casco a una instalación de almacenamiento flotante o en tierra y una bomba capaz de impulsar un flujo de gas licuado a través de las tuberías aisladas desde o hacia la instalación de almacenamiento flotante o en tierra hacia o desde el tanque sellado y aislado térmicamente.
- 35 Según una realización, la invención también proporciona un procedimiento de carga o descarga de la estructura flotante antes mencionada, en el que un flujo de gas licuado se transporta a través de tuberías aisladas desde o hacia una instalación de almacenamiento flotante o en tierra hacia o desde el tanque sellado y aislado térmicamente.
Según otra realización, el sistema de almacenamiento y/o transporte de un gas licuado adopta la forma de un sistema de almacenamiento en tierra. El contenedor también puede tener forma de tanque autoportante o de tubería. Dicho tanque autoportante puede tener diferentes geometrías, por ejemplo prismática, cilíndrica, esférica u otra.
- 40 La invención también proporciona un procedimiento de fabricación de un recipiente destinado a estar en contacto con un gas licuado para almacenar, transferir y/o transportar el gas licuado, que comprende:
proporcionar una pluralidad de chapas o tiras metálicas fabricadas con la aleación a base de hierro-manganeso antes mencionada, y
soldar dichas chapas o tiras metálicas de forma estanca en la forma del recipiente.
- 45 Por gas licuado entendemos una sustancia que se encuentra en estado de vapor en condiciones normales de temperatura y presión y que se ha enfriado hasta una fase líquida. En un sistema de este tipo pueden almacenarse varios gases licuados, como GNL, GLP y etileno.

Breve descripción de las figuras

- 50 La invención se entenderá mejor, y otros propósitos, detalles, características y ventajas de la misma se aclararán en el curso de la siguiente descripción de varias realizaciones particulares de la invención, dadas únicamente a modo de ilustración y no de limitación, con referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es una vista en perspectiva seccionada de la pared de un tanque de membrana en una primera realización.

La figura 2 es una vista en perspectiva seccionada de la pared de un tanque de membrana en una segunda realización.

5 La figura 3 es una vista en perspectiva seccionada de la pared de un tanque de membrana en una tercera realización.

La figura 4 es una vista esquemática en perspectiva de una membrana impermeable ondulada formada por chapas metálicas prensadas.

La figura 5 es una vista esquemática en sección de un tanque autoportante montado en el casco de un buque.

10 La figura 6 es una representación esquemática seccionada del tanque de un buque metanero y de una terminal de carga/descarga de este tanque.

Descripción de las realizaciones

15 La figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de las paredes estancas y aislantes de un tanque prismático, en una esquina entre una pared del fondo y una pared transversal. En este caso, la estructura de soporte del depósito está formada por el casco interior de un buque de doble casco, cuya pared inferior se muestra en la figura 1, y por mamparos transversales 2, que definen compartimentos en el casco interior del buque. En cada pared de la estructura de soporte, se produce una pared correspondiente del tanque superponiendo, sucesivamente, una capa aislante secundaria 3, una membrana impermeable secundaria 4, una capa aislante primaria 5 y una membrana impermeable primaria 6.

20 En la esquina entre las dos paredes, las membranas estancas secundarias 4 de las dos paredes y las membranas estancas primarias 6 de las dos paredes están unidas por un anillo de conexión 15 en forma de viga de sección cuadrada que permite absorber las fuerzas de tensión de las membranas estancas resultantes de la contracción térmica, la deformación del casco en el mar y los movimientos de la carga. Una posible estructura del anillo de conexión 15 se describe con más detalle en FR-A-2549575.

25 Las membranas estancas secundarias 4 y primarias 6 son membranas tensadas. Cada uno de ellos está formado por una serie de trapecios paralelos con bordes elevados 8, que están dispuestos alternativamente con soportes de soldadura alargados 9. Cada uno de los soportes de soldadura 9 se sujeta a la capa aislante subyacente, por ejemplo, alojándose en las ranuras 7 de las bandejas de las tapas de las latas llenas de material aislante. Esta estructura alternante cubre toda la superficie de las paredes, que pueden ser muy largas. En estas largas longitudes, las soldaduras estancas entre los bordes elevados de las tracas y los soportes de soldadura entre ellas pueden realizarse en forma de cordones de soldadura rectos paralelos a la pared.

30 Las aleaciones de Fe-Mn antes mencionadas pueden utilizarse para fabricar tracas 8 a un coste inferior al de Invar®. El grosor de las tiras 8 se sitúa, por ejemplo, entre 0,5 y 1,5 mm, preferentemente en torno a 0,7 mm.

35 Las aleaciones Fe-Mn antes mencionadas también pueden utilizarse para fabricar soportes de soldadura 9 a un coste inferior al de Invar®. El grosor de los soportes de soldadura 9 oscila, por ejemplo, entre 0,5 y 1,5 mm.

Por último, las aleaciones de Fe-Mn antes mencionadas también pueden utilizarse para producir el anillo de conexión 15 a un coste inferior al de Invar®. El espesor de las chapas metálicas que forman el anillo de conexión 15 oscila, por ejemplo, entre 0,5 y 1,5 mm. Los tirantes 8 de aleación Fe-Mn también pueden soldarse a un anillo de conexión 15 de Invar®, dada la buena soldabilidad de los dos metales.

40 Las soldaduras de las tracas paralelas con bordes elevados 8 dispuestas alternativamente con los soportes de soldadura alargados 9 pueden producirse mediante una máquina automática de soldadura por inducción. Para más detalles sobre cómo realizar estas soldaduras, consulte la publicación WO-A-2012072906.

En la realización mostrada en la Figura 2, los elementos que son similares o idénticos a los de la Figura 1 llevan el mismo número de referencia.

45 La membrana secundaria 4 sigue siendo una membrana tensada similar a la de la figura 1, mientras que la membrana primaria 6 es aquí una membrana ondulada formada por chapas rectangulares 21 unidas entre sí en las zonas de solapamiento 20. Las chapas rectangulares llevan dos series de ondulaciones equidistantes 22 y 23 que se extienden en dos direcciones ortogonales, paralelas a los bordes de las chapas rectangulares. Las ondulaciones 22 y 23 tienen intersecciones 24.

50 Las aleaciones Fe-Mn antes mencionadas pueden utilizarse para producir la totalidad o parte de la membrana secundaria 4, como se ha indicado anteriormente. En una primera realización, las chapas rectangulares 21 de la membrana primaria 6 son de acero inoxidable 304L.

Según una segunda realización, las aleaciones Fe-Mn antes mencionadas también pueden utilizarse para producir las chapas rectangulares 21. El grosor de las chapas 21 está comprendido, por ejemplo, entre 0,5 y 1,5 mm,

Debido a la buena soldabilidad de las aleaciones de Fe-Mn mencionadas con el acero inoxidable, puede utilizarse acero inoxidable para fabricar piezas a las que se suelda localmente la membrana primaria de aleación de Fe-Mn 6, en particular tiras de anclaje 28 fijadas a la barrera aislante térmica primaria 5, omitidas en la figura 2 pero mostradas en la figura 3.

Una membrana tensada y una membrana ondulada funcionan de manera diferente y requieren propiedades mecánicas diferentes. En una membrana tensada, la contracción térmica crea un fuerte esfuerzo estático de tracción en sentido longitudinal. Además, prácticamente no hay desplazamiento de las chapas en sentido longitudinal. Por lo tanto, es deseable que el límite elástico de las correas 8 sea muy elevado. Por esta razón, se prefiere un tamaño de grano relativamente pequeño, por ejemplo G entre 8 y 12,5.

En la membrana ondulada, la deformación de las ondulaciones y el desplazamiento de las porciones planas de la membrana situadas entre las ondulaciones tienen lugar en respuesta a tensiones térmicas o de otro tipo. Por tanto, no es necesario que el límite elástico de la chapa 21 sea tan elevado. Para esta aplicación, se prefiere un tamaño de grano relativamente mayor, por ejemplo G entre 6 y 8.

En la realización mostrada en la Figura 3, los elementos que son similares o idénticos a los de la Figura 2 llevan el mismo número de referencia.

La membrana primaria 6 sigue siendo una membrana ondulada formada por chapas metálicas rectangulares 21, cuyas ondulaciones se proyectan hacia el interior del tanque.

La membrana secundaria 34 es otra membrana metálica ondulada, también formada por chapas metálicas rectangulares soldadas mediante clinchado en las zonas de solapamiento. Sus ondulaciones 35 sobresalen del tanque y se alojan en ranuras de la superficie interior de la barrera aislante secundaria 3. Las varillas 36 fijadas a la superficie interior de la barrera aislante secundaria 3 atraviesan la membrana secundaria 34 y se utilizan para fijar los paneles aislantes que forman la barrera aislante primaria 5.

Las aleaciones de Fe-Mn antes mencionadas pueden utilizarse para producir toda o parte de la membrana secundaria 34 y/o la membrana primaria ondulada 6.

La soldadura de las chapas rectangulares onduladas puede realizarse utilizando una máquina automatizada con un soplete de soldadura móvil, por ejemplo como se describe en EP-A-0611217.

Las membranas onduladas 6 y 34 de las Figuras 2 y 3 tienen ondulaciones continuas que se extienden desde un borde de las placas de chapa hasta el otro. Se pueden utilizar otras geometrías para crear ondulaciones.

En un tanque de membrana integrado en una estructura de soporte como el ilustrado en las figuras 1 a 3, las membranas impermeables forman dos contenedores impermeables anidados uno dentro del otro y destinados a confinar el gas licuado, a saber, un contenedor primario constituido esencialmente por la membrana primaria y un contenedor secundario constituido esencialmente por la membrana secundaria. Sin embargo, algunas partes del contenedor primario y/o secundario pueden estar hechas de otras piezas, que pueden ser más gruesas que las chapas que forman la propia membrana. Estas otras piezas se sitúan, por ejemplo, en los bordes entre dos paredes del tanque, según la técnica conocida, por ejemplo en forma de piezas angulares a las que se conectan las membranas de las dos paredes adyacentes al borde, como en el caso de la viga de sección cuadrada mencionada anteriormente.

Por ejemplo, la figura 4 muestra una membrana metálica 40, que puede estar hecha de las aleaciones de Fe-Mn antes mencionadas, formada por chapas rectangulares soldadas a presión en las zonas de solapamiento 41 y que tiene ondulaciones 42 y 43 embutidas. Las ondulaciones embutidas 42 y 43 se interrumpen a cierta distancia entre sí y, por lo tanto, no se cruzan. La membrana metálica 40 puede utilizarse como membrana única y/o membrana primaria y/o membrana secundaria.

Con referencia a la Figura 5, se muestra en parte una vista en sección transversal de un tanque autoportante 50 que puede fabricarse a partir de las aleaciones de Fe-Mn antes mencionadas. El tanque autoportante 50 está formado por chapas metálicas gruesas soldadas entre sí, por ejemplo con un espesor de 5 a 20 mm, y que forman una envoltura estanca 51, por ejemplo de forma poliédrica, así como rigidizadores, concretamente rigidizadores transversales 52 y rigidizadores longitudinales 53. En el ejemplo mostrado, el tanque autoportante 50 está montado en el casco 55 de un barco. Se apoya en la pared inferior del casco 55 mediante soportes 54. El aislamiento térmico (no mostrado) se inserta preferiblemente en el espacio 56 entre el tanque autoportante 50 y la carcasa 55. El tanque autoportante 50, representado aquí en sección transversal, puede tener una geometría tridimensional prismática.

Los tanques descritos anteriormente pueden utilizarse en diferentes tipos de instalaciones de almacenamiento, como instalaciones en tierra o en una estructura flotante, como un buque metanero o similar.

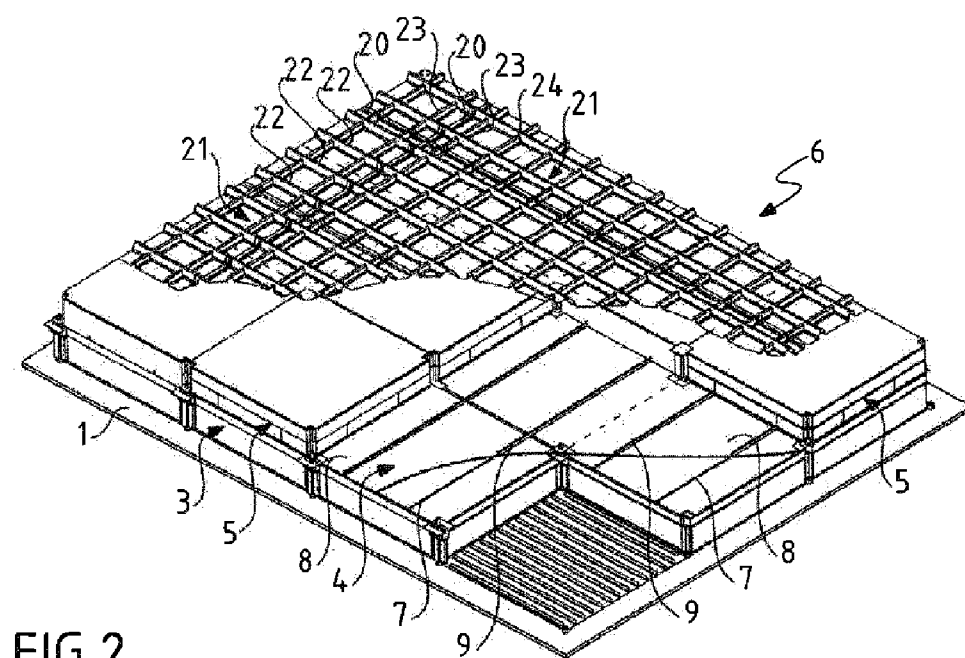
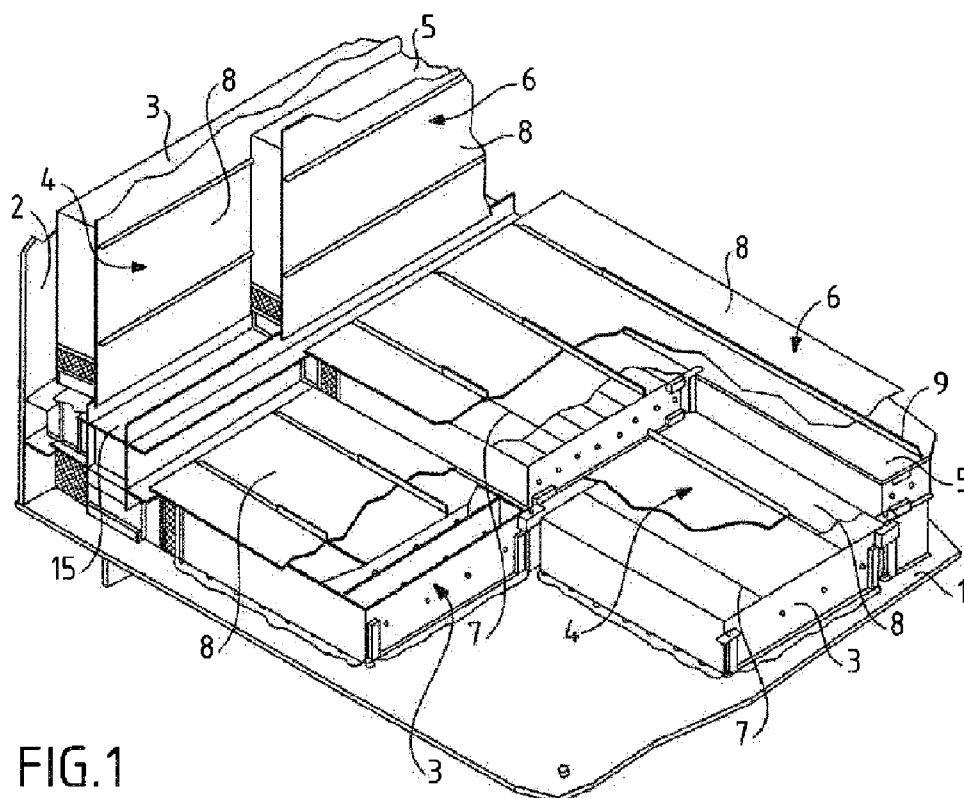
- Con referencia a la Figura 6, una vista en sección de un metanero 70 muestra un tanque sellado y aislante 71 de forma generalmente prismática montado en el doble casco 72 del buque cisterna. La pared del tanque 71 comprende una barrera estanca primaria destinada a estar en contacto con el GNL contenido en el tanque, una barrera estanca secundaria dispuesta entre la barrera estanca primaria y el doble casco 72 del buque, y dos barreras aislantes dispuestas respectivamente entre la barrera estanca primaria y la barrera estanca secundaria y entre la barrera estanca secundaria y el doble casco 72.
- De una manera conocida per se, las tuberías de carga/descarga 73 dispuestas en la cubierta superior del buque pueden conectarse, por medio de conectores apropiados, a una terminal marítima o portuaria para transferir una carga de GNL desde o hacia el tanque 71.
- La figura 6 muestra un ejemplo de terminal marítima que comprende una estación de carga y descarga 75, una tubería submarina 76 y una instalación en tierra 77. La estación de carga y descarga 75 es una instalación fija en alta mar que comprende un brazo móvil 74 y una torre 78 que soporta el brazo móvil 74. El brazo móvil 74 lleva un haz de mangueras flexibles aisladas 79 que pueden conectarse a las tuberías de carga/descarga 73. El brazo móvil 74 puede adaptarse a todos los tamaños de metaneros. Un conducto de conexión (no mostrado) se extiende dentro de la torre 78. La estación de carga y descarga 75 permite cargar y descargar el buque metanero 70 desde o hacia la instalación en tierra 77. Comprende tanques de almacenamiento de gas licuado 80 y tuberías de conexión 81 unidas por la tubería submarina 76 a la estación de carga o descarga 75. La tubería submarina 76 permite transferir gas licuado entre la estación de carga o descarga 75 y la instalación en tierra 77 a gran distancia, por ejemplo 5 km, lo que significa que el buque metanero 70 puede mantenerse a gran distancia de la costa durante las operaciones de carga y descarga.
- Para generar la presión necesaria para transferir el gas licuado, se utilizan bombas a bordo del buque 70 y/o bombas instaladas en la instalación en tierra 77 y/o bombas instaladas en la estación de carga y descarga 75.
- Aunque la invención se ha descrito en relación con varias realizaciones particulares, es evidente que no se limita en modo alguno a las mismas y que incluye todos los equivalentes técnicos de los medios descritos, así como combinaciones de los mismos, si entran dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de almacenamiento y/o transporte de un gas licuado que comprende un recipiente (4, 6, 34, 40, 50) destinado a estar en contacto con el gas licuado, en el que el recipiente está constituido esencialmente por chapas metálicas soldadas entre sí de manera estanca, estando al menos una de dichas chapas metálicas constituida por una aleación a base de hierro y manganeso que comprende, en fracción másica:
- $25,0\% \leq \text{Mn} \leq 32,0\%$
- 10 $7,0\% \leq \text{Cr} \leq 14,0\%$
- $0 \leq \text{Ni} \leq 2,5\%$
- $0,05\% \leq \text{N} \leq 0,30\%$
- 15 $0,1 \leq \text{Si} \leq 0,5\%$
- 20 opcionalmente $0,010\% \leq \text{tierras raras} \leq 0,14\%$
el resto es hierro y elementos residuales del procedimiento de fabricación,
comprendiendo los elementos residuales uno o más elementos seleccionados entre: carbono (C), aluminio (Al), selenio (Se), azufre (S), fósforo (P), oxígeno (O), cobalto (Co), cobre (Cu), molibdeno (Mo), estaño (Sn), niobio (Nb), vanadio (V), titanio (Ti) y plomo (Pb),
los contenidos máximos se seleccionan como sigue, en peso:
- 25 $\text{C} \leq 0,05\%$ en peso
 $\text{Al} \leq 0,02\%$ en peso
 $\text{Se} \leq 0,02\%$ en peso
 $\text{S} \leq 0,005\%$ en peso
 $\text{P} \leq 0,04\%$ en peso
 $\text{O} \leq 0,005\%$ en peso
30 $\text{Co}, \text{Cu}, \text{Mo} \leq 0,2\%$ en peso cada uno
 $\text{Sn}, \text{Nb}, \text{V}, \text{Ti} \leq 0,02\%$ en peso cada uno y
 $\text{Pb} \leq 0,001\%$ en peso.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el contenido de cromo está comprendido entre el 8,5% y el 11,5% en peso en la aleación a base de hierro-manganeso.
- 35 3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, en el que el contenido de níquel está comprendido entre el 0,5% y el 2,5% en peso de la aleación a base de hierro-manganeso.
4. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el contenido de nitrógeno está comprendido entre el 0,15% y el 0,25% en peso de la aleación a base de hierro-manganeso.
- 40 5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las tierras raras comprenden uno o más elementos seleccionados entre: lantano (La), cerio (Ce), itrio (Y), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), samario (Sm), iterbio (Yb).
6. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la fracción másica acumulativa de tierras raras seleccionadas entre Ce y La está comprendida entre 100ppm y 200ppm en la aleación a base de hierro-manganeso.
- 45 7. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 6, fabricado en forma de tanque sellado y aislado térmicamente, que comprende además una estructura de soporte (1, 2) y una barrera térmicamente aislante (3, 5) dispuesta entre la estructura de soporte y el recipiente, y en el que el recipiente está fabricado sustancialmente en forma de membrana metálica (4, 6, 34) retenida sobre una superficie interior de la barrera térmicamente aislante.
8. Sistema según la reivindicación 7, en el que las chapas metálicas (21, 40) que forman la membrana metálica están onduladas y comprenden al menos una serie de ondulaciones paralelas para favorecer el alargamiento elástico de la membrana en al menos una dirección.
- 50 9. Sistema según la reivindicación 8, en el que las chapas metálicas (21, 40) que forman la membrana metálica comprenden una primera serie de ondulaciones paralelas (22, 42) que se extienden en una primera dirección y una segunda serie de ondulaciones paralelas (23, 43) que se extienden en una segunda dirección secante, preferiblemente ortogonal, a la primera dirección.
- 55 10. Sistema según la reivindicación 8 ó 9, en el que las ondulaciones de la membrana metálica se producen en las chapas metálicas mediante plegado o estampado.

11. Sistema según una de las reivindicaciones 8 a 10, en el que las chapas metálicas onduladas están hechas de la aleación a base de hierro-manganeso y tienen un tamaño de grano medido según ASTM E112-10 de entre 6 y 8.
12. Sistema según una de las reivindicaciones 8 a 11, en el que las chapas metálicas onduladas están hechas de la aleación a base de hierro y manganeso y tienen un límite elástico $R_{p0,2}$ a 20°C inferior a 350 MPa, preferentemente entre 300 y 350 MPa.
13. Sistema según la reivindicación 7, en el que el tanque sellado y aislado térmicamente tiene al menos una pared plana y la membrana metálica (4, 6) de la pared plana está formada como una membrana tensada en una dirección longitudinal de la pared plana, estando las chapas metálicas que forman la membrana metálica formadas como tiras (8) que se extienden en la dirección longitudinal y una parte central de las cuales es plana para apoyarse en la superficie interior de la barrera térmicamente aislante (3, 5).
14. Sistema según la reivindicación 13, en el que las chapas metálicas fabricadas en forma de tiras (8) tienen bordes longitudinales elevados que sobresalen hacia el interior del tanque con respecto a la porción central plana y que están soldados por pares para formar fuelles de expansión que promueven el alargamiento elástico de la membrana metálica en una dirección transversal perpendicular a la dirección longitudinal.
15. Sistema según la reivindicación 14, en el que la membrana metálica de pared plana comprende además un soporte de soldadura (9) dispuesto longitudinalmente entre dos tiras de la membrana tensada, estando el soporte de soldadura (9) unido a la barrera termoaislante para retener la membrana tensada sobre la barrera termoaislante, estando soldado un borde elevado de cada una de dichas dos tiras (8) al soporte de soldadura para formar un denominado fuelle de expansión.
16. Sistema según la reivindicación 15, en el que las dos tiras (8) y el soporte de soldadura (9) están hechos de la aleación a base de hierro-manganeso.
17. Sistema según una de las reivindicaciones 13 a 16, en el que, a lo largo de al menos un borde extremo longitudinal de la pared plana, el tanque comprende una viga de conexión (15) fijada a la estructura de soporte (1, 2) y a la que está soldado un extremo de la membrana tensada (4, 6) para absorber la fuerza de tracción de la membrana tensada en la dirección longitudinal, estando fabricada la viga de conexión de la aleación a base de hierro-manganeso.
18. Sistema según una de las reivindicaciones 13 a 17, en el que las chapas metálicas producidas en forma de tiras (8) están hechas de la aleación a base de hierro-manganeso y tienen un tamaño de grano medido según ASTM E112-10 de entre 8,5 y 12.
19. Sistema según una de las reivindicaciones 13 a 18, en el que las chapas metálicas producidas en forma de tiras (8) están hechas de la aleación a base de hierro-manganeso y tienen un límite elástico $R_{p0,2}$ a 20°C superior a 350 MPa, preferentemente entre 350 y 450 MPa.
20. Sistema según una de las reivindicaciones 7 a 19, en el que dicho recipiente es una membrana secundaria (4, 34) y la barrera termoaislante es una barrera termoaislante secundaria, comprendiendo además el tanque sellado y aislado térmicamente una barrera termoaislante primaria (5) apoyada sobre la membrana secundaria y una membrana primaria (6) retenida sobre la barrera termoaislante primaria, preferentemente una membrana primaria ondulada de acero inoxidable.
21. Sistema según una de las reivindicaciones 7 a 19, en el que dicho recipiente es una membrana primaria (6) y la barrera termoaislante es una barrera termoaislante primaria (5), comprendiendo además el tanque sellado y aislado térmicamente una membrana secundaria (4, 34) dispuesta entre la barrera termoaislante primaria y la estructura de soporte y retenida sobre una barrera termoaislante secundaria dispuesta entre la membrana secundaria y la estructura de soporte (1, 2).
22. Sistema según una de las reivindicaciones 7 a 21, realizado en forma de sistema de almacenamiento en tierra.
23. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el recipiente está realizado en forma de tanque autoportante (50).
24. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el recipiente está realizado en forma de tubería.
25. Estructura flotante (70) que comprende un doble casco (72) y un sistema (71) según una de las reivindicaciones 7 a 21 integrado en el doble casco, en la que un casco interior de la estructura flotante forma dicha estructura de soporte.
26. Estructura flotante (70) según la reivindicación 25, realizada en forma de buque para el transporte de gas licuado, en particular un metanero.
27. Estructura flotante (70) según la reivindicación 25, en la que el sistema de almacenamiento y/o transporte (71) de un gas licuado constituye un depósito de combustible para la propulsión de la estructura flotante.

28. Sistema de carga o descarga, que comprende una estructura flotante (70) según una de las reivindicaciones 25 a 27, tuberías aisladas (73, 79, 76, 81) dispuestas de manera que conectan el tanque sellado y aislado térmicamente (71) instalado en el casco (72) con una instalación flotante o en tierra de almacenamiento (77) y una bomba capaz de impulsar un flujo de gas licuado a través de las tuberías aisladas desde o hacia la instalación flotante o en tierra de almacenamiento hacia o desde el tanque sellado y aislado térmicamente (71).
29. Procedimiento de carga o descarga de una estructura flotante (70) según una de las reivindicaciones 25 a 27, en el que un flujo de gas licuado se transporta a través de tuberías aisladas (73, 79, 76, 81) desde o hacia una instalación de almacenamiento flotante o en tierra (77) hacia o desde el tanque sellado y aislado térmicamente (71).
30. Procedimiento de fabricación de un recipiente (4, 6, 34, 40, 50) destinado a estar en contacto con un gas licuado para almacenar, transferir y/o transportar el gas licuado, que comprende: proporcionar una pluralidad de chapas o tiras metálicas de una aleación a base de hierro-manganeso que comprende, en fracción másica:
- $$25,0\% \leq \text{Mn} \leq 32,0\%$$
- $$7,0\% \leq \text{Cr} \leq 14,0\%$$
- $$0 \leq \text{Ni} \leq 2,5\%$$
- $$0,05\% \leq \text{N} \leq 0,30\%$$
- $$0,1 \leq \text{Si} \leq 0,5\%$$
- opcionalmente $0,010\% \leq \text{tierras raras} \leq 0,14\%$
 el resto es hierro y elementos residuales del procedimiento de fabricación, comprendiendo los elementos residuales uno o más elementos seleccionados entre: carbono (C), aluminio (Al), selenio (Se), azufre (S), fósforo (P), oxígeno (O), cobalto (Co), cobre (Cu), molibdeno (Mo), estaño (Sn), niobio (Nb), vanadio (V), titanio (Ti) y plomo (Pb)
 los contenidos máximos se seleccionan como sigue, en peso:
- $$\text{C} \leq 0,05\% \text{ en peso}$$
- $$\text{Al} \leq 0,02\% \text{ en peso}$$
- $$\text{Se} \leq 0,02\% \text{ en peso}$$
- $$\text{S} \leq 0,005\% \text{ en peso}$$
- $$\text{P} \leq 0,04\% \text{ en peso}$$
- $$\text{O} \leq 0,005\% \text{ en peso}$$
- $$\text{Co, Cu, Mo} \leq 0,2\% \text{ en peso cada uno}$$
- $$\text{Sn, Nb, V, Ti} \leq 0,02\% \text{ en peso cada uno y}$$
- $$\text{Pb} \leq 0,001\% \text{ en peso,}$$
- y soldando dichas chapas o tiras metálicas entre sí de forma estanca en forma de recipiente.



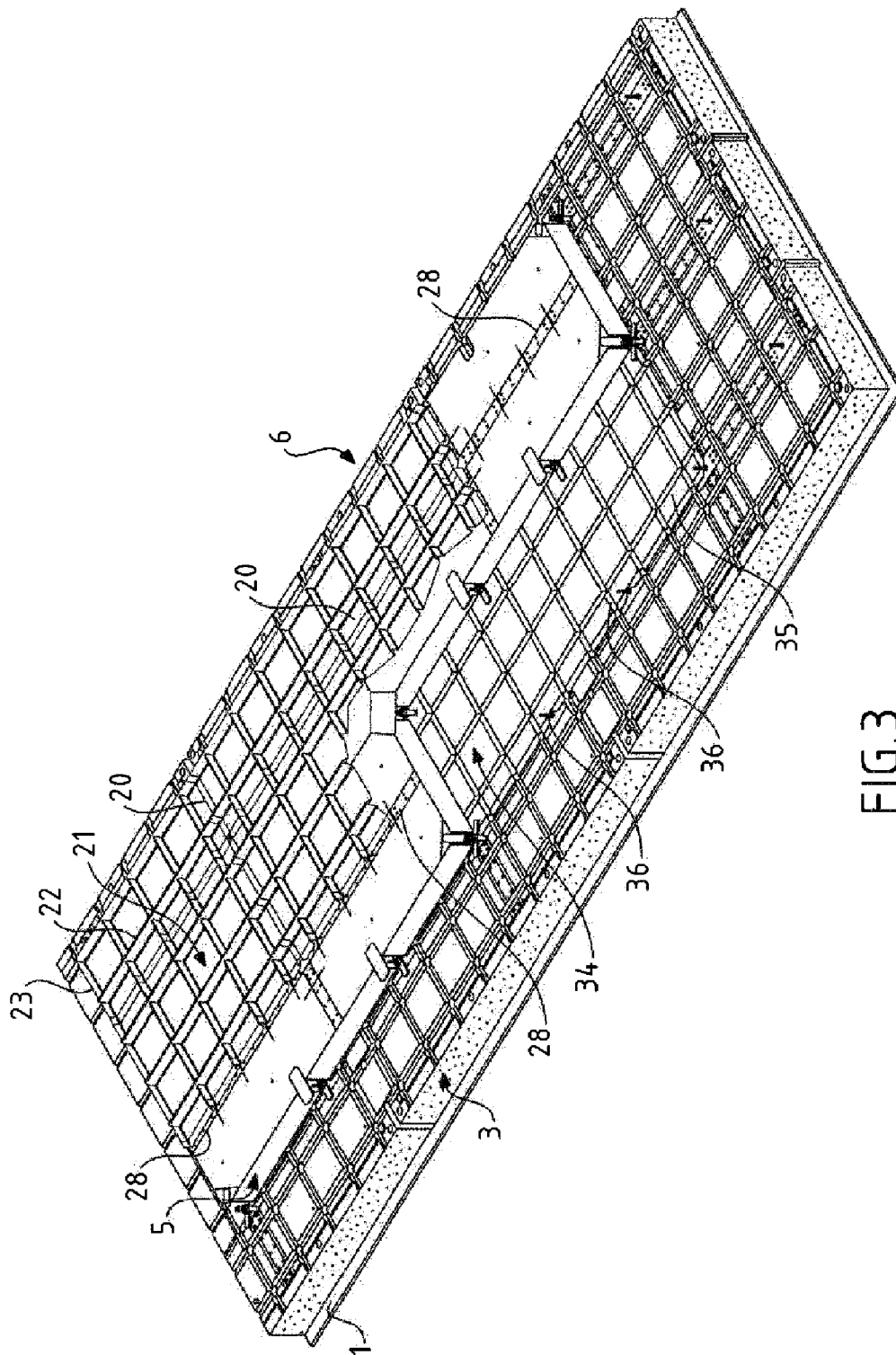


FIG. 3

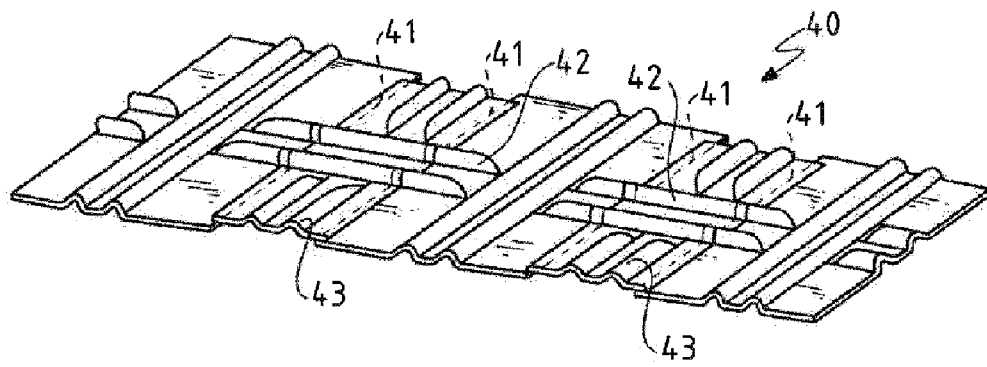


FIG. 4

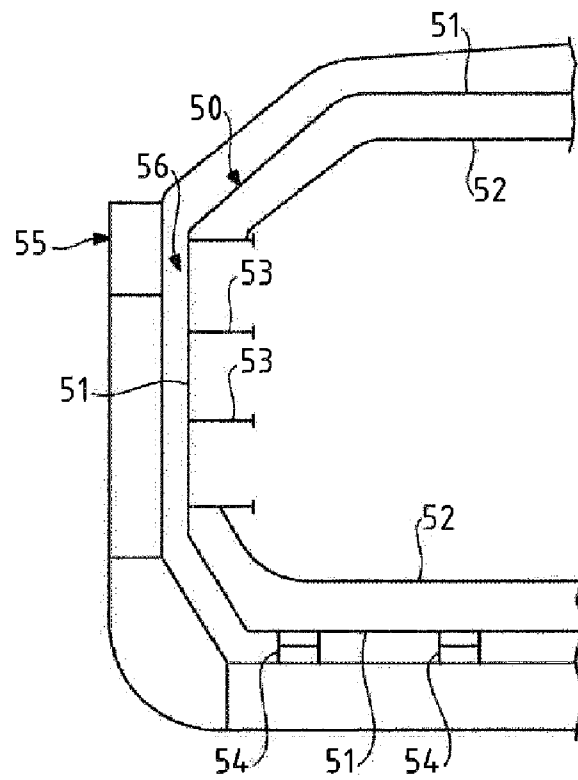


FIG. 5

