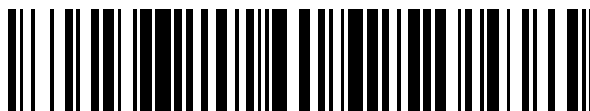


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 284**

51 Int. Cl.:

F17C 3/02 (2006.01)

B21D 19/00 (2006.01)

B21D 35/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2014 PCT/FR2014/053530**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2015 WO15107280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2014 E 14831013 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 3094915**

54 Título: **Tanque estanco y térmicamente aislante que consta de bandas metálicas**

30 Prioridad:

17.01.2014 FR 1450368

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

03.12.2018

73 Titular/es:

**GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ (100.0%)
1 Route de Versailles
78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse, FR**

72 Inventor/es:

**LAURAIN, NICOLAS;
PANIER, ROLAND y
REYDET, PIERRE-LOUIS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 692 284 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

Tanque estanco y térmicamente aislante que consta de bandas metálicas

5 La invención se refiere al ámbito de la fabricación de tanques estancos y térmicamente aislantes y sus partes constituyentes. En particular, la presente invención se refiere a tanques destinados al almacenamiento o al transporte de líquidos fríos o calientes, por ejemplo, tanques para el almacenamiento y/o transporte de gas licuado por vía marítima.

10 Los tanques estancos y térmicamente aislantes se pueden usar en diferentes industrias para almacenar productos calientes o fríos. Por ejemplo, en el ámbito de la energía, el gas natural licuado (GNL) es un líquido que puede almacenarse a presión atmosférica a aproximadamente -163 °C en tanques de almacenamiento terrestres o en tanques a bordo de estructuras flotantes.

15 Sabemos, por ejemplo, según el documento FR-A-2968284, un tanque de almacenamiento integrado en el casco de un barco, cuya barrera estanca, en particular, una barrera estanca primaria en contacto con el producto contenido en el tanque, está constituida por virolas metálicas que están conectadas entre sí, de manera estanca, por unos bordes elevados que definen los fuelles deformables a cada lado de un ala de soldadura. Estas virolas están conectadas en sus extremos a un anillo de conexión a través de planchas de enrasado, tanto soldadas al anillo de conexión como a las virolas.

20 Según un modo de realización, la invención proporciona un tanque estanco y térmicamente aislante integrado en una estructura portadora, constando la estructura de soporte de una pluralidad de paredes de portadoras, constando el tanque de una pluralidad de paredes de tanque fijadas cada vez a una pared portadora respectiva, constando una pared de tanque de:

25 una barrera de aislamiento térmico retenida en la pared portadora, presentando la barrera de aislamiento térmico una superficie de soporte plana paralela a la pared portadora respectiva, una barrera de estanqueidad soportada por la barrera de aislamiento y constando de una estructura repetida que consta alternativamente de una virola metálica alargada y un ala de soldadura alargada conectada a la superficie de soporte y sobresaliendo con respecto a esta, extendiéndose el ala de soldadura paralelamente a la virola metálica sobre al menos una parte de la longitud de la virola metálica, constando la virola metálica en el sentido del ancho de una porción central plana puesta en la superficie de soporte y unos bordes laterales elevados con respecto a la superficie de soporte, que están dispuestos contra las alas de soldadura adyacentes y soldados de manera estanca a las alas de soldadura,

30

35 en el que la virola metálica se extiende entre dos bordes opuestos de la pared de tanque y presenta dos porciones de extremo que están cada una ensambladas de forma estanca a una estructura de detención respectiva al nivel de dichos bordes opuestos de la pared de tanque, caracterizado porque la virola metálica consiste en al menos una banda metálica continua que presenta varias porciones longitudinales que tienen diferentes espesores, las porciones longitudinales que constan de una porción intermedia y al menos una porción de extremo cuyo espesor es superior al espesor de la porción intermedia de la banda, formando la porción de extremo más espesa una zona de ensamblaje de la banda con la estructura de detención o con otra banda metálica continua ensamblada de extremo a extremo con la primera banda metálica continua para constituir la virola metálica.

40 Según unos modos de realización, tal tanque puede constar de una o varias de las siguientes características.

Según un modo de realización, la virola metálica consiste en una única banda metálica que se extiende en una sola pieza entre los dos bordes opuestos de la pared de tanque, y en el que las dos porciones de extremo de la banda son más espesas que la porción intermedia y están ensambladas cada una a la estructura de detención respectiva al nivel de los bordes opuestos de la pared de tanque.

45 Según un modo de realización, la virola metálica consta de una segunda banda metálica continua ensamblada de extremo a extremo con la primera banda metálica continua en la prolongación de la primera banda metálica continua, en el que cada una de las dos bandas continuas metálicas presenta, al nivel de la zona de ensamblaje de las dos bandas metálicas, una porción de extremo más espesa que la porción intermedia de la banda.

50 Según un modo de realización, al menos una de las dos bandas metálicas continuas presenta, al nivel del extremo opuesto a la zona de ensamblaje de las dos bandas metálicas, una segunda porción de extremo más espesa que la porción intermedia de la banda, estando la segunda porción de extremo ensamblada a la estructura de detención al nivel de un borde de la pared de tanque.

55 Según un modo de realización, al menos una de las dos bandas metálicas continuas presenta, al nivel del extremo opuesto a la zona de ensamblaje de las dos bandas metálicas, una segunda porción de extremo de mismo espesor que la porción intermedia de la banda, estando la segunda porción de extremo ensamblada a la estructura de detención al nivel de un borde de la pared de tanque.

Según unos modos de realización, cada porción de extremo de la virola está soldada de forma estanca a la estructura de detención respectiva.

5 Según unos modos de realización, virola está soldada a la estructura de detención mediante un procedimiento CMT (para transferencia de metal en frío, del inglés Cold Metal Transfer) o TIG (para el inglés Tungsten Inert Gas) o mediante soldadura en frío.

10 Según unos modos de realización, la estructura de detención consta de una placa situada por encima de la barrera de aislamiento y la porción de extremo consta de un primer segmento apoyado sobre la placa de la estructura de detención y un segundo segmento apoyado sobre la barrera de aislamiento térmico, estando el primer segmento y el segundo segmento conectados por un segmento plegado formando un desprendimiento en la dirección de espesor de la virola metálica.

Según unos modos de realización, las alas de soldadura se interrumpen antes del extremo de la virola metálica, los bordes elevados de dos bandas metálicas adyacentes que se sueldan entre sí mediante una soldadura de arista dispuesta sobre una parte de su longitud hasta el extremo de la virola metálica.

15 Según unos modos de realización, la soldadura de arista de los bordes elevados se realiza con ayuda de un procedimiento de transferencia de metal en frío o TIG con hilo de relleno.

Según unos modos de realización, la porción de extremo presenta un espesor superior o igual a 0,9 mm.

Según unos modos de realización, la porción intermedia presenta un espesor de inferior a 0,9 mm y, preferentemente, un espesor de 0,7 mm.

Según unos modos de realización, la estructura de detención está soldada a una pared portadora.

20 Según unos modos de realización, la virola metálica y la estructura de detención están realizadas de aleación de acero y níquel con un bajo coeficiente de dilatación, en particular, conocido con el nombre de Invar®.

Según un modo de realización, la virola metálica es de aleación a base de hierro y comprende en peso:

$$34,5 \% \leq \text{Ni} \leq 53,5 \%$$

$$0,15 \% \leq \text{Mn} \leq 1,5 \%$$

25 $0 \leq \text{Si} \leq 0,35 \%$, preferentemente $0,1 \% \leq \text{Si} \leq 0,35 \%$

$$0 \leq \text{C} \leq 0,07 \%$$

opcionalmente:

$$0 \leq \text{Co} \leq 20 \%$$

$$0 \leq \text{Ti} \leq 0,5 \%$$

30 $0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,5 \%$

siendo el resto hierro e impurezas necesariamente resultantes de la elaboración.

Según unos modos de realización, la pared de tanque consta, además, de:

35 una barrera de aislamiento térmico secundaria realizada de manera similar a la barrera de aislamiento primario, una barrera de estanqueidad secundaria soportada por la barrera de aislamiento secundaria y que lleva la barrera de aislamiento primaria, Estando la barrera de estanqueidad secundaria realizada de manera similar a la barrera de estanqueidad primaria.

Según unos modos de realización, el espesor varía gradualmente en una distancia de 500 mm. Según unos modos de realización, la porción de extremo se extiende en 400 mm.

40 Tal tanque puede formar parte de una instalación de almacenamiento terrestre, por ejemplo, para almacenar GNL o para instalarlo en una estructura flotante, costera o en aguas profundas, en particular, un barco metanero, una unidad flotante de almacenamiento y regasificación (FSRU), una unidad flotante de producción y de almacenamiento deportado (FPSO) y otros.

45 Según un modo de realización, un barco para el transporte de un producto líquido frío consta de un doble casco y un tanque mencionado anteriormente dispuesto en el doble casco.

Según un modo de realización, la invención también proporciona un procedimiento de carga o descarga de tal barco,

en el que un producto líquido frío se transporta a través de tuberías aisladas hacia o desde una instalación de almacenamiento flotante o terrestre hacia o desde el tanque del barco.

5 Según un modo de realización, la invención también proporciona un sistema de transferencia para un producto líquido frío, constando el sistema del barco anteriormente mencionado, tuberías aisladas dispuestas para conectar el tanque instalado en el casco del barco a una instalación de almacenamiento flotante o terrestre y una bomba para impulsar un flujo de producto líquido frío a través de las tuberías aisladas desde o hacia la instalación de almacenamiento flotante o terrestre hacia o desde el tanque del barco.

10 Según un modo de realización, la primera zona reforzada presenta un primer tamaño de grano promedio y la segunda zona presenta un segundo tamaño de grano promedio, la diferencia en el valor absoluto entre el primer tamaño de grano y el segundo tamaño de grano es inferior o igual al índice de 0,5 según el estándar ASTM E1 12-10.

Según un modo de realización, la aleación a base de hierro comprende en peso:

$$34,5 \leq \text{Ni} \leq 42,5 \%$$

$$0,15 \% \leq \text{Mn} \leq 0,5\%$$

$$15 \quad 0,1 \% \leq \text{Si} \leq 0,35 \%$$

$$0,010 \% \leq \text{C} \leq 0,050 \%$$

opcionalmente:

$$0 \leq \text{Co} \leq 20 \%$$

$$0 \leq \text{Ti} \leq 0,5 \%$$

$$20 \quad 0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,5 \%$$

siendo el resto hierro e impurezas necesariamente resultantes de la elaboración.

25 La invención parte de la observación de que la cantidad de material necesaria para la fabricación de una estructura portadora que comprende un tanque estanco y térmicamente aislado depende de la resistencia a la fatiga del tanque. En particular, la resistencia a la fatiga del tanque depende de la resistencia a la fatiga de las soldaduras presentes en las barreras estancas que forman el tanque.

30 De este modo, una idea que subyace a la invención es proporcionar un tanque estanco y térmicamente aislado que comprende una barrera estanca que presenta una buena resistencia a la fatiga al tiempo que limita la cantidad de material necesario para la realización de tal barrera estanca. Según un aspecto de la invención, la barrera estanca se realiza con ayuda de virolas que se extienden en una pieza entre dos estructuras de detención, y las virolas presentan un espesor variable para estar directamente conectadas a las estructuras de detención en sus extremos a la vez que presentan un espesor menor entre estos extremos. Según otro aspecto de la invención, la barrera estanca se realiza con ayuda de virolas compuestas de varias bandas soldadas de extremo a extremo entre sí al nivel de las porciones reforzadas de estas bandas, con el fin de que la resistencia de este ensamblaje soldado sea alta.

35 Ciertos aspectos de la invención parten de la idea de conectar las virolas a las estructuras de detención con ayuda de una soldadura presenta una buena resistencia a la fatiga.

La invención se entenderá mejor, y otros propósitos, detalles, características y ventajas se harán más claramente evidentes en el transcurso de la siguiente descripción de varios modos de realización particulares de la invención, dados únicamente a modo de ilustración y no de limitación, con referencia a los dibujos adjuntos.

40 En estos dibujos:

- La figura 1 es una vista parcial en perspectiva despiezada de una pared de tanque estanca y térmicamente aislante en la que se pueden emplear los modos de realización de la invención.
- La figura 2 es una vista en perspectiva parcial de la zona II de la figura 1 que representa la membrana estanca primaria.
- 45 • La figura 3 es una vista en sección de un detalle de una membrana estanca de la pared de tanque de la figura 1 según la línea III-III.
- La figura 4 es una representación esquemática despiezada de un tanque de barco metanero y de un terminal de carga/descarga de este tanque.
- La figura 5 es una vista esquemática en sección longitudinal de una banda inicial.
- 50 • La figura 6 es una vista esquemática en sección longitudinal de una banda intermedia.
- La figura 7 es una vista esquemática en sección longitudinal de una banda de espesor variable.

- La figura 8 es una representación esquemática de una chapa obtenida a partir de la banda de espesor variable.
- La figura 9 es una representación esquemática en sección longitudinal de un primer ensamblaje de una chapa con una segunda pieza.
- La figura 10 es una representación esquemática en la sección longitudinal de dos chapas ensambladas de extremo a extremo.
- La figura 11 es una vista superior esquemática que muestra varios modos de realización de una virola con bordes laterales elevados adecuados para realizar una membrana estanca.

La figura 1 representa las paredes estancas y aislantes de un tanque integrado en una estructura portadora de un barco.

La estructura portadora del tanque está aquí constituida por el casco interno de barco de doble casco, cuya pared inferior ha sido representada por el número 1, y por las particiones transversales 2, que definen compartimentos en el casco interior del barco. Las paredes de la estructura portadora son adyacentes de dos en dos al nivel de las aristas.

En cada pared de la estructura portadora, una pared correspondiente del tanque está realizada por superposición de, sucesivamente, una capa 3 secundaria de aislamiento, una barrera 4 estanca secundaria, una capa 5 de aislamiento primaria y una barrera 6 estanca primaria. Al nivel del ángulo entre las dos paredes 1 y 2, las barreras 4 estancas secundarias de las dos paredes 1 y 2 y las barreras 6 estancas primarias de las dos paredes están conectadas por un anillo 10 de conexión en forma de un tubo cuadrado. El anillo 10 de conexión forma una estructura que permite absorber las fuerzas de tensión resultantes de la contracción térmica, en particular, elementos metálicos que forman las barreras estancas, de la deformación del casco hacia el mar y de los movimientos de la carga. Una posible estructura del anillo 10 de conexión se describe con más detalle en el documento FR-A-2549575.

La capa de aislamiento primaria y la capa de aislamiento secundaria están constituidas de elementos calorífugos y más particularmente de cajas 20 y 21 calorífugas paralelepípedicas yuxtapuestas según un motivo regular. Cada caja 20 y 21 calorífuga consta de un panel inferior y un panel de tapa 23. Los paneles 24 laterales y los muros 25 internos se extienden entre el panel inferior y el panel 23 de tapa. Los paneles delimitan un espacio en el que se coloca un forro calorífugo que puede estar constituido, por ejemplo, de perlita expandida. Cada caja 20 y 21 se mantiene en la estructura portadora por medio de órganos 26 de anclaje. Las cajas 20 y 21 de la capa 5 aislante primaria y la capa 3 aislante secundaria soportan respectivamente la barrera 6 estanca primaria y la barrera 4 estanca secundaria.

Las barreras estancas secundaria 4 y primaria 6 consisten cada vez en una serie de virolas paralelas Invar® 8 con bordes elevados, que están dispuestas alternativamente con soportes 9 de soldadura alargados, también en Invar®. Las virolas 8 se extienden desde un primer tubo cuadrado al nivel de un primer tabique 2 transversal a un segundo tubo cuadrado de un segundo tabique transversal no representado situado en un lado opuesto del tanque. Los bordes 13 elevados de las virolas están soldados a los soportes 9 de soldadura de manera estanca. Los soportes 9 de soldadura se retienen cada vez en la capa 3 o 5 aislante subyacente, por ejemplo, estando alojados en las ranuras 7 en forma de T invertida formadas en los paneles 23 de tapas de las cajas 20 y 21.

Esta estructura alterna está realizada en toda la superficie de las paredes, que puede implicar virolas 8 de longitudes muy largas. En estas longitudes largas, las soldaduras estancas entre los bordes 13 elevados de las virolas 8 y los soportes 9 de soldadura interpuestos entre ellas se pueden realizar en forma de cordones 17 de soldadura, rectas y paralelas a la pared.

Las virolas 8 con bordes elevados están conectadas directamente al anillo 10 de conexión. Para tal efecto, las virolas 8 de borde elevado presentan un borde 11 de extremo soldado continuamente a las aletas 27, 28 de Inva® del anillo 10 de conexión para tomar las fuerzas de tensión. La barrera 5 estanca primaria y la barrera 3 estanca secundaria están, por lo tanto, soldadas respectivamente a una aleta 27 primaria y a una aleta 28 secundaria. Las cajas 20 calorífugas primarias están situadas entre la aleta 27 primaria y la aleta 28 secundaria. La aleta 27 primaria se fija en las cajas 20 primarias calorífugas mediante tornillos 30. La aleta 28 secundaria se fija de la misma manera a los elementos secundarios de calorífugos.

El tubo cuadrado está conectado a las paredes 1 y 2 por medio de placas 31 que se extienden en la continuidad de las membranas 4 y 6 estancas y las aletas 27, 28. Estas placas 31 están soldadas a una soldadura plana, perpendicular a las paredes 1 y 2 de la estructura de portadora.

La figura 2 representa con más detalle la zona de conexión de dos virolas 8 de la barrera 6 primaria estanca en la aleta 27 de soldadura. Debe observarse que la zona de conexión de las virolas 8 de la barrera 4 secundaria estanca en el ala 28 de soldadura está realizada de la misma manera.

Los bordes 13 elevados de la virola 8 de bordes elevados presentan un perfil que consta de una porción 14 inclinada que se eleva progresivamente desde el borde 11 en la dirección de las virolas 8, luego, una porción 15 horizontal. Las virolas 8 están soldadas borde con borde de manera continua y estanca al nivel de su arista superior a lo largo

de una primera porción 29 con ayuda de un procedimiento CMT automático.

5 El soporte 9 de soldadura interpuesto entre dos virolas 8 termina ligeramente antes de la aleta 27. A lo largo de la porción central de la pared de tanque, y cerca de la zona del borde 11 de extremo, el enlace estanco entre los bordes 13 elevados de las virolas 8 y los soportes 9 de soldadura está formada por los cordones 17 de soldaduras rectas, que se extienden aproximadamente hasta la mitad de los bordes 13 elevados a cada lado del soporte 9 de soldadura y paralelamente a la superficie de soporte. Los cordones 17 de soldadura están realizados por una máquina de soldadura con tuercas.

10 El cordón 17 de soldadura rectilíneo se extiende hasta cerca de la primera porción 29, el cordón de soldadura presenta entonces una curvatura hacia arriba para unir la soldadura de la arista efectuada borde a borde en la primera porción 29.

La figura 3 ilustra con más detalle la disposición de la pared de tanque al nivel de la soldadura entre la aleta 27 del anillo 10 de conexión y la virola de bordes 8 elevados presentada en la figura 2.

15 La aleta 27 está fijada sobre los elementos 20 calorífugos por medio de tornillos 30 que pasan a través de la aleta 27 y atornillados en los paneles 23 superiores de los elementos 20 calorífugos. La fijación por tornillo permite, en particular, la estabilización de la aleta 27.

La virola 8 se extiende de una sola pieza entre sus dos bordes 11 de extremo. Entre estos dos bordes de extremo, la virola 8 es, en una primera parte de su longitud, apoyándose sobre las aletas 27 y en una segunda parte de su longitud, apoyándose sobre la capa 5 aislante primaria.

20 La virola 8 presenta un segmento 34 doblado, para asegurar el apoyo de la virola 8 tanto en la aleta 27 como en la capa aislante 5 primaria, para la mayor parte de su superficie inferior. La sección plegada se extiende cerca del borde de la aleta 27 paralelamente a la aleta 27 y permite compensar el espesor de la misma.

25 La virola 8 presenta, además, un espesor variable a lo largo de su longitud. De este modo, la virola 8 presenta al nivel de sus bordes 11 de extremos una porción 33 espesa fijada a las aletas 27. Una porción 35 delgada se extiende entre las porciones 33 espesas y presenta un espesor constante. La parte 35 delgada está conectada a las porciones 33 espesas por porciones 36 de transición en las que el espesor disminuye gradualmente desde cada porción 33 espesa hasta la porción 35 delgada.

30 Más particularmente, según un modo de realización, la porción 33 espesa presenta un espesor de 0,9 mm y se extiende a lo largo de una longitud de 400 mm y comprende el segmento 34 plegado. La porción 36 de transición se extiende luego una distancia de 500 mm y presenta un espesor que disminuye de 0,9 mm a 0,7 mm. De este modo, la mayor parte de la pared de tanque está cubierta por la porción 35 delgada de la virola 8 que presenta un espesor de 0,7 mm.

35 La porción 33 espesa está conectada a la aleta 27 mediante un cordón 37 de soldadura realizado entre el borde 11 de la virola 8 y la superficie superior de la aleta 27, la aleta 27 que presenta un espesor de 1,5 mm. De este modo, el cordón de soldadura que realiza la unión entre la virola 8 y la aleta 27, a saber, la soldadura de una banda de 0,9 mm de espesor en una banda de 1,5 mm de espesor, presenta una buena resistencia a la fatiga.

40 El uso de tal virola 8 de espesor variable permite evitar o limitar el uso, en la longitud de la virola 8, un conjunto de planchas de metal que presentan diferentes espesores, interconectados por cordones de soldadura que presentarían una resistencia insuficiente a la fatiga. De hecho, una soldadura realizada entre una plancha de 0,9 mm y una plancha de 0,7 mm presenta una resistencia menos buena a la fatiga que una soldadura entre una plancha de 0,9 mm y una plancha de 1,5 mm. Ahora bien, cuanto menor sea la resistencia a la fatiga de la barrera estanca, más restringidos son los criterios de casco necesarios para el barco en el que el tanque está integrado, lo que requiere una rigidez del casco importante. Esta rigidez del casco se refleja, en particular, por una gran cantidad de acero requerida para la realización del casco.

45 El uso de una virola 8, cuyo espesor varía a lo largo de su longitud, permite realizar una membrana 6 estanca que presenta una buena resistencia a la fatiga, evitando el uso de virolas espesas en toda su longitud.

Siendo la resistencia a la fatiga más importante, los criterios del casco son menos restrictivos y permiten, en particular, un ahorro de acero para la realización del casco. Se puede incorporar un tanque como el descrito anteriormente integrado en un barco adaptado a un criterio de casco dinámico de 95 MPa y un criterio de casco estático de 145 MPa.

50 El uso de una virola 8 realizada de una sola pieza en toda la longitud de la pared permite, además, reducir el tiempo de soldadura requerido para la realización de la barrera 6 estanca primaria y reducir los tiempos de control de las soldaduras en el tanque.

La barrera 4 estanca secundaria presenta una configuración similar a la configuración de la barrera 6 primaria estanca.

ES 2 692 284 T3

La virola 8 de espesor variable se puede obtener mediante un procedimiento que se describirá a continuación. Se describirá en primer lugar un ejemplo de un procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable según su longitud de aleación a base de principalmente hierro y níquel.

5 En una primera etapa de este procedimiento, se proporciona una banda 101 inicial obtenida por laminación en caliente.

La banda 101 inicial es una banda de aleación de tipo Invar criogénica. Esta aleación comprende en peso:

$$34,5 \% \leq \text{Ni} \leq 53,5 \%$$

$$0,15 \% \leq \text{Mn} \leq 1,5 \%$$

$$0 \leq \text{Si} \leq 0,35 \%, \text{ preferentemente } 0,1 \% \leq \text{Si} \leq 0,35 \%$$

10 $0 \leq \text{C} \leq 0,07 \%$

opcionalmente:

$$0 \leq \text{Co} \leq 20 \%$$

$$0 \leq \text{Ti} \leq 0,5 \%$$

$$0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,5 \%$$

15 siendo el resto hierro e impurezas necesariamente resultantes de la elaboración.

Una de las funciones del silicio, en particular, es permitir la desoxidación y mejorar la resistencia a la corrosión de la aleación.

Una aleación criogénica de tipo Invar es una aleación que presenta tres propiedades principales:

- 20
- Es estable con respecto a la transformación martensítica por debajo de la temperatura T_L de licuefacción de un fluido criogénico. Este fluido criogénico es, por ejemplo, butano, propano, metano, nitrógeno u oxígeno líquido. El contenido de los elementos gamma, níquel (Ni), manganeso (Mn) y carbono (C), de la aleación se ajustan de modo que la temperatura de inicio de la transformación martensítica sea estrictamente inferior a la temperatura T_L de licuefacción del fluido criogénico.
 - 25 - Presenta un bajo coeficiente de dilatación térmica media entre la temperatura ambiente y la temperatura T_L de fluido criogénico.
 - No presenta una transición de resiliencia "dúctil-frágil".

La aleación usada tiene preferentemente:

- 30
- un coeficiente medio de dilatación térmica entre 20 °C y 100 °C inferior o igual a $10,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular, menor o igual a $2,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$;
 - un coeficiente medio de dilatación térmica entre -180 °C y 0 °C inferior o igual a $10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular, menor o igual a $2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; y
 - una resistencia superior o igual a 100 julios/cm², en particular, superior o igual a 150 julios/cm², a una temperatura superior que o igual a -196 °C.

Preferentemente, la aleación usada presenta la siguiente composición, en % en peso:

35 $34,5 \leq \text{Ni} \leq 42,5 \%$

$$0,15 \% \leq \text{Mn} \leq 0,5 \%$$

$$0 \leq \text{Si} \leq 0,35 \%, \text{ preferentemente } 0,1 \% \leq \text{Si} \leq 0,35 \%$$

$$0,010 \% \leq \text{C} \leq 0,050 \%$$

opcionalmente:

40 $0 \leq \text{Co} \leq 20 \%$

$$0 \leq \text{Ti} \leq 0,5 \%$$

$$0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,5 \%$$

siendo el resto hierro e impurezas necesariamente resultantes de la elaboración.

En este caso, la aleación usada tiene preferentemente:

ES 2 692 284 T3

- un coeficiente medio de dilatación térmica entre 20 °C y 100 °C inferior o igual a $5,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$;
- un coeficiente medio de dilatación térmica entre -180 °C y 0 °C inferior o igual a $5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; y
- una resistencia superior o igual a 100 julios/cm², en particular, superior o igual a 150 julios/cm², a una temperatura superior que o igual a -196 °C.

5 Aún más particularmente,

$$35\% \leq \text{Ni} \leq 36.5\%$$

$$0,2\% \leq \text{Mn} \leq 0,4\%$$

$$0,02 \leq \text{C} \leq 0,04\%$$

$$0,15 \leq \text{Si} \leq 0,25 \%$$

10 opcionalmente

$$0 \leq \text{Co} \leq 20 \%$$

$$0 \leq \text{Ti} \leq 0,5 \%$$

$$0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,5 \%$$

siendo el resto hierro e impurezas necesariamente resultantes de la elaboración.

15 En este caso, la aleación preferentemente presenta:

- un coeficiente medio de dilatación térmica entre 20 °C y 100 °C inferior o igual a $1,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$;
- un coeficiente medio de dilatación térmica entre -180 °C y 0 °C inferior o igual a $2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$;
- una elasticidad superior o igual a 200 julios/cm² a una temperatura superior o igual a -196 °C.

Tal aleación es una aleación de tipo Invar® criogénica. El nombre comercial de esta aleación es Invar®-M93.

20 De manera convencional, las aleaciones usadas se elaboran en un horno de arco eléctrico o en un horno de vacío de inducción.

Después de las operaciones de refinación de bolsillo para ajustar el contenido de los elementos de aleación residuales, las aleaciones son fundidas en productos semielaborados, que se procesan en caliente, en particular, por laminación en caliente, con el fin de obtener bandas.

25 Estos semiproductos son, por ejemplo, lingotes. Como variante, se trata de desbastes fundidos en continuo por medio de una instalación de fundición continua de desbastes.

La banda así obtenida se quita y se pule en un procedimiento continuo con el fin de limitar sus defectos: calamina, penetración oxidada, paja y falta de homogeneidad en el espesor a lo largo y ancho de la banda.

30 El pulido se lleva a cabo en particular, por medio de piedras de molino o papel abrasivos. Una función del pulido es eliminar los residuos de la extracción.

Al final de esta etapa de pulido, se obtiene la banda 1 inicial proporcionada en la primera etapa del procedimiento.

35 Como opción, antes de la etapa de laminación homogénea en frío, se efectúa en la banda un recocido de homogeneización de la microestructura. Este recocido de homogeneización de la microestructura se lleva a cabo, en particular, en un horno de procesamiento térmico, llamado horno de recocido de homogeneización de la microestructura en la siguiente descripción, con un tiempo de residencia en el horno de recocido de homogeneización de la microestructura de entre 2 minutos y 25 minutos y una temperatura de la banda durante el recocido por homogeneización de la microestructura entre 850 °C y 1200 °C.

La banda inicial 101 tiene un espesor constante E_0 constante comprendido entre 1,9 mm y 18 mm (véase la figura 5).

40 La banda inicial 101 se enrolla luego durante una etapa de laminación en frío homogénea. La laminación homogénea se lleva a cabo a lo largo de la longitud de la banda inicial 101.

Por laminación homogénea, se entiende una laminación que transforma una banda de espesor constante en una banda más fina de espesor también constante.

45 Más particularmente, la etapa de laminación homogénea comprende una o varias pasadas en un tren de laminación donde la banda pasa por una ranura rodante delimitada entre rodillos de trabajo. El espesor de esta ranura rodante permanece constante durante cada pasada la etapa de laminación homogénea.

Esta etapa de laminación homogénea da como resultado una banda intermedia 103 de espesor E_c constante según la dirección de laminación, es decir, según la longitud de la banda 103 intermedia (véase la figura 6).

Como opción, la etapa de laminación homogénea comprende al menos un recocido de recristalización intermedio.

5 Cuando está presente, el recocido de recristalización intermedio se lleva a cabo entre dos pasos sucesivos de laminación homogénea. Alternativamente u opcionalmente, se lleva a cabo antes de la etapa de laminación flexible al final de la etapa de laminación homogénea, es decir, después de todos los pasos de laminación realizados durante la etapa de laminación homogénea.

10 Por ejemplo, el recocido intermedio de recristalización se lleva a cabo en un horno de recocido intermedio con una temperatura de la banda durante el recocido intermedio de entre 850 °C y 1200 °C y un tiempo de residencia en el horno de recocido intermedio de entre 30 segundos y 5 minutos.

El recocido de recristalización intermedia, o si se llevan a cabo varios, el último recocido intermedio de recristalización de la etapa de laminación homogénea, se realiza cuando la banda presenta un espesor E_i entre el espesor E_0 de la banda inicial 101 y el espesor E_c de la banda intermedia 103.

15 Cuando el recocido de recristalización intermedio se lleva a cabo al final de la etapa de laminación homogénea, el espesor E_i de la banda durante el recocido intermedio de recristalización es igual al espesor E_c de la banda 103 intermedia al comienzo de la etapa de laminación flexible.

20 Ventajosamente, en el modo de realización en el que se lleva a cabo al menos un recocido de recristalización intermedio, se lleva a cabo un recocido intermedio de recristalización único. En particular, este recocido de recristalización intermedio se lleva a cabo entre dos pasos de laminación homogéneos sucesivos cuando la banda presenta un espesor E_i estrictamente superior al espesor E_c de la banda 103 intermedia.

Preferentemente, la etapa de laminación homogénea no comprende el paso de recocido intermedio.

La banda 103 intermedia de espesor E_c obtenida al final de la etapa de laminación homogénea se somete luego a una etapa de laminación flexible en frío.

25 La laminación flexible se realiza según una dirección de laminación que se extiende según la longitud de la banda 103 intermedia.

La laminación flexible permite obtener una banda de espesor variable según su longitud.

Para ello, el espesor de la ranura de laminación del laminador usado se hace variar continuamente. Esta variación es una función del espesor deseado de la zona de la banda durante la laminación para obtener una banda de espesor variable según su longitud.

30 Más particularmente y, como se ilustra en la figura 7, al final de la etapa de laminación flexible, se obtiene una banda 104 de espesor variable que comprende primeras 107 zonas que tienen un primer grosor $e+s$ y las segundas zonas 110 que tienen un segundo espesor e , menos o igual que el primer espesor $e+s$. El primer espesor $e+s$ y el segundo espesor e corresponden a un espesor de ranura de laminación dado.

35 Las primeras zonas 107 y las segundas zonas 110 tienen cada una un espesor sustancialmente constante, respectivamente $e+s$ y e .

Están interconectados conectando zonas 111 de enlace de espesor no constante según la longitud de la banda 104 de espesor variable. El espesor de las zonas 111 de enlace varía entre e y $e+s$. Según un ejemplo, varía linealmente entre e y $e+s$.

40 La etapa de laminación homogénea y la etapa de laminación flexible se generan en las primeras zonas 107, es decir, en las zonas más espesas de la banda 104, una tasa τ_1 de deformación plástica, después de cualquier recocido intermedio de recristalización, es decir, superior o igual a 30 %, más particularmente comprendido entre 30 % y 98 %, aún más particularmente comprendido entre 30 % y 80 %. En los intervalos antes mencionados, la tasa τ_1 de deformación plástica es ventajosamente superior o igual al 35 %, más particularmente superior que o igual a 40 %, e incluso más particularmente superior que o igual a 50 %.

45 La tasa τ_1 de deformación plástica generada en las primeras zonas 107 se define de la siguiente manera:

- si no se realiza un recocido de recristalización intermedio durante la etapa de laminación homogénea, la tasa τ_1 de deformación plástica es la tasa de reducción total generada en las primeras zonas 107 de la banda 104 por la etapa de laminación homogénea y la etapa de laminación flexible, es decir, resultante de la reducción del grosor desde el espesor inicial E_0 hasta el grosor $e+s$.

50 En este caso, la tasa τ_1 de deformación plástica, en porcentaje, está dada por la siguiente fórmula:

$$\tau_1 = \frac{E_0 - (e + s)}{E_0} \times 100 \quad (1).$$

De este modo, en el caso donde no se lleva a cabo un recocido intermedio de recristalización, la tasa τ_1 de deformación plástica es igual a la tasa de reducción total generada en las primeras zonas 107 por la etapa de laminación homogénea y la etapa de laminación flexible.

- 5 - Si al menos un recocido intermedio de recristalización se lleva a cabo durante la etapa de laminación homogénea, la tasa τ_1 de deformación plástica es la tasa de reducción generada en las primeras zonas 107 debido a la reducción en el espesor de la banda del espesor E_i que exhibe durante el último recocido intermedio de la recristalización llevado a cabo durante la etapa de laminación homogénea hasta el espesor $e+s$.

En este caso, la tasa τ_1 de deformación plástica, en porcentaje, está dada por la siguiente fórmula:

$$\tau_1 = \frac{E_i - (e + s)}{E_i} \times 100 \quad (2).$$

- 10 De este modo, en el caso donde uno o varios recocidos intermedios se llevan a cabo durante la etapa de laminación homogénea, la tasa τ_1 de deformación plástica es estrictamente inferior a la tasa de reducción total generada en las primeras zonas 107 por la etapa de laminación homogénea y la etapa de laminación flexible en frío.

- 15 La tasa τ_2 de deformación plástica, después de cualquier recocido intermedio de recristalización, generado en las segundas zonas 110, es estrictamente superior a la tasa τ_1 de deformación plástica generada en las primeras zonas 107. Se calcula análogamente, reemplazando $e+s$ con e en las fórmulas (1) y (2) anteriores.

La diferencia $\Delta\tau$ de la tasa de deformación plástica entre las segundas zonas 110 y las primeras zonas 107 viene dada por la relación $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$.

- 20 Esta diferencia $\Delta\tau$ es ventajosamente inferior o igual al 13 % si el grosor E_0 es estrictamente superior a 2 mm. Ventajosamente, es inferior o igual al 10 % si el espesor E_0 es inferior o igual a 2 mm.

Más particularmente, la diferencia $\Delta\tau$ es inferior o igual al 10 % si E_0 es estrictamente superior a 2 mm, y la diferencia $\Delta\tau$ es inferior o igual al 8 % si E_0 es inferior o igual a 2 mm.

- 25 Ventajosamente, el espesor E_c de la banda 103 intermedia antes de la etapa de laminación flexible es en particular igual al espesor e de las segundas zonas 110 multiplicado por un coeficiente de reducción k de entre 1,05 y 1,5. Ventajosamente, k es aproximadamente igual a 1,3.

Ventajosamente, los espesores $e+s$ y e de las zonas primera y segunda 107, 110 respetan la ecuación:

$$e + s = (n + 1).e$$

donde n es un coeficiente constante entre 0,05 y 0,5.

- 30 En otras palabras, el primer espesor $e+s$ es igual al segundo espesor e multiplicado por un coeficiente de multiplicación de entre 1,05 y 1,5.

Esta ecuación se reescribe de la siguiente manera: $s = n.e$, es decir, que el espesor excesivo s de las primeras zonas 107 con respecto a las segundas zonas 110 es igual al coeficiente n multiplicado por el espesor e de las segundas zonas 110.

- 35 El espesor e de las segundas zonas 110 está entre 0,05 mm y 10 mm, más particularmente entre 0,15 mm y 10 mm, incluso más particularmente entre 0,25 mm y 8,5 mm. Cuando se realizan flejes, el espesor e es inferior o igual a 2 mm, ventajosamente, comprendido entre 0,25 mm y 2 mm. Cuando se realizan planchas, el espesor e es estrictamente superior a 2 mm, en particular comprendido entre 2,1 mm y 10 mm, más particularmente comprendido entre 2,1 mm y 8,5 mm.

- 40 La banda 104 de espesor variable resultante de la etapa de laminación flexible se somete luego a un recocido de recristalización final.

El recocido de recristalización final se lleva a cabo en un horno de recocido final. La temperatura del horno de recocido final es constante durante el recocido de recristalización final. La temperatura de la banda 104 durante el recocido de recristalización final está entre 850 °C y 1200 °C.

El tiempo de residencia en el horno de recocido final está comprendido entre 20 segundos y 5 minutos, más

particularmente entre 30 segundos y 3 minutos.

La velocidad de desplazamiento de la banda 104 en el horno de recocido final es constante. Es, por ejemplo, entre 2 m/min y 20 m/min para un horno de recocido final con una longitud de calentamiento igual a 10 m.

5 Ventajosamente, la temperatura de la banda 104 durante el recocido final es de 1025 °C. En este caso, el tiempo de residencia en el horno de recocido final es, por ejemplo, de entre 30 segundos y 60 segundos para una banda 104 de espesor variable que tiene segundas zonas 110 de espesor e inferior o igual a 2 mm. El tiempo de residencia en el horno de recocido final es, por ejemplo, de entre 3 minutos y 5 minutos para una banda 104 de espesor variable que tiene segundas zonas 110 de espesor e estrictamente superiores a 2 mm.

10 El tiempo de residencia en el horno de recocido final, así como la temperatura de recocido final se eligen para obtener, después del recocido de recristalización final, una banda 104 que tiene propiedades mecánicas y tamaños de grano que son casi homogéneos entre las primeras zonas 107 y las segundas zonas 110. El resto de la descripción especifica el significado de "casi homogéneo".

15 Preferentemente, el recocido final se lleva a cabo bajo una atmósfera reductora, es decir, por ejemplo, bajo hidrógeno puro o bajo atmósfera de H₂-N₂. La temperatura de las escarchas está preferentemente por debajo de -40 °C. En el caso de una atmósfera H₂-N₂, el contenido de N₂ puede estar comprendido entre 0 % y 95 %. La atmósfera H₂-N₂ comprende, por ejemplo, aproximadamente un 70 % de H₂ y un 30 % de N₂.

Según un modo de realización, la banda 104 de espesor variable pasa continuamente desde el tren de laminación flexible hasta el horno de recocido final, es decir, sin bobinado intermedio de la banda 104 de espesor variable.

20 Como variante, al final de la etapa de laminación flexible, la banda 104 de espesor variable se enrolla y se transporta al horno de recocido final, luego se desenrolla y se somete a un recocido de recristalización final.

Según esta variante, la banda 104 enrollada tiene, por ejemplo, una longitud comprendida entre 100 m y 2500 m, en particular, si el espesor e de las segundas zonas 110 de la banda 104 es de aproximadamente 0,7 mm.

Se obtiene, al final del recocido de recristalización final, una banda 104 de espesor variable según su longitud que tiene las siguientes características.

25 Comprende las primeras zonas 107 de espesor e+s y las segundas zonas de espesor e, posiblemente conectadas entre sí por zonas 111 de enlace de espesor que varían entre e y e+s.

30 Preferentemente, la diferencia en valor absoluto entre el tamaño medio de grano de las primeras zonas 107 y el tamaño medio de grano de las segundas zonas 110 es inferior o igual al índice 0,5 según el estándar ASTM E1 12-10. El tamaño promedio de los granos del índice ASTM se determina usando el procedimiento de comparación de imágenes estándar descrito en ASTM E1 12-10. De acuerdo con este procedimiento, para determinar el tamaño medio de grano promedio de una muestra, se compara una imagen de la estructura del grano de la pantalla obtenida por medio de un microscopio óptico a un aumento dado de la muestra que ha sufrido un ataque de coloración ("contrast etch" en inglés) con imágenes típicas que ilustran granos gemelos de diferentes tamaños que han sufrido un ataque de coloración (correspondiente a la placa III del estándar). El índice de tamaño de grano medio de la muestra se determina como siendo el índice correspondiente a la ampliación usada en la imagen estándar que se asemeja más a la imagen vista en la pantalla del microscopio.

40 Si la imagen que se ve en la pantalla del microscopio es intermedia entre dos imágenes estándar sucesivas de tamaños de grano, el índice de tamaño de grano medio de la imagen del microscopio se determina como siendo la media aritmética entre los índices de aumento correspondientes al crecimiento usado en cada una de las dos imágenes estándar.

Más particularmente, el índice G1_{ASTM} del tamaño medio de grano de las primeras zonas 107 es como máximo 0,5 veces menor que el índice G2_{ASTM} del tamaño medio de grano de las segundas zonas 110.

La banda 104 de espesor variable puede presentar propiedades mecánicas casi homogéneas.

En particular:

45 – la diferencia en valor absoluto entre el límite elástico en 0,2 % de las primeras zonas 107 denotado Rp1 y el límite de elasticidad en 0,2 % de las segundas zonas 110 denotado Rp2 es inferior o igual a 6 MPa, y
- la diferencia en el valor absoluto entre la carga de rotura de las primeras zonas 107 denotado Rm1 y la carga de rotura de las segundas zonas 110 denotada Rm2 es inferior o igual que 6 MPa.

50 Por límite de elasticidad de 0,2 % se entiende, convencionalmente, el valor de la restricción en 0,2 % de la deformación plástica.

De manera convencional, la carga en la rotura corresponde a la restricción máxima antes del estrechamiento de la muestra de prueba.

En el ejemplo ilustrado, la banda 104 de espesor variable presenta un motivo repetido periódicamente en toda la longitud de la banda 104. Este motivo comprende sucesivamente la mitad de la primera zona 107 de longitud $\frac{L_1}{2}$, una zona 111 de enlace de longitud L3, una segunda zona 110 de longitud L2, una zona 111 de enlace de longitud L3 y una mitad de la primera zona 107 de longitud $\frac{L_1}{2}$.

- 5 Ventajosamente, la longitud L2 de la segunda zona 110 es muy claramente superior a la longitud L1 de la primera zona 107. A modo de ejemplo, la longitud L2 está entre 20 y 100 veces la longitud L1.

10 Cada secuencia formada por una primera zona 107 flanqueada por dos zonas 111 de enlace forma una zona de espesor excesivo de la banda 104 de espesor variable, es decir, una zona de espesor superior a e. De este modo, la banda 104 de espesor variable comprende segundas zonas 110 de longitud L2 de espesor e, separadas entre sí por zonas de espesor excesivo.

Después del recocido final de la recristalización, la banda 104 de espesor variable se corta en las zonas de espesor excesivo, preferentemente en el medio de las zonas de espesor excesivo.

- 15 Así se obtienen las chapas 112 ilustradas en la figura 8, que comprenden una segunda zona de longitud L2 enmarcada en cada uno de sus extremos longitudinales por una zona de 111 enlace de longitud L3 y por la mitad de la primera zona 107 de longitud $\frac{L_1}{2}$.

Al final de la etapa de corte, las chapas 112 se aplanan según un procedimiento de aplanado conocido.

Las chapas 112 se enrollan luego en bobinas a la unidad.

Según una variante del procedimiento de fabricación descrito anteriormente, la banda 104 de espesor variable se aplanada después del recocido de recristalización final y antes de que se corten las chapas 112.

- 20 Según esta variante, la banda 104 de espesor variable aplanada se corta en las zonas de espesor excesivo para formar las chapas 112. Preferentemente, la banda 104 se corta en el medio de las zonas de espesor excesivo.

El corte se lleva a cabo, por ejemplo, en el plano usado para el aplanamiento de la banda 104. Como variante, la banda 104 aplanada se enrolla en una bobina, luego se corta en una máquina diferente de la aplanadora.

Las chapas 112 se enrollan luego en bobinas a la unidad.

- 25 Por medio del procedimiento de fabricación descrito anteriormente, se obtienen chapas 112 formadas por una pieza que comprende una zona 113 central de espesor e, enmarcada por extremos 114 reforzados, es decir, de un espesor superior al espesor e de la zona 113 central. Los extremos 114 corresponden a zonas de espesor excesivo de la banda 104 de espesor variable y la zona central 113 corresponde a una segunda zona 110 de la banda 104 de espesor variable a partir de la cual se ha cortado la chapa 112.

- 30 Estas chapas 112, que presentan un espesor variable según su longitud mientras se forman en una pieza, no presentan las debilidades de los ensamblajes soldados del estado de la técnica. Además, sus extremos 114 reforzados permiten ensamblarlos mediante soldadura a otras piezas mientras se minimizan las debilidades mecánicas debido a este ensamblaje por soldadura.

- 35 Según unas variantes, las chapas 112 se pueden obtener, por ejemplo, cortando la banda 104 en otros lugares que no sean en dos zonas de espesores excesivos sucesivos. Por ejemplo, se pueden obtener cortando alternativamente en una zona de espesor excesivo y en una segunda zona 110. En este caso, se obtienen chapas 112 que tienen un único extremo 114 reforzado de espesor superior a e. Tal chapa permite obtener la virola 108 de la figura 11

También se pueden obtener cortando en dos segundas zonas 110 sucesivas.

- 40 A modo de ejemplo y, como se ilustra en la figura 9, es posible ensamblar una chapa 112 con una segunda pieza 116 soldando uno de los extremos 114 reforzados de la chapa 112 a un borde de la segunda pieza 116. El espesor de la segunda pieza 116 es preferentemente superior al espesor de la zona 113 central de la chapa 112. La soldadura realizada es más particularmente una soldadura a presión, también llamada soldadura de recubrimiento.

La pieza 116 puede ser una chapa 112 como se describió anteriormente.

- 45 De este modo, en la figura 10, se han ilustrado dos chapas 112 ensambladas de extremo a extremo mediante soldadura. Estas dos chapas 112 están soldadas entre sí por sus extremos 114 reforzados. Las virolas 108 y 208 de la figura 11 pueden coserse de la misma manera, como lo describiremos a continuación.

ES 2 692 284 T3

En los ejemplos ilustrados en las figuras 9 y 10:

- la longitud de la zona 113 central está, por ejemplo, comprendida entre 40 m y 60 m; y
- la longitud de cada extremo 114 reforzado está, por ejemplo, comprendida entre 0,5 m y 2 m.

El segundo espesor e es, en particular, aproximadamente igual a 0,7 mm.

5 El primer espesor $e+s$ es aproximadamente igual a 0,9 mm.

Como variante, una pieza no plana se forma a partir de la chapa 112.

10 El procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable según su longitud descrita anteriormente es particularmente ventajoso. De hecho, permite obtener una banda de aleación a base de principalmente hierro y níquel que tiene la composición química definida anteriormente que tiene zonas de diferentes espesores, pero propiedades mecánicas casi homogéneas. Estas propiedades se obtienen mediante el uso de una tasa de deformación plástica después de un posible recocido intermedio de recristalización generado por la laminación homogénea y las etapas de laminación flexible en las zonas más gruesas superiores o iguales al 30 %.

Los siguientes ejemplos experimentales ilustran la importancia del intervalo de tasas de deformación plástica reivindicado para este tipo de aleación.

15 En una primera serie de experiencias, se han fabricado flejes de espesor variable, es decir, bandas 104 de espesor variable cuyo espesor e de las segundas zonas 10 es inferior que o igual a 2 mm.

La tabla 1 a continuación ilustra los ensayos para la fabricación de flejes de espesor variable sin recocido intermedio de recristalización.

La tabla 2 a continuación contiene características de los flejes obtenidos por los ensayos de la tabla 1.

20 La tabla 3 a continuación ilustra los ensayos de fabricación de flejes de espesor variable con un recocido de recristalización intermedio al espesor E_i .

La tabla 4 a continuación contiene características de los flejes obtenidos por los ensayos de la tabla 3.

En una segunda serie de experiencias, se han fabricado planchas de espesor variable, es decir, bandas 104 de espesor variable cuyo espesor e de las segundas zonas 110 es estrictamente superior a 2 mm.

25 La tabla 5 ilustra ensayos para fabricar planchas de espesor variable con o sin recocido intermedio.

La tabla 6 a continuación contiene características de las planchas obtenidas por los ensayos de la tabla 5.

En todas las tablas, se han enfatizado las pruebas de acuerdo con un procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable según su longitud, de aleación a base de hierro, comprendiendo la aleación a base de hierro, en peso:

30 $34,5 \% \leq Ni \leq 53,5 \%$
 $0,15 \% \leq Mn \leq 1,5 \%$
 $0 \leq Si \leq 0,35 \%$, preferentemente $0,1 \% \leq Si \leq 0,35 \%$
 $0 \leq C \leq 0,07 \%$

opcionalmente:

35 $0 \leq Co \leq 20 \%$
 $0 \leq Ti \leq 0,5 \%$
 $0,01 \% \leq Cr \leq 0,5 \%$

siendo el resto hierro e impurezas necesariamente resultantes de la elaboración, comprendiendo el procedimiento sucesivamente las siguientes etapas:

40 - proporcionar una banda (101) inicial de espesor constante (E_o) obtenida por laminación en caliente;
- laminación homogénea en frío de la banda (101) inicial a lo largo de su longitud para obtener una banda (103) intermedia de espesor constante (E_c) según la dirección de laminación;
- laminación flexible en frío de la banda (103) intermedia según su longitud para obtener una banda (104) de espesor variable según la dirección de laminación, la banda (104) de espesor variable que tiene, según su
45 longitud, primeras zonas (107) que tienen un primer espesor ($e+s$) y segundas zonas (110) que tienen un

- segundo espesor (e), inferior al primer espesor (e+s),
- recocido de recristalización final en el paso de la banda (104) de espesor variable en un horno de recocido final,

5 en el cual la tasa de deformación plástica generada, después de cualquier recocido intermedio de recristalización, por las etapas de laminación en frío homogénea y laminación en frío flexible en las primeras zonas (107) de la banda (104) de espesor variable es superior o igual al 30 %.

10 Se constata que cuando la tasa de deformación plástica τ_1 después de cualquier recocido intermedio de recristalización es superior o igual al 30 % (ensayos 1 a 7 de la tabla 1, 1 a 3 de la tabla 3 y 1 a 9 de la tabla 5), la banda 104 de espesor variable obtenida presenta una diferencia de tamaño de grano media entre el tamaño de grano medio de las primeras zonas 107 (espesor e+s) y el tamaño de grano de las segundas zonas 110 (espesor e) inferior o igual a 0,5 índice de ASTM en valor absoluto. Esta pequeña diferencia en el tamaño de grano medio entre las primeras zonas 107 y las segundas zonas 110 da como resultado propiedades mecánicas casi homogéneas, a saber, una diferencia en 0,2 % de límite elástico ΔR_p entre las primeras zonas 107 y las segundas zonas 110 inferior o igual a 6 MPa en valor absoluto, y una diferencia entre la carga en rotura ΔR_m de las primeras zonas 107 y segundas zonas 110 inferior o igual a 6 MPa en valor absoluto.

15 De este modo, es posible obtener una banda 104 de espesor variable que tiene propiedades mecánicas y tamaños de grano que son casi homogéneos después de un recocido por recristalización muy simple, ya que se realizó a temperatura y velocidad constante de desplazamiento.

20 La figura 11 es una vista esquemática desde arriba de la membrana estanca primaria de una pared de un tanque estanco y aislante construido de manera similar al tanque de la figura 1. Los extremos de la pared de tanque están simbolizados por las aletas de soldadura 27 parcialmente representadas.

25 Para las necesidades de ilustración, las tres virolas 8, 108 y 208 metálicas representadas en la figura 11 se fabrican según tres modos de realización diferentes. En la práctica, una membrana estanca puede construirse con virolas correspondientes al mismo modo de realización, o combinando virolas de varios modos de realización según cualquier orden apropiado. Los soportes de soldadura 9 también están dibujados en la figura 11, en una representación despiezada que coloca los soportes 9 de soldadura alejados de las virolas 8, 108 y 208 para facilitar la comprensión.

30 Las virolas de los tres modos de realización tienen el punto común de extenderse longitudinalmente desde un extremo al otro de la pared de tanque a soldar a las dos aletas 27 de soldadura y presentan dos bordes 13 laterales elevados. Por ejemplo, el ancho de la porción central plana de la virola está entre 40 y 60 cm y la altura del borde 13 elevado está entre 2 y 6 cm.

Los bordes 13 elevados de la virola 8 de espesor variable se pueden obtener desde la plancha 112 plana por medio de una plegadora que comprende tres rodillos en cada lado de la pared 112 lateral. Los rodillos ejercen una presión sobre la chapa para deformar la chapa para generar los bordes elevados. Se usan gatos hidráulicos para cambiar la posición de los rodillos y la presión ejercida por ellos en función de la variación del espesor de la plancha.

35 La virola 8 corresponde al modo de realización descrito anteriormente con referencia a las figuras 2 y 3: se trata de una banda metálica que se extiende en una sola pieza desde un extremo al otro de la pared de tanque y que consta de las porciones 114 reforzadas en ambos extremos de la banda y la porción 113 central de menor espesor entre ellos. Para propósitos de representación, los límites entre la porción 113 más delgada y las porciones 114 reforzadas más espesas se han dibujado en finas líneas discontinuas, pero se entiende que este límite puede extenderse sobre una zona de transición relativamente grande.

40 La virola 8 se coloca en una sola pieza en el tanque. La porción 14 inclinada se corta en ambos extremos de los dos bordes elevados de la virola 8, antes de proceder con las soldaduras de ensamblaje y de estanqueidad con los anillos de conexión.

45 La virola 108 o 208, por otro lado, consiste en varias bandas longitudinales sucesivas con bordes elevados que pueden colocarse uno después del otro, que hace que estos modos de realización sean particularmente adecuados para una pared de tanque de gran longitud, por ejemplo, alrededor de 30 a 50 m por banda longitudinal, ya sea una longitud total superior a 50 m. Cada banda sucesiva es continua, es decir, se obtiene de una sola plancha descrita anteriormente, y no soldando varias planchas juntas.

50 De manera más precisa, la virola 108 comprende dos bandas metálicas con bordes 13 elevados que están ensamblados extremo con extremo en la extensión uno de otro al nivel de una zona 40 de ensamblaje, por ejemplo, por soldadura. Cada banda metálica es continua y presenta una porción 114 de extremo reforzada más espesa adyacente a la zona 40 de ensamblaje y presenta un espesor uniforme inferior sobre el resto de su longitud 113, hasta el borde de la pared de tanque donde está ensamblado a la aleta 27 de soldadura.

55 La virola 208 está construida de manera similar a la virola 108, pero con bandas cuyos dos extremos 114 están reforzados por un mayor espesor. De hecho, los extremos 114 reforzados más espesos de las bandas que constituyen la virola 208 están presentes tanto en la zona 40 de conexión entre las bandas como al nivel de los

bordes de la pared de tanque donde la tira 208 está ensamblada a las aletas de soldadura 27. Como variante, la virola 208 puede estar construida con un mayor número de bandas continuas colocadas de un extremo a otro de la misma manera.

5 Cuando una pared de tanque está cubierta con una membrana estanca fabricada con las virolas 108 o 208, la zona 40 de ensamblaje de cada virola 108 o 208 puede colocarse en el medio de la pared de tanque o en otras ubicaciones. Preferentemente, estos lugares se compensan longitudinalmente de una virola a la otra, para evitar formar una línea de soldadura continua en la dirección transversal de la pared.

10 Aunque se han descrito elementos calorífugos en forma de cajas que comprenden perlita expandida, otras formas de elementos calorífugos son posibles. En concreto, las cajas se pueden realizarse con otras formas de materiales aislantes. Por ejemplo, las cajas pueden constar de una capa de espuma aislante.

Los tanques descritos anteriormente se pueden usar en diferentes tipos de instalaciones, tales como instalaciones terrestres o en una estructura flotante, como un tanque de un barco metanero u otro.

15 Con referencia a la figura 4, una vista despiezada de un barco 70 metanero muestra un tanque 71 estanco y aislado de forma generalmente prismática montado en el doble casco 72 del barco. La pared del tanque 71 consta de una barrera primaria estanca 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 del barco, y dos barreras térmicamente aislantes dispuestas respectivamente entre la barrera estanca primaria y la barrera estanca secundaria, y entre la barrera estanca secundaria y el doble casco 72.

20 De una manera conocida per se, se pueden conectar tuberías de carga/descarga dispuestas en el puente superior del barco, por medio de conectores apropiados, a un terminal marítimo o portuario para transferir una carga de GNL hacia o desde el tanque 71.

25 La figura 4 representa un ejemplo de un terminal marítimo que incluye una estación 75 de carga y descarga, una tubería submarina 76 y una instalación 77 a tierra. La estación 75 de carga y descarga es una instalación fija extraterritorial que consta de un brazo 74 móvil y una torre 78 que soporta el brazo 74 móvil. El brazo 74 móvil lleva un haz de tubos 79 flexibles aislados que pueden conectarse a las tuberías 73 de carga/descarga. El brazo 74 móvil orientable se adapta a todas las plantillas metaneras. Un conducto de enlace no representado se extiende dentro de la torre 78. La estación 75 de carga y descarga permite la carga y descarga del metanero 70 desde o hacia la instalación 77 a tierra. Esto comprende tanques de almacenamiento de gas 80 licuado y tubos 81 de enlace conectados por la tubería 76 submarina a la estación 75 de carga o descarga. La tubería 76 submarina permite la transferencia del gas licuado entre la estación 75 de carga y descarga y la instalación 77 a tierra a larga distancia, por ejemplo, 5 km, lo que permite mantener el barco 70 metanero a gran distancia de la costa durante las operaciones de carga y descarga.

35 Para generar la presión necesaria para la transferencia del gas licuado, se implementan bombas embebidas en el barco 70 y/o bombas que equipan la instalación 77 de orilla y/o bombas que equipan la estación 75 de carga y descarga.

40 Aunque se haya descrito la invención con relación a varios modos de realización particulares, es más que evidente que no se limita de ninguna manera a ellos y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos, así como sus combinaciones si estas entran en el contexto de la invención, tal como se define por las reivindicaciones. El uso del verbo "constar de", "comprender" o "incluir" y sus formas conjugadas no excluye la presencia de otros elementos u otras etapas distintos de los establecidos en una reivindicación. El uso del artículo indefinido "un" o "una" para un elemento o una etapa no excluye, a menos que se indique lo contrario, la presencia de una pluralidad de tales elementos o etapas.

45 En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia entre paréntesis no puede interpretarse como una limitación de la reivindicación.

Tabla 1

Ensayo	Longitud de onda (m)	E ₀ (mm)	k	E _c (mm)	e (mm)	n=s/e	e+s (mm)	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	τ1 (%)	τ2 (%)	τ2-τ1 (%)	Recocido final T °C; duración
1	50	4,2	1,3	2,0	1,5	0,25	1,88	1,50	1,90	44,7	55	64	9	1025 °C; 60 s
2	50	4,2	1,15	1,7	1,5	0,15	1,73	1,50	1,90	44,7	59	64	5	1025 °C; 60 s
3	50	3,2	1,15	1,2	1,0	0,15	1,15	1,00	1,50	46,0	64	69	5	1025 °C; 60 s
4	50	2,6	1,3	0,9	0,7	0,25	0,88	1,00	1,50	46,0	66	73	7	1025 °C; 40 s
5	50	2,6	1,15	0,8	0,7	0,15	0,81	1,00	1,50	46,0	69	73	4	1025 °C; 40 s
6	60	2,6	1,3	0,9	0,7	0,15	0,81	1,00	1,50	56,0	69	73	4	1025 °C; 40 s
7	50	2,1	1,3	0,7	0,5	0,15	0,58	1,20	1,50	45,8	73	76	4	1025 °C; 30 s
8	50	2,3	1,3	2,3	1,8	0,25	2,25	1,20	1,50	45,8	2	22	20	1025 °C; 60 s
9	50	2,1	1,3	2,3	1,8	0,15	2,07	1,20	1,50	45,8	1	14	13	1025 °C; 60 s
10	60	2,1	1,3	2,3	1,8	0,15	2,07	1,20	1,50	55,8	1	14	13	1025 °C; 60 s

Tabla 2

Ensayo	Propiedades con espesor e+s			Propiedades con espesor e			Delta Rp (MPa)	Delta Rm (MPa)	DeltaG _{ASTM}
	G1 _{ASTM}	Rp (MPa)	Rm (MPa)	G2 _{ASTM}	Rp (MPa)	Rm (MPa)			
1	8	288	487	8,5	292	491	-4	-4	0,5
2	8,5	293	492	9	296	495	-3	-3	0,5
3	8,5	293	492	9	295	495	-2	-3	0,5
4	8,5	293	490	9	296	496	-3	-6	0,5
5	9	297	496	9	296	496	1	0	0
6	9	297	495	9	296	496	1	-1	0
7	9,5	300	501	9,5	300	501	0	0	0
8	7,5	284	482	8,5	292	490	-8	-8	1
9	7,5	286	481	8,5	293	491	-7	-10	1
10	7,5	285	483	9	296	496	-11	-13	1,5

Tabla 3

Ensayo	Longitud de onda (m)	E ₀ (mm)	k	E _i (mm)	Recocido en E _i T °C; duración	E _c (mm)	e (mm)	n=s/e	e+s (mm)	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	τ1 (%)	τ2 (%)	τ2-τ1 (%)	Recocido final T °C; duración
1	50	2,6	1,3	1,5	1025 °C; 50 s	0,8	0,6	0,25	0,75	1,20	1,50	45,8	50	60	10	1025 °C; 40 s
2	50	2,6	1,3	1,5	1025 °C; 50 s	0,8	0,6	0,15	0,69	1,20	1,50	45,8	54	60	6	1025 °C; 40 s
3	60	2,6	1,3	1,5	1025 °C; 50 s	0,7	0,5	0,15	0,58	1,20	1,50	55,8	62	67	5	1025 °C; 30 s
4	50	4,2	1,30	2,00	1025 °C; 80 s	1,95	1,5	0,25	1,88	1,50	1,90	44,7	6	25	19	1025 °C; 60 s
5	50	4,2	1,15	2,00	1025 °C; 80 s	1,73	1,5	0,15	1,73	1,50	1,90	44,7	14	25	11	1025 °C; 60 s
6	50	3,2	1,30	1,30	1025 °C; 50 s	1,30	1,0	0,25	1,25	1,50	1,90	44,7	4	23	19	1025 °C; 60 s
7	50	3,2	1,15	1,50	1025 °C; 60 s	1,15	1,0	0,15	1,15	1,00	1,50	46,0	23	33	10	1025 °C; 60 s
8	50	2,6	1,30	0,90	1000 °C; 40 s	0,91	0,7	0,25	0,88	1,00	1,50	46,0	3	22	19	1025 °C; 40 s
9	60	2,6	1,15	1,00	1000 °C; 40 s	0,81	0,7	0,15	0,81	1,00	1,50	56,0	20	30	11	1025 °C; 40 s

ES 2 692 284 T3

Tabla 4

Ensayo	Propiedades con espesor e+s			Propiedades con espesor e			Delta Rp (MPa)	Delta Rm (MPa)	DeltaG _{ASTM}
	G1 _{ASTM}	Rp (MPa)	Rm (MPa)	G2 _{ASTM}	Rp (MPa)	Rm (MPa)			
1	8,5	292	491	8,5	293	491	-1	0	0
2	8,5	293	492	8,5	291	492	2	0	0
3	8,5	293	490	9	296	496	-3	-6	0,5
4	7	281	478	8	290	487	-9	-9	1
5	7	281	477	8	288	487	-7	-10	1
6	6,5	277	473	8	288	487	-11	-14	1,5
7	7	282	477	8	289	487	-7	-10	1
8	6,5	277	474	7,5	285	482	-8	-8	1
9	7	282	479	8	289	487	-7	-8	1

Tabla 5

Ensayo	Longitud de onda (m)	E ₀ (mm)	k	E _i (mm)	Recocido en E _i T °C; duración		E _c (mm)	e (mm)	n=s/e	e+s (mm)	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	τ1 (%)	τ2 (%)	τ2-τ1 (%)	Recocido final T °C; duración
					E _i (mm)												
1	12	16	1,30		Nada		10,7	8,2	0,25	10,25	1,00	1,50	8,0	36	49	13	1025 °C; 5min
2	6	16	1,15		Nada		9,4	8,2	0,15	9,43	0,50	0,75	4,0	41	49	8	1025 °C; 5min
3	12	8,2	1,30		Nada		5,5	4,2	0,25	5,25	0,50	0,75	10,0	36	49	13	1025 °C; 3 min
4	12	8,2	1,15		Nada		4,8	4,2	0,15	4,83	1,50	2,25	6,0	41	49	8	1025 °C; 3 min
5	6	8,2	1,30		Nada		4,2	3,2	0,25	4,00	0,80	1,20	2,8	51	61	10	1025 °C; 3 min
6	9	8,2	1,15		Nada		3,7	3,2	0,15	3,68	1,00	1,50	5,0	55	61	6	1025 °C; 3 min
7	12	16	1,30	8,2		1050 °C; 5 min	4,2	3,2	0,25	4,00	1,00	1,50	8,0	51	61	10	1025 °C; 3 min
8	12	16	1,15	8,2		1050 °C; 5 min	4,8	4,2	0,15	4,83	0,50	0,75	10,0	41	49	8	1025 °C; 3 min
9	6	16	1,15	8,2		1050 °C; 5 min	3,7	3,2	0,15	3,68	0,50	0,75	4,0	55	61	6	1025 °C; 3 min

Tabla 6

Ensayo	Propiedades con espesor e+s			Propiedades con espesor e			Delta Rp (MPa)	Delta Rm (MPa)	DeltaG _{ASTH}
	G1 _{ASTM}	Rp (MPa)	Rm (MPa)	G2 _{ASTM}	Rp (MPa)	Rm (MPa)			
1	7	280	479	7,5	285	483	-5	-4	0,5
2	7	281	477	7,5	285	483	-4	-6	0,5
3	7,5	285	482	8	288	487	-3	-5	0,5
4	8	288	487	8	288	487	0	0	0
5	8,5	293	492	8,5	292	492	1	0	0
6	8,5	292	491	9	297	496	-5	-5	0,5
7	8,5	291	490	8,5	293	490	-2	0	0
8	8	289	487	8,5	292	491	-3	-4	0,5
9	8,5	292	491	8,5	292	490	0	1	0

REIVINDICACIONES

1. Tanque estanco y térmicamente aislante integrado en una estructura portadora, constando la estructura portadora de una pluralidad de paredes (1, 2) portadoras, constando el tanque de una pluralidad de paredes de tanque fijadas cada vez a una pared (1, 2) portadora respectiva, constando una pared de tanque de:
- una barrera de aislamiento (3, 5) térmico retenida en la pared portadora, presentando la barrera de aislamiento térmico una superficie de soporte plana paralela a la pared portadora respectiva, una barrera (4, 6) de estanqueidad soportada por la barrera de aislamiento y constando de una estructura repetida que consta alternativamente de una virola (8, 108, 208) metálica alargada y un ala (9) de soldadura alargada conectada a la superficie de soporte y sobresaliendo con respecto a esta, extendiéndose el ala (9) de soldadura paralelamente a la virola (8) metálica sobre al menos una parte de la longitud de la virola metálica, constando la virola metálica en el sentido del ancho de una porción central plana puesta en la superficie de soporte y unos bordes (13) laterales elevados con respecto a la superficie de soporte, que están dispuestos contra las alas de soldadura adyacentes y soldados de manera estanca a las alas (9) de soldadura,
- en el que la virola metálica se extiende entre dos bordes opuestos de la pared de tanque y presenta dos porciones de extremo que están cada una ensambladas de forma estanca a una estructura (10, 27, 28) de detención respectiva al nivel de dichos bordes opuestos de la pared de tanque,
- caracterizado porque** la virola (8, 108, 208) metálica está constituida por al menos una banda metálica continua que presenta varias porciones longitudinales que tienen diferentes espesores, constando las porciones longitudinales de una porción (113, 35) intermedia y al menos una porción (114, 33) de extremo cuyo espesor es superior al espesor de la porción intermedia de la banda, formando la porción (114, 33) de extremo más espesa una zona de ensamblaje de la banda con la estructura (10) de detención o con otra banda metálica continua ensamblada de extremo a extremo con la primera banda metálica continua para constituir la virola metálica.
2. Tanque según la reivindicación 1, en el que la virola (8) metálica está constituida por una única banda metálica que se extiende en una sola pieza entre los dos bordes opuestos de la pared de tanque, y en el que las dos porciones (33) de extremo de la banda son más espesas que la porción (35, 36) intermedia y están ensambladas cada una a la estructura (10, 27, 28) de detención respectiva al nivel de los bordes opuestos de la pared de tanque.
3. Tanque según la reivindicación 1, en el que la virola (108, 208) metálica consta de una segunda banda metálica continua ensamblada de extremo a extremo con la primera banda metálica continua en la prolongación de la primera banda metálica continua, en el que cada una de las dos bandas continuas metálicas presenta, al nivel de la zona de ensamblaje (40) de las dos bandas metálicas, una porción (114) de extremo más espesa que la porción (113) intermedia de la banda.
4. Tanque según la reivindicación 3, en el que al menos una de las dos bandas metálicas continuas presenta, al nivel del extremo opuesto a la zona (40) de ensamblaje de las dos bandas metálicas, una segunda porción (114) de extremo más espesa que la porción (113) intermedia de la banda, estando la segunda porción (114) de extremo ensamblada a la estructura (10, 27, 28) de detención al nivel de un borde de la pared de tanque.
5. Tanque según la reivindicación 3 o 4, en el que al menos una de las dos bandas metálicas continuas presenta, al nivel del extremo opuesto a la zona (40) de ensamblaje de las dos bandas metálicas, una segunda porción (114) de extremo de mismo espesor que la porción (113) intermedia de la banda, estando la segunda porción (114) de extremo ensamblada a la estructura (10, 27, 28) de detención al nivel de un borde de la pared de tanque.
6. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que cada porción de extremo de la virola (8, 108, 208) metálica está soldada de forma estanca a la estructura (10) de detención respectiva.
7. Tanque según la reivindicación 6, en el que la virola (8) está soldada a la estructura de detención mediante un procedimiento de transferencia de metal en frío CMT o mediante soldadura TIG con metal de aportación o mediante soldadura en frío.
8. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la estructura (10) de detención consta de una placa (27, 28) situada por encima de la barrera de aislamiento y la porción de extremo de la virola (8, 108, 208) metálica consta de un primer segmento apoyado sobre la placa de la estructura de detención y un segundo segmento apoyado sobre la barrera de aislamiento térmico, estando el primer segmento y el segundo segmento conectados por un segmento (34) pegado formando un desprendimiento en la dirección de espesor de la virola metálica.
9. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las alas (9) de soldadura se interrumpen antes del extremo de la virola (8, 108, 208) metálica, estando los bordes elevados de dos virolas metálicas adyacentes soldados entre sí mediante una soldadura de arista dispuesta sobre una parte de su longitud hasta el extremo de la virola metálica.
10. Tanque según la reivindicación 9, en el que la soldadura de arista de los bordes (13) elevados se realiza con ayuda de un procedimiento de transferencia de metal en frío.

ES 2 692 284 T3

11. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la porción (114, 33) de extremo más espesa de la banda metálica presenta un espesor superior o igual a 0,9 mm.

12. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la porción (35) intermedia de la banda metálica presenta un espesor inferior a 0,9 mm y, preferentemente, un espesor de 0,7 mm.

5 13. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la estructura (10) de detención está soldada a una pared portadora.

14. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que dicha virola metálica y la estructura de detención están realizadas de aleación de acero y níquel con un bajo coeficiente de dilatación.

10 15. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que la banda metálica es de aleación a base de hierro y comprende en peso:

$$34,5 \% \leq \text{Ni} \leq 53,5 \%$$

$$0,15 \% \leq \text{Mn} \leq 1,5 \%$$

$$0 \leq \text{Si} \leq 0,35 \%, \text{ preferentemente } 0,1 \% \leq \text{Si} \leq 0,35 \%$$

$$0 \leq \text{C} \leq 0,07 \%$$

15 opcionalmente:

$$0 \leq \text{Co} \leq 20 \%$$

$$0 \leq \text{Ti} \leq 0,5 \%$$

$$0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,5 \%$$

siendo el resto hierro e impurezas necesariamente resultantes de la elaboración.

20 16. Tanque según una de las reivindicaciones 1 a 15 en el que la pared de tanque consta, además, de:

una barrera (3) secundaria de aislamiento térmico, presentando la barrera de aislamiento térmico una superficie de soporte plana paralela a la pared portadora respectiva, y una barrera (4) de estanqueidad secundaria soportada por la barrera de aislamiento secundaria y que lleva la barrera (5) de aislamiento primaria,

25 constando la barrera de estanqueidad secundaria de una estructura repetida que consta alternativamente de una virola (8, 108, 208) metálica alargada y un ala (9) de soldadura alargada conectada a la superficie de soporte y sobresaliendo con respecto a esta, extendiéndose el ala (9) de soldadura paralelamente a la virola (8) metálica sobre al menos una parte de la longitud de la virola metálica, constando la virola metálica en el sentido del ancho de una porción central plana puesta en la superficie de soporte y unos bordes (13) laterales elevados con respecto a la superficie de soporte, que están dispuestos contra las alas de soldadura adyacentes y soldados de manera estanca a las alas (9) de soldadura,

30 en el que la virola metálica se extiende entre dos bordes opuestos de la pared de tanque y presenta dos porciones de extremo que están cada una ensambladas de forma estanca a una estructura (10, 28) de detención respectiva al nivel de dichos bordes opuestos de la pared de tanque,

35 **caracterizado porque** la virola (8, 108, 208) metálica está constituida por al menos una banda metálica continua que presenta varias porciones longitudinales que tienen diferentes espesores, constando las porciones longitudinales de una porción (113, 35) intermedia y al menos una porción (114, 33) de extremo cuyo espesor es superior al espesor de la porción intermedia de la banda, formando la porción (114, 33) de extremo más espesa una zona de ensamblaje de la banda con la estructura (10) de detención o con otra banda metálica continua
40 ensamblada de extremo a extremo con la primera banda metálica continua para constituir la virola metálica.

17. Barco (70) para transportar un producto líquido frío, constando el barco de un doble casco (72) y un tanque (71) según una de las reivindicaciones 1 a 16 dispuesto en el doble casco.

45 18. Uso de un barco (70) según la reivindicación 17 para cargar o descargar un producto líquido frío, en el que un producto líquido frío se transporta a través de tuberías (73, 79, 76, 81) aisladas hacia o desde una instalación de almacenamiento (77) flotante o terrestre hacia o desde el tanque (71) del barco.

50 19. Sistema de transferencia para un producto líquido frío, constando el sistema de un barco (70) según la reivindicación 17, tuberías (73, 79, 76, 81) aisladas dispuestas para conectar el tanque (71) instalado en el casco del barco a una instalación de almacenamiento (77) flotante o terrestre y una bomba para impulsar un flujo de producto líquido frío a través de las tuberías aisladas desde o hacia la instalación de almacenamiento flotante o terrestre hacia o desde el tanque del barco.

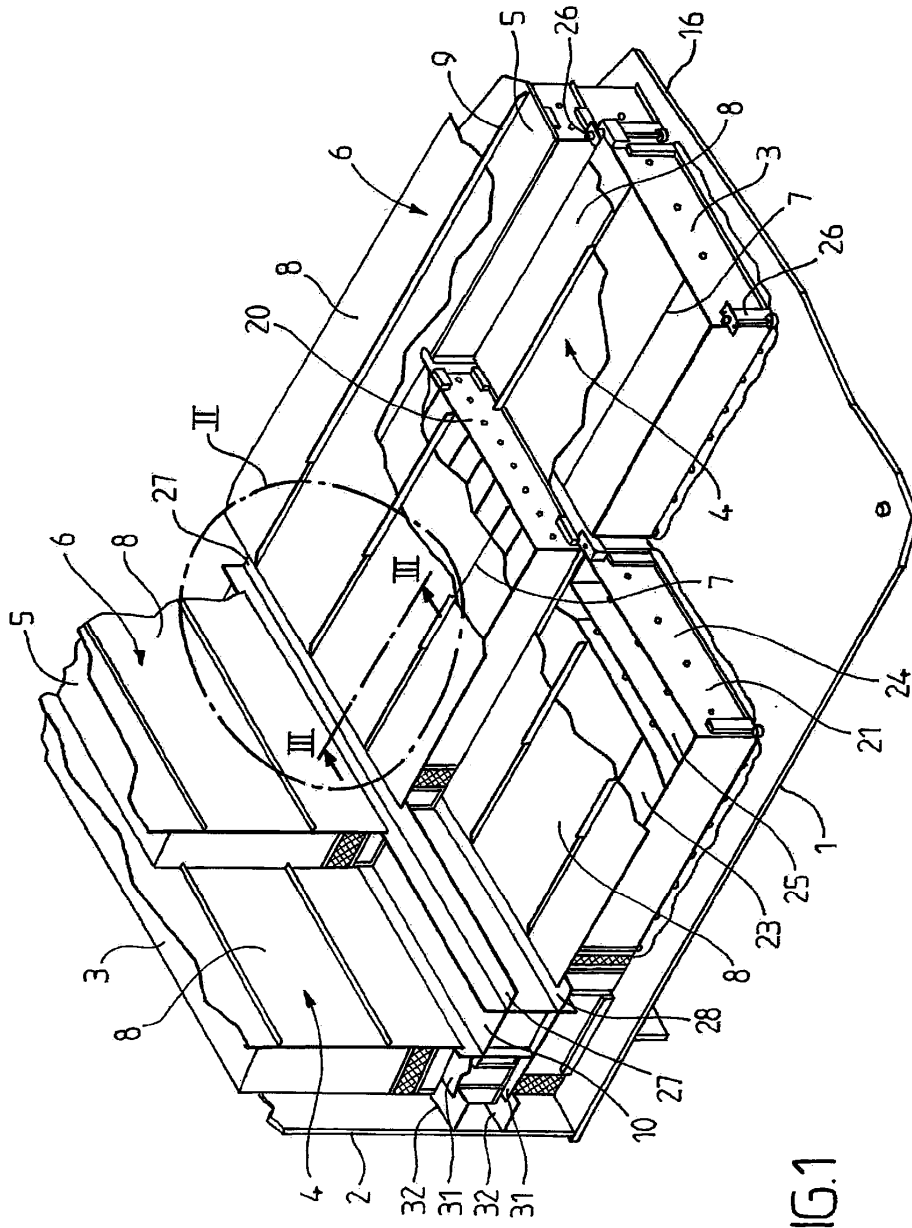


FIG.1

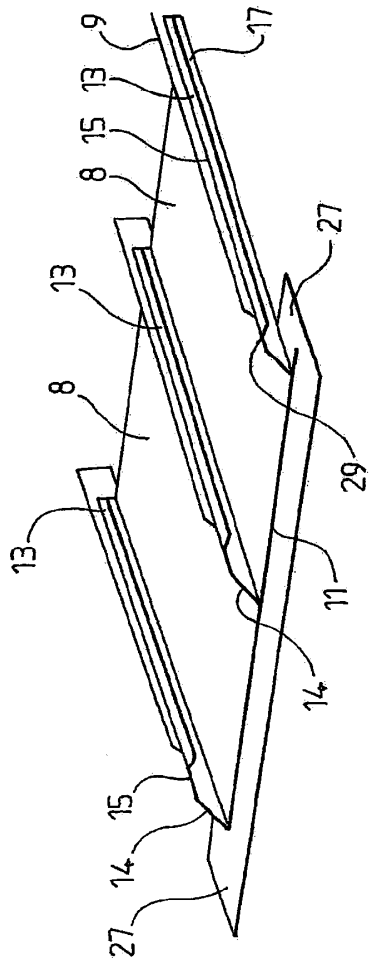


FIG. 2

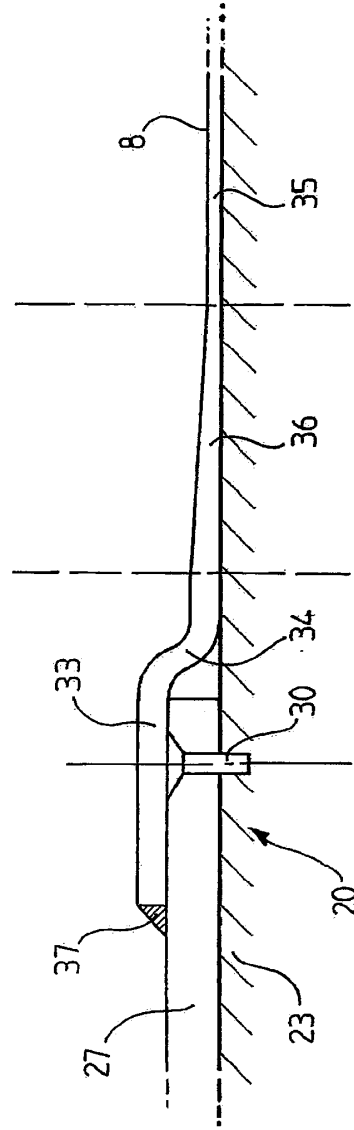


FIG. 3

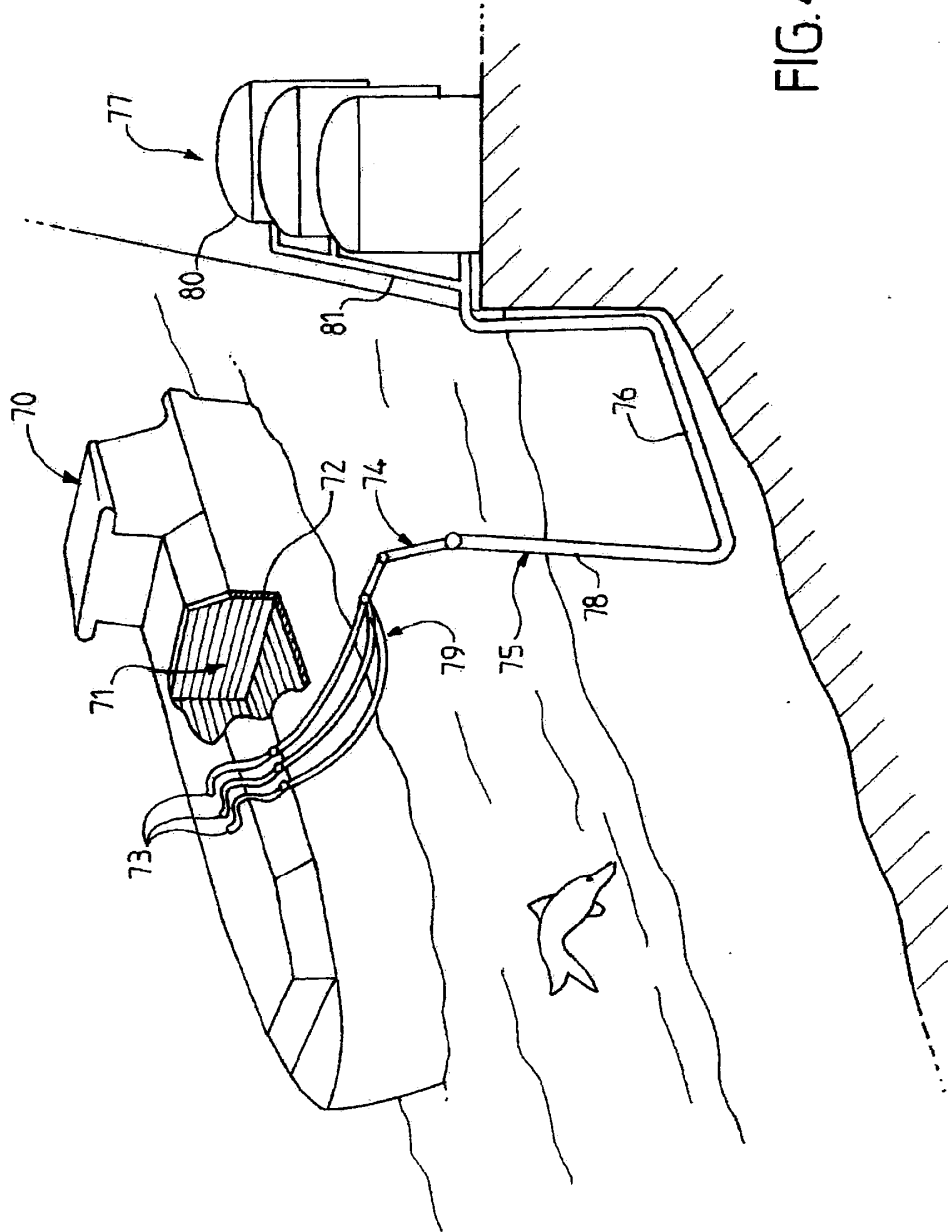
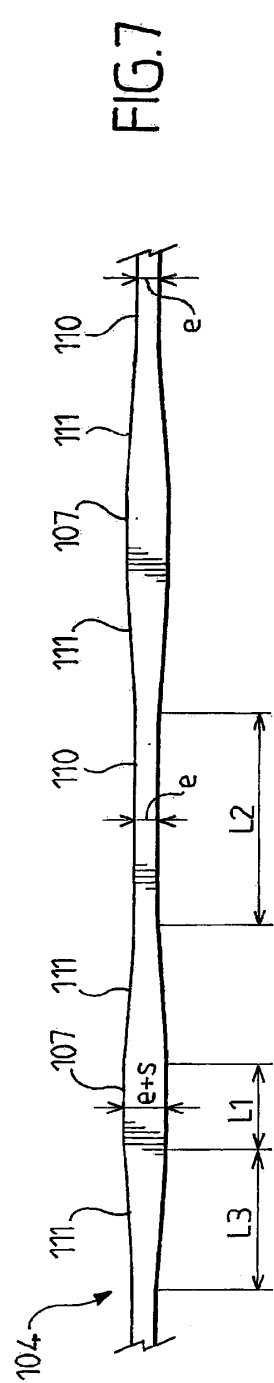
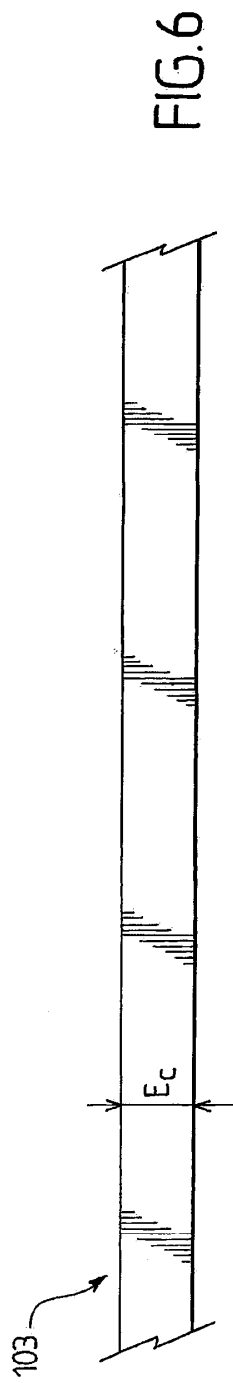
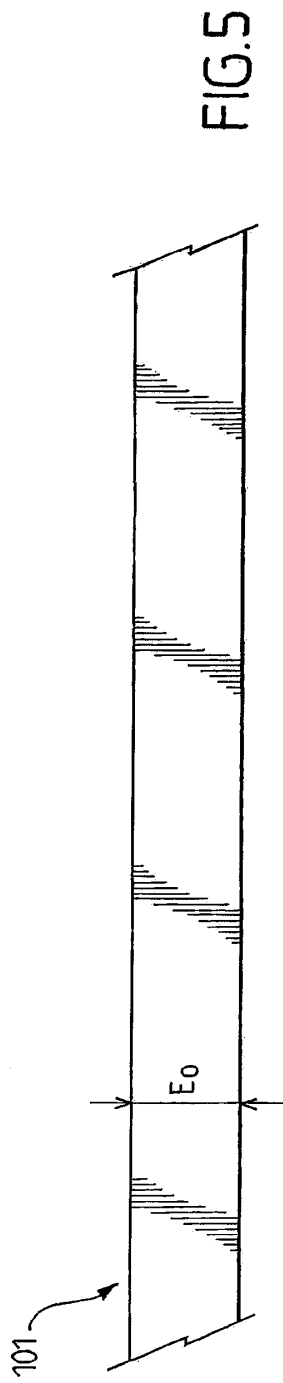


FIG. 4



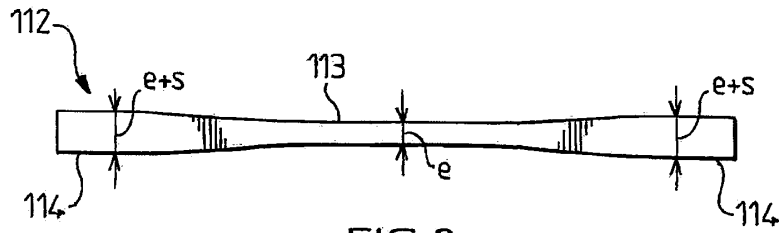


FIG. 8

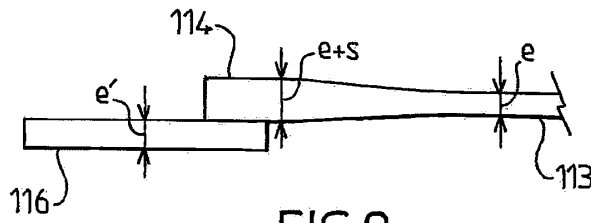


FIG. 9

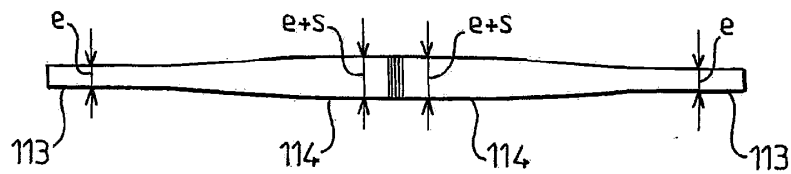


FIG. 10

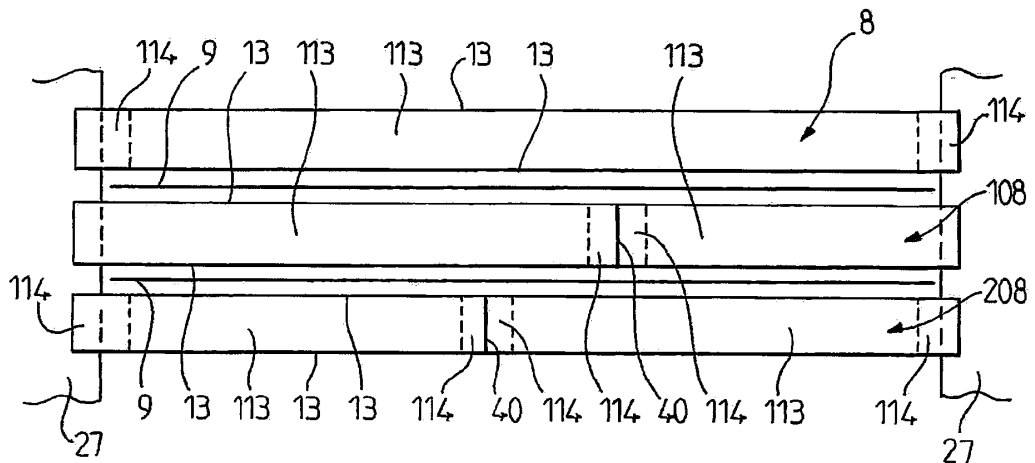


FIG. 11