

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 695 174**

51 Int. Cl.:

C23C 24/04	(2006.01) B22F 5/10	(2006.01)
B29C 41/24	(2006.01) C22C 1/04	(2006.01)
B21C 37/06	(2006.01) C22C 1/08	(2006.01)
B21C 37/16	(2006.01) F16L 9/02	(2006.01)
B22D 11/00	(2006.01) B05B 7/14	(2006.01)
B05D 1/12	(2006.01)	
B22F 5/12	(2006.01)	
B22D 23/00	(2006.01)	
B05D 1/02	(2006.01)	
B22F 3/18	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.11.2013 PCT/AU2013/001382**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14085846**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2013 E 13861426 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2925904**

54 Título: **Procedimiento de formación de un tubo sin soldadura de titanio y/o de aleaciones de titanio**

30 Prioridad:

03.12.2012 AU 2012905238

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

02.01.2019

73 Titular/es:

**FUTURE TITANIUM TECHNOLOGY PTY LTD
(100.0%)
Grant Thornton, Level 2, 215 Spring Street
Melbourne, VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

**ZAHIRI, SADEN;
JAHEDI, MAHNAZ;
HOOPER, KEVIN;
BARDSLEY, WILLIAM;
GULIZIA, STEFAN y
TANG, CAIXIAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 695 174 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 formación de un tubo sin soldadura de titanio y/o de aleaciones de titanio

Sector técnico de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de formación de tubos de metal y se refiere, en particular, a la formación de tubos de metal sin soldadura. Más particularmente, la invención se refiere a la formación de un tubo de titanio y/o de aleaciones de titanio.

Antecedentes

- 10 Se da a conocer un procedimiento de formación de un tubo de titanio o de aleación de titanio sin soldadura, aunque en secciones cortas, en la solicitud de patente internacional PCT/AU2009/000276, a nombre de la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth ("CSIRO", Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation).

- 15 Este procedimiento utiliza tecnología de pulverización en frío que involucra pulverizar partículas a altas velocidades sobre un sustrato para hacer que las partículas se unan entre sí. Habitualmente, las partículas se aceleran hasta velocidades supersónicas para provocar la unión con el impacto. El término "frío" surge debido a que el procedimiento se lleva a cabo a temperaturas por debajo del punto de fusión de las partículas y del sustrato. Por consiguiente, la estructura y las propiedades originales de las partículas se mantienen durante todo el proceso. De este modo, el tubo formado por las partículas tendrá propiedades similares. El concepto general de pulverización en frío y un ejemplo de un aparato de pulverización en frío, se dan a conocer en la patente U.S.A. número 5.302.414.

- 20 El procedimiento dado a conocer en la solicitud internacional CSIRO involucra pulverizar partículas finas de titanio o de aleación de titanio sobre un mandril cilíndrico que se hace girar en torno a un eje longitudinal del mandril.

Las partículas son pulverizadas a velocidades supersónicas y se unen entre sí al impactar con el mandril para desarrollar una capa de titanio o de aleación de titanio, en función de la composición de las partículas. La magnitud del desarrollo determina el grosor de la pared del tubo.

- 25 La boquilla de pulverización está dispuesta para dirigir partículas a lo largo de una línea radial del mandril, de tal modo que las partículas impactan en una superficie curva del mandril, generalmente perpendiculares a la superficie del mandril. La boquilla es desplazada longitudinalmente con respecto al mandril giratorio, de tal modo que las partículas son pulverizadas sobre la longitud del mandril, y de manera que se forma un tubo sustancialmente con la misma longitud del mandril. Finalmente, el mandril se separa del tubo formado.

- 30 Una ventaja del procedimiento dado a conocer en la solicitud internacional CSIRO es que la capa es continua sobre la longitud del mandril cilíndrico, de tal modo que la capa forma un tubo sin soldadura. Por lo tanto la resistencia de la banda del tubo es adecuada para aplicaciones a alta presión.

- 35 Aunque el tubo es sin soldadura, la longitud global del tubo está limitada por la longitud de mandril. Dado que existen limitaciones prácticas sobre las longitudes de los mandriles, también está limitada la longitud de los tubos. Por consiguiente, el procedimiento CSIRO no fabrica un tubo de titanio o de aleación de titanio de longitudes que sean prácticas como sustitución para secciones largas de un tubo de acero.

- 40 Se pueden utilizar secciones cortas de tubo de titanio o de aleación de titanio para formar un tubo más largo en total. Sin embargo, existe un coste considerable involucrado en el montaje de un tubo más largo debido a que es difícil soldar entre sí las secciones cortas. Si bien el procedimiento de CSIRO puede fabricar un tubo de titanio o de aleación de titanio más económico que otros procedimientos, este beneficio se contrarresta en cierta medida por el coste y la dificultad asociados con el montaje de longitudes de tubo más largas a partir de una serie de secciones cortas de tubo de titanio sin soldadura.

Por consiguiente, existe el deseo de fabricar secciones más largas de tubo de titanio o de aleación de titanio para reducir los inconvenientes prácticos del montaje de secciones cortas.

Resumen de la invención

- 45 En un primer aspecto, se da a conocer un procedimiento de formación de secciones de tubo de titanio o de aleación de titanio sin soldadura. El procedimiento comprende las etapas de:

(a) disponer un sustrato para formar un tubo y un manguito de una sección de tubo sobre el sustrato, teniendo la sección de tubo un extremo desde el que sobresale el sustrato;

- 50 (b) pulverizar partículas de titanio o de aleación de titanio, en general en paralelo a un eje longitudinal del sustrato, para impactar en una cara de extremo del extremo y hacer que las partículas se unan a, y se acumulen en la cara de extremo del tubo para formar el tubo; y

- (c) aplicar una fuerza de compresión a la cara de extremo del tubo para mover el tubo formado longitudinalmente con respecto al sustrato con el fin de extraer el tubo formado del sustrato de formación del tubo y seguir pulverizando partículas de titanio o de aleación de titanio sobre la cara de extremo para hacer que se forme más tubo continúa e integralmente con el tubo formado, permitiendo de ese modo la formación de un tubo de titanio o de aleación de titanio sin soldadura de una longitud deseada.
- 5 el sustrato se puede formar a partir de un material diferente, incluir estructuras de calentamiento o enfriamiento, o puede ser hueco.
- El procedimiento permite la formación de un tubo de titanio o de aleación de titanio a una longitud deseada, debido a que el tubo se forma y extrae continuamente del sustrato. A efectos prácticos, el tubo se puede formar en longitudes adecuadas para su transporte, tales como de hasta 16 metros o mayores, o se puede formar de manera continua y cortar en longitudes predeterminadas después de que se ha desplazado del sustrato la longitud deseada durante el proceso de formación.
- 10 Este procedimiento permite formar tubos con un diámetro interno en el intervalo de 1 mm a 1000 mm (normalmente). Además, este procedimiento permite formar tubos con un grosor de pared en el intervalo de 0,1 mm a 50 mm (normalmente).
- 15 El procedimiento involucra preferentemente distribuir uniformemente partículas pulverizadas sobre la cara para provocar un crecimiento uniforme del tubo formado haciendo girar el sustrato y el tubo con respecto al pulverizador de partículas.
- La etapa (b) puede involucrar pulverizar partículas sobre la cara de extremo por medio de una serie de boquillas de pulverización.
- 20 El procedimiento puede comprender además comprimir el tubo formado para reducir la porosidad del tubo formado.
- El trabajo de investigación desarrollado por el solicitante ha revelado que el tubo formado por pulverización tiene poros asociados con los intersticios entre partículas que impactan en el tubo y lo forman. La porosidad incide negativamente sobre la resistencia global del tubo debido a que los poros actúan como centros de tensión y contribuyen a propagar grietas. Sin embargo, el trabajo de investigación ha revelado que la porosidad se reduce comprimiendo el tubo formado.
- 25 Las fuerzas adecuadas para comprimir el tubo formado varían en función de la profundidad de la capa de titanio depositada entre la aplicación repetitiva de la fuerza. A su vez, esto depende de la velocidad de deposición, la velocidad de rotación, el grosor en sección de la pared y el diámetro del tubo. No obstante, las fuerzas de compresión -presión- adecuadas están en el intervalo de 10 a 1000 MPa.
- 30 La fuerza de compresión se puede aplicar a una superficie curvada circunferencial del tubo orientada hacia el exterior.
- Sin embargo, la fuerza de compresión se aplica preferentemente a la posición de acumulación de partículas. Es preferible asimismo que la fuerza de compresión se aplique en la misma dirección en que son pulverizadas las partículas.
- 35 Preferentemente, la fuerza de compresión se aplica mediante un rodillo fijo a las partículas acumuladas sobre la cara de extremo, con lo que el crecimiento del tubo provoca el movimiento longitudinal del tubo formado, con respecto al sustrato.
- El procedimiento comprende además controlar la fuerza de compresión.
- 40 La fuerza de compresión se puede controlar controlando la fricción entre el sustrato y el tubo formado, y opcionalmente la sección del tubo, o aplicando una carga sobre el tubo opuesta a la carga de compresión.
- Controlar la fricción puede comprender seleccionar un sustrato para proporcionar una fricción suficiente al movimiento longitudinal del tubo formado para que la fuerza de compresión aplicada por el rodillo provoque la compresión de las partículas acumuladas.
- 45 El solicitante reconoce que la fricción entre el tubo formado y el sustrato está afectada por la magnitud de la unión del tubo formado al sustrato. Sin desear limitarse a ninguna teoría particular, el trabajo experimental llevado a cabo por el solicitante parece indicar, y así lo cree el solicitante, que la unión está afectada por los factores siguientes:
- (a) expansión térmica diferencial del tubo formado y del sustrato;
- (b) rugosidad superficial del sustrato;
- 50 (c) unión química entre el tubo formado y el sustrato; y

(d) "relajación de partículas" del titanio o de la aleación de titanio.

No está claro en qué medida contribuyen cada uno de estos aspectos a la unión global entre el tubo formado y el sustrato.

5 En vista de esta consideración, el solicitante anticipa que el movimiento del tubo formado con respecto al sustrato se puede conseguir controlando la magnitud de la unión entre el tubo formado y el sustrato de formación del tubo. Sin embargo, se debe entender que la invención abarca opciones alternativas que permiten el movimiento del tubo formado con respecto al sustrato de formación del tubo.

10 Teniendo en cuenta los factores anteriores, el procedimiento puede involucrar controlar la magnitud de la unión entre el tubo de titanio o de aleación de titanio formado y el sustrato, para permitir que el tubo formado se desplace con respecto al sustrato.

En relación con el factor (a), se considera que la unión térmica se produce cuando las partículas de titanio o de aleación de titanio son pulverizadas sobre el sustrato. En particular, se considera que se produce unión térmica si el sustrato se expande más que el tubo formado durante su exposición al gas portador de la pulverización, que está a temperatura elevada.

15 Una opción para contrarrestar el efecto de unión térmica puede involucrar controlar la magnitud de la unión calentando el tubo de titanio o de aleación de titanio formado con el fin de provocar una expansión térmica diferencial del tubo formado con respecto al sustrato, liberando de ese modo el tubo formado respecto del sustrato de formación del tubo y permitiendo que el tubo formado se desplace con respecto al sustrato. El diferencial térmico se puede provocar, preferentemente, calentando el tubo de titanio o de aleación de titanio formado.
20 Alternativamente, el diferencial térmico se puede provocar enfriando el sustrato, provocando un diferencial térmico entre el tubo formado y el sustrato de formación del tubo con respecto al tubo.

Otra opción para contrarrestar el efecto de unión térmica puede involucrar controlar la magnitud de la unión seleccionando un sustrato con un coeficiente de expansión térmica que sea menor que el coeficiente de expansión térmica del titanio o de la aleación de titanio.

25 El sustrato puede ser cerámico, de vidrio, metálico o un compuesto.

En relación con el factor (b), el solicitante considera que la morfología superficial del sustrato afecta a la magnitud de la unión con el tubo formado. En particular, el solicitante considera que las partículas de titanio o de aleación de titanio llenan el relieve superficial sobre el sustrato con el resultado de que, por lo menos en la dirección longitudinal a lo largo del sustrato, el tubo formado y el sustrato quedan enclavados mecánicamente.

30 Por consiguiente, el solicitante considera además que una opción para reducir el impacto de la morfología superficial, y por lo tanto la unión global, puede involucrar controlar la magnitud de la unión seleccionando un sustrato con una rugosidad superficial para reducir la unión mecánica entre el tubo formado y el sustrato.

La rugosidad superficial promedio puede ser $R_a < 1,0 \text{ pm}$. Preferentemente, la rugosidad superficial puede ser $R_a < 0,5 \text{ pm}$.

35 En relación con el factor (c), el solicitante considera que la unión puede estar afectada por la afinidad química del tubo formado con el sustrato de formación del tubo.

El sustrato se puede formar de un material que tenga poco o ningún potencial químico para la unión con el titanio o la aleación de titanio.

40 En relación con el factor (d), el solicitante considera que la unión está afectada por reacciones mecánicas de partículas de titanio o de aleación de titanio que impactan en el sustrato de formación del tubo o en una sección de formación del tubo. De nuevo, sin desear limitarse a ninguna teoría particular, el solicitante considera que las partículas de titanio o de aleación de titanio se deforman elásticamente en el impacto, aplanándose en cierta medida. Por ejemplo, las partículas generalmente esféricas se deforman para producir una forma de disco o alargada. Se considera que, estando en esa forma deformada, las partículas son impactadas con otras partículas
45 que están asimismo deformadas elásticamente, y se unen con estas. Después del impacto y de la unión, la resiliencia de las partículas elásticas proporciona una tendencia a recuperar su forma original. Sin embargo, las partículas se unen entre sí estando en la forma expandida, de tal modo que la resiliencia se manifiesta como una contracción del tubo formado en torno al sustrato.

Por comodidad, se hará referencia a este efecto con la expresión "relajación de las partículas".

50 Pulverizar partículas de titanio o de aleación de titanio en las etapas (b) y (c) puede ser según un proceso de pulverización en frío dado a conocer en la solicitud internacional de CSIRO, con el fin de formar un tubo de titanio o de aleación de titanio.

En un segundo aspecto, que no forma parte de la invención reivindicada, se da a conocer un tubo de titanio o de aleación de titanio formado de acuerdo con el procedimiento de formación continua definido anteriormente.

El tubo de titanio o de aleación de titanio puede tener una composición que comprende:

titanio: 99,8 % p/p; y

- 5 comprendiendo el resto impurezas incidentales.

El tubo de aleación de titanio puede tener alternativamente una composición de comprende:

titanio: 90 al 94 % p/p; y

aluminio y vanadio: 6 al 10 % p/p; y

comprendiendo el resto impurezas incidentales.

- 10 Esto no excluye otras aleaciones de titanio, donde la composición de titanio es mayor que la de cualquier otro elemento individual, en átomos o en peso.

El tubo se puede formar pulverizando partículas seleccionadas para tener diferentes composiciones. Por ejemplo, el tubo se puede formar de acuerdo con el primer aspecto, a partir de partículas que tienen una o varias composiciones de aleación diferentes.

- 15 Alternativamente, el tubo se puede formar de partículas de titanio y partículas de una o varias composiciones de aleación diferentes. En estas circunstancias, el tubo se puede formar con una composición homogénea en general, o el tubo se puede formar con una composición que tiene un gradiente o que varía de otro modo a lo largo de la longitud del tubo.

- 20 En un tercer aspecto, se da a conocer un aparato para la formación de un tubo por pulverización, de acuerdo con el primer aspecto. El aparato comprende:

(a) un sustrato para formar un tubo, estando el sustrato ajustado con un manguito de una sección de tubo que tiene una cara de extremo;

(b) medios para hacer girar el sustrato y la sección del tubo en torno al eje longitudinal del sustrato;

- 25 (c) medios para pulverizar en frío partículas de titanio o de aleación de titanio, en general en paralelo al eje longitudinal, para impactar con la cara de extremo y formar un tubo sin soldadura; y

(d) medios de compresión para aplicar una fuerza de compresión a la cara de extremo con el fin de comprimir partículas que se acumulan en la cara de extremo y provocar el movimiento longitudinal del tubo sin soldadura formado, con respecto al sustrato.

- 30 El sustrato se selecciona preferentemente con el fin de proporcionar una fricción suficiente para provocar la compresión de partículas acumuladas mediante los medios de compresión y para provocar el movimiento longitudinal del tubo formado, con respecto al sustrato.

El aparato puede comprender además medios para aplicar una fuerza de compresión al tubo formado, en una dirección radial con respecto a la dirección de rotación del sustrato.

Breve descripción de los dibujos

- 35 A continuación se describirán realizaciones de la invención, solamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una vista isométrica esquemática de un sustrato y una vista en sección transversal de un sustrato de formación del tubo y un dispositivo de pulverización antes del movimiento del tubo de titanio o de aleación de titanio con respecto al sustrato de formación del tubo.

- 40 La figura 2 es una vista en sección transversal del sustrato de formación del tubo y el dispositivo de pulverización de la figura 1 durante el movimiento del tubo de titanio o de aleación de titanio con respecto al sustrato de formación del tubo.

Descripción detallada de una realización

- 45 La siguiente descripción de realizaciones de la invención está en el contexto de fabricar un tubo de aleación de titanio sin soldadura a partir de partículas de aleación de titanio. Sin embargo, se apreciará que la invención permite la fabricación de un tubo de titanio y/o de aleaciones de titanio sin soldadura, y no se deberá interpretar que la descripción limita la invención a solamente la fabricación de un tubo de aleación de titanio.

De acuerdo con esta realización, que se muestra esquemáticamente en la figura 1), un procedimiento para formar un tubo de aleaciones de titanio sin soldadura involucra disponer un sustrato de formación del tubo, en forma de un mandril 10, y un manguito de una sección de tubo, en forma de un tubo iniciador 30. El mandril 10 está soportado en un torno (ahora mostrado) para hacer girar el mandril en torno al eje longitudinal A-A y para controlar la velocidad de rotación.

El tubo iniciador 30 es un tubo que tiene un diámetro interno que recibe estrechamente el mandril 10, pero es ligeramente mayor que el diámetro exterior del mismo. Ambos están en contacto a lo largo de una línea que es paralela al eje longitudinal del mandril 10, de tal modo que el eje de rotación del mandril 10 está descentrado con respecto al eje de rotación del tubo iniciador 30. Estrechamente adyacente a la línea de contacto, la circunferencia exterior del mandril 10 se aproxima estrechamente a la circunferencia interior del punto iniciador 30 para formar una zona de deposición 14 para partículas pulverizadas de material de formación del tubo, con lo que el mandril 10 funciona como una preforma para modelar el tubo a medida que este se forma. Se incluyen detalles adicionales del funcionamiento relacionado del mandril descentrado en la solicitud internacional PCT/AY2010/001020 (publicada como WO2011/017752).

El tubo iniciador 30 se puede desplazar desde una posición con el mandril 10 situado en el interior del tubo iniciador 30 y en una dirección que es coaxial con un eje longitudinal A del mandril 10. Durante el funcionamiento, el tubo iniciador 30 se aleja del mandril 10, de tal modo que el tubo iniciador 30 y el mandril 10 están alejados entre sí.

El tubo de aleación de titanio 40 se forma colocando el mandril 10 en el interior del tubo iniciador 30 y haciendo girar ambos en el mismo sentido y a la misma velocidad de rotación. Una boquilla 20 de un aparato de pulverización en frío está dispuesta de tal modo que una pulverización 12 que sale de la boquilla 20 incide sobre una cara de extremo 42 del tubo iniciador 30. Esto se consigue disponiendo la boquilla 20 para dirigir la pulverización 14 generalmente en paralelo al eje longitudinal A-A del mandril 10. De este modo, las partículas de aleación de titanio impactan con la cara de extremo 42 en la zona de deposición 14, donde las partículas de aleación de titanio se unen a la cara de extremo 42 y se acumulan con cada rotación del mandril 10 y el tubo iniciador 30. La acumulación de partículas de aleación de titanio forma un tubo de aleación de titanio 40 de manera continua e integral mientras continúa la pulverización 12. La pulverización 12 comprende un chorro de gas portador (normalmente, un gas que no reacciona con titanio -tal como nitrógeno) y partículas de aleación de titanio aspiradas. La boquilla 20 está posicionada de tal modo que

La boquilla 20 está conectada a un aparato de pulverización 22 para suministrar un chorro de gas portador (normalmente, un gas que no reacciona con titanio -tal como nitrógeno) y partículas de aleación de titanio aspiradas. Es probable que el aparato 22 y la boquilla 20 utilizados para la esterilización de las partículas de aleación de titanio sean de forma convencional, y la base del equipo se describe e ilustra en la patente U.S.A. número 5.302.414. En términos generales, las partículas de aleación de titanio son aspiradas al gas portador y pasan a través de una serie de etapas para acelerar el gas portador y las partículas a velocidades supersónicas.

Las condiciones de la pulverización, tales como la temperatura, la velocidad, el tamaño y la forma de las partículas y la distancia entre la boquilla 20 y la zona de deposición 14, son conformes al procedimiento de formación por pulverización dado a conocer en la solicitud internacional de CSIRO a la que se hace referencia en la presente memoria. Las condiciones de la pulverización se incorporan al presente documento mediante esta referencia. Por ejemplo, las condiciones de la pulverización pueden ser:

- Equipo: CGT Kinetic 3000 o 4000
- Número de boquillas supersónicas: una o más
- Velocidad del mandril: hasta 600 rpm
- Separación: 20 - 100 mm
- Ángulo de pulverización: dentro de 15 ° desde la perpendicular a la superficie del mandril 10
- Material de pulverización: polvo de titanio comercialmente puro ("CP") y/o de aleación de titanio
- Diámetro de las partículas: 10 - 150 micras
- Presión del gas: 10 - 40 bar
- Gas: helio, nitrógeno, argón o aire
- Gas portador: helio, nitrógeno, argón o aire, o mezclas de los mismos
- Velocidad de alimentación del polvo: por encima de 10 g/min

La boquilla 20 está normalmente posicionada enfrentada al mandril 10. El mandril 10 está formado de un material y tiene propiedades seleccionadas para facilitar la liberación del tubo formado 40 desde el mandril 10. El mandril 10 está formado de Pyrex® (vidrio borosilicato) y tiene una dureza de 418 kg/mm² (Knoop 100) y una rugosidad superficial de $R_a < 0,5 \mu\text{m}$. Sin embargo, se pueden utilizar también otros materiales, incluyendo materiales tales como cerámicas, metal o compuestos. Ejemplos de estos materiales incluyen sílice fundida, diamante y tungsteno.

El diámetro del mandril 10 es de 10 cm, pero se selecciona de acuerdo con el diámetro interno deseado del tubo formado.

La cara de extremo 42 del tubo iniciador 30 está situada inicialmente separada longitudinalmente en una pequeña distancia desde un rodillo 50 que tiene un eje de rotación en una línea radial que se extiende desde el eje longitudinal A-A. El rodillo 50 está fijado en su posición y no se mueve con respecto al mandril 10.

Durante el funcionamiento, la acumulación de partículas en el tubo iniciador 30 hace que el tubo de aleación de titanio 40 crezca longitudinalmente sobre el mandril 10, de tal modo que la cara de extremo 42 avanza hacia la boquilla 20. El avance de la cara de extremos 42 se impide cuando el crecimiento del tubo de aleación de titanio 40 hace que la cara de extremo contacte con el rodillo 50. Una acumulación adicional de partículas y un crecimiento adicional provocan que la cara de extremo 42 se comprima contra el rodillo 50. Dado que el rodillo 50 está fijo, la acumulación continua de partículas sobre la cara de extremo 42 hace que el tubo de aleación de titanio 40 y el tubo iniciador 30 sean empujados longitudinalmente a lo largo del mandril 10 alejándose de la boquilla 20. Por consiguiente, el tubo de aleación de titanio formado 40 se desplaza a lo largo del mandril, y finalmente fuera del mandril dado que el tubo de aleación de titanio se forma continuamente en la cara de extremo 42.

La compresión aplicada a la cara de extremo por el rodillo 50 reduce adicionalmente la porosidad del tubo de aleación de titanio formado y mejora las propiedades de resistencia. Este efecto se muestra en la figura 2, donde una cara de extremo en bruto 44 es comprimida por el rodillo 50 a medida que el tubo de aleación de titanio 40 gira. La cara de extremo comprimida 46 pasa a continuación a la zona de deposición 14, donde más partículas se unen a la cara de extremo 42 y se acumulan en la misma.

La fuerza de compresión aplicada por el rodillo 50 es un producto de la fricción entre el tubo de aleación de titanio 40 y el mandril 10. Por consiguiente, la fuerza de compresión se ajusta controlando la fricción, y la fricción se controla seleccionando unas condiciones del mandril adecuadas, que incluyen la composición, la temperatura y la rugosidad. Aunque no se muestra en los dibujos, el aparato 22 puede comprender además medios para aplicar una fuerza de compresión al tubo formado en una dirección radial con respecto a la dirección de rotación del sustrato. Los medios pueden comprender otro rodillo que descansa sobre la superficie circunferencial exterior del tubo formado. El rodillo adicional puede descansar sobre la superficie adyacente a la cara de extremo 42. La fricción y otras fuerzas de compresión aplicadas sobre el tubo de aleación de titanio formado 40 se controlan para proporcionar una fuerza de compresión adecuada para reducir la porosidad del tubo de aleación de titanio formado 40 y para permitir que el tubo de aleación de titanio formado 40 se desplace a lo largo del mandril 10 alejándose de la boquilla 20. Cuando se alcanza la longitud deseada del tubo formado 40, el tubo iniciador 30 es arrancado y el extremo opuesto es extraído del mandril 10 y acabado, eliminando cualquier tubo formado parcialmente. Alternativamente, el procedimiento se puede hacer funcionar de manera continua, y se extraen secciones de tubo de una longitud deseada a partir del tubo de aleación de titanio 40 mientras el proceso continúa.

Se pueden realizar muchas modificaciones a la realización preferida de la presente invención que se ha descrito anteriormente, sin apartarse del alcance de la presente invención.

Se comprenderá que la expresión "comprende" o sus variantes gramaticales, tal como se utilizan en esta descripción y en las reivindicaciones, equivalen a la expresión "incluye" y no se debe considerar que excluyen la presencia de otras características o elementos.

Se comprenderá que las referencias en la presente memoria a patentes y solicitudes de patente no suponen admitir que estas forman parte del conocimiento general común en la técnica en Australia ni en ningún otro país.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de formación de secciones de tubo de titanio o de aleación de titanio (40) sin soldadura, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - (a) disponer un sustrato (10) para formar un tubo (40), y un manguito de una sección de tubo (30) en el sustrato (10), teniendo la sección de tubo (30) un extremo desde el que sobresale el sustrato (10).
 - (b) pulverizar partículas de titanio o de aleación de titanio, en general en paralelo a un eje longitudinal del sustrato (10), para impactar en una cara de extremo (42) del extremo y hacer que las partículas se unan a, y se acumulen en la cara de extremo del tubo para formar el tubo (40); y
 - (c) aplicar una fuerza de compresión a la cara de extremo (42) del tubo para desplazar el tubo formado (40) longitudinalmente con respecto al sustrato (10) con el fin de extraer el tubo formado (40) desde el sustrato de formación del tubo (10) y seguir pulverizando partículas de titanio o de aleación de titanio sobre la cara de extremo (42) para hacer que se siga formando más tubo continuo e integralmente con el tubo formado (40), permitiendo de ese modo la formación de un tubo de titanio o de aleación de titanio (40) sin soldadura de una longitud deseada.
2. El procedimiento definido en la reivindicación 1, en el que la fuerza de compresión se aplica para acumular partículas sobre la cara de extremo (42) mediante un rodillo fijo (50), con lo que el crecimiento del tubo de aleación de titanio (40) provoca el desplazamiento longitudinal del tubo formado (40) con respecto al sustrato (10).
3. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la etapa (b) involucra distribuir uniformemente partículas pulverizadas sobre la cara (42) para provocar un crecimiento uniforme del tubo formado (40) haciendo girar el sustrato (10) y el tubo (40) con respecto a la pulverización de partículas.
4. El procedimiento definido en la reivindicación 3, en el que la etapa (b) involucra pulverizar partículas sobre la cara de extremo (42) por medio de una serie de boquillas de pulverización (20).
5. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende además comprimir el tubo formado (40) para reducir la porosidad del tubo formado (40).
6. El procedimiento definido en la reivindicación 5, en el que la fuerza de compresión es aplicada a una superficie curvada circunferencial del tubo (40) orientada hacia el exterior.
7. El procedimiento definido en la reivindicación 1 o la reivindicación 5, la etapa de comprimir el tubo (40) incluye controlar la fuerza de compresión.
8. El procedimiento definido en la reivindicación 7, en el que la fuerza de compresión se controla controlando la fricción entre el sustrato y el tubo formado (40) o la sección de tubo (30), o aplicando una carga sobre el tubo (40) opuesta a la carga de compresión.
9. El procedimiento definido en la reivindicación 8, en el que controlar la fricción comprende seleccionar un sustrato (10) para proporcionar una fricción suficiente al movimiento longitudinal del tubo formado (40) para que la fuerza de compresión aplicada por el rodillo (50) provoque la compresión de las partículas acumuladas.
10. Un aparato para formar un tubo por pulverización de acuerdo con el procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el aparato comprende:
 - (a) un sustrato (10) para formar un tubo (40), estando el sustrato (10) ajustado con un manguito de una sección del tubo (30) que tiene una cara de extremo (42);
 - (b) medios para hacer girar el sustrato (10) y la sección de tubo (30) en torno a un eje longitudinal del sustrato;
 - (c) medios para pulverizar en frío partículas de titanio o de aleación de titanio, en general en paralelo al eje longitudinal, para impactar con la cara de extremo (42) y formar un tubo sin soldadura (40); y
 - (d) medios de compresión (50) para aplicar una fuerza de compresión a la cara de extremo (42) con el fin de comprimir las partículas que se acumulan en la cara de extremo (42) y provocar el desplazamiento longitudinal del tubo sin soldadura formado (40) con respecto al sustrato (10).
11. El aparato definido en la reivindicación 10, en el que el sustrato (10) está seleccionado para proporcionar una fricción suficiente para provocar la compresión de las partículas acumuladas mediante los medios de compresión y provocar el desplazamiento longitudinal del tubo formado (40) con respecto al sustrato (10).
12. El aparato definido en cualquiera de las reivindicaciones 10 o 11, en el que el aparato comprende además medios para aplicar una fuerza de compresión al tubo formado (40) en una dirección radial con respecto a la dirección de rotación del sustrato (10).

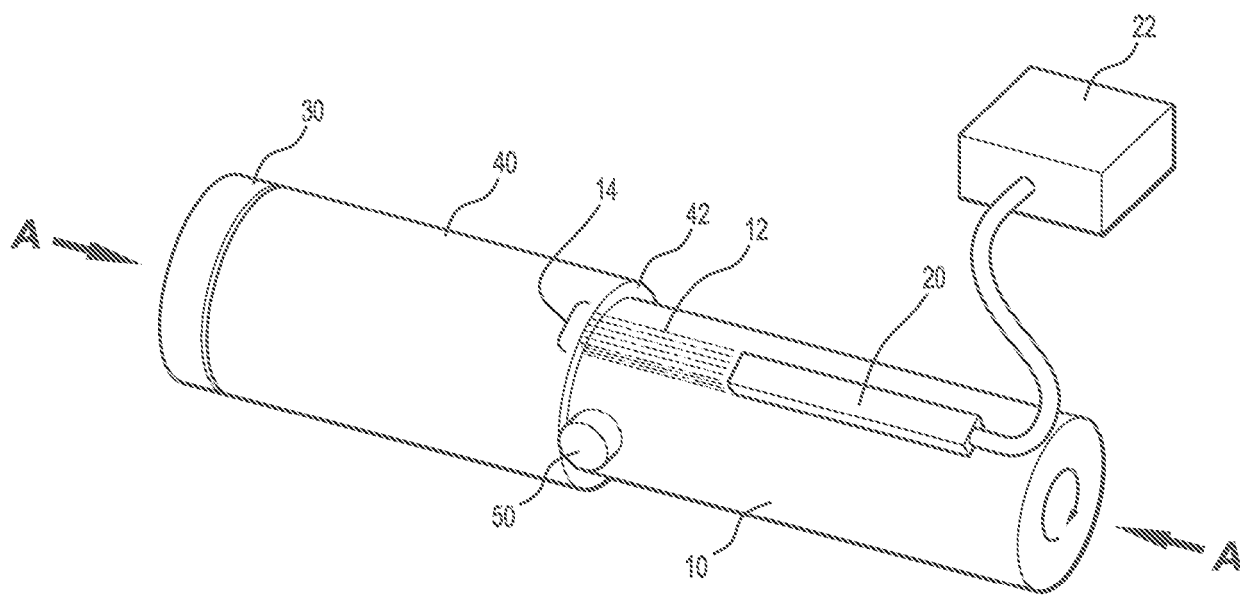


FIG. 1

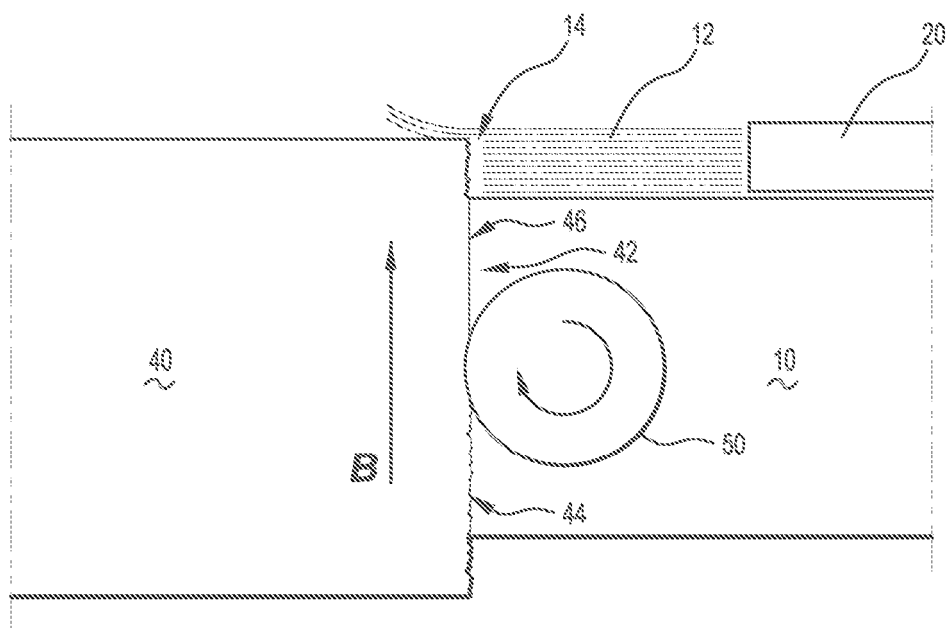


FIG. 2