

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 696 830**

51 Int. Cl.:

C22F 1/10	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)	C22C 38/10	(2006.01)
C22C 19/05	(2006.01)	C22C 38/40	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)		
C22C 19/00	(2006.01)	B23K 101/06	(2006.01)		
C22C 19/03	(2006.01)	B23K 101/18	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)	B23K 103/04	(2006.01)		
B21C 37/08	(2006.01)	B23K 31/02	(2006.01)		
C21D 9/52	(2006.01)	C21D 1/42	(2006.01)		
C22C 30/00	(2006.01)	C22C 38/52	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)	F16L 9/17	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.01.2014 PCT/IB2014/058350**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2015 WO15107393**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.01.2014 E 14703437 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 3094756**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable y banda asociada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.01.2019

73 Titular/es:

**APERAM (100.0%)
12C rue Guillaume Kroll
1882 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 696 830 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

Procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable y banda asociada

- 5
- [0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable según su longitud, de aleación a base de hierro.
- [0002]** Los Invar® criogénicos, en concreto el Invar® M93 son aleaciones que presentan bajos coeficientes de dilatación térmica, lo que los hace en concreto atractivos para transportar fluidos criogénicos.
- 10 **[0003]** En dichas aplicaciones, los elementos Invar® criogénicos de diferentes espesores pueden ensamblarse, por ejemplo, por soldadura.
- 15 **[0004]** Los ensamblajes así obtenidos no dan una satisfacción completa. Efectivamente, las soldaduras constituyen zonas debilitadas de las estructuras formadas por los elementos ensamblados. La presencia de estas zonas debilitadas puede resultar en una disminución de la resistencia a la fatiga.
- [0005]** Un objeto de la invención es resolver este problema proponiendo un procedimiento de fabricación de una banda principalmente a base de hierro y de níquel que permita realizar estructuras reforzadas desde un punto de vista mecánico.
- 20 **[0006]** Para ello, la invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación según la reivindicación 1.
- 25 **[0007]** Según unas realizaciones particulares, el procedimiento de fabricación presenta una o varias de las características de las reivindicaciones 2 a 11, tomada/s aisladamente o según toda/s la/s combinación/es técnicamente posible/s.
- [0008]** La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un troquel según la
- 30 reivindicación 12 o 13.
- [0009]** La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una sección de tubo criogénico según la reivindicación 14.
- 35 **[0010]** La invención también tiene por objeto una banda de espesor variable según las reivindicaciones 15 a 17.
- [0011]** La invención tiene además por objeto un troquel según las reivindicaciones 18 a 20.
- 40 **[0012]** La invención también tiene por objeto una sección de tubo criogénico según las reivindicaciones 21 y 22.
- [0013]** La invención tiene además por objeto un conjunto según las reivindicaciones 23 a 25.
- 45 **[0014]** La invención se comprenderá mejor a partir de la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a título de ejemplo y que se refiere a los dibujos anexos en los que:
- la figura 1 es una vista esquemática en sección longitudinal de una banda inicial;
 - la figura 2 es una vista esquemática en sección longitudinal de una banda intermedia;
 - 50 - la figura 3 es una vista esquemática en sección longitudinal de una banda de espesor variable;
 - la figura 4 es una representación esquemática de un troquel obtenido por el procedimiento de fabricación según la invención;
 - la figura 5 es una representación esquemática en sección longitudinal de un primer ensamblaje de un troquel con una segunda pieza;
 - 55 - la figura 6 es una representación esquemática en sección longitudinal de dos troqueles ensamblados a tope; y
 - la figura 7 es una representación esquemática en corte de un tubo criogénico.
- [0015]** Un ejemplo de procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable según su longitud de aleación principalmente a base de hierro y de níquel conforme a la invención se va a describir a continuación.

[0016] En una primera etapa de este procedimiento, se produce una banda inicial 1 obtenida por laminado en caliente.

5 **[0017]** La banda inicial 1 es una banda de aleación de tipo Invar criogénico. Esta aleación comprende en peso:

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

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

10 $0 \leq \text{Si} \leq 0,35\%$, de preferencia $0,1\% \leq \text{Si} \leq 0,35\%$

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

opcionalmente:

15 $0 \leq \text{Co} \leq 20\%$

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

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

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

20

[0018] El silicio tiene en concreto la función de permitir la desoxidación y mejorar la resistencia a la corrosión de la aleación.

[0019] Una aleación de tipo Invar criogénico es una aleación que presenta tres propiedades principales:

25

- Es estable respecto a la transformación martensítica justo 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. Los contenidos en elementos gammágenos, níquel (Ni), manganeso (Mn) y carbono (C), de la aleación están ajustados de forma que la temperatura de inicio de la transformación martensítica sea estrictamente inferior a la temperatura T_L de licuefacción del fluido criogénico.

30

- Presenta un bajo coeficiente medio de dilatación térmica entre la temperatura ambiente y la temperatura T_L de licuefacción del fluido criogénico.

- No presenta transición de resiliencia «dúctil-frágil».

35 **[0020]** La aleación utilizada tiene de preferencia:

- 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 inferior o igual a $2,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$;

40

- 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 inferior o igual a $2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; y

- una resiliencia superior o igual a 100 julios/cm², en particular superior o igual a 150 julios/cm², a una temperatura superior o igual a -196°C.

[0021] De preferencia, la aleación utilizada presenta la siguiente composición, en% en peso:

45

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

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

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

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

50

opcionalmente:

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

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

55

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

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

[0022] En este caso, la aleación utilizada tiene de preferencia:

- 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 resiliencia superior o igual a 100 julios/cm², en particular superior o igual a 150 julios/cm², a una temperatura superior o igual a -196 °C.

[0023] Aún más particularmente,

- 10 $35\% \leq \text{Ni} \leq 36,5\%$
 $0,2\% \leq \text{Mn} \leq 0,4\%$
 $0,02 \leq \text{C} \leq 0,04\%$
 $0,15 \leq \text{Si} \leq 0,25\%$

opcionalmente

- 15 $0 \leq \text{Co} \leq 20\%$
 $0 \leq \text{Ti} \leq 0,5\%$
 $0,01\% \leq \text{CrS} \leq 0,5\%$

20 el resto son hierro e impurezas resultantes necesariamente de la elaboración.

[0024] En este caso, la aleación presenta de preferencia:

- 25 - 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 resiliencia superior o igual a 200 julios/cm² a una temperatura superior o igual a -196°C.

[0025] Una tal aleación es una aleación de tipo Invar® criogénico. El nombre comercial de esta aleación es Invar®-M93.

30

[0026] De forma clásica, las aleaciones utilizadas se elaboran en horno de arco eléctrico o en horno de vacío por inducción.

35 **[0027]** Después de las operaciones de afino en cuchara que permiten regular los contenidos en elementos de aleación residuales, las aleaciones se cuelean en semiproductos, los cuales se transforman en caliente, en particular por laminado en caliente, para obtener bandas.

[0028] Estos semiproductos son por ejemplo lingotes. En una variante, se trata de planchones colados en continuo mediante una instalación de colada continua de planchones.

40

[0029] La banda así obtenida se decapa y pule con un procedimiento continuo para limitar los defectos: calamina, penetración oxidada, paja e inhomogeneidad de espesor en el sentido de la longitud y de la anchura de la banda.

45 **[0030]** El pulido se realiza en concreto mediante muelas o papeles abrasivos. Una función del pulido es eliminar los residuos del decapado.

[0031] Tras esta etapa de pulido se obtiene la banda inicial 1 producida en la primera etapa del procedimiento según la invención.

50

[0032] En una opción, antes de la etapa de laminado homogéneo en frío, se efectúa sobre la banda un recocido de homogeneización de la microestructura. Este recocido de homogeneización de la microestructura se realiza en particular por desfilado en un horno de tratamiento térmico, denominado horno de recocido de homogeneización de la microestructura a continuación de la descripción, con un tiempo de permanencia en el horno de recocido de homogeneización de la microestructura comprendido entre 2 minutos y 25 minutos y una temperatura de la banda durante el recocido de homogeneización de la microestructura comprendida entre 850 °C y 1200 °C.

55

[0033] La banda inicial 1 tiene un espesor E_0 constante comprendido entre 1,9 mm y 18 mm (ver figura 1).

[0034] Se lamina entonces la banda inicial 1 durante una etapa de laminado homogéneo en frío. El laminado homogéneo se realiza siguiendo la longitud de la banda inicial 1.

[0035] Por laminado homogéneo se entiende un laminado que transforma una banda de espesor constante en una banda más fina de espesor igualmente constante.

[0036] Más particularmente, la etapa de laminado homogéneo comprende una o varias pasadas realizadas en un laminador donde la banda pasa por una ranura de laminado delimitada entre dos rodillos de trabajo. El grosor de esta ranura de laminado se mantiene constante durante cada pasada de la etapa de laminado homogéneo.

10

[0037] Esta etapa de laminado homogéneo conduce a una banda intermedia 3 de espesor E_c constante según la dirección de laminado, es decir, según la longitud de la banda intermedia 3 (ver figura 2).

[0038] En una opción, la etapa de laminado homogéneo comprende al menos un recocido intermedio de recristalización.

15

[0039] Cuando está presente, el recocido intermedio de recristalización se realiza entre dos pasadas de laminado homogéneo sucesivas. En una variante u opcionalmente, se realiza antes de la etapa de laminado flexible al final de la etapa de laminado homogéneo, es decir, después de todas las pasadas de laminado realizadas durante la etapa de laminado homogéneo.

20

[0040] Por ejemplo, el recocido intermedio de recristalización se realiza por desfilado en un horno de recocido intermedio con una temperatura de la banda durante el recocido intermedio comprendida entre 850 °C y 1200 °C y un tiempo de permanencia en el horno de recocido intermedio comprendido entre 30 segundos y 5 minutos.

25

[0041] El recocido intermedio de recristalización, o si se efectúan varios, el último recocido intermedio de recristalización de la etapa de laminado homogéneo, se efectúa cuando la banda presenta un espesor E_i comprendido entre el espesor E_0 de la banda inicial 1 y el espesor E_c de la banda intermedia 3.

[0042] Cuando el recocido intermedio de recristalización se realiza al final de la etapa de laminado homogéneo, el espesor E_i de la banda durante el recocido intermedio de recristalización es igual al espesor E_c de la banda intermedia 3 al principio de la etapa de laminado flexible.

30

[0043] Ventajosamente, en la realización en la que al menos se realiza un recocido intermedio de recristalización, se efectúa un solo recocido intermedio de recristalización. En particular, este recocido intermedio de recristalización único se realiza entre dos pasadas de laminado homogéneo sucesivas cuando la banda presenta un espesor E_i estrictamente superior al espesor E_c de la banda intermedia 3.

35

[0044] De forma preferida, la etapa de laminado homogéneo no comprende un recocido intermedio.

40

[0045] La banda intermedia 3 de espesor E_c obtenida tras la etapa de laminado homogéneo se somete a continuación a una etapa de laminado flexible en frío.

[0046] El laminado flexible se realiza según una dirección de laminado que se extiende siguiendo la longitud de la banda intermedia 3.

45

[0047] El laminado flexible permite obtener una banda de espesor variable según su longitud.

[0048] Para ello, se hace variar en continuo el espesor de la ranura de laminado del laminador utilizado. Esta variación es en función del espesor deseado de la zona de la banda durante el laminado de forma que se obtenga una banda de espesor variable según su longitud.

50

[0049] Más particularmente, y como se ilustra en la figura 3, se obtiene tras la etapa de laminado flexible una banda 4 de espesor variable que comprende primeras zonas 7 con un primer espesor $e+s$ y segundas zonas 10 con un segundo espesor e , inferior al primer espesor $e+s$. El primer espesor $e+s$ y el segundo espesor e corresponden cada uno a un espesor de ranura de laminado dado.

55

[0050] Las primeras zonas 7 y las segundas zonas 10 tienen cada una un espesor sensiblemente constante, respectivamente $e+s$ y e .

[0051] Están unidas entre ellas por zonas de unión 11 de espesor no constante según la longitud de la banda 4 de espesor variable. El espesor de las zonas de unión 11 varía entre e y e+s. Según un ejemplo, varía linealmente entre e y e+s.

5

[0052] La etapa de laminado homogéneo y la etapa de laminado flexible engendran en las primeras zonas 7, es decir en las zonas más espesas de la banda 4, una tasa τ_1 de deformación plástica, después de un eventual recocido intermedio de recristalización, superior o igual al 30%, más particularmente comprendida entre el 30% y el 98%, aún más particularmente comprendida entre el 30% y el 80%. En los rangos mencionados, la tasa τ_1 de deformación plástica es ventajosamente superior o igual al 35%, más particularmente superior o igual al 40%, y aún más particularmente superior o igual al 50%.

10

[0053] La tasa τ_1 de deformación plástica engendrada en las primeras zonas 7 se define como sigue:

15 - Si no se ha efectuado ningún recocido intermedio durante la etapa de laminado homogéneo, la tasa τ_1 de deformación plástica es la tasa de reducción total engendrada en las primeras zonas 7 de la banda 4 por la etapa de laminado homogéneo y la etapa de laminado flexible, es decir, resultante de la reducción de espesor desde el espesor inicial E_0 hasta el espesor e+s.

20 **[0054]** En ese caso, la tasa τ_1 de deformación plástica, en porcentaje, viene dado por la fórmula siguiente:

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

[0055] Así, en caso de que no se haya realizado ningún recocido intermedio de recristalización, la tasa τ_1 de deformación plástica es igual a la tasa de reducción total engendrada en las primeras zonas 7 por la etapa de laminado homogéneo y la etapa de laminado flexible.

25

- Si se ha realizado al menos un recocido intermedio de recristalización durante la etapa de laminado homogéneo, la tasa τ_1 de deformación plástica es la tasa de reducción engendrada en las primeras zonas 7 a causa de la reducción del espesor de la banda del espesor E_i que presenta durante el último recocido intermedio de recristalización efectuado durante la etapa de laminado homogéneo hasta el espesor e+s.

30

[0056] En ese caso, la tasa τ_1 de deformación plástica, en porcentaje, viene dada por la fórmula siguiente:

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

35

[0057] Así, en caso de se efectúen uno o varios recocidos intermedios durante la etapa de laminado homogéneo, la tasa τ_1 de deformación plástica es estrictamente inferior a la tasa de reducción total engendrada en las primeras zonas 7 por la etapa de laminado homogéneo y la etapa de laminado flexible en frío.

40

[0058] La tasa τ_2 de deformación plástica, después de un eventual recocido intermedio de recristalización, engendrada en las segundas zonas 10, es estrictamente superior a la tasa τ_1 de deformación plástica en las primeras zonas 7. Se calcula de manera análoga, sustituyendo e+s por e en las fórmulas (1) y (2) siguientes.

45 **[0059]** La diferencia $\Delta\tau$ de tasa de deformación plástica entre las segundas zonas 10 y las primeras zonas 7 viene dada por la relación $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$.

[0060] Esta diferencia $\Delta\tau$ es ventajosamente inferior o igual al 13% si el espesor E_0 es estrictamente superior a 2 mm. Es ventajosamente inferior o igual a 10% si el espesor E_0 es inferior o igual a 2 mm.

50

[0061] 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.

[0062] Ventajosamente, el espesor E_c de la banda intermedia 3 antes de la etapa de laminado flexible es en particular igual al espesor e de las dos segundas zonas 10 multiplicado por un coeficiente de reducción k comprendido entre 1,05 y 1,5. Ventajosamente, k es aproximadamente igual a 1,3.

5 **[0063]** Ventajosamente, los espesores $e+s$ y e de las primeras y segundas zonas 7, 10 respetan la ecuación:

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

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

10

[0064] En otras palabras, el primer espesor $e+s$ es igual al segundo espesor e multiplicado por un coeficiente de multiplicación comprendido entre 1,05 y 1,5.

15 **[0065]** Esta ecuación se reescribe de la siguiente manera: $s = n.e$, es decir que el sobreespesor s de las primeras zonas 7 respecto de las segundas zonas 10 es igual al coeficiente n multiplicado por el espesor e de las segundas zonas 10.

20 **[0066]** El espesor e de las segundas zonas 10 está comprendido entre 0,05 mm y 10 mm, más particularmente entre 0,15 mm y 10 mm, aún 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 chapas, 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.

25 **[0067]** Se somete a continuación la banda 4 de espesor variable resultante de la etapa de laminado flexible a un recocido final de recristalización.

[0068] El recocido final de recristalización se realiza por desfilado en un horno de recocido final. La temperatura del horno de recocido final es constante desde el recocido final de recristalización. La temperatura de la banda 4 durante el recocido final de recristalización está comprendida entre 850 °C y 1200 °C.

30

[0069] El tiempo de permanencia en el horno de recocido final está comprendido entre 20 segundos y 5 minutos, más particularmente entre 30 segundos y 3 minutos.

35 **[0070]** La velocidad de desfilado de la banda 4 en el horno de recocido final es constante. Por ejemplo está comprendida entre 2m/min y 20m/min para un horno de recocido final de longitud de calentamiento igual a 10m.

40 **[0071]** Ventajosamente, la temperatura de la banda 4 durante el recocido final es de 1025 °C. En ese caso, el tiempo de permanencia en el horno de recocido final está por ejemplo comprendido entre 30 segundos y 60 segundos para una banda 4 de espesor variable con segundas zonas 10 de espesor e inferior o igual a 2 mm. El tiempo de permanencia en el horno de recocido final está por ejemplo comprendido entre 3 minutos y 5 minutos para una banda 4 de espesor variable con segundas zonas 10 de espesor e estrictamente superior a 2 mm.

45 **[0072]** El tiempo de permanencia en el horno de recocido final, así como la temperatura de recocido final se eligen de manera que se obtenga después del recocido de recristalización final una banda 4 con propiedades mecánicas y tamaños de grano casi homogéneos entre las primeras zonas 7 y las segundas zonas 10. Más adelante en la descripción se precisa el sentido de «casi homogéneo».

50 **[0073]** Preferentemente, el recocido final se realiza en atmósfera reductora, es decir, por ejemplo en hidrógeno puro o en atmósfera H_2-N_2 . La temperatura de escarcha es de preferencia inferior a -40 °C. En el caso de una atmósfera H_2-N_2 , el contenido en N_2 puede estar comprendido entre 0% y 95%. La atmósfera H_2-N_2 comprende por ejemplo aproximadamente el 70% de H_2 y el 30% de N_2 .

55 **[0074]** Según una realización, la banda 4 de espesor variable pasa en continuo del laminador de laminado flexible al horno de recocido final, es decir, sin bobinado intermedio de la banda de espesor variable 4.

[0075] En una variante, tras la etapa de laminado flexible, se bobina la banda de espesor variable 4 para transportarla hasta el horno de recocido final, después se desenrolla y se somete al recocido final de recristalización.

[0076] Según esta variante, la banda 4 enrollada tiene por ejemplo una longitud comprendida entre 100 m y 2500 m, en concreto si el espesor e de las segundas zonas 10 de la banda 4 es aproximadamente de 0,7 mm.

5 **[0077]** Se obtiene, tras el recocido final de recristalización, una banda 4 de espesor variable según su longitud con las características siguientes.

[0078] Comprende primeras zonas 7 de espesor e+s y segundas zonas de espesor e, eventualmente unidas entre ellas por zonas de unión 11 de espesor que varía entre e y e+s.

10

[0079] De preferencia, la diferencia en valor absoluto entre el tamaño medio de los granos de las primeras zonas 7 y el tamaño medio de los granos de las segundas zonas 10 es inferior o igual a 0,5 índice según la norma ASTM E112-10. El tamaño medio de granos de índice ASTM se determina utilizando el método de comparación con imágenes tipo descrito en la norma ASTM E112-10. De conformidad con este método, para determinar el tamaño medio de los granos de una muestra, se compara una imagen de la estructura de los granos en pantalla obtenida mediante un microscopio óptico con un aumento de la muestra sometida a un ataque colorante («contrast etch» en inglés) con imágenes tipo que ilustran granos maclados de diferentes tamaños sometidos a un ataque colorante (correspondiente a la placa III de la norma). El índice del tamaño medio de los granos de la muestra se determina como el índice correspondiente al aumento utilizado en la imagen tipo que se parece más a la imagen vista en la pantalla del microscopio.

15

20

[0080] Si la imagen vista en la pantalla del microscopio es intermedia entre dos imágenes tipo sucesivas de tamaños de granos, el índice del tamaño medio de los granos de la imagen vista en el microscopio se determina como la media aritmética entre los índices correspondientes al aumento utilizado en cada una de las dos imágenes tipo.

25

[0081] Más particularmente, el índice $G1_{ASTM}$ del tamaño medio de los granos de las primeras zonas 7 es a lo sumo 0,5 inferior del índice $G2_{ASTM}$ del tamaño medio de los granos de las segundas zonas 10.

30

[0082] La banda 4 de espesor variable puede presentar propiedades mecánicas casi homogéneas.

[0083] En particular:

- 35 - la diferencia en valor absoluto entre el límite de elasticidad al 0,2% de las primeras zonas 7 anotada Rp1 y el límite de elasticidad al 0,2% de las segundas zonas 10 anotada Rp2 es inferior o igual a 6MPa; y
- la diferencia en valor absoluto entre la carga en la ruptura de las primeras zonas 7 anotada Rm1 y la carga en la ruptura de las segundas zonas 10 anotada Rm2 es inferior o igual a 6MPa.

40

[0084] Por límite de elasticidad al 0,2% se entiende, de forma clásica, el valor del esfuerzo al 0,2% de deformación plástica.

[0085] De forma clásica, la carga en la ruptura corresponde al esfuerzo máximo antes de la estricción de la muestra de prueba.

45

[0086] En el ejemplo ilustrado, la banda 4 de espesor variable presenta un motivo repetido periódicamente en toda la longitud de la banda 4. Este motivo comprende sucesivamente una mitad de primera zona 7 de longitud

$$\frac{L_1}{2},$$

una zona de unión 11 de longitud L3, una segunda zona 10 de longitud L2, una zona de unión 11 de longitud

$$\frac{L_1}{2}.$$

L3 y una mitad de primera zona 7 de longitud

50

[0087] Ventajosamente, la longitud L2 de la segunda zona 10 es muy claramente superior a la longitud L1 de la primera zona 7. A título de ejemplo, la longitud L2 está comprendida entre 20 y 100 veces la longitud L1.

[0088] Cada secuencia formada por una primera zona 7 enmarcada por dos zonas de unión 11 forma una

zona de sobrespesor de la banda 4 de espesor variable, es decir, una zona de espesor superior a e. Así, la banda 4 de espesor variable comprende segundas zonas 10 de longitud L2 de espesor e, separadas entre ellas por zonas de sobrespesor.

5 **[0089]** Después del recocido final de recristalización, se recorta la banda 4 de espesor variable en las zonas de sobrespesor, preferentemente en medio de las zonas de sobrespesor.

[0090] Se obtienen así los troqueles 12 ilustrados en la figura 4 que comprenden una segunda zona de longitud L2 enmarcada en cada uno de sus extremos longitudinales por una zona de unión 11 de longitud L3 y por

$$\frac{L1}{2}.$$

10 una mitad de primera zona 7 de longitud

[0091] Tras la etapa de corte, los troqueles 12 se aplanan según un procedimiento de aplanamiento conocido.

15 **[0092]** Los troqueles 12 se enrollan seguidamente en bobinas por unidad.

[0093] Según una variante del procedimiento de fabricación descrito más arriba, se realiza el aplanado de la banda 4 de espesor variable después del recocido final de recristalización y antes del corte de los troqueles 12.

20 **[0094]** Según esta variante, se recorta la banda 4 de espesor aplanada en las zonas de sobrespesor para formar los troqueles 12. Preferentemente, se recorta la banda 4 en el medio de las zonas de sobrespesor.

[0095] El recorte se realiza por ejemplo sobre la aplanadora utilizada para el aplanamiento de la banda 4. En una variante, la banda aplanada 4 se enrolla en bobina, y después se recorta sobre una máquina diferente de la
25 aplanadora.

[0096] Los troqueles 12 se enrollan seguidamente en bobinas por unidad.

[0097] Mediante el procedimiento de fabricación descrito más arriba se obtienen troqueles 12 formados de
30 una pieza que comprende una zona central 13 de espesor e, enmarcada por extremos 14 reforzados, es decir, de espesor superior al espesor e de la zona central 13. Los extremos 14 corresponden a zonas de sobrespesor de la banda 4 de espesor variable y la zona central 13 corresponde a una segunda zona 10 de la banda 4 de espesor variable a partir de la cual el troquel 12 se ha recortado.

35 **[0098]** Estos troqueles 12, que presentan un espesor variable según su longitud al tiempo que están formados por una pieza, no presentan las debilidades de los ensamblajes soldados del estado de la técnica. Además, sus extremos reforzados 14 permite ensamblarlas por soldadura a otras piezas minimizando las debilidades mecánicas debidas a este ensamblaje por soldadura.

40 **[0099]** Según variantes, los troqueles 12 pueden por ejemplo obtenerse por recorte de la banda 4 en otros lugares que no sean dos zonas de sobrespesores sucesivos. Por ejemplo, pueden obtenerse por recorte alternativamente en una zona de sobrespesor y en una segunda zona 10. En ese caso, se obtienen troqueles 12 con una sola extremidad reforzada 14 de espesor superior a e.

45 **[0100]** Pueden obtenerse asimismo por recorte en dos segundas zonas 10 sucesivas.

[0101] A modo de ejemplo, y como se ilustra en la figura 5, se puede ensamblar un troquel 12 según la invención con una segunda pieza 16 soldando uno de los extremos reforzados 14 del troquel 12 a un borde de la segunda pieza 16. El espesor de la segunda pieza 16 es preferentemente superior al espesor de la zona central 13
50 del troquel 12. La soldadura realizada es más particularmente una soldadura de solape, también llamada soldadura de recubrimiento.

[0102] La pieza 16 puede ser un troquel 12 tal como se ha descrito más arriba.

55 **[0103]** Así, en la figura 6, se han ilustrado dos troqueles 12 ensamblados por soldadura a tope. Estos dos troqueles 12 se sueldan entre ellos por sus extremos reforzados 14.

[0104] En los ejemplos ilustrados en las figuras 5 y 6:

- la longitud de la zona central 13 está por ejemplo comprendida entre 40 m y 60 m; y
- 5 - la longitud de cada extremo reforzado 14 está por ejemplo comprendida entre 0,5 m y 2 m.

[0105] El segundo espesor e es en concreto aproximadamente igual a 0,7 mm.

[0106] El primer espesor e+s es aproximadamente igual a 0,9 mm.

10

[0107] En una variante, se forma una pieza no plana a partir del troquel 12.

[0108] Así, en el ejemplo representado en la figura 7, se ha formado a partir del troquel 12 un tramo de tubo 18.

15

[0109] Se llaman bordes longitudinales los bordes del troquel 12 que se extienden según la longitud del troquel 12.

[0110] Para fabricar la sección de tubo 18, se enrolla el troquel 12 según su longitud, es decir alrededor de un eje longitudinal L de manera que forme un troquel 12 enrollado. A continuación se sueldan entre ellos los bordes longitudinales del troquel 12 enrollado de manera que forme la sección de tubo 18. Esta sección de tubo 18 presenta una zona central 20 cilíndrica de espesor e y extremos reforzados 22 cilíndricos de espesor superior al espesor e, y en particular igual a e+s.

25 **[0111]** Se realiza a continuación un tubo 24 soldando al menos dos secciones de tubo 18 entre ellas por sus extremos reforzados 22. La soldadura es una soldadura orbital, en particular una soldadura de tipo a tope.

[0112] El espesor e+s de los extremos reforzados 22 se define en función de los esfuerzos de tracción que debe sufrir el tubo 24 durante su montaje y durante su uso.

30

[0113] Un tal tubo 24 constituye por ejemplo un tubo criogénico adaptado para el transporte de gas natural licuado y destinado a formar por ejemplo el tubo principal revestido por un material que lo protege contra la corrosión de un conducto submarino criogénico de transporte de gas natural licuado o el tubo interior de un tal conducto.

35 **[0114]** En ese caso, por ejemplo se tiene:

- el espesor e aproximadamente igual a 8,2 mm;
- el espesor e+s aproximadamente igual a 9,43 mm.

40 **[0115]** La longitud L2 de la zona central 20 de una sección de tubo 18 es aproximadamente igual a 8m.

[0116] El procedimiento de fabricación según la invención es particularmente ventajoso. Efectivamente, permite obtener una banda de aleación principalmente a base de hierro y de níquel con la composición química definida más arriba y con zonas de espesores diferentes pero con propiedades mecánicas casi homogéneas. Estas propiedades se obtienen gracias a la utilización de una tasa de deformación plástica después de un eventual recocido intermedio de recristalización engendrado por las etapas de laminado homogéneo y de laminado flexible en las zonas más espesas superior o igual al 30%.

50 **[0117]** Los ejemplos experimentales siguientes ilustran la importancia del rango de tasa de deformación plástica reivindicada para este tipo de aleación.

[0118] En una primera serie de experiencias, se fabricaron flejes de espesor variable, es decir, bandas 4 de espesor variable cuyo espesor e de las segundas zonas 10 es inferior o igual a 2 mm.

55 **[0119]** La tabla 1 siguiente ilustra ensayos de fabricación de flejes de espesor variable sin recocido de recristalización intermedia.

[0120] La tabla 2 siguiente contiene características de los flejes obtenidos por los ensayos de la tabla 1.

[0121] La tabla 3 siguiente ilustra ensayos de fabricación de flejes de espesor variable con un recocido intermedio de recristalización con espesor E_i .

[0122] La tabla 4 siguiente contiene características de los flejes obtenidos por los ensayos de la tabla 3.

5

[0123] En una segunda serie de experimentos, se fabricaron chapas de espesor variable, es decir, bandas 4 de espesor variable cuyo espesor e de las segundas zonas 10 es estrictamente superior a 2 mm.

[0124] La tabla 5 siguiente ilustra ensayos de fabricación de chapas de espesor variable con o sin recocido intermedio.

10

[0125] La tabla 6 siguiente contiene características de las chapas obtenidas por los ensayos de la tabla 5.

[0126] En todas las tablas se han subrayado los ensayos conformes a la invención.

15

[0127] Se constata que cuando la tasa de deformación plástica τ_1 después de un eventual 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 4 de espesor variable obtenida presenta una diferencia de tamaño medio de granos entre el tamaño medio de los granos de las primeras zonas 7 (espesor $e+s$) y el tamaño de los granos de las segundas zonas 10 (espesor e) inferior o igual a 0,5 índice ASTM en valor absoluto. Esta baja diferencia de tamaño medio de granos entre las primeras zonas 7 y las segundas zonas 10 resulta en propiedades mecánicas casi homogéneas, a saber, una diferencia de límite de elasticidad al 0,2% ΔR_p entre las primeras zonas 7 y las segundas zonas 10 inferior o igual a 6MPa en valor absoluto, y una diferencia entre la carga en la ruptura ΔR_m de las primeras zonas 7 y de las segundas zonas 10 inferior o igual a 6 MPa en valor absoluto.

20

25

[0128] Así, es posible obtener una banda 4 de espesor variable con propiedades mecánicas y tamaños de granos casi homogéneos tras un recocido de recristalización muy sencillo, porque se realiza a temperatura y velocidad de desfilado constantes.

Tabla 1

Ensayo	Longitud de onda (m):	E0 (mm)	k	Ec (mm)	e (mm)	n=s/e	e+s (mm)	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	T ₁ (%)	T ₂ (%)	T ₂ -T ₁ (%)	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

ES 2 696 830 T3

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

Tabla 3

Ensayo	Longitud de onda (m):	E_0 (mm)	k	E_i (mm)	Recocido a E_i T °C; duración	E_c (mm)	e (mm)	n=s/e	e+s (mm)	L1(m)	L2(m)	L3(m)	τ_1 (%)	τ_2 (%)	T_2-T_1 (%)	Recocido final T °C; duración
1	<u>50</u>	<u>2,6</u>	<u>1,3</u>	<u>1,5</u>	<u>1025 °C; 50 s</u>	<u>0,8</u>	<u>0,6</u>	<u>0,25</u>	<u>0,75</u>	<u>1,20</u>	<u>1,50</u>	<u>45,8</u>	<u>50</u>	<u>60</u>	<u>10</u>	<u>1025 °C; 40 s</u>
2	<u>50</u>	<u>2,6</u>	<u>1,3</u>	<u>1,5</u>	<u>1025 °C; 50 s</u>	<u>0,8</u>	<u>0,6</u>	<u>0,15</u>	<u>0,69</u>	<u>1,20</u>	<u>1,50</u>	<u>45,8</u>	<u>54</u>	<u>60</u>	<u>6</u>	<u>1025 °C; 40 s</u>
3	<u>60</u>	<u>2,6</u>	<u>1,3</u>	<u>1,5</u>	<u>1025 °C; 50 s</u>	<u>0,7</u>	<u>0,5</u>	<u>0,15</u>	<u>0,58</u>	<u>1,20</u>	<u>1,50</u>	<u>55,8</u>	<u>62</u>	<u>67</u>	<u>5</u>	<u>1025 °C; 30 s</u>
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	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 2 696 830 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	7	282	479	8	289	487	-7	-8	1

Tabla 5

Ensayo	Longitud de onda (m):	E ₀ (mm)	k	E _i (mm)	Recocido a E _i T °C; duración	E _c (mm)	e (mm)	n=s/e	e+s (mm)	L1(m)	L2(m)	L3(m)	T ₁ (%)	T ₂ (%)	T ₂ -T ₁ (%)	Recocido final T °C; duración
1	12	16	1,30		Vacío	10,7	8,2	0,25	10,25	1,00	1,50	8,0	36	49	13	1025 °C; 5 min
2	6	16	1,15		Vacío	9,4	8,2	0,15	9,43	0,50	0,75	4,0	41	49	8	1025 °C; 5 min
3	12	8,2	1,30		Vacío	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		Vacío	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		Vacío	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		Vacío	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

ES 2 696 830 T3

Tabla 6

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	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. Procedimiento de fabricación de una banda de espesor variable según su longitud, dicha banda está realizada en una aleación que comprende, en peso:
- 5
- $$34,5\% \leq \text{Ni} \leq 53,5\%$$
- $$0,15\% \leq \text{Mn} \leq 1,5\%$$
- $$0 \leq \text{Si} \leq 0,35\%, \text{ de preferencia } 0,1\% \leq \text{Si} \leq 0,35\%$$
- $$0 \leq \text{C} \leq 0,07\%$$
- 10
- opcionalmente:
- $$0 \leq \text{Co} \leq 20\%$$
- $$0 \leq \text{Ti} \leq 0,5\%$$
- 15
- $$0,01\% \leq \text{CrS} \leq 0,5\%$$
- el resto son hierro e impurezas resultantes necesariamente de la elaboración, el procedimiento comprende sucesivamente las etapas siguientes:
- 20 - producción de una banda inicial (1) de espesor constante (E_0) obtenida por laminado en caliente;
 - laminado homogéneo en frío de la banda inicial (1) según su longitud para obtener una banda intermedia (3) de espesor constante (E_c) según la dirección de laminado;
 - laminado flexible en frío de la banda intermedia (3) según su longitud para obtener una banda (4) de espesor variable según la dirección de laminado, la banda (4) de espesor variable tiene, según su longitud, primeras zonas (7) con un primer espesor ($e+s$) y segundas zonas (10) con un segundo espesor (e), inferior al primer espesor ($e+s$);
 25 - recocido final de recristalización por desfilado de la banda (4) de un espesor variable en un horno de recocido final;
- en el que la tasa de deformación plástica engendrada, después de un eventual recocido intermedio de recristalización, por las etapas de laminado homogéneo en frío y de laminado flexible en frío en las primeras zonas (7) de la banda (4) de espesor variable es superior o igual al 30%; y
- 30
- en el que la diferencia ($\Delta\tau$) entre la tasa de deformación plástica (τ_2) engendrada, después de un eventual recocido intermedio de recristalización, por las etapas de laminado homogéneo en frío y de laminado flexible en frío en las segundas zonas (10) de la banda de espesor variable (4) y la tasa de deformación plástica (τ_1) engendrada, después de un eventual recocido intermedio de recristalización, por las etapas de laminado homogéneo en frío y de laminado flexible en frío en las primeras zonas (7) de la banda de espesor variable (4) es inferior o igual al 13% si el espesor (E_0) de la banda inicial (1) es estrictamente superior a 2 mm e inferior o igual al 10% si el espesor (E_0) de la banda inicial (1) es inferior o igual a 2 mm.
- 35
- 40 2. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 1, en el que el recocido final de recristalización se realiza a una temperatura de recocido final comprendido entre 850 °C y 1200 °C y un tiempo de permanencia en el horno de recocido final comprendido entre 20 segundos y 5 minutos, y de preferencia entre 30 segundos y 3 minutos.
- 45 3. Procedimiento de fabricación según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que la etapa de laminado homogéneo comprende al menos un recocido intermedio de recristalización realizado entre dos pasadas de laminado homogéneo sucesivas y/o al final del laminado homogéneo antes del laminado flexible en frío de la banda intermedia (3).
- 50 4. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, en el que el recocido intermedio de recristalización se realiza por desfilado en un horno de recocido intermedio con una temperatura de la banda durante el recocido intermedio comprendida entre 850 °C y 1200 °C y un tiempo de permanencia en el horno de recocido intermedio comprendido entre 30 segundos y 5 minutos.
- 55 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor (E_c) de la banda intermedia (3) es igual al segundo espesor (e) multiplicado por un coeficiente de reducción comprendido entre 1,05 y 1,5.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer espesor ($e+s$) es igual al segundo espesor (e) multiplicado por un coeficiente de multiplicación comprendido entre 1,05 y 1,5.
- 60
7. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que antes de

la etapa de laminado homogéneo en frío, se somete la banda inicial (1) a un recocido de homogeneización de la microestructura, en concreto por desfilado en un horno de recocido de homogeneización de la microestructura con un tiempo de permanencia en el horno de recocido de homogeneización de la microestructura comprendido entre 2 minutos y 25 minutos y una temperatura del horno de recocido de homogeneización de la microestructura comprendida entre 850 °C y 1200 °C.

8. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la banda inicial (1) se obtiene a partir de un semiproducto tal como un planchón o un lingote constituido por una aleación elaborada en el horno de arco eléctrico o en horno de vacío por inducción.
- 10 9. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor (E_0) de la banda inicial (1) está comprendido entre 1,9 mm y 18 mm.
- 15 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende, después de la etapa de recocido final de recristalización, una etapa de aplanado de la banda de espesor variable (14).
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la aleación comprende, en peso:
- 20 $34,5\% \leq Ni \leq 42,5\%$
 $0,15\% \leq Mn \leq 0,5\%$
 $0 \leq Si \leq 0,35\%$, de preferencia $0,1\% \leq Si \leq 0,35\%$
 $0,010\% \leq C \leq 0,050\%$
- 25 opcionalmente:
- $0 \leq Co \leq 20\%$
 $0 \leq Ti \leq 0,5\%$
 $0,01\% \leq Crs \leq 0,5\%$
- 30 el resto son hierro e impurezas resultantes necesariamente de la elaboración.
12. Procedimiento de fabricación de al menos un troquel (12), que comprende:
- 35 - la aplicación del procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 de forma que se obtenga una banda (4) de espesor variable según su longitud; y
 - el recorte de la banda (4) de espesor variable de forma que se obtengan varios troqueles (12).
13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que el recorte de la banda (4) de espesores variables
 40 se realiza en las primeras zonas (7), cada troquel (12) está formado por una parte de la banda de espesor variable (4) localizada entre dos primeras zonas (7) sucesivas.
14. Procedimiento de fabricación de una sección de tubo criogénico (18), que comprende:
- 45 - la fabricación de al menos un troquel (12) por aplicación del procedimiento de fabricación según la reivindicación 13, el troquel (12) comprende bordes longitudinales que se extienden según la longitud del troquel (12); después
 - el enrollamiento del troquel (12) según su anchura; y
 - la soldadura entre ellas de los bordes longitudinales del troquel (12) enrollado para formar una sección de tubo (18).
- 50 15. Banda (4) de espesor variable susceptible de ser obtenida por el procedimiento de fabricación según una de las reivindicaciones 1 a 11, la banda (4) de espesor variable tiene, según su longitud, primeras zonas (7) con un primer espesor ($e+s$) y segundas zonas (10) con un segundo espesor (e), inferior al primer espesor ($e+s$), la banda de espesor variable (4) se realiza en una aleación que comprende, en peso:
- 55 $34,5\% \leq Ni \leq 53,5\%$
 $0,15\% \leq Mn \leq 1,5\%$
 $0 \leq Si \leq 0,35\%$, de preferencia $0,1\% \leq Si \leq 0,35\%$
 $0 \leq C \leq 0,07\%$
- 60 opcionalmente:

ES 2 696 830 T3

$$\begin{aligned}0 &\leq \text{Co} \leq 20\% \\0 &\leq \text{Ti} \leq 0,5\% \\0,01\% &\leq \text{Cr}_s \leq 0,5\%\end{aligned}$$

5 el resto son hierro e impurezas resultantes necesariamente de la elaboración.

16. Banda (4) según la reivindicación 15, las primeras zonas (7) con un primer tamaño medio de granos ($G_{1\text{ASTM}}$) y las segundas zonas (10) con un segundo tamaño medio de grano ($G_{2\text{ASTM}}$), la diferencia en valor absoluto entre el primer tamaño de granos ($G_{1\text{ASTM}}$) y el segundo tamaño de granos ($G_{2\text{ASTM}}$) es inferior o igual a 0,5 índice según la norma ASTM E112-10.

17. Banda según una de las reivindicaciones 15 y 16, la aleación comprende en peso:

$$\begin{aligned}15 \quad &34,5\% \leq \text{Ni} \leq 42,5\% \\&0,15\% \leq \text{Mn} \leq 0,5\% \\&0,1\% \leq \text{Si} \leq 0,35\% \\&0,010\% \leq \text{C} \leq 0,050\%\end{aligned}$$

opcionalmente:

$$\begin{aligned}20 \quad &0 \leq \text{Co} \leq 20\% \\&0 \leq \text{Ti} \leq 0,5\% \\&0,01\% \leq \text{Cr}_s \leq 0,5\%\end{aligned}$$

25 el resto son hierro e impurezas resultantes necesariamente de la elaboración.

18. Troquel (12) susceptible de ser obtenido por el procedimiento de la reivindicación 12 o 13, el troquel (12) tiene, según su longitud, al menos una primera zona reforzada (14) con un primer espesor ($e+s$) y al menos una segunda zona (13) con un segundo espesor (e) inferior al primer espesor ($e+s$), el troquel (12) se realiza en una aleación que comprende en peso:

$$\begin{aligned}35 \quad &34,5\% \leq \text{Ni} \leq 53,5\% \\&0,15\% \leq \text{Mn} \leq 1,5\% \\&0 \leq \text{Si} \leq 0,35\%, \text{ de preferencia } 0,1\% \leq \text{Si} \leq 0,35\% \\&0 \leq \text{C} \leq 0,07\%\end{aligned}$$

opcionalmente:

$$\begin{aligned}40 \quad &0 \leq \text{Co} \leq 20\% \\&0 \leq \text{Ti} \leq 0,5\% \\&0,01\% \leq \text{Cr} \leq 0,5\%\end{aligned}$$

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

45 19. Troquel (12) según la reivindicación 18, la primera zona está reforzada (14) con un primer tamaño medio de granos ($G_{1\text{ASTM}}$) y la segunda zona (13) con un segundo tamaño medio de grano ($G_{2\text{ASTM}}$), la diferencia en valor absoluto entre el primer tamaño de granos ($G_{1\text{ASTM}}$) y el segundo tamaño de granos ($G_{2\text{ASTM}}$) es inferior o igual a 0,5 índice según la norma ASTM E112-10.

50 20. Troquel según una de las reivindicaciones 18 y 19, la aleación comprende en peso:

$$\begin{aligned}55 \quad &34,5\% \leq \text{Ni} \leq 42,5\% \\&0,15\% \leq \text{Mn} \leq 0,5\% \\&0,1\% \leq \text{Si} \leq 0,35\% \\&0,010\% \leq \text{C} \leq 0,050\%\end{aligned}$$

opcionalmente:

$$\begin{aligned}60 \quad &0 \leq \text{Co} \leq 20\% \\&0 \leq \text{Ti} \leq 0,5\% \\&0,01\% \leq \text{Cr}_s \leq 0,5\%\end{aligned}$$

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

21. Sección de tubo (18) susceptible de ser obtenida por el procedimiento según la reivindicación 14, que se realiza en una aleación que comprende en peso:

- 5
- $34,5\% \leq Ni \leq 53,5\%$
 - $0,15\% \leq Mn \leq 1,5\%$
 - $0 \leq Si \leq 0,35\%$, de preferencia $0,1\% \leq Si \leq 0,35\%$
 - $0 \leq C \leq 0,07\%$

10
opcionalmente:

- $0 \leq Co \leq 20\%$
- $0 \leq Ti \leq 0,5\%$
- 15 $0,01\% \leq Crs \leq 0,5\%$

el resto son hierro e impurezas resultantes necesariamente de la elaboración, y tal sección de tubo comprende una zona central (20) cilíndrica de espesor (e) enmarcada por extremos reforzados (22) cilíndricos formados de una pieza con la zona central (20), de espesor superior al espesor (e) de la zona central (20).

20
22. Sección de tubo (18) según la reivindicación 21, en el que la aleación comprende, en peso:

- $34,5\% \leq Ni \leq 42,5\%$
- $0,15\% \leq Mn \leq 0,5\%$
- 25 $0,1\% \leq Si \leq 0,35\%$
- $0,010\% \leq C \leq 0,050\%$

opcionalmente:

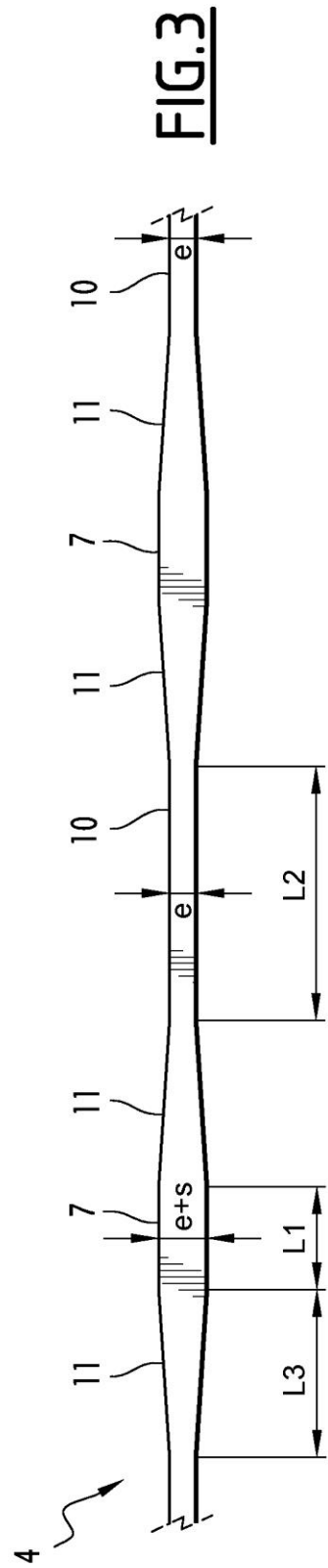
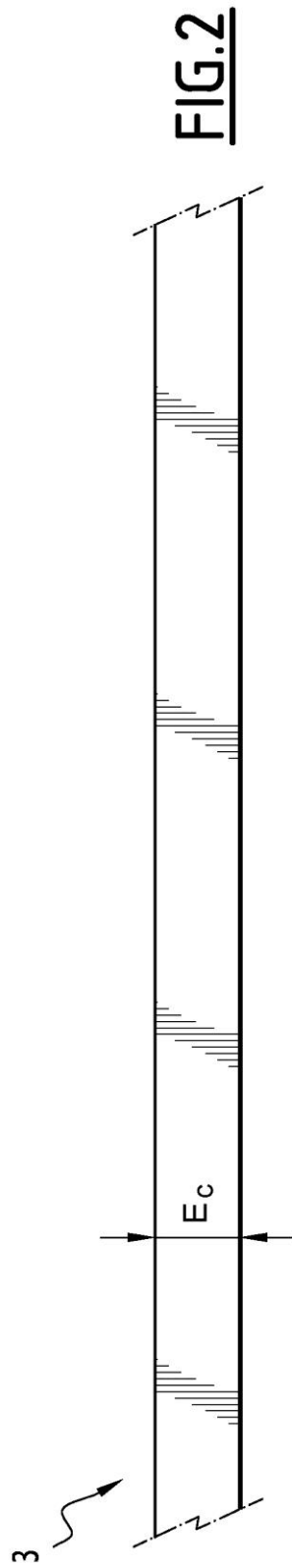
- 30 $0 \leq Co \leq 20\%$
- $0 \leq Ti \leq 0,5\%$
- $0,01\% \leq Crs \leq 0,5\%$

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

35
23. Conjunto que comprende al menos un troquel (12) según una de las reivindicaciones 18 a 20 y una pieza (16) soldada al troquel (12).

24. Conjunto según la reivindicación 23, en el que la pieza (16) está soldada a la primera zona reforzada (14) del troquel (12).

25. Conjunto según la reivindicación 24, en el que la pieza (16) es un troquel (12) según una de las reivindicaciones 18 a 20.



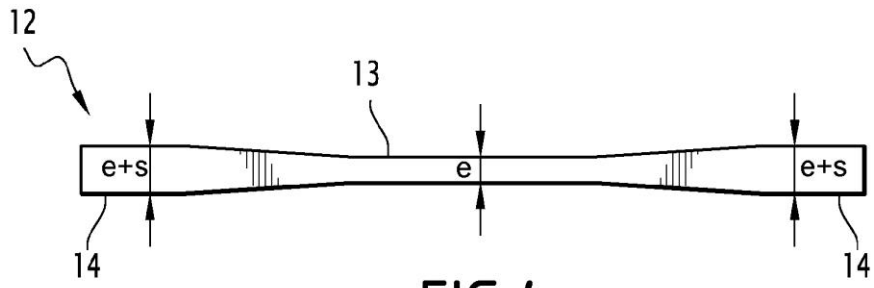


FIG. 4

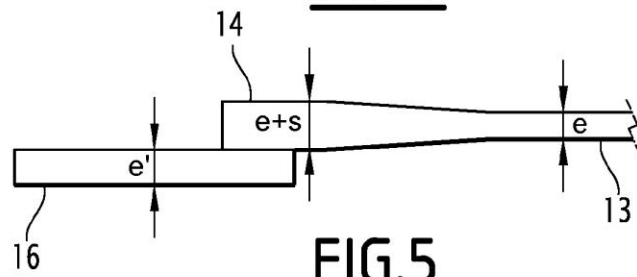


FIG. 5

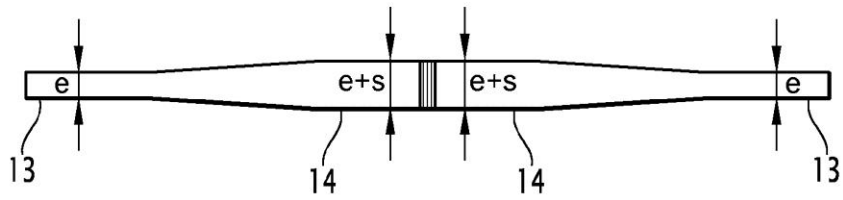


FIG. 6

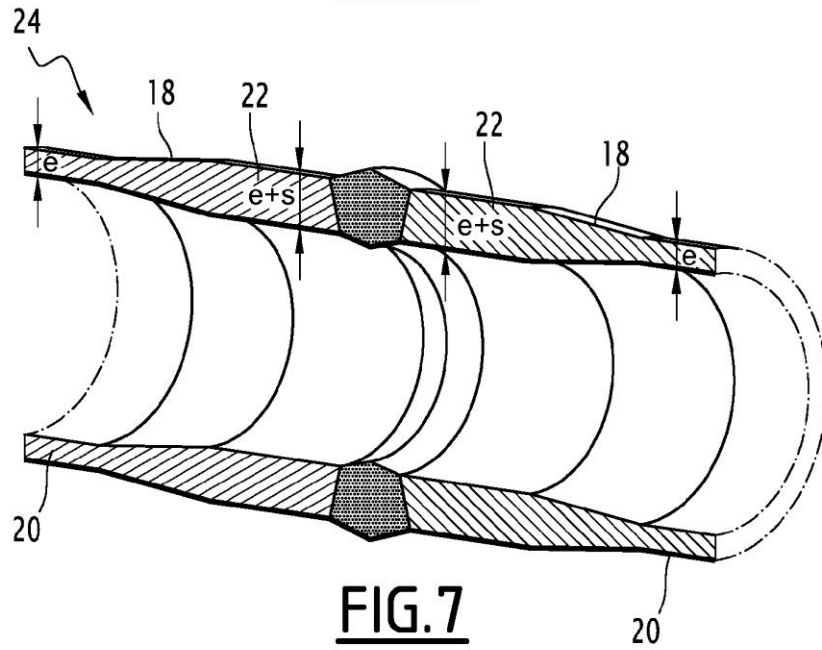


FIG. 7