



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 349 791**

51 Int. Cl.:
B21C 37/08 (2006.01)
B21D 51/18 (2006.01)
B23K 20/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08737265 .2**
96 Fecha de presentación : **09.05.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2158048**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.03.2010**

54 Título: **Método para la fabricación de tanques.**

30 Prioridad: **11.05.2007 US 747497**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.01.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.01.2011

73 Titular/es: **LUXFER GROUP LIMITED**
Victoria House 150 - 182 The Quays
Salford Greater, Manchester M50 3SP, GB

72 Inventor/es: **Johansen, Kjeld**

74 Agente: **Tomás Gil, Tesifonte Enrique**

ES 2 349 791 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 la fabricación de tanques.

5 Esta invención se refiere a un método de fabricación de tanques metálicos soldados por fricción-agitación o revestimientos para uso en un depósito a presión de placas planas y a un tanque soldado por fricción-agitación o revestimiento (véase p. ej US-B-6 364 197).

10 Tanques son depósitos destinados a almacenar un fluido, en particular gas, probablemente, pero no necesariamente, bajo presión. El término tanque así comprende unidades comúnmente usadas para el almacenamiento de gases, tales como cilindros, y revestimientos para el uso en recipientes de presión.

15 Tanques metálicos cilíndricos son conocidos y la parte cilíndrica es típicamente formada por extrusión, y al menos una extremidad cerrada por elementos preformados soldados a la parte cilíndrica, o por un proceso de trabajo en frío o en caliente. Por ejemplo, WO 2004/096459 describe la producción de cilindros de aluminio a partir de tubos producidos por extrusión a través de un troquel compuesto. Las soldaduras longitudinales formadas durante el proceso de extrusión son acondicionadas accionando una sonda giratoria a lo largo de las soldaduras de extrusión. Se dice que esto tiene el efecto de producción de granos de cristal finamente divididos en las regiones de soldadura. El tratamiento de la solución en este caso parece efectuarse durante la extrusión y antes de que la sonda sea aplicada.

20 En la presente invención, la materia prima es una placa de metal preferiblemente una aleación capaz de ser endurecida por tratamiento térmico por ejemplo por endurecimiento por precipitación. La placa se lamina en un tubo de modo que sus bordes opuestos paralelos se unen para oponerse el uno al otro, y las áreas de los bordes opuestos son soldadas. Una técnica similar se conoce para la producción de cilindros de acero; por ejemplo, US 5,152,452, describe la producción de cilindros de acero para el almacenamiento de fluidos de alta presión. El método implica laminación en frío de una placa de acero en un tubo y soldando a lo largo de la conexión usando soldadura de fusión tal como TIG, MIG o soldadura por haces de electrones. Las extremidades del cilindro son posteriormente formadas por estampado.

30 Es conocido que la parte cilíndrica de un cilindro de presión es potencialmente la parte con tensión más alta, y cualquier soldadura formada longitudinalmente a lo largo de la parte cilíndrica será así una línea potencial de debilidad en lo que ya se considera como la parte de tensión más alta. En la presente invención usamos soldadura por fricción-agitación (FSW) para proporcionar una junta fiable de mayor resistencia.

35 La soldadura por fricción-agitación es una técnica relativamente nueva. El proceso básico está descrito, por ejemplo, en WO 93/10935 y es típicamente usado para unir dos piezas. El proceso implica sumergir una sonda giratoria u oscilante en las piezas que van a ser unidas, y mover la sonda a lo largo de la línea de la junta. El calor generado por el acoplamiento friccional de la sonda con las piezas genera un área de material plastificado que, después del paso de la sonda, se conecta a través de la línea de conexión para soldar las piezas entre sí.

40 La soldadura por fricción-agitación es capaz de proporcionar juntas con mejores propiedades mecánicas que las que se puede obtener por procesos de soldadura por fusión tales como TIG o MIG. Además, el tamaño del grano en la región de soldadura puede ser refinado. Desafortunadamente, este tamaño del grano refinado, si es trabajado en exceso, puede ser inestable y propenso a desarrollar granos excesivamente grandes durante el tratamiento térmico posterior. Tales granos grandes en la zona de soldadura tratada térmicamente son inaceptables en tanques especialmente en tanques diseñados para contener fluidos bajo presión. La presente invención proporciona un método de fabricación de tanques soldados por fricción-agitación tratados térmicamente que evita la presencia de granos grandes en el tanque final.

50 De acuerdo con la presente invención se proporciona un método de fabricación de un tanque o revestimiento para el uso en un recipiente a presión, dicho método incluyendo las etapas de:

- 1) formar una o varias placas metálicas en un tubo con un par de bordes opuestos enfrente el uno del otro para formar una línea de junta longitudinal; y
- 55 2) soldar por fricción-agitación los bordes opuestos juntos a lo largo de la línea de junta;
- 3) trabajar en frío al menos una parte de la región soldada por fricción-agitación; y
- 60 4) tratar térmicamente el tubo a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización después del trabajo en frío.

Los tubos metálicos son preferiblemente hechos de aleaciones que se pueden reforzar por tratamiento térmico. Esto permite que la placa sea convenientemente formada en un cilindro antes de que la soldadura y las operaciones posteriores de trabajo sean efectuadas. Tales aleaciones tratables térmicamente incluyen aquellas que se pueden reforzar por algunos medios, por ejemplo por endurecimiento por precipitación usando por ejemplo, aleaciones de aluminio. Otras aleaciones que pueden ser reforzadas usando endurecimiento por precipitación incluyen aleaciones de magnesio, aleaciones de cobre, aleaciones de titanio, aleaciones de níquel o aceros. Técnicas de transformación de fase pueden también ser usadas para endurecimiento, por ejemplo con aceros.

ES 2 349 791 T3

Aleaciones de aluminio endurecibles por precipitación son particularmente preferidas especialmente las series AA2000; AA6000; AA7000 y AA8000 como se define en International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Aluminum Alloys publicado por The Aluminum Association revisada en enero 2001. Aleaciones de aluminio específicas preferidas son AA6061; AA7032; AA7060 y AA7475.

5

El endurecimiento por precipitación incluye un tratamiento de la solución para tomar elementos solubles en solución seguido de un tratamiento por precipitación a baja temperatura.

10 El término "placa" se destina a cubrir placas rectangulares o cuadradas y placas formadas para adaptar la laminación en un tubo que no tiene una sección transversal uniforme a lo largo de su longitud. La placa puede ser de espesor uniforme o variable. El término "placa" significa producto laminado con un espesor de no menos de 0,152 mm (0,006 pulgadas). Esto incluye chapa, que generalmente tiene un espesor entre 0,152 mm (0,006 pulgadas) y 6,35 mm (0,250 pulgadas) y placa con un espesor de no menos de 6,35 mm (0,250 pulgadas).

15 En la presente invención, al menos parte de la soldadura por fricción-agitación está sujeta a trabajo en frío. Por trabajo en frío, nos referimos a la deformación a una temperatura por debajo de ésta en la cual ocurre una recuperación significativa o recristalización en la soldadura o en el metal de origen. El estirado es un ejemplo de una operación de trabajo en frío que se puede aplicar a un cilindro. El planchado es otro ejemplo.

20 En la presente invención el tanque soldado es tratado térmicamente después de la soldadura por fricción-agitación y del trabajo en frío. La fase de tratamiento térmico puede comprender recocimiento a una temperatura que permite que ocurra una recuperación significativa o preferiblemente recristalización. En aleaciones de aluminio, un tratamiento de recocimiento adecuado se puede realizar a 350 a 475°C. De forma alternativa la fase de tratamiento térmico puede comprender el tratamiento de la solución en donde una fase de tratamiento térmico es seguida por el enfriamiento a un índice suficiente para tener todos o la mayoría de los elementos solubles en solución. El tratamiento de la solución es realizado por calentamiento de la aleación a una temperatura a la que todos o varios de los elementos solubles se toman en solución (típicamente 400 a 545°C para aleaciones de aluminio) y luego se enfría a un índice suficiente para mantener la mayoría o todos los elementos solubles en solución.

30 La aleación tratada por solución puede luego ser sometida a un tratamiento de precipitación a temperatura ambiente o una temperatura elevada por ejemplo 90-200°C, preferiblemente 105-200°C, para aumentar la resistencia. El endurecimiento por envejecimiento se puede realizar en una única fase a una temperatura sustancialmente constante. De forma alternativa ésta puede implicar dos o más etapas, cada etapa a una temperatura diferente. El revenido T73 inicial patentado por Sprowls, patente No. US 3,198,676. Pero hay numerosas adaptaciones diseñadas para ajustarse a aleaciones individuales y aplicaciones, véase por ejemplo US 4,477,292 y US 5,108,520.

35 Es conocido que una junta soldada por fricción-agitación puede mostrar crecimiento del grano excesivo cuando es sometida a tratamiento térmico bajo condiciones en las que puede ocurrir la recristalización. Condiciones adecuadas para el crecimiento del grano surgen durante el recocimiento y durante el tratamiento de la solución.

40

El tratamiento térmico de la solución de juntas soldadas por fricción-agitación en aleaciones de aluminio se discute en US 2005/0011932. El problema enfocado en esta solicitud de patente surge como un resultado del tamaño de grano cristalino aumentado que ocurre durante el tratamiento térmico de la solución en aquella parte de la conexión que ha sido sometida a deformación plástica durante el proceso de soldadura por fricción-agitación. Ya que una estructura de grano gruesa no es favorable para buenas características mecánicas, resulta que un proceso (tratamiento térmico de solución) destinado a mejorar las propiedades mecánicas, en realidad las degrada en un área crítica, a saber a lo largo de la línea de la junta soldada.

45

50 US2005/0011932 describe un método para evitar el crecimiento de granos gruesos ajustando las condiciones de tratamiento térmico antes de la soldadura por fricción-agitación.

55 Esto requiere un tratamiento a alta temperatura especial preferiblemente aplicado antes de que el lingote sea laminado en caliente y opcionalmente laminado en frío para formar la placa. La técnica se destina principalmente a la industria aeroespacial donde el uso de materiales tratados de forma especial no está prohibido por el coste. La presente invención proporciona un medio más rentable de superar el problema tratado en US 2005/0011932 sin el uso de materia prima producida de forma especial.

60 En la presente invención la fase de tratamiento térmico de la solución es precedida por la fase de someter al menos parte de la región soldada por fricción-agitación del tubo soldado a una operación de trabajo en frío. Preferiblemente ésta es una operación de estirado en frío o una operación de planchado es decir una operación realizada a una temperatura inferior a 100°C.

65 La operación de trabajo en frío tendrá ella misma el efecto de modificar la forma del grano en el cilindro trabajado en frío pero, de manera más importante, se ha descubierto que la operación de estirado tiene el efecto de que actúa contra la tendencia de un tratamiento térmico posterior para aumentar el tamaño del grano en el área soldada por fricción-agitación.

ES 2 349 791 T3

Puede ser deseable realizar una operación de recocimiento después de la soldadura por fricción-agitación pero antes de que la fase de trabajo en frío haya sido aplicada al tubo soldado. Esto puede ser necesario si el proceso de formar el tubo antes de la soldadura por fricción-agitación lo hace demasiado duro para un estirado adicional pero hay un riesgo de que esta operación de recocimiento provoque que aparezcan granos grandes en la soldadura por fricción-agitación. Estos granos grandes se pueden refinar por trabajo en frío y luego tratar térmicamente una vez más (recocimiento o tratamiento de la solución) el área de soldadura.

La cantidad de trabajo en frío requerida dependerá de la composición de la aleación, de las condiciones de soldadura por fricción-agitación y del ciclo de tratamiento térmico usado. La cantidad elegida debe ser suficiente para evitar el crecimiento del grano secundario en el metal original y el soldado. El crecimiento del grano secundario es particularmente penoso a ocurrir a grados relativamente bajos de trabajo en frío.

El trabajo en frío por estirado reduce o expande el diámetro del cilindro, y reduce el espesor de la pared del cilindro. Típicamente, durante la operación de estirado, el espesor de la pared del cilindro será reducido de 5mm a 2.5mm - una reducción del espesor de un 50%. En la práctica tan poco como un 20% de trabajo en frío es suficiente para evitar el crecimiento de granos gruesos durante el tratamiento de la solución. Cantidades más grandes de trabajo en frío probablemente requerirán una operación de estirado consistente en varias fases, realizándose el recocimiento del cilindro entre cada fase.

En una forma de realización, sólo la parte central del cilindro es sometida a estirado, dejando las extremidades en su espesor original de modo que éstas se preparan para la fase de formación de las extremidades del cilindro - véase más abajo. De forma alternativa la longitud entera del cilindro puede ser sometida a la operación de estirado, pero las extremidades se someten a un grado inferior de estirado de modo que el espesor de pared en las extremidades es superior, preparado para la fase de formación de las extremidades.

Antes de la operación de estirado, es ventajoso desgastar las superficies interiores y exteriores del cilindro para reducir cualquier irregularidad de superficie introducida durante el proceso de soldadura. Tal abrasión se puede confiar al área soldado, pero preferiblemente la totalidad de las superficies interiores y exteriores del cilindro se desgastan para proporcionar una superficie completamente uniforme preparatoria para la operación de estirado. La abrasión se puede realizar por un proceso de lijado con arena o de rectificado.

La fase final en el proceso de fabricación -la de formación de las extremidades- puede ser realizada uniendo las extremidades preformadas por soldadura y/o por estrechamiento del extremo del cilindro por un proceso de formación tal como formación por rotación o estampado. En la presente invención se prefiere cerrar una o ambas extremidades por un proceso de formación por rotación en caliente. Para este propósito, es preferido que la extremidad o extremidades del tubo que va a ser formado tenga/n un espesor de pared superior que el resto del tubo de modo que haya un espesor de metal suficiente para llevar a cabo el proceso de formación por rotación. Esto se puede conseguir por mecanizado pero, como se ha descrito anteriormente, la operación de estirado puede utilizarse para crear un cilindro cuyas extremidades son más gruesas que la parte central. Así es simplemente una cuestión de elegir un espesor apropiado para la placa usada como la materia prima.

De manera que la invención pueda ser mejor entendida, se describirá ahora una forma de realización de la misma a modo de ejemplo únicamente y con referencia al dibujo anexo en que la Figura 1 ilustra varias de las fases en la producción de un recipiente cilíndrico a presión por el método de la invención.

La Figura 1 comprende una serie de estirados marcados A a E mostrando de forma esquemática las etapas en la formación de un cilindro a partir de una placa rectangular.

El proceso de fabricación comienza con una placa cuadrada o rectangular 1 que tiene bordes opuestos paralelos 2, 3. La placa está hecha de aleación de aluminio tal como la aleación AA6061. La aleación es preferiblemente recocida antes del comienzo para evitar daños durante los procesos posteriores. El espesor de la placa dependerá del espesor de pared deseado para el cilindro. Típicamente, para fabricar un revestimiento, el espesor de la placa puede ser de aproximadamente 5mm. La placa 1 es formada por laminación en un tubo circular abierto 4 (figura 1B) y se coloca en un accesorio de agarre (no mostrado) de modo que los bordes 2, 3 son empujados juntos (figura 1C) para formar una línea 5 que se extiende longitudinalmente respecto del cilindro. La soldadura por fricción-agitación es ahora realizada a lo largo de la línea 5 para unir los bordes 2, 3 juntos por una única línea de soldadura longitudinal.

Tal y como se ha mencionado previamente, la soldadura por fricción-agitación se realiza por estirado de una sonda giratoria u oscilante a través de la pieza, a lo largo de la línea de soldadura. En esta aplicación es deseable que el espesor entero de la placa sea soldado ya que una soldadura de sólo una parte del espesor dejará inevitablemente una línea de irregularidad, y por lo tanto debilidad, en la superficie, muy probablemente la superficie interna, donde la soldadura no haya penetrado. Por esta razón, es deseable que la sonda penetre bastante profundamente en el espesor de la junta para asegurar la soldadura justo a través y, en la práctica, esto normalmente significará que la sonda misma penetra justo a través de la pieza durante la soldadura.

Será aparente que el tubo podría también ser fabricado por dos o más placas rectangulares que son formadas por laminación en elementos arqueados que pueden luego ser fijados en una fijación para formar un tubo y soldados por fricción-agitación mediante soldaduras múltiples longitudinales. Por ejemplo, dos placas rectangulares podrían ser

ES 2 349 791 T3

formadas por laminación en elementos respectivos arqueados 180° que podrían luego ser unidos para formar un tubo circular mediante dos juntas soldadas por fricción-agitación.

5 El tubo soldado es después sometido a un proceso de lijado con arena en el que las superficies interiores y exteriores del cilindro son lijadas con arena por rotación para proporcionar una superficie uniforme, sin laminar, mecanizar ni soldar irregularidades. Esto está previsto para eliminar puntos de tensión durante las operaciones posteriores. Después del lijado con arena, el tubo se recuece a una condición "O", y luego se aplica lubricante a las superficies internas y externas para preparar el tubo para la siguiente operación.

10 El tubo soldado es después sometido a una operación de estirado durante la cual la longitud del tubo aumenta, y su espesor de pared se reduce, típicamente aproximadamente un 50%. La operación de estirado, que se realiza en frío -es decir a menos de 100°C- implica forzar el tubo en un troquel adecuadamente formado. El resultado de la operación de estirado se muestra en la figura 1D, y se verá que el espesor de pared de la parte central 6 del tubo 4 se ha reducido, pero que en las extremidades 7, 8 es superior. La razón de esta diferencia es dejar las extremidades con un
15 espesor de material suficiente para resistir a las operaciones de formación posteriores realizadas en las extremidades (véase más abajo). Si se deben usar extremidades preformadas, entonces las paredes espesadas en las extremidades no son necesarias, y la longitud entera del tubo pueden ser sometida a estirado. Típicamente, con el espesor de placa mencionado de 5 mm, el espesor de pared en el área central 6 será aproximadamente de 2.5 mm, mientras que las regiones de extremidad 7, 8 permanecen en 5 mm de espesor de pared, o pueden ser sometidas a sólo una pequeña
20 cantidad de estirado, reduciendo el espesor de la pared en una cantidad inferior.

Nótese que puede ser necesario realizar el estirado en frío en etapas, interpuesto por recocimiento para ablandar el metal y aliviar tensiones internas.

25 Las extremidades espesadas 7, 8 del tubo son después recortadas a la longitud requerida, si es necesario, y son sometidas a un proceso de formación por rotación por calor para dar forma de cúpula a las extremidades y formar cuellos respectivos 9, 10, como se ilustra en la figura 1E. Obviamente la forma exacta de las extremidades será dictada por los requisitos particulares; por ejemplo, un extremo puede ser cerrado completamente.

30 El cilindro semielaborado es ahora sometido al tratamiento térmico de la solución. Durante este tratamiento el cilindro es tratado térmicamente a aproximadamente 1000°F (537°C), sometido a enfriamiento rápido con agua a una condición T4, y luego artificialmente envejecido a una condición T6.

35 El propósito del tratamiento térmico de la solución es de mejorar la fuerza mecánica del material, particularmente en el área de soldadura. No obstante, es conocido que el tratamiento térmico de la solución tiene el efecto de aumentar el tamaño de grano cristalino y esto degrada ciertas propiedades mecánicas tales como ductilidad y resistencia a la fractura que es, por supuesto, importante para recipientes presurizados. Se ha descubierto que la operación de estirado en frío contrarresta este efecto, previniendo, o al menos reduciendo, la formación de granos gruesos durante el tratamiento térmico de la solución.

40 Observaciones hechas durante el proceso de fabricación indican que, después del tratamiento de la solución los cilindros que han sido soldados por fricción-agitación y posteriormente no trabajados en frío, el área soldada por fricción-agitación exhibe grandes granos que pueden verse a simple vista mientras que el material de base exhibe granos finos. Además el tubo soldado por fricción-agitación que ha sido sometido al 50% de estirado en frío seguido
45 del tratamiento térmico de la solución exhibe granos finos en el material de base y el área soldado.

Finalmente los cuellos se recortan y las configuraciones de roscas y orificios son mecanizadas. La superficie exterior puede ahora ser sometida a otra operación de lijado con arena para eliminar cualquier defecto de manipulación y crear un acabado exterior uniforme antes de que el cilindro acabado sea íntegramente lavado y enjuagado para eliminar
50 cualquier fluido cortante y virutas metálicas de las operaciones de mecanizado.

El cilindro acabado puede ser usado para almacenar fluidos presurizados y no presurizados. No obstante el cilindro puede también ser usado como un revestimiento en un cilindro compuesto envuelto, por ejemplo en cilindros compuestos envueltos en flejes o cilindros compuestos totalmente envueltos utilizando, típicamente, filamento de fibra de carbono para envolver.
55

Para evaluar la viabilidad del proceso de fabricación, el área soldado por fricción-agitación fue vigilado de cerca durante las operaciones de fabricación para asegurar que fuera compatible con las operaciones de formación y de mecanizado:

- 60 ■ Operación de estirado: no hubo evidencia de separación de material y la aparición de la línea de FSW fue reducida.
- 65 ■ Operación de formación por rotación: la región de soldadura funcionó bien; el material no se dividió ni rajó y el material acumulado en el área de FSW fue el mismo que en el área restante. No hubo ninguna evidencia visible de la línea de FSW en la región de cúpula/cuello formada por rotación.

ES 2 349 791 T3

- Operación de mecanizado: no hubo evidencia de la línea de FSW en la superficie de orificio mecanizada o las roscas.

5 Pruebas de revestimientos y cilindros fabricados por las fases anteriormente descritas de una materia prima comprendiendo una placa rectangular de 4 mm de espesor de aleación de aluminio AA6061 reveló los siguientes resultados:

Pruebas de revestimiento: (propiedades mecánicas)

- 10
- Resistencia a la tracción: 50,000 psi. (344,7 MPa)
 - Resistencia de rendimiento: 43,800 psi. (302 MPa)
 - Alargamiento: 14%.
- 15

Estallido del revestimiento:

- 20
- Presión del estallido: 1,300 psi. (9 MPa)
 - Ubicación del estallido: fractura longitudinal en el centro del flanco aproximadamente 130 mm fuera de la línea de soldadura por fricción-agitación.
 - El modo y presión de estallido es similar a los resultados de un revestimiento sin costuras.
- 25

Pruebas de cilindros enrollados con filamentos por especificaciones DOT CFFC:

Prueba de estallido virgen:

- 30
- El cilindro pasó la prueba de estallido estallando a una presión de 15,100 psi (104,1 MPa).
 - La fractura de estallido estaba lejos de la línea de soldadura por fricción-agitación.
- 35
- La especificación DOT CFFC requiere una presión de estallido mínima de $3,4 \times$ presión de servicio ($3,4 \times 3,000$) = 10,200 psi (70,3 MPa).

Prueba de ciclos:

- 40
- el cilindro pasó la prueba de ciclos requerida completando 10,000 ciclos en la presión de servicio de 3,000 psi (20,7 MPa).

Estallido después de la prueba de ciclos:

- 45
- Después de la finalización de 10,000 ciclos a 3,000 psi (20,7 MPa) seguido de la finalización de 30 ciclos a 5,000 psi (34,5 MPa) el cilindro fue sometido a la prueba de estallido. El cilindro fue presurizado y alcanzó 15,000 psi (104,1 MPa) antes de estallar en el flanco lejos de la línea de soldadura por fricción-agitación.
- 50
- La especificación DOT CFFC requiere una presión de estallido mínima de $3,06 \times$ presión de servicio ($3,06 \times 3,000$) = 9,180 psi (63,3 MPa).

55 Conclusión de la prueba:

- 60
- Los cilindros compuestos completamente envueltos pasaron la prueba de estallido virgen, la prueba de ciclos y el estallido después de la prueba de ciclos con resultado similar a los cilindros de producción hechos con un revestimiento sin costuras. Tanto los cilindros de producción como los cilindros soldados por fricción-agitación fueron hechos con el mismo utillaje de revestimiento, material compuesto, modelo de enrollamiento y fueron fabricados con el mismo diseño de revestimiento y de cilindro.
 - Todos los resultados de la prueba fueron conformes con los requisitos de la especificación DOT CFFC (Quinta Revisión) de fecha Marzo 2007, descrito en el Apéndice A titulado "Basic requirements for fully wrapped carbon-fiber reinforced aluminum lined cylinders".
- 65

Referencias citadas en la descripción

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante ha sido recopilada exclusivamente para la información del lector. No forma parte del documentos de patente europea. La misma ha sido confeccionada con la mayor diligencia; la OEP sin embargo no asume responsabilidad alguna por eventuales errores u omisiones.*

Documentos de patente citados en la descripción

- 10 ■ US 6364197 B [0001]
- WO 2004096459 A [0003]
- US 5152452 A [0004]
- 15 ■ WO 9310935 A [0006]
- US 3198676 A [0015]
- US 4477292 A [0015]
- 20 ■ US 5108520 A [0015]
- US 20050011932 A [0017][0018][0019]

25 **Bibliografía distinta de patentes citada en la descripción**

- International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum Alloys The Aluminum Association, Enero 2001. [0010]

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 349 791 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de fabricación de un tanque o revestimiento para el uso en un recipiente a presión, dicho método incluyendo las etapas de:
- 10 a) formar una o varias placas metálicas (1) en un tubo (4) con un par de bordes opuestos (2, 3) uno enfrente del otro para formar una línea de junta longitudinal; y
 - 15 b) soldar por fricción-agitación los bordes opuestos (2,3) juntos a lo largo de la línea de conexión;
 - c) trabajar en frío al menos una parte de la región soldada por fricción- agitación; y
 - d) tratar térmicamente el tubo (4) a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización después del trabajo en frío.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, donde dicha una o varias placas metálicas (1) comprende/n una aleación de aluminio.
- 30 3. Método según la reivindicación 1 o 2, donde la fase de tratamiento térmico incluye el recocimiento dentro de una gama de 350 a 475°C.
- 40 4. Método según la reivindicación 1 o 2 donde la fase de tratamiento térmico comprende el tratamiento de la solución por el cual todos o la mayor parte de los elementos solubles se toman en solución.
- 50 5. Método según se reivindica en la reivindicación 4 en el que durante el tratamiento de la solución el tubo (4) se calienta a una temperatura de entre 400 a 545°C y posteriormente se enfría, opcionalmente por enfriamiento rápido en aire o agua, a un índice para mantener la mayoría o todos los elementos solubles en solución.
- 60 6. Método según se reivindica en la reivindicación 4 o 5 en el que después del tratamiento de la solución el tubo (4) es sometido a endurecimiento por precipitación a temperatura ambiente y/o a una o varias operaciones de endurecimiento por precipitación a temperatura elevada, la temperatura elevada estando preferiblemente en la gama de 90 a 200°C.
- 70 7. Método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes donde el trabajo en frío se realiza a una temperatura inferior a 100°C.
- 80 8. Método según la reivindicación 7, en el que la operación de trabajo en frío incluye una operación de estirado y/o de planchado en frío.
- 90 9. Método según se reivindica en la reivindicación 8 donde la operación de trabajo en frío reduce el espesor del tubo (4) en más de un 20%.
- 100 10. Método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, donde una o varias operaciones de recocimiento son realizadas, la o cada operación de recocimiento siendo realizada antes, entre o después de una o varias operaciones de trabajo en frío.
- 110 11. Método según se reivindica en la reivindicación 8 donde sólo la parte central del tubo (4) se somete a estirado dejando el espesor de las extremidades del tubo (4) sustancialmente inalteradas o reducidas a un grado inferior que la parte central.
- 120 12. Método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes donde el tubo (4) se forma de aleaciones de aluminio endurecibles por precipitación.
- 130 13. Método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 donde el tubo (4) está formado por una o más aleaciones en el grupo que incluye aleaciones de magnesio, aleaciones de cobre, aleaciones de titanio, aleaciones de níquel o aceros.
- 140 14. Método según la reivindicación 13 donde las aleaciones de aluminio son elegidas de las series AA2000; AA6000; AA7000 y AA8000 y, preferiblemente del grupo comprendiendo AA6061; AA7032 y AA7475.
- 150 15. Tanque metálico o revestimiento para un depósito a presión con una soldadura por fricción-agitación a lo largo de al menos una parte de su longitud, al menos una parte de la región de soldadura que ha sido sometida a trabajo en frío y operaciones de tratamiento térmico por el cual dicha al menos parte de la región de soldadura tiene una resistencia al estallido más alta que el metal original que rodea la región de soldadura.
- 160 16. Tanque metálico o revestimiento según la reivindicación 15 donde la región de soldadura tiene sustancialmente el mismo espesor que el metal original que lo rodea.

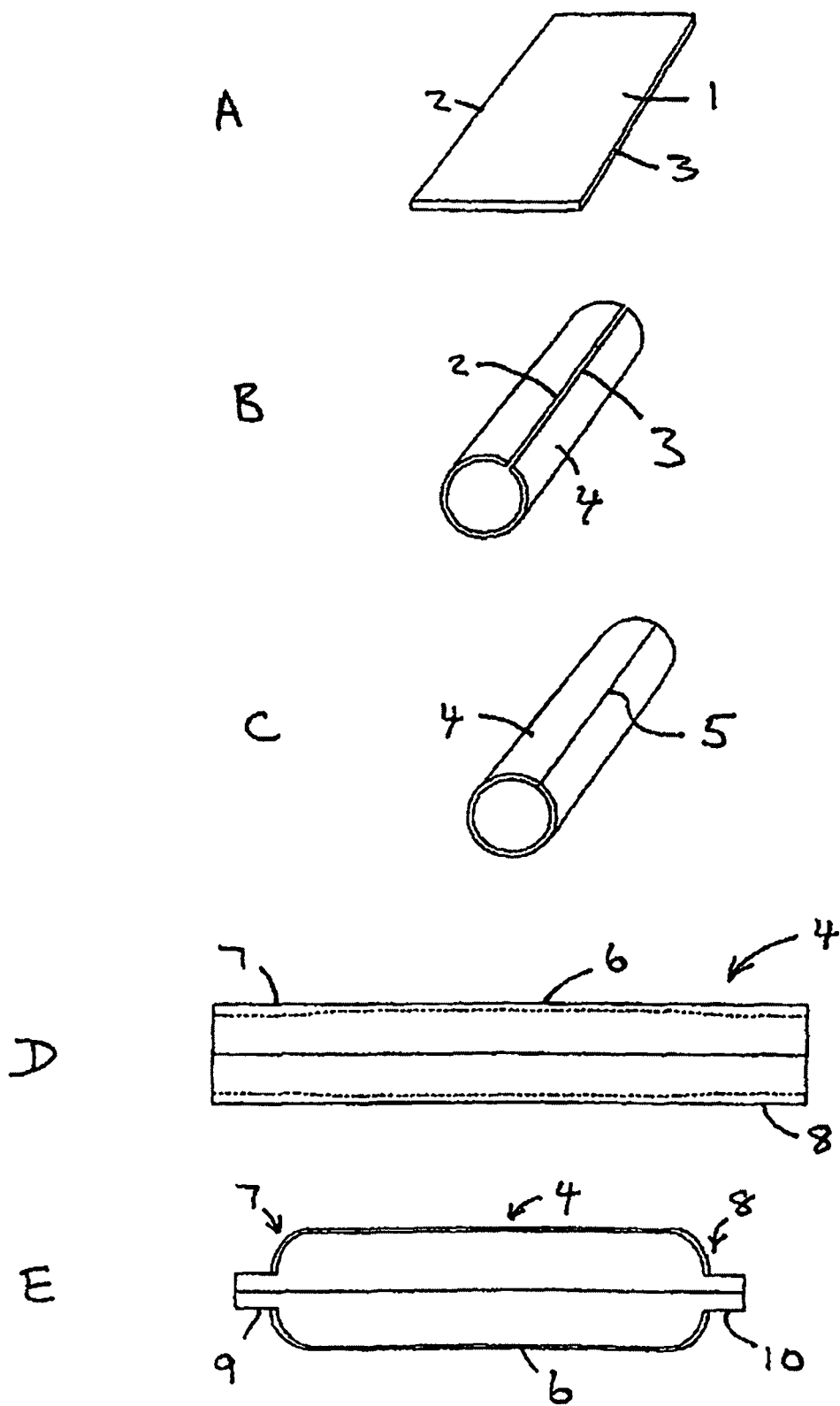


FIGURA 1