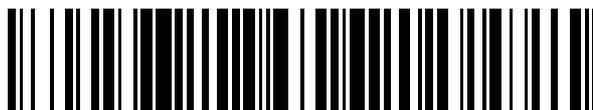


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 472**

51 Int. Cl.:

**B23K 9/02** (2006.01)  
**B23K 9/167** (2006.01)  
**B23K 9/23** (2006.01)  
**C21D 7/04** (2006.01)  
**C21D 8/00** (2006.01)  
**C21D 8/10** (2006.01)  
**C21D 9/50** (2006.01)  
**F17C 3/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08745163 .9**  
96 Fecha de presentación: **04.04.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2142332**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.01.2010**

54

Título: **Método para fabricar una estructura de aleación 36 Ni-Fe con soldadura de costura**

30

Prioridad:  
**09.05.2007 US 746307**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**11.12.2012**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**11.12.2012**

73

Titular/es:  
**CONOCOPHILLIPS COMPANY (100.0%)**  
**600 North Dairy Ashford Road**  
**Houston, TX 77079, US**

72

Inventor/es:  
**WILSON, STUART L.**

74

Agente/Representante:  
**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 392 472 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**

Método para fabricar una estructura de aleación 36 Ni-Fe con soldada de costura

5 La presente se invención se refiere a un método para soldar una estructura según el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, la patente de EE.UU. 3 184 577), es decir hacer un acero soldado para uso en depósitos de almacenamiento, tuberías, y otros equipos. Más concretamente, el acero soldado, incluyendo la propia soldadura, está formado de una aleación de hierro-níquel que tiene un bajo coeficiente de expansión térmica. Este acero soldado se puede usar para formar estructuras adecuadas para el transporte y almacenamiento de sustancias criogénicas, tal como gas natural licuado (GNL).

**Antecedentes de la invención**

10 En diversas industrias, tales como la del petróleo y del gas, hay necesidad de almacenar y transportar sustancias en condiciones criogénicas, en las que una sustancia se puede enfriar y licuar desde un estado gaseoso. Por ejemplo, hay necesidad de recipientes para almacenar y transportar GNL en condiciones criogénicas, tales como temperaturas que oscilan entre aproximadamente -110°C y aproximadamente -170°C, y a presiones en el amplio intervalo desde aproximadamente la atmosférica a aproximadamente 6000 kPa. Hay también necesidad de recipientes para almacenar y transportar, de forma segura y económica, otros fluidos presurizados, tales como oxígeno, nitrógeno, helio, hidrógeno, argón, neón, flúor, aire, metano, etano, o propano, a temperaturas criogénicas.

15 Existen varios retos al seleccionar los materiales para almacenar o transportar sustancias criogénicas. Los materiales seleccionados deben mantener suficiente ductilidad y resistencia a la tracción con el fin de evitar fallos bajo condiciones criogénicas. Se está a favor de los materiales dúctiles porque se deforman bajo una tensión excesiva, mientras que los materiales frágiles se rompen. Muchos materiales sufren la transición de un comportamiento dúctil a frágil a medida que la temperatura disminuye, haciéndolos inadecuados para aplicaciones criogénicas. Mientras tanto, el material debe tener también un bajo coeficiente de expansión térmica (CET). El CET cuantifica la cantidad de contracción dentro de un material a medida que la temperatura disminuye. Estas contracciones crean tensiones térmicas dentro de una estructura criogénica y modifican su geometría; por lo tanto un CET más bajo minimiza estos efectos. En concreto, las tuberías criogénicas requieren, con frecuencia, bucles para aliviar tensiones térmicas originadas por un alto CET en detrimento de dificultar el flujo dentro de la tubería.

20 Generalmente, se está a favor de los metales para las estructuras criogénicas debido a su comportamiento de alta resistencia mecánica y ductilidad a bajas temperaturas. Aunque muchos metales son frágiles en condiciones criogénicas, metales que tienen estructura cristalina cúbica centrada en las caras (ccc), tal como el aluminio, cobre, níquel y sus aleaciones, son dúctiles. Se está a favor de aleaciones de níquel-hierro que comprenden entre 35 – 50%, en peso, de níquel debido al bajo CET de los metales ccc. Se prefiere la aleación 36% Ni-Fe, a veces denominada FeNi36 y comúnmente vendida bajo la marca de fábrica "Invar" por Imphy Alloys, debido a que tiene un CET excepcionalmente bajo.

25 El tratamiento de metales para formar estructuras criogénicas crea excepcionales dificultades. Es deseable producir estructuras que tengan propiedades uniformes por todo el material. En particular, es deseable que las estructuras criogénicas exhiban propiedades de resistencia mecánica y de expansión térmica uniformes. Si una estructura no tiene una resistencia mecánica uniforme, la rotura se iniciará, probablemente, en las regiones mecánicamente más débiles a tensiones toleradas por las regiones más fuertes. Mientras tanto, un comportamiento de expansión térmica no homogéneo crea tensiones adicionales bajo condiciones criogénicas. Cuando una región de una estructura exhibe contracciones superiores debido a un CET más alto, se crea una tensión adicional a lo largo del límite entre las regiones de alto y bajo CET que pueden originar fallo mecánico. Este fenómeno es denominado con frecuencia de "desequilibrio del CET".

30 Para evitar discrepancias en la resistencia mecánica y el CET, con frecuencia se forman estructuras metálicas criogénicas a partir de una única pieza moldeada o una palanquilla para obtener las propiedades de material homogéneo. Por ejemplo, se puede formar una tubería metálica a partir de una única palanquilla de acero calentando primero la palanquilla hasta alrededor de 1000°C y perforando un agujero longitudinal a través del eje de la palanquilla usando el método de perforación Mannesmann. El espesor de pared y el diámetro se conforman luego en la geometría deseada mediante una serie de métodos de extrusión y maquinado en frío o en caliente, hasta las dimensiones finales. Estos procedimientos son eficaces en la obtención de un CET y una resistencia mecánica homogéneos en estructuras criogénicas; sin embargo su utilidad está limitada debido a consideraciones económicas y de tamaño. Generalmente, conformar una palanquilla o una pieza moldeada es más caro que otras técnicas, debido a las altas temperaturas y a la considerable extrusión y maquinado hasta las dimensiones finales requeridas. También, el tamaño global de la estructura formada está limitado por el volumen de la pieza moldeada o de la palanquilla que se va a tratar. Es impracticable formar estructuras metálicas criogénicas a partir de una única pieza moldeada o palanquilla, más allá de cierto tamaño, debido a los volúmenes limitados que en la actualidad se pueden producir a través de colada, forja o cualquier otro método. Las restricciones del transporte pueden limitar también el tamaño de estructuras formadas a partir de una única pieza moldeada o palanquilla.

Como alternativa para formar estructuras metálicas criogénicas a partir de una única pieza moldeada o una palanquilla, se puede fabricar una estructura usando un procedimiento de soldeo, donde el material se une a lo largo de una costura. Un procedimiento típico de soldeo implica la aplicación de alguna fuente de energía a lo largo de la costura para formar un charco de material fundido que es coalescente y forma una unión sólida al enfriarse. Hay numerosas fuentes de energía que se pueden usar para soldar estructuras criogénicas, que incluyen llama de gas, arco eléctrico, láser, haz de electrones, fricción y ultrasonidos.

Con frecuencia, se añade un material de aporte a lo largo de la costura para ayudar al soldeo del material base. El material de aporte se funde durante el proceso de soldeo y se hace coalescente llegando a formar parte del cordón de soldadura que solidifica a lo largo de la costura de la unión. El material de aporte se usa con frecuencia para mejorar diversas propiedades de la soldadura. Se puede seleccionar, por ejemplo, un material de aporte de forma que sea mecánicamente más fuerte que el material base para asegurar que no se produzca un fallo mecánico a lo largo de la costura soldada.

Un ejemplo de la utilización de las técnicas de soldeo para estructuras criogénicas es la producción de tuberías. Una tubería se puede producir conformando primero una plancha metálica en una forma tubular de diámetro, longitud y costura, y región de costura longitudinal especificada, usando un laminador de rodillos de alta velocidad. La región de la costura se puede soldar luego usando soldeo por arco con electrodo de wolframio en atmósfera inerte, también conocido como soldadura con electrodo de wolframio en atmósfera inerte (TIG) (del inglés Tungsten Inert Gas), con un material de aporte metálico que es mecánicamente más fuerte que el material base, como requieren las normas de la tuberías y la industria criogénica.

Se prefieren, con frecuencia, técnicas de soldadura para producir estructuras criogénicas debido a que posibilitan la producción de estructuras más grandes y que son más económicas que una palanquilla o una pieza moldeada. En vez de conformar una palanquilla o una pieza moldeada, el material de origen puede ser una plancha metálica conformada por colada continua, de coste más bajo. El proceso de soldeo permite que se unan múltiples planchas si es necesario. Por consiguiente, el tamaño de la estructura fabricada no está limitado por el material de origen y, en algunos ejemplos, se puede fabricar in situ para evitar limitaciones de transporte. Además, el propio proceso de soldeo puede ser más económico que el alternativo de extrusión y/o trabajado en frío o en caliente.

A pesar de los beneficios, la utilización de las técnicas de soldeo para la fabricación de estructuras criogénicas está limitada porque inherentemente crean propiedades de material no homogéneo. La costura soldada tiene normalmente diferentes propiedades mecánicas porque el proceso de soldeo crea una microestructura diferente a lo largo de la costura. Típicamente, el soldeo con un material de aporte que se combina con el metal base crea tamaños de grano más grandes a lo largo de la costura, que da como resultado una costura mecánicamente más débil que es susceptible al fallo. Para evitar un fallo a lo largo de la costura soldada, se usa con frecuencia un material de aporte mecánicamente más fuerte para hacer que la costura sea más fuerte que el material base. No obstante, el material de aporte más fuerte usado para soldar aleaciones de 36% Ni-Fe, tiene normalmente un CET mayor que el material base (debido a las adiciones de la aleación hechas para dar resistencia), que da como resultado un desequilibrio del CET que puede fallar bajo condiciones criogénicas. Por eso, existe una necesidad en curso de estructuras de aleación de 36% Ni-Fe con costura soldada mejorada y el método de usar y hacer las mismas.

El documento US 3184577 describe un material de soldeo para formar soldaduras con un bajo coeficiente de expansión.

El documento US 5702543 describe el trabajo en frío y el recocido de una aleación para promover la recristalización. El documento US 2002/011287 describe una estructura soldada hecha de una aleación que tiene un bajo coeficiente de expansión térmica. El documento US 2002/084008 describe un procedimiento de tratamiento superficial para impedir el agrietamiento intergranular.

#### Resumen de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para soldar una estructura que tiene un coeficiente de expansión térmica similar, tanto en la soldadura como en el material base de la estructura. Más concretamente, la presente invención se refiere a un método como el reivindicado en la reivindicación 1. El método produce estructuras de la aleación 36% Ni-Fe, por ejemplo estructuras tales como una tubería para usar en aplicaciones criogénicas tales como transporte, traspaso, o almacenamiento de un líquido criogénico.

En una realización, un método para soldar una estructura incluye: (1) formar una estructura con el espesor de pared, longitud, y región de costura deseados, (2) soldar la estructura a lo largo de la región de costura con aleación de 36% Ni-Fe, de forma que se deja un exceso de aleación de soldadura como parte de un cordón de soldadura en la región de la costura, (3) endurecer por acritud (por ejemplo, trabajo en frío) el cordón de soldadura de forma que el espesor en la región de la costura sea aproximadamente el mismo que el espesor de pared deseado de la estructura, y (4) tratar térmicamente la región de la costura. A la conclusión del tratamiento térmico, el tamaño de grano dentro de la región de la costura es similar al del resto de la estructura. Tales estructuras son útiles en aplicaciones y condiciones criogénicas.

En otra realización, el método produce una tubería que incluye: (1) un cuerpo tubular que tiene un espesor de pared y una longitud predeterminados, y (2) una costura soldada que se extiende por la longitud del cuerpo tubular. El cuerpo tubular y la costura soldada se fabrican a partir de la aleación 36% Ni-Fe y tiene, sustancialmente, el mismo tamaño de grano. Tales tuberías son útiles en aplicaciones y condiciones criogénicas.

- 5 Estas y otras realizaciones, características y ventajas de la presente invención, serán evidentes haciendo referencia a la siguiente descripción y ejemplos detallados.

**Breve descripción de los dibujos**

Para una descripción más detallada de la presente invención, se hará ahora referencia a las Figuras que la acompañan. En las que:

- 10 La Figura 1 es una representación gráfica de los coeficientes de expansión térmica de diversas composiciones de aleaciones Ni-Fe;

La Figura 2 es un diagrama de flujo de los pasos del tratamiento según la presente invención; y

Las Figuras 3a – 3b son vistas en perspectiva de diferentes uniones de soldadura según la presente invención.

**Descripción detallada de realizaciones preferidas**

- 15 La presente invención se refiere a la soldadura de aleación 36% Ni-Fe, que se puede conformar en estructuras (por ejemplo, tuberías) adecuadas para su uso bajo condiciones criogénicas. Es deseable la aleación 36% Ni-Fe para usar en estructuras criogénicas porque es dúctil a temperaturas criogénicas y la composición produce un mínimo en el CET para las aleaciones Ni-Fe que es excepcionalmente bajo. Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra una representación gráfica que ilustra el CET en un intervalo de composiciones de aleaciones Ni-Fe. A partir de la Figura 20 1, resulta claro que hay un evidente mínimo del CET de aproximadamente  $1,3 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  a  $-196^\circ\text{C}$ , para la aleación 36% Ni-Fe. Esto es aproximadamente 1/10 del CET del típico acero inoxidable.

- 25 Según se usa en este caso, la aleación 36% Ni-Fe está definida por las especificaciones ASTM F 1684 o ASTM A 333/A 333M, cada una de las cuales se incorpora aquí, en su totalidad, como referencia. En las realizaciones, la aleación 30% Ni-Fe comprende 36% de Ni siendo el resto Fe y elementos traza en las cantidades descritas en las especificaciones ASTM. En una realización, la aleación 36% Ni-Fe comprende la aleación UNS N° K93603, según se describe en ASTM 1684. En una realización, la aleación 36% Ni-Fe comprende la aleación de Calidad 11, según se describe en ASTM A 333/A 333M. En una realización, la aleación 36% Ni-Fe comprende una o más aleaciones 30 3 descritas en la Tabla 1. En una realización, la aleación 36% Ni-Fe comprende una aleación que tiene un CET mínimo, como se muestra en la representación gráfica de la Figura 1. Se entiende que todos los elementos vienen dados en % en peso.

Tabla 1: ASTM F 1684

Elemento	Composición, en %, de UNS N° K93603	Composición, en %, de UNS N° K93050
Hierro, nominal	El resto <sup>A</sup>	El resto <sup>A</sup>
Níquel, nominal	36 <sup>A</sup>	36 <sup>A</sup>
Cobalto, máximo	0,50	0,50
Manganeso, máximo	0,60	1,00
Silicio, máximo	0,40	0,35
Carbono, máximo	0,05	0,15
Aluminio, máximo	0,10 <sup>B</sup>	.... <sup>C</sup>
Magnesio, máximo	0,10 <sup>B</sup>	.... <sup>C</sup>
Circonio, máximo	0,10 <sup>B</sup>	.... <sup>C</sup>
Titanio, máximo	0,10 <sup>B</sup>	.... <sup>C</sup>

## ES 2 392 472 T3

Elemento	Composición, en %, de UNS N° K93603	Composición, en %, de UNS N° K93050
Cromo, máximo	0,25	0,25
Selenio	....	0,15 a 0,30
Fósforo, máximo	0,015 <sup>D</sup>	0,020
	0,015 <sup>D</sup>	0,020

<sup>A</sup> Para UNS N° K93603 y K93050. Los requisitos de hierro y de níquel son nominales. Estos niveles pueden ser ajustados por el fabricante para cumplir los requisitos del coeficiente de expansión térmica como se especifica en 12.1.

<sup>B</sup> El total de aluminio, magnesio, titanio, y circonio no excederá el 0,20%

5 <sup>C</sup> Estos elementos no se miden para esta aleación

<sup>D</sup> El total de fósforo y de azufre no excederá el 0,025%.

Tabla 2: ASTM A 333/A 333M

Elemento	Composición, en % -Calidad 11
Carbono, máximo	0,10
Manganeso	0,60 máximo
Fósforo, máximo	0,025
Azufre, máximo	0,025
Silicio	0,35 máximo
Níquel	35,0 – 37,0
Cromo	0,50 máximo
Cobre	....
Aluminio	....
Vanadio, máximo	....
Niobio, máximo	....
Molibdeno, máximo	0,50 máximo
Cobalto	0,50

10 El material base o de partida es, preferiblemente, una o más planchas producidas por colada continua, o un método similar conocido en la técnica. En realizaciones, las planchas están caracterizadas además como se expone en las especificaciones ASTM F 1684 o ASTM A 333/A 333M. Las planchas de metal pueden ser sometidas a tratamientos adicionales para conseguir las propiedades deseadas, tales como lisura, resistencia a la corrosión, etc. Las planchas tienen, preferiblemente, una microestructura sustancialmente homogénea para asegurar propiedades mecánicas uniformes dentro del material de partida.

15 Haciendo ahora referencia a la Figura 2, se muestra un diagrama de flujo que ilustra los pasos 200 del tratamiento según la presente descripción. Como se mencionó anteriormente, el material de partida puede ser sometido inicialmente a diversos procedimientos de trabajo del metal, dentro de la técnica para conformar la plancha en una geometría 210 deseada, antes de soldar. El material de partida puede ser trabajado con máquinas mediante diversas técnicas, que incluyen taladrado, torneado, roscado, corte, rectificado, y cualquier otro método conocido en la técnica. Además, el material de partida se puede conformar mediante forja, laminación, extrusión, torneado, flexión, o cualquier otra técnica conocida. Por ejemplo, la plancha puede ser sometida a laminación en frío para dar

una forma tubular con el fin de producir una tubería. En algunas realizaciones, a los bordes de la tubería se les puede dar luego forma afilada usando técnicas de trabajo con máquinas.

Una vez que se consigue la geometría deseada, se suelda al menos una costura usando una técnica de soldeo 220, como por ejemplo soldeo por arco protegido, soldeo por arco con electrodo de wolframio en atmósfera gaseosa o soldeo por arco con electrodo de wolframio en atmósfera inerte (TIG), soldeo por arco con electrodo de metal en atmósfera gaseosa o soldeo por arco con electrodo de metal en atmósfera inerte (MIG), arco de plasma, haz de electrones, oxiacetileno, soldadura por puntos, soldadura continua con costura, soldadura por proyección, soldadura de centelleo o cualquier otra técnica conocida. Se puede usar cualquier tipo de unión para soldar. Por ejemplo, se puede usar una unión a tope, como se muestra en la Figura 3a, o una unión con preparación en V sencilla, como se muestra en la Figura 3b. Los tipos adicionales de uniones adecuadas incluyen uniones en esquina, uniones de bordes, uniones de preparaciones en doble V, uniones en U sencilla, uniones en doble U. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 3b, la preparación de la unión en V sencilla incluye dos superficies afiladas que se juntan en un punto a lo largo del eje de la costura para dar una forma de V. El espacio vacío dentro de la geometría de la unión aloja un material de aporte que se añade durante el proceso de soldeo para formar un cordón de soldadura, que se hace intencionadamente más grueso que el material base para acoger una futura reducción en frío. Un material de aporte usado, según la presente invención, tiene exactamente la misma composición que el material base de aleación 36% Ni-Fe para llenar los espacios vacíos formados en los diversos tipos de unión. Igualar el material base y el de aporte asegura que el CET sea exactamente el mismo tanto en la costura soldada como en el material base y evita un desequilibrio del CET. En una realización, se usa el material de aporte de aleación de 36% Ni-Fe para formar un cordón de soldadura mediante soldadura por arco con electrodo de wolframio en atmósfera gaseosa, dentro de un unión en V sencilla formada a partir de plancha(s) de 36% Ni-Fe.

Después de que la costura soldada ha solidificado, la costura es sometida a un proceso 230 de endurecimiento por acritud, tal como un laminado en frío, aplanado, o cualquier otro método conocido dentro de la técnica de trabajo en frío de la costura soldada. Sin pretender que esté limitado por la teoría, se cree que el proceso 230 de endurecimiento por acritud aumenta la densidad de las dislocaciones y/o añade energía de activación al material para usar en el refinado de grano durante el posterior tratamiento térmico o proceso de recocido. El mecanismo de fluencia de los metales implica el movimiento de dislocaciones. El aumento de la densidad de dislocaciones dificulta el movimiento debido a que es probable que las dislocaciones se crucen unas con otras, formando un "anclaje". Debido a que el mecanismo de fluencia está dificultado, se aumenta el límite de elasticidad en la costura soldada. En una realización, la costura soldada se endurece por acritud aplanando la costura para reducir el espesor de la costura. La costura aplanada se puede reducir en espesor desde aproximadamente el 20% a aproximadamente el 60%, o como alternativa en aproximadamente el 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, o 60%. En una realización, la costura se aplanada de forma que el cordón de soldadura sea de espesor similar a (por ejemplo, aproximadamente o sustancialmente igual a) el material base.

La costura soldada o la estructura completa es sometida a un proceso 240 de tratamiento térmico o de recocido, para reducir el tamaño de grano dentro de la costura soldada a un tamaño de grano similar al de (por ejemplo, aproximadamente o sustancialmente igual a) el material base. En una realización, el tamaño de grano medio dentro de la costura soldada se desvía del tamaño de grano medio del material base en un 10% o menos. Sin pretender que esté limitado por la teoría, se cree que la reducción del tamaño de grano da como resultado más bordes de grano que retienen el movimiento de las dislocaciones que posibilitan la fluencia, aumenta el límite de elasticidad. Y, debido a que la cantidad de tensión requerida para romper el material es inversamente proporcional al tamaño de grano, la carga de rotura del material por tracción aumenta por el proceso de tratamiento térmico. A la conclusión del proceso 240 de tratamiento térmico, el cordón de soldadura puede ser igual, o exceder, la resistencia del material base. Por ejemplo, el cordón de soldadura y el material base pueden exceder, ambos, la resistencia a la tracción mínima expuesta en especificaciones aplicables tales como las especificaciones ASTM aquí descritas.

En una realización, la propia costura soldada es sometida a un calentamiento localizado, o la estructura completa es calentada bajo condiciones eficaces para refinar el tamaño de grano con el fin de conseguir una estructura de grano uniforme que permita un comportamiento dúctil para recrystalizar la costura soldada o la región de la costura o sus combinaciones. Las condiciones adecuadas del tratamiento térmico incluyen calentar la costura soldada y/o la estructura completa en tiempos y a temperaturas suficientes o eficaces para originar que la costura soldada y/o la región de la costura sufran tales cambios (por ejemplo, recrystalización, uniformidad/refinado del tamaño de grano, etc.). En una realización, la costura soldada y/o la estructura completa se calientan entre 760 y 870°C durante un tiempo suficiente o eficaz para sufrir tales cambios (por ejemplo, recrystalización, uniformidad/refinado del tamaño de grano, etc.). La costura soldada o la estructura completa pueden ser sometidas a múltiples ciclos de tratamiento térmico.

Tras el tratamiento térmico, la costura soldada o la estructura completa pueden ser sometidas a diversas técnicas de tratamiento intermedio o de acabado que incluyen chorreo con arena, limpieza, y decapado, según se desee. Por ejemplo, en algunos casos puede ser deseable hacer una inspección de la soldadura con ultrasonidos. Asimismo, en algunos casos, la estructura puede ser sometida a chorreo con arena o a decapado químico para retirar los depósitos de óxido. Opcionalmente, se pueden aplicar revestimientos a la estructura fabricada.

5 Ya que la costura soldada completada es de una composición y estructura de grano similar a la del material base, el procedimiento crea una estructura con propiedades de expansión térmica y resistencia mecánica aproximadamente uniformes, utilizando técnicas de soldadura estándar. La resistencia mecánica de la estructura deberá ser suficiente para operar bajo condiciones criogénicas, medida por el límite de elasticidad, la carga de rotura del material por tracción y la tenacidad.

10 La carga de rotura del material por tracción se puede medir mediante técnicas de ensayos estándar de tracción, tales como los que se exponen en la Norma ASTM E8-04, "Standard Testing Methods for Tension Testing of Metallic Materials" (Métodos de ensayo normalizados para el ensayo de tracción de materiales metálicos), incorporados aquí en su totalidad por referencia. En una realización, tanto el material base como la costura soldada de la estructura tienen una carga de rotura del material por tracción igual o superior a 400 MPa a temperatura ambiente, o bien igual o superior a 414 MPa, o bien igual o superior a 448 MPa.

15 El límite de elasticidad se puede medir mediante técnicas de ensayos estándar de tracción, tales como los que se exponen en la Norma ASTM E8-04, "Standard Testing Methods for Tension Testing of Metallic Materials". En una realización preferida, tanto el material base como la costura soldada de la estructura tienen un límite de elasticidad igual o superior a 207 MPa a temperatura ambiente, o bien igual o superior a 230 MPa, o bien igual o superior a 241 MPa.

20 La presente invención se puede usar para fabricar cualquier estructura para usar en un proceso industrial, por ejemplo estructuras que requieren un bajo CET tal como las que operan bajo condiciones criogénicas. En particular, la invención es adecuada para fabricar estructuras para el almacenamiento, traspaso y transporte de gases licuados que incluyen, pero que no se limitan a, nitrógeno, oxígeno, helio, hidrógeno, neón, flúor argón, metano, aire, propano (PL), y gas natural (GNL). En una realización, se pueden usar estructuras como las descritas en la presente memoria en un procedimiento de GNL. Ejemplos de procedimientos adecuados de licuefacción de gases y los equipos asociados están descritos en la Solicitud de Patente de EE.UU., Publicación N° 20030005698 y las Patentes de EE.UU. números, 7.074.322; 7.047.764; 7.127.914; 6.722.157; 6.658.892; 6.647.744; 6.250.105; 25 6.158.240; 6.125.653; 6.070.429; 6.023.942; 5.724.833; 5.651.270; 5.600.969; 5.611.216; 5.473.900; 4.698.080; 4.548.629; 4.430.103; 4.225.329; 4.195.797; y 4.172.711.

30 Las estructuras que se pueden llevar a cabo usando la presente invención incluyen geometrías usadas habitualmente en tuberías, tales como formas tubulares o uniones acodadas, o las de depósitos de almacenamiento, tales como esferas o cilindros con extremos abombados, elípticos o planos. Tales tuberías y depósitos de almacenamiento se pueden usar en instalaciones de licuefacción en tierra, o en mar abierto, en el transporte, almacenamiento, o instalaciones de regasificación, que incluyen instalaciones marinas tales como plataformas, muelles, y buques cisterna. En cualquiera de las estructuras elegidas, se entiende que la estructura incluye un espesor de pared, longitud y región de costura deseados. La presente invención es especialmente adecuada para la producción de tuberías, donde se da fácilmente una forma tubular a partir de una plancha y contiene una costura 35 lineal que se puede aplanar fácilmente.

40 Aunque se han mostrado y descrito realizaciones preferidas de esta invención, un experto en la técnica puede hacer modificaciones sin salirse de lo que enseña esta invención. Las realizaciones descritas en la presente memoria descriptiva son únicamente ejemplos y no son limitantes. Son posibles muchas variaciones y modificaciones del sistema y aparatos y están dentro del alcance de esta invención. Por ejemplo, la presente invención no pretende estar limitada a ninguna geometría en particular para fabricar cualquier estructura que opere bajo condiciones criogénicas. Por consiguiente, el alcance de la protección no se limita a las realizaciones aquí descritas, sino que está limitado por las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para soldar una estructura que comprende:  
 5 formar una estructura de espesor de pared, longitud y región de costura deseados, en el que la estructura se fabrica a partir de un material base de aleación 36% Ni-Fe; caracterizado por  
 soldar la estructura a lo largo de la región de costura con un aporte de aleación de 36% Ni-Fe, de exactamente la misma composición que la aleación base de Ni-Fe, de forma que se deja un refuerzo de soldadura en exceso como parte de un cordón de soldadura en la región de la costura;  
 trabajar en frío el cordón de soldadura de manera que el espesor en la región de costura se reduzca; y  
 10 tratar con calor la región de costura en condiciones eficaces que den lugar a que la región de costura tenga una carga de rotura por tracción, un límite de elasticidad, o ambos, iguales o superiores a los del material base.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el coeficiente de expansión térmica es igual en el material base y en la región de la costura.
- 15 3. El método de la reivindicación 1, en el que el tamaño de grano es igual en el material base y en la región de la costura.
4. El método de la reivindicación 1, en el que el tratamiento térmico se realiza a temperaturas en un intervalo de 760°C a 871°C, durante un tiempo eficaz para recrystalizar la región de la costura.
- 20 5. El método de la reivindicación 1, en el que el espesor de la región de la costura se reduce en un intervalo del 20% al 80%, a continuación del trabajo en frío.
6. El método de la reivindicación 1, en el que el espesor en la región de la costura es sustancialmente el mismo que el espesor de pared deseado de la estructura, a continuación del trabajo en frío.
7. El método de la reivindicación 1, en el que la soldadura se realiza mediante soldeo por arco con electrodo de wolframio en atmósfera inerte,
- 25 8. El método de la reivindicación 1, en el que la región de la costura se forma a partir de una unión con una preparación en forma de V sencilla.
9. El método de la reivindicación 1, en el que el paso de formar la estructura comprende además conformar una plancha para formar la región de costura.
- 30 10. El método de la reivindicación 1, en el que la estructura y la región de la costura soldada tienen una carga de rotura por tracción igual o superior a 400 MPa, un límite de elasticidad igual o superior a 207 MPa, o ambos.
11. El método de la reivindicación 1, en el que la estructura comprende una tubería o depósito de almacenamiento calculados para el servicio en condiciones criogénicas.

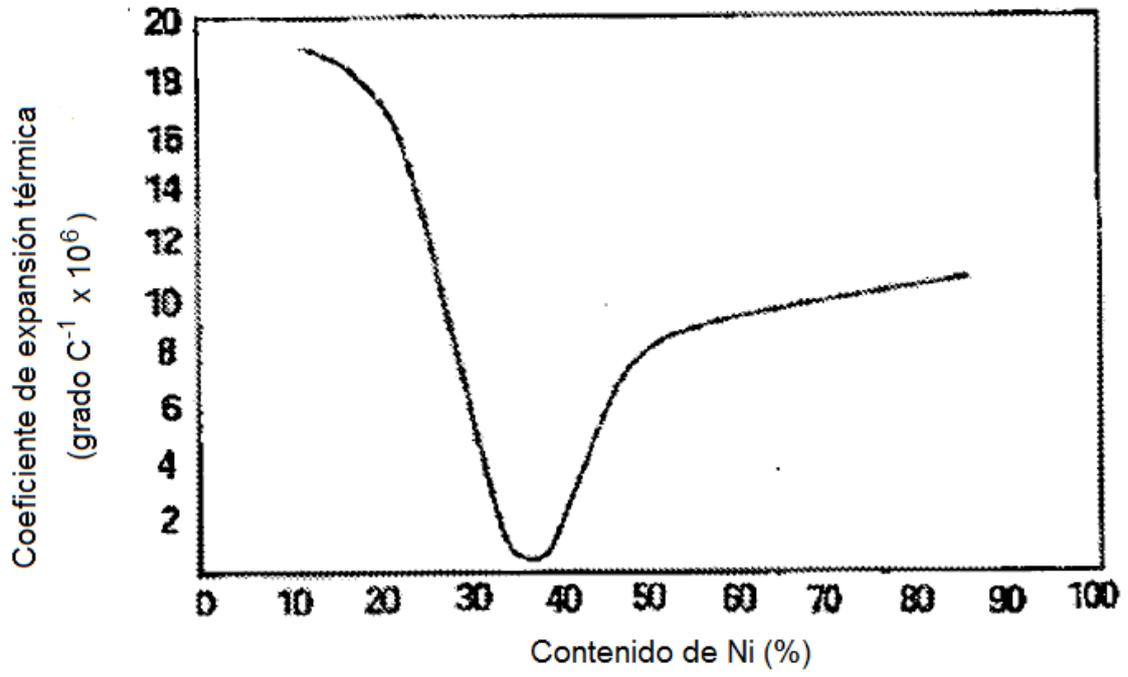


Figura 1

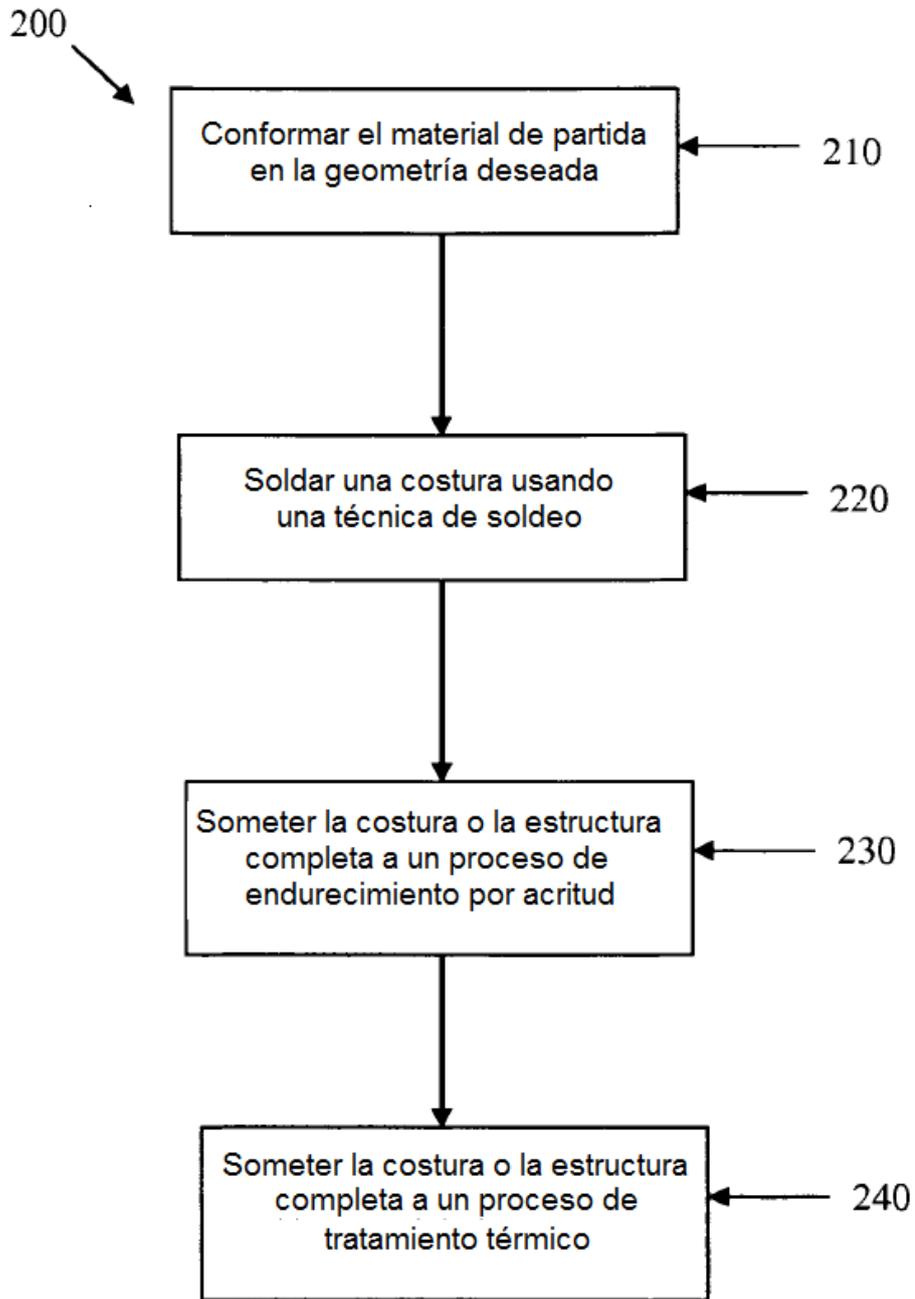


Figura 2

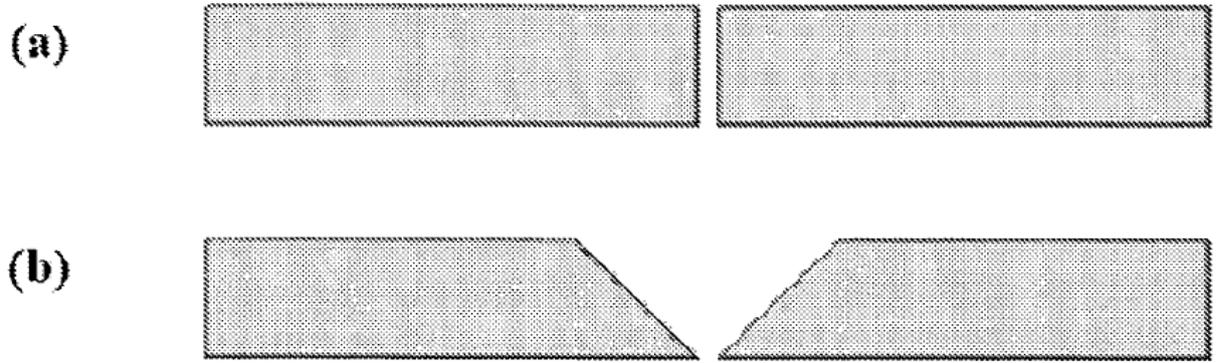


Figura 3