

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 210**

51 Int. Cl.:

**F16C 7/02**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.10.2020** **PCT/US2020/055389**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.04.2021** **WO21076500**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2020** **E 20800503 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 4045802**

54 Título: **Procedimientos para la formación de un conjunto de tubo compuesto y conjunto de tubo compuesto que comprende uniones con ranuras**

30 Prioridad:

**14.10.2019 US 201916601477**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.02.2025**

73 Titular/es:

**AVTECHTYEE, INC. (100.00%)  
6500 Merrill Creek Parkway  
Everett, WA 98203, US**

72 Inventor/es:

**GILL, JUSTIN, EDWARD;  
GREENSTREET, MATTHEW, CHARLES  
SHELDON y  
NEWELL, GLENN, B.**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 999 210 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

Procedimientos para la formación de un conjunto de tubo compuesto y conjunto de tubo compuesto que comprende uniones con ranuras

### ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

La presente invención se refiere en general a conjuntos de tubos compuestos y más concretamente a conjuntos de tubos compuestos que tienen accesorios de bloqueo por forma.

Los materiales compuestos tienen una gran rigidez y/o una elevada proporción de fuerza a peso. Los conjuntos de tubos compuestos están formados por materiales compuestos y son utilizados para transmitir cargas en estructuras tales como aeronaves o vehículos espaciales. Otras aplicaciones incluyen barras de control, recipientes, conductos, insertos de paneles, tubos de torsión, etc.

En vehículos tales como aeronaves, es ventajoso utilizar conjuntos de tubos compuestos en vez de conjuntos primordialmente compuestos de metal. Son más ligeros y más fuertes que los conjuntos comparables de tubos de metal. Los conjuntos de tubos compuestos incorporan habitualmente tubos de fibra de carbono ("FC") y son de menor peso, más resistentes a la corrosión, más fuertes y son más inertes en comparación con los conjuntos de tubos sustancialmente metálicos. Los conjuntos de tubos compuestos pueden ser utilizados en conjuntos de compartimentos elevados para equipajes (o compartimentos de almacenamiento) en una aeronave para proporcionar soporte estructural, tanto cuando el compartimento está en una configuración abierta como cuando está cerrado. Los conjuntos de tubos compuestos pueden ser usados también como elementos estructurales en armazones de vehículos.

Para conformar el extremo de un tubo de FC alrededor de un accesorio o inserto (individualmente y colectivamente denominados en el presente documento por comodidad como "accesorio"), tal como un inserto Hylock, el extremo del tubo compuesto es comprimido sobre un diámetro menor del accesorio para formar el conjunto del tubo compuesto. Al hacerlo así, las zonas del extremo comprimido del tubo compuesto se amontonan y es necesario que sean adaptadas o eliminadas. Este amontonamiento de los extremos del tubo compuesto puede tener como resultado un agrietamiento del material de FC después de ser conformado. El extremo del tubo compuesto comprimido y amontonado requiere entonces un procesamiento posterior para limpiar la zona conformada, lo que añade complejidad y riesgos al proceso de fabricación. Otros problemas de la conformación se ven en tubos formados a partir de materiales compuestos que tienen resinas de alta temperatura de endurecimiento, dado que es más difícil conseguir el intervalo de temperaturas de transición vítrea (Tg) de dichos materiales compuestos y, por ello, es más difícil comprimir dichos extremos de los tubos sobre el accesorio.

La técnica relacionada se da a conocer en las Patentes US 2017/356583 A1, US 4 848 957 A y WO 2017/117497 A1.

### CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

La invención está definida en las reivindicaciones adjuntas.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una vista en perspectiva de un conjunto de tubo compuesto de una realización a modo de ejemplo.

La figura 2 es una vista lateral de un accesorio de una realización a modo de ejemplo, que puede ser incorporado en el conjunto de tubo compuesto mostrado en la figura 1.

La figura 3 es una vista lateral de otro accesorio de una realización a modo de ejemplo, que puede ser incorporado en el conjunto de tubo compuesto mostrado en la figura 1.

La figura 4A es una vista lateral en despiece representada esquemáticamente de una parte extrema de un tubo ranurado de una realización a modo de ejemplo y un accesorio representado parcialmente.

La figura 4B es una vista lateral representada esquemáticamente de la parte extrema del tubo mostrado en la figura 4A cuando es acoplada a una superficie exterior estrechada de un accesorio tal como el accesorio mostrado parcialmente representado en la figura 4A.

La figura 5A es una vista lateral representada esquemáticamente de otra parte extrema de un tubo ranurado de una realización a modo de ejemplo.

La figura 5B es una vista lateral representada esquemáticamente de la parte extrema del tubo mostrado en la figura 5A cuando es acoplada a una superficie exterior estrechada de un accesorio.

La figura 6A es una vista lateral en despiece representada esquemáticamente de una parte extrema de un tubo ranurado de una realización a modo de ejemplo y un accesorio representado parcialmente que tiene dos secciones estrechadas secuencialmente.

La figura 6B es una vista lateral representada esquemáticamente de la parte extrema del tubo mostrado en la

figura 6A cuando es acoplada a la superficie exterior estrechada de un accesorio.

La figura 7A es una vista parcial en sección transversal de un ejemplo de un conjunto de tubo de una realización a modo de ejemplo.

La figura 7B es una vista parcial en sección transversal de otro conjunto de tubo de una realización a modo de ejemplo.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Los conjuntos de tubos compuestos 10 que incluyen accesorios 12 están descritos en la Patente US 8,205,315.

En una realización a modo de ejemplo, un extremo 14 de un tubo compuesto o un tubo 16 está dispuesto sobre un accesorio 12, como se muestra en la figura 1. El tubo compuesto 16 puede ser fabricado enrollando fibras compuestas en forma de un filamento (y/o de una cinta) disponiendo una resina epoxi sobre un mandril tubular. Una cualquiera de una variedad de máquinas adecuadas conocidas por los expertos en la técnica puede ser utilizada para este fin. El tubo compuesto puede ser un compuesto de fibra reforzado formado con una resina termoendurecible o termoplástica. En otras realizaciones a modo de ejemplo, el tubo compuesto puede ser un tubo moldeado líquido que puede incluir refuerzo de fibras. Las fibras compuestas pueden ser enrolladas siguiendo una dirección que es sustancialmente helicoidal con respecto a un eje longitudinal 18 del tubo compuesto. En otras palabras, en una dirección a lo largo de la circunferencia transversal o perpendicular al eje longitudinal del tubo. En una realización, las fibras compuestas son enrolladas asimismo con un pequeño ángulo (o ángulos) helicoidales con respecto al eje longitudinal. Sin embargo, las realizaciones del tubo compuesto 16 no están limitadas a estas. Esto es, el tubo compuesto 16 puede ser fabricado enrollando filamentos y/o cintas de material compuesto impregnadas previamente en cualquier forma conocida y en cualquier ángulo. El tubo compuesto puede incluir fibras orientadas en múltiples direcciones como, por ejemplo, en dirección circunferencial (90° con respecto al eje longitudinal), así como fibras a lo largo del eje longitudinal, así como en otros ángulos con respecto al eje longitudinal como, por ejemplo, a 45°.

El accesorio 12 incluye una superficie exterior estrechada 20 como, por ejemplo, la mostrada en las figuras 2 y 3, que se estrecha desde una sección 19 de gran diámetro a la sección 21 de menor diámetro, distalmente con respecto al tubo 16 que define el diámetro reducido o la parte estrechada 23. La superficie exterior estrechada 20 puede tener una superficie exterior lisa como, por ejemplo, la mostrada en la figura 3 o puede tener una superficie exterior rugosa como, por ejemplo, la mostrada en la figura 2 para una mejor adherencia. En realización a modo de ejemplo, la superficie exterior rugosa puede estar formada por una pluralidad de gargantas anulares adyacentes. En otras realizaciones a modo de ejemplo, la superficie exterior puede tener múltiples superficies exteriores estrechadas tales como, por ejemplo, las mostradas en la figura 6A. Por ejemplo, una primera superficie exterior cilíndrica 42 puede estar estrechada axialmente con un primer ángulo 44. Una segunda superficie exterior cilíndrica 46 que se extiende axialmente desde la primera superficie exterior cilíndrica, puede estar estrechada axialmente en un segundo ángulo 48 mayor que el primer ángulo 44 de tal modo que se estrecha a un diámetro más pequeño en la dirección en que se aleja de la primera superficie exterior cilíndrica. Los accesorios incluyen también habitualmente una pestaña cilíndrica 22 próxima al diámetro menor de las superficies exteriores estrechadas. Un cuello 24 se extiende axialmente desde la pestaña en una dirección en que se aleja de la superficie exterior estrechada. Un accesorio extremo, tal como un perno de horquilla 26, puede estar alojado en el cuello y estar conectado al accesorio, tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 1.

En una realización a modo de ejemplo, una parte 27 del extremo del tubo, para ser dispuesta encima de (es decir, encajada en) la superficie exterior estrechada 20 del accesorio, está ranurada con una ranura 32, por lo menos en una ubicación, pero preferentemente, como mínimo, en dos diferentes ubicaciones, para formar como mínimo dos secciones o brazos 30 en voladizo tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 4A. Con fines ilustrativos, únicamente se muestra esquemáticamente la parte estrechada 23 del accesorio junto a la parte extrema 27 del tubo en la figura 4A. Cada ranura 32 se extiende hasta el extremo distal 31 del tubo de modo que forma los brazos en voladizo 30. En una realización a modo de ejemplo, están formadas más de dos ranuras, por ejemplo, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez o más de diez para formar los brazos múltiples 30. Estos brazos están doblados y moldeados por encima de la superficie estrechada del accesorio para acoplar el tubo al accesorio tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 4B que representa la parte extrema del tubo dispuesta por encima de la superficie exterior estrechada del accesorio sin mostrar el accesorio.

Una parte estrechada 25 del tubo compuesto 10 es conformada mediante calentamiento de los brazos 30 de la parte extrema 27 del tubo compuesto 16, en la cual fue introducido el accesorio 12 a una temperatura suficiente para que los brazos de la parte extrema del tubo compuesto sean termoplásticos o moldeables tal como, por ejemplo, ablandando la resina que forma el tubo de material compuesto. En una realización a modo de ejemplo, el tubo es calentado a una temperatura dentro del intervalo de las temperaturas de transición vítrea ( $T_g$ ) del material compuesto que forma el tubo compuesto. Un molde caliente o cualquier otro

instrumento adecuado puede ser utilizado para este fin. Una vez que los brazos 30 de la parte extrema 27 del tubo compuesto 16 están en estado moldeable, son comprimidos y deformados para acoplarse a la parte estrecha 23 del accesorio 12. Esto es, la parte extrema 27 de los brazos 30 del tubo compuesto 16 son deformados para tener conjuntamente una forma y una dimensión sustancialmente conforme con la forma y la dimensión respectivamente de la parte estrechada 23 del accesorio 12. La parte estrechada 25 del tubo compuesto 16 es conformada de este modo. Cuando la parte estrechada 25 del tubo compuesto se enfría, comprime radialmente la parte estrecha 23 del accesorio 12. La parte estrechada 25 del tubo compuesto 16 es sujeta de este modo a la parte estrecha del accesorio 12 para constituir un bloqueo mecánico. La parte estrechada 25 del tubo compuesto 16 puede también ser unida a la parte estrecha del accesorio 12 cuando la resina ablandada se enfría y se une a la parte estrecha del accesorio. Asimismo, se puede utilizar un adhesivo para ayudar a adherir la parte 25 de diámetro reducido del tubo compuesto a la parte estrecha 23 del accesorio. Si se utiliza un adhesivo entre el tubo compuesto y el accesorio, el adhesivo por sí mismo o en combinación con la resina crea una unión entre el tubo compuesto y el accesorio.

Los solicitantes han descubierto múltiples ventajas mediante el ranurado (es decir, formación de ranuras 32) o hendiendo la parte extrema del tubo cuando se forma un conjunto de tubo compuesto. Debido a que los brazos 30 proporcionan flexibilidad (es decir, son más flexibles que cuando la parte extrema del tubo compuesto no está ranurada), el calor, aunque es deseable, no es necesario para curvar cada brazo y unirlo y acoplarlo a la superficie exterior estrechada del accesorio. Sin embargo, el calor es deseable para acelerar el endurecimiento de la estructura adhesiva utilizada en el tubo compuesto y por lo tanto en los brazos. La temperatura de calentamiento puede estar comprendida en cualquier punto desde la temperatura ambiente hasta el extremo superior del intervalo  $T_g$  del material del tubo compuesto. Dado que la configuración de la parte extrema del tubo ranurado que define los múltiples brazos también permite conformar o curvar los brazos a temperatura ambiente sobre la superficie exterior estrechada 20 del accesorio, se instala un cuello 70 sobre los brazos para proporcionar una fuerza adecuada a los brazos contra el tubo para producir una fuerza de conformación en el tubo sin tener que calentar los brazos (figuras 1, 7A, y 7B). Otra ventaja proporcionada por la conformación a baja temperatura es la capacidad para mantener las tolerancias producidas por las diferencias en el coeficiente de dilatación térmica en los materiales utilizados para el tubo y el accesorio. Otra ventaja es la posibilidad de utilizar el herramental fabricado para materiales que de otro modo podrían degradarse a temperaturas de conformación más elevadas. El poder utilizar una temperatura de conformación más baja proporciona además una gran ventaja dado que permite que sean utilizados tubos compuestos fabricados de materiales con un  $T_g$  más elevado, ya que las altas temperaturas requeridas cuando se utilizan procedimientos de conformación tradicionales con muchos materiales no son necesarias.

Dado que la estructura circunferencial es cortada para formar las ranuras y los brazos, se pueden utilizar materiales compuestos para formar el tubo compuesto que habitualmente no se conforman bien. Esto incluye sistemas de fibras estándar o intermedias o altas o ultra-modE y resinas, con  $T_g$  elevados, incluso con  $T_g$  significativamente por encima de 350° F. Incluyen materiales termoplásticos o termomoldeados de matriz.

En las realizaciones de la técnica anterior, en las que no se formaban ranuras, la agrupación de material después del extremo del tubo era comprimida sobre la superficie estrechada y requería un mecanizado para extraer el exceso de material. El material entonces quedaba adherido al diámetro exterior del tubo. Dicho mecanizado y dicha adición de material no son necesarios con el ranurado y la formación de brazos en la parte extrema del tubo compuesto.

En una realización a modo de ejemplo, los extremos ranurados del tubo pueden ser formados en el material impregnado previamente a su enrollado para formar el tubo, o pueden ser formados en otro tubo después de haber conformado el tubo.

En una realización a modo de ejemplo, cada ranura tiene una longitud 72 de tal modo que cuando son montados los brazos en la superficie exterior estrechada del accesorio, cada ranura se extiende a lo largo de la totalidad, o sustancialmente en la totalidad de la longitud 74 de la superficie exterior 20 anular estrechada del accesorio. En otras realizaciones a modo de ejemplo, la longitud de cada ranura puede ser menor que la longitud total de la superficie exterior estrechada 20.

En una realización a modo de ejemplo, cada ranura es de forma rectangular, dado que cada ranura incluye bordes opuestos generalmente paralelos o paralelos 50 que se extienden a lo largo de toda la longitud o sustancialmente de toda la longitud de cada ranura tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 4A. Cuando están dispuestos y acoplados con la superficie exterior estrechada del accesorio, los brazos 30 mostrados en la figura 4A definen una forma como la mostrada en la figura 4B. En otra realización de ejemplo, como se muestra en la figura 5A, cada ranura 32 es de forma triangular, de tal modo que el vértice 52 del triángulo es proximal y la base 54 del triángulo es distal del tubo 16, definiendo la máxima separación de la ranura, o la máxima anchura de la ranura en el extremo distal 56 del tubo, de modo que la mayor anchura de la ranura está más próxima a la sección más pequeña 21 del diámetro de la superficie estrechada 20 del accesorio cuando el accesorio está dispuesto en el extremo del tubo. En otras realizaciones a modo de ejemplo, las ranuras pueden tener anchuras no lineales o variables para acomodar diferentes formas geométricas del

estrechado de la superficie del accesorio tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 6A. Por ejemplo, las ranuras pueden tener anchuras variables, de tal modo que la anchura de la ranura varía a lo largo de dos ángulos diferentes, de modo que los brazos 30 formados pueden acoplarse con un accesorio que tenga una primera superficie estrechada 42 que se estrecha con un primer ángulo 44 y una segunda superficie estrechada 46 que se extiende axialmente desde la primera superficie estrechada y se extiende en un segundo ángulo 48 que es mayor que el primer ángulo, como se muestra, por ejemplo, en la figura 6A. En una realización a modo de ejemplo, los bordes de cada ranura son curvados o continuamente curvados. En realizaciones a modo de ejemplo, los bordes opuestos 60 de las ranuras son tales que cuando los brazos son acoplados sobre la superficie exterior estrechada del accesorio, dichos bordes opuestos 60 son paralelos o casi paralelos entre sí y están próximos uno al otro o están en contacto uno con el otro, como por ejemplo se muestra en las figuras 5B y 6B. Esta configuración se espera que proporcione resultados mejores.

Tres realizaciones a modo de ejemplo se facilitan en este documento

#### Realización a modo de ejemplo 1

La parte extrema del tubo (o área circunferencial) incluye ranuras de anchura constante como se muestra, por ejemplo, en la figura 4A. La anchura de cada ranura está basada en la circunferencia reducida en el extremo distal del tubo, cuando el tubo está acoplado al extremo del accesorio, y en el número de ranuras utilizadas. Los extremos proximales de las ranuras pueden incorporar un radio en cada esquina para reducir las concentraciones de tensión.

En esta realización a modo de ejemplo, cada anchura de ranura está definida por la diferencia de la circunferencia a lo largo del estrechamiento del accesorio dividida por el número de ranuras. La longitud de la ranura puede variar en base a las propiedades del material y a las exigencias del diseño, aunque, en la mayor parte de casos, el extremo proximal de la ranura estará próximo o estará en el mismo punto en que está situado el extremo proximal del estrechamiento del accesorio. El volumen abierto que queda después de la conformación entre los bordes opuestos 60 de cada ranura puede ser llenado con un material de relleno tal como un adhesivo estructural, o puede ser dejado abierto.

La anchura de cada ranura es

$$W = (C_{\max} - C_{\min}) / N \text{ [fórmula 1],}$$

en la que,

$W$  = anchura,

$C_{\max}$  = circunferencia máxima de la superficie exterior del accesorio estrechado, en su diámetro máximo, (y por asociación en una realización a modo de ejemplo, el diámetro original de la superficie interior del tubo),

$C_{\min}$  = circunferencia mínima de la superficie exterior del accesorio estrechado, en su diámetro mínimo, (y por asociación en una realización a modo de ejemplo, la circunferencia postformada del diámetro de la superficie interior del tubo en el extremo distal), y

$N$  = número de ranuras alrededor de la circunferencia.

En una realización a modo de ejemplo, la anchura de cada ranura puede ser de un valor comprendido dentro del 25% de  $W$  obtenido mediante la fórmula 1. En otra realización a modo de ejemplo, la anchura de cada ranura puede estar comprendida dentro del 20% de  $W$  obtenido mediante la fórmula 1. En otra realización más a modo de ejemplo, la anchura de cada ranura puede estar comprendida dentro del 15% de  $W$  obtenido mediante la fórmula 1. En otra realización a modo de ejemplo, la anchura de cada ranura puede ser de un valor comprendido dentro del 10% de  $W$  obtenido mediante la fórmula 1. En una realización adicional a modo de ejemplo, la anchura de cada ranura puede ser estar comprendida dentro del 5% de  $W$  obtenido mediante la fórmula 1. Tal como es conocido en la técnica, la circunferencia se calcula multiplicando el diámetro por  $\pi$ .

#### Realización a modo de ejemplo 2

La parte extrema del tubo está formada con ranuras de una anchura que varía de forma lineal tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 5A. Las ranuras tienen una forma tal que, cuando son acopladas sobre la sección de la superficie exterior estrecha de único ángulo del accesorio, los dos bordes opuestos de cada ranura son en general paralelos, o paralelos entre sí, y se encuentran o están en contacto uno con el otro a lo largo de toda la longitud de la ranura.

Las ranuras son de forma triangular en una vista en planta, con la punta de la "V" o la punta del triángulo señalando hacia el extremo proximal del tubo, y el extremo distal de la ranura que es el extremo más ancho de la ranura, está en el extremo distal del tubo.

La longitud de la ranura puede variar en base a las propiedades del material y a las exigencias del diseño,

aunque en las realizaciones a modo de ejemplo el extremo proximal de la ranura puede ser cercano al punto en el que está situado el extremo proximal de la superficie exterior estrechada del accesorio.

5 En esta realización a modo de ejemplo, cada ranura es aproximadamente un triángulo isósceles con la base definida como la amplitud máxima (W) de la ranura en el extremo distal 56 del tubo y el ángulo bisector desde el vértice 52 (es decir, la "V") del triángulo a la base 54 definido como la longitud de la ranura (L). A este respecto, cuando los brazos son doblados y dispuestos sobre la superficie exterior estrechada del accesorio, los bordes opuestos de cada ranura están muy próximos uno al otro o están en contacto uno con el otro.

10 En realizaciones a modo de ejemplo, en las que los bordes opuestos 60 de cada una de las ranuras no están en contacto uno con el otro después de haber sido acopladas a la superficie exterior del accesorio, el volumen abierto que queda después de la conformación puede ser llenado con un material de relleno tal como un adhesivo estructural, o puede ser dejado abierto.

15 El extremo proximal de la ranura es el punto teórico en que se encuentran los dos bordes en ángulo opuestos que definen cada ranura. En realizaciones a modo de ejemplo, el extremo físico de la ranura puede no estar exactamente en este punto debido a limitaciones de fabricación, y/o para reducir concentraciones de tensión.

20 La anchura de la ranura  $W_x$  varía linealmente en función de la distancia "X" desde el vértice proximal, y es:

$$W_x = W - 2 \cdot X \cdot \tan(\Theta) \text{ (fórmula 2),}$$

en la que,

25 W para el borde distal de la ranura es calculado utilizando la fórmula 1,

$\Theta$  = ángulo entre los dos lados de la ranura, y

$$\Theta = 2 \cdot \tan^{-1}(LW/2).$$

L = longitud de cada ranura

30 En una realización a modo de ejemplo, la anchura  $W_x$  a una distancia X de cada ranura puede estar comprendida dentro del 25% de  $W_x$  obtenido mediante la fórmula 2. En otra realización a modo de ejemplo, puede estar comprendida dentro del 20% de  $W_x$  obtenido mediante la fórmula 2. En otra realización más a modo de ejemplo, puede estar comprendida dentro del 15% de  $W_x$  obtenido mediante la fórmula 2. En otra realización a modo de ejemplo, puede estar comprendida dentro del 10% de  $W_x$  obtenido mediante la fórmula 2. En una realización adicional a modo de ejemplo, puede estar comprendida dentro del 5% de  $W_x$  obtenido mediante la fórmula 2.

### Realización a modo de ejemplo 3

40 La zona de la parte extrema tiene ranuras de una anchura que varía de manera no lineal como se muestra, por ejemplo, en la figura 6A. Las ranuras tienen una forma tal que, cuando están formadas sobre la superficie exterior estrechada de un accesorio con un ángulo variable, los dos lados de la ranura casi se encuentran o están en contacto uno con el otro a lo largo de toda la longitud de la ranura. En realizaciones a modo de ejemplo en las que los bordes opuestos 60 de cada una de las ranuras no entran en contacto uno con el otro después de haber sido acoplados a la superficie exterior del accesorio, el volumen abierto que queda después de la conformación puede ser llenado con un material de relleno tal como un adhesivo estructural, o puede ser dejado abierto.

50 Después del mecanizado y antes de la conformación, las ranuras son formadas en base a la proyección radial del ángulo de estrechamiento variable de la superficie exterior estrechada del accesorio, de lo que puede resultar una forma de ranura poligonal o curvada.

La anchura de la ranura  $W_x$  varía en función de la distancia "X" desde el vértice proximal de la ranura y es

$$55 \quad W_x = (C_{\max} - C_x) / N \text{ (fórmula 3),}$$

en la que:

60  $C_{\max}$  = Circunferencia máxima de la superficie exterior estrechada del accesorio (y por asociación en una realización a modo de ejemplo, diámetro de la superficie interior original del tubo),

$C_x$  = la circunferencia del perfil formado a una distancia "X" del vértice proximal, y

N = número de ranuras alrededor de la circunferencia.

65 En una realización a modo de ejemplo, la anchura  $W_x$  a una distancia X de cada ranura está comprendida dentro del 25% de  $W_x$  obtenido mediante la fórmula 3. En otra realización a modo de ejemplo, está comprendida dentro del 20% de  $W_x$  obtenido mediante la fórmula 3. En otra realización más a modo de

ejemplo, está comprendida dentro del 15% de Wx obtenido mediante la fórmula 3. En otra realización a modo de ejemplo, está comprendida dentro del 10% de Wx obtenido mediante la fórmula 3. En una realización adicional a modo de ejemplo, está comprendida dentro del 5% de Wx obtenido mediante la fórmula 3.

El solicitante ha descubierto que, después de acoplar el extremo 27 del tubo a la superficie exterior estrechada del accesorio, se puede producir una micro-deformación del tubo formada en una dirección radialmente alejada del accesorio, en un punto 76 próximo al extremo del accesorio, opuesto a la pestaña 22 del accesorio, cuando el extremo del tubo ha sido endurecido sobre el accesorio. Dicha micro-deformación también se puede producir durante la utilización del conjunto de tubo compuesto. Los solicitantes descubrieron que pueden solucionar este problema mediante la formación de un escalón o escalones anulares 78 en la superficie exterior del accesorio en el extremo opuesto a la pestaña tal como se muestra, por ejemplo, en las figuras 7A y 7B. En una realización a modo de ejemplo, un primer escalón 78a es proporcionado por la reducción del diámetro exterior del accesorio. En otra realización a modo de ejemplo, están dispuestos múltiples escalones 78 que tienen una primera reducción de diámetro seguida a continuación por una segunda reducción de diámetro en sentido distal hacia el extremo opuesto a la pestaña para crear otro escalón, seguido de una tercera reducción de diámetro y así sucesivamente, como se muestra, por ejemplo, en las figuras 7A y 7B. Aunque una reducción de diámetro es necesaria, pueden proporcionarse múltiples reducciones de diámetro tal como se describe en el presente documento.

Un escalón anular 80 está dispuesto en la superficie interior de la parte extrema del tubo, antes, próximo al extremo del tubo. Este escalón anular se forma incrementando el diámetro de la superficie interior del tubo mediante la eliminación de material de tubo de la superficie interior del tubo o conformando el tubo de modo que tenga dicho escalón. El escalón anular 80 formado en el tubo es tal que, cuando el tubo se acopla con la superficie exterior del accesorio, el escalón anular 78 del accesorio se acopla con el escalón 80 del tubo. En una realización a modo de ejemplo, disponiendo el accesorio con múltiples escalones, el mismo accesorio puede ser utilizado para alojar tubos con diferentes grosores de pared. Por ejemplo, en la realización mostrada en la figura 7B, se pueden alojar tres diferentes grosores de tubo con un único accesorio. En otras realizaciones a modo de ejemplo, la superficie interior del tubo puede tener múltiples escalones anulares de manera complementaria a la pluralidad de escalones anulares 78 definidos en el accesorio.

Aunque la descripción en el presente documento ha sido realizada en detalle con referencias particulares a realizaciones a modo de ejemplo de la misma, no se pretende que las realizaciones a modo de ejemplo descritas en el presente documento sean exhaustivas o que limiten el alcance de la invención a las formas exactas dadas a conocer. Los expertos en la técnica y en la tecnología a la que pertenece esta invención comprenderán que se pueden practicar modificaciones y cambios en las estructuras y procedimientos descritos de montaje y de funcionamiento sin apartarse significativamente de los principios y del alcance de esta invención, tal como se expone en las reivindicaciones siguientes. Aunque términos relativos tales como "exterior", "interior", "superior", "inferior", "debajo", "encima", "vertical", "horizontal", y términos similares pueden haber sido utilizados en el presente documento para describir una relación espacial de un elemento con otro, se comprende que estos términos están previstos para abarcar diferentes orientaciones de los diversos elementos y componentes de la invención, además de la orientación representada en las figuras. Adicionalmente, tal como se utiliza en el presente documento, el término "sustancialmente" y términos similares son utilizados como términos de aproximación y no como términos de grado, y están previstos para tener en cuenta las desviaciones inherentes en los valores medidos o calculados que pueden ser reconocidos por personas expertas en la técnica. Además, las tareas antes descritas pueden ser realizadas en el orden descrito o en cualquier otra secuencia adecuada. Adicionalmente, los procedimientos descritos anteriormente no están limitados a las tareas descritas. Por el contrario, para cada realización, una o varias de las tareas descritas pueden faltar y/o se pueden realizar tareas adicionales. Además, tal como se utiliza en el presente documento, cuando se hace referencia a que un componente está "en" otro componente, puede estar directamente en el otro componente, u otros componentes pueden estar también presentes entre ellos. Además, cuando se indica que un componente está "acoplado" a otro componente, puede estar unido directamente al otro componente u otros componentes que intervienen pueden estar presentes entre ellos. La invención está definida por medio de las reivindicaciones adjuntas.

# REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para conformar un conjunto de tubo de material compuesto, que comprende:

- 5 obtener un tubo compuesto (16) que comprende un extremo (14), en el que dicho tubo compuesto está formado de fibras y resina, comprendiendo dicho tubo una parte extrema (27) que se extiende hasta el extremo, comprendiendo una pluralidad de ranuras axiales (32), en el que cada una de las ranuras axiales comprende dos bordes (50) en la superficie exterior de dicho extremo del tubo, extendiéndose cada ranura a lo largo de una longitud (72), en el que dichas ranuras definen una pluralidad de brazos (30) en dicha parte extrema;
- 10 obtener un accesorio (12) que comprende un primer extremo opuesto a un segundo extremo, comprendiendo dicho accesorio una superficie exterior anular estrechada (20), estrechándose el primer extremo desde un primer diámetro, o próxima al mismo, hasta un segundo diámetro, en el que el primer diámetro es mayor que el segundo diámetro; y
- 15 colocar la superficie exterior estrechada del accesorio en la parte extrema del tubo de tal modo que el segundo diámetro de la superficie exterior del accesorio está en el o próximo al extremo del tubo, y el primer diámetro de la superficie exterior estrechada del accesorio está más al interior del tubo que el segundo diámetro del accesorio,

20 **caracterizado por que** el procedimiento comprende, además:

- comprimir radialmente cada uno de los brazos sobre la superficie anular exterior estrechada del accesorio;
- conectar o adherir cada uno de los brazos a dicha superficie anular exterior estrechada del accesorio; y
- 25 colocar una estructura de refuerzo o un cuello (70) sobre dichos brazos para retener dichos brazos contra dicha superficie exterior estrechada del accesorio, tal que, después de colocar dicha estructura de refuerzo o dicho cuello, los dos bordes de cada ranura no se superponen entre sí.

30 2. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 1, en el que cada ranura tiene una anchura constante a lo largo de toda su longitud, o sustancialmente toda su longitud, en el primer diámetro.

3. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 2, en el que  $W = (C_{\max} - C_{\min}) / N$ , en la que W es dicha anchura,  $C_{\max}$  es la circunferencia máxima de la superficie exterior estrechada del accesorio,  $C_{\min}$  es la circunferencia mínima de la superficie exterior estrechada en el segundo diámetro y N es el número de ranuras.

35 4. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 2, en el que dicha anchura está comprendida dentro del 15% de una anchura calculada, en el que dicha anchura calculada,  $W = (C_{\max} - C_{\min}) / N$ , en la que  $C_{\max}$  es la circunferencia máxima de la superficie exterior estrechada del accesorio en el primer diámetro,  $C_{\min}$  es la circunferencia mínima de la superficie exterior estrechada en el segundo diámetro y N es el número de ranuras.

40 5. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 1, en el que cada ranura es triangular en una vista en planta, en el que la anchura de la ranura disminuye en una dirección hacia el extremo del tubo.

45 6. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 5, en el que la anchura  $W_x$  de cada ranura de dicha pluralidad de ranuras en función de la longitud X es calculada por medio de la fórmula  $W_x = W - 2 \cdot X \cdot \tan(\Theta)$ , en la que W es la anchura en el borde distal de la ranura,  $\Theta$  es el ángulo entre los dos bordes opuestos de dicha ranura y puede ser calculado por medio de la fórmula  $\Theta = 2 \cdot \tan^{-1}(LW/2)$ , en la que L es la longitud de la ranura, y en el que W puede ser calculado por medio de la fórmula  $W = (C_{\max} - C_{\min}) / N$ , en la que  $C_{\max}$  es la circunferencia máxima de la superficie exterior estrechada del accesorio en el primer diámetro,  $C_{\min}$  es la circunferencia mínima de la superficie exterior estrechada en el segundo diámetro y N es el número de ranuras.

50 7. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 5, en el que la anchura  $W_x$  de cada ranura de dicha pluralidad de ranuras como una función de la longitud X es calculada por medio de la fórmula  $W_x = W - 2 \cdot X \cdot \tan(\Theta)$ , en la que W es la anchura en el borde distal de la ranura,  $\Theta$  es el ángulo entre los dos bordes opuestos de dicha ranura y puede ser calculado por medio de la fórmula  $\Theta = 2 \cdot \tan^{-1}(LW/2)$ , en la que L es la longitud de la ranura, y en la que W está comprendida dentro del 15% de la anchura,  $W_c$  es calculado por medio de la fórmula  $W_c = (C_{\max} - C_{\min}) / N$ , en que  $C_{\max}$  es la circunferencia máxima de la superficie exterior estrechada del accesorio en el primer diámetro,  $C_{\min}$  es la circunferencia mínima de la superficie exterior estrechada en el segundo diámetro y N es el número de ranuras.

55 8. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 1, en el que la anchura  $W_x$  de cada ranura de dicha pluralidad de ranuras en función de su longitud X es calculada por medio de la fórmula  $W_x = (C_{\max} - C_{\min}) / N$ , en la que  $C_{\max}$  es la circunferencia máxima de la superficie exterior estrechada de la



superficie exterior estrechada del accesorio,  $C_x$  es la circunferencia del accesorio a la distancia X medida desde el vértice proximal de la ranura cuando el accesorio está dispuesto correctamente en el interior del tubo y N es el número de ranuras.

5 9. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 1, en el que la anchura  $W_x$  de cada ranura de dicha pluralidad de ranuras en función de su longitud X está comprendida dentro del 15% de la anchura  $W_c$  calculada mediante la fórmula  $W_c = (C_{\max} - C_x) / N$ , en la que  $C_{\max}$  es la circunferencia máxima de la superficie exterior de la superficie exterior estrechada del accesorio,  $C_x$  es la circunferencia del accesorio a una distancia X medida desde el vértice proximal de la ranura cuando el accesorio está dispuesto correctamente en el interior del tubo y N es el número de ranuras.

10. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 1, en el que la anchura de cada ranura de dicha pluralidad de ranuras varía linealmente a lo largo de su longitud.

15 11. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 1, en el que la anchura de cada ranura de dicha pluralidad de ranuras varía de modo no lineal a lo largo de su longitud.

20 12. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 1 o 2, en el que el accesorio comprende como mínimo un escalón anular en el primer extremo del accesorio o próximo al mismo, y en el que el tubo comprende una superficie interior que comprende un escalón anular, comprendiendo además el procedimiento acoplar el escalón anular de la superficie interior del tubo al como mínimo un escalón anular del accesorio.

25 13. Procedimiento, según lo expuesto en la reivindicación 12, en el que en dicho como mínimo un escalón anular del accesorio es una pluralidad de escalones adyacentes.

14. Procedimiento para la formación de un conjunto de tubo compuesto, que comprende:

30 obtener un tubo compuesto (16) que comprende un extremo (14), tal que dicho tubo compuesto está formado de fibras y resina, comprendiendo dicho tubo una parte extrema (27) que se extiende hasta el extremo, tal que el tubo comprende una superficie interior que comprende un escalón anular (80) formado incrementando el diámetro de una superficie interior de dicha parte extrema del tubo mediante la eliminación de material de dicha superficie interior de dicha parte extrema del tubo;

35 obtener un accesorio (12) que comprende un primer extremo opuesto a un segundo extremo, comprendiendo dicho accesorio una superficie exterior anular estrechada que se estrecha desde un primer diámetro en el primer extremo o próximo al mismo, hasta un segundo diámetro, tal que el primer diámetro es mayor que el segundo diámetro, tal que el accesorio comprende como mínimo un escalón anular (78) en el primer extremo del accesorio o próximo al mismo, formado por medio de la reducción del diámetro de la superficie exterior del accesorio;

40 colocar la superficie anular exterior estrechada del accesorio en la parte extrema del tubo de tal modo que el escalón anular de la superficie interior del tubo se acople al como mínimo un escalón anular del accesorio y el segundo diámetro de la superficie anular exterior del accesorio esté en el extremo del tubo o próximo al mismo, y el primer diámetro de la superficie anular exterior estrechada esté más en el interior del tubo que el segundo diámetro de la superficie anular exterior estrechada;

45 comprimir radialmente la parte extrema del tubo sobre la superficie anular exterior estrechada del accesorio; y conectar o adherir cada uno de los brazos a dicha superficie exterior estrechada del accesorio.

15. Conjunto de tubo compuesto que comprende:

50 un accesorio (12) que comprende una superficie exterior estrechada (20), comprendiendo dicho accesorio un primer extremo opuesto a un segundo extremo, en el que la superficie exterior estrechada del accesorio se extiende desde el primer extremo o próxima al mismo hacia el segundo extremo; y una parte extrema del tubo compuesto (27) que se extiende por encima y está acoplada a la superficie exterior estrechada del accesorio,

55 **caracterizado por que** el accesorio comprende como mínimo un escalón anular (78) formado reduciendo el diámetro de la superficie exterior del accesorio en el primer extremo o próximo al mismo, y **por que** el tubo comprende un escalón anular (80) formado en la superficie interior del tubo mediante el incremento del diámetro de dicha superficie interior eliminando material de dicha superficie interior acoplada con el como mínimo un escalón anular del accesorio.

60

FIG. 1

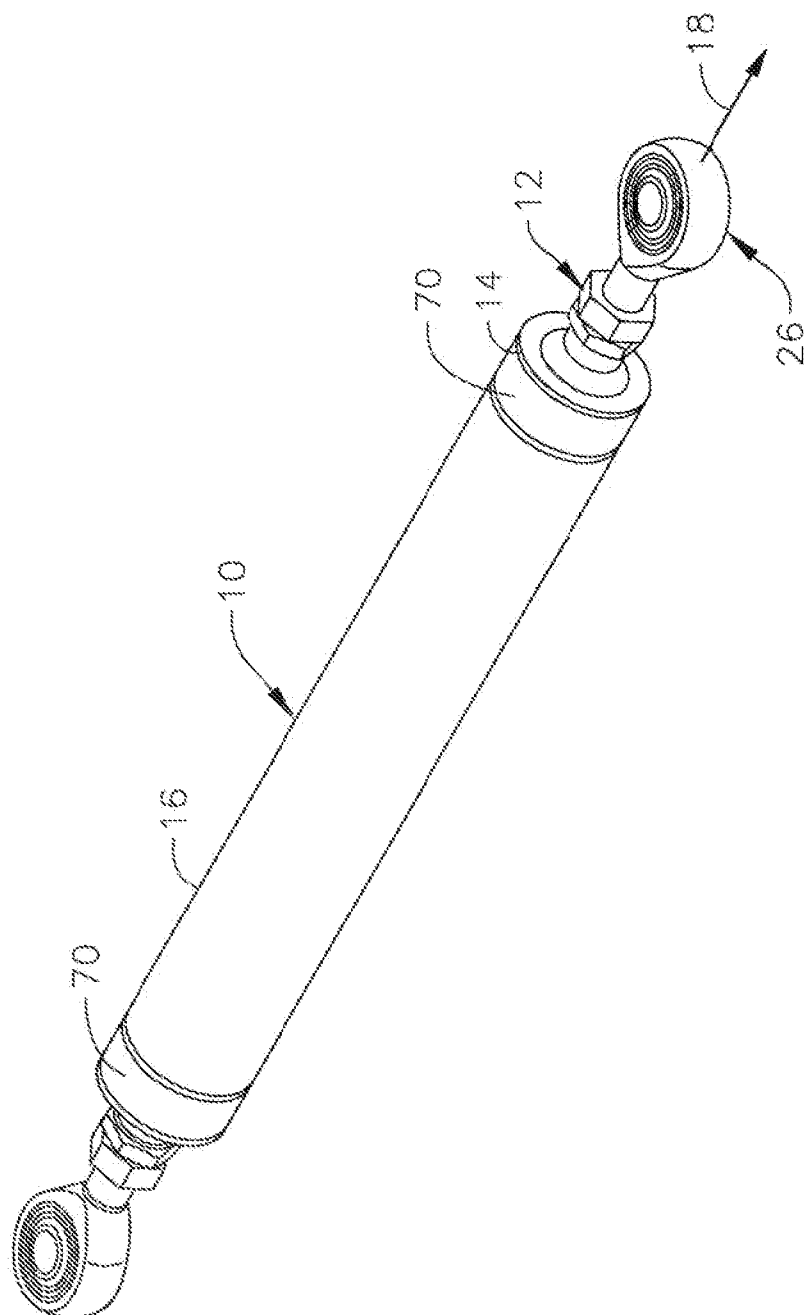


FIG. 2

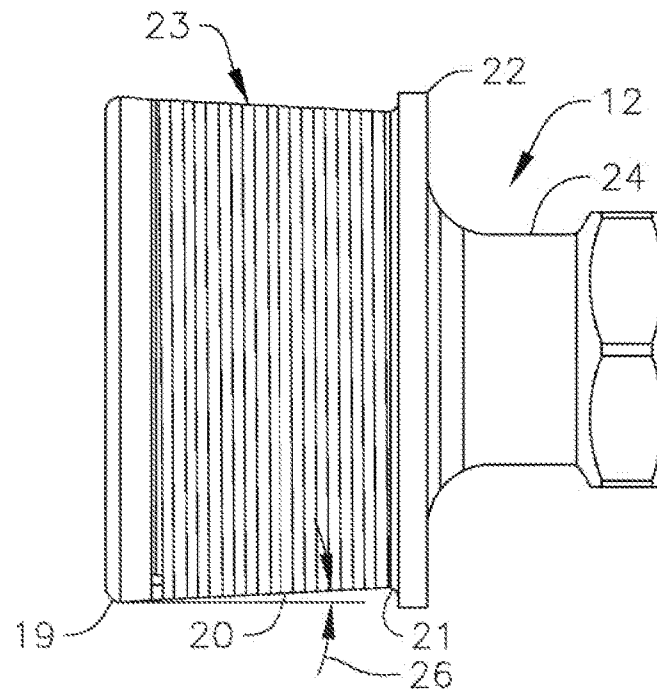


FIG. 3

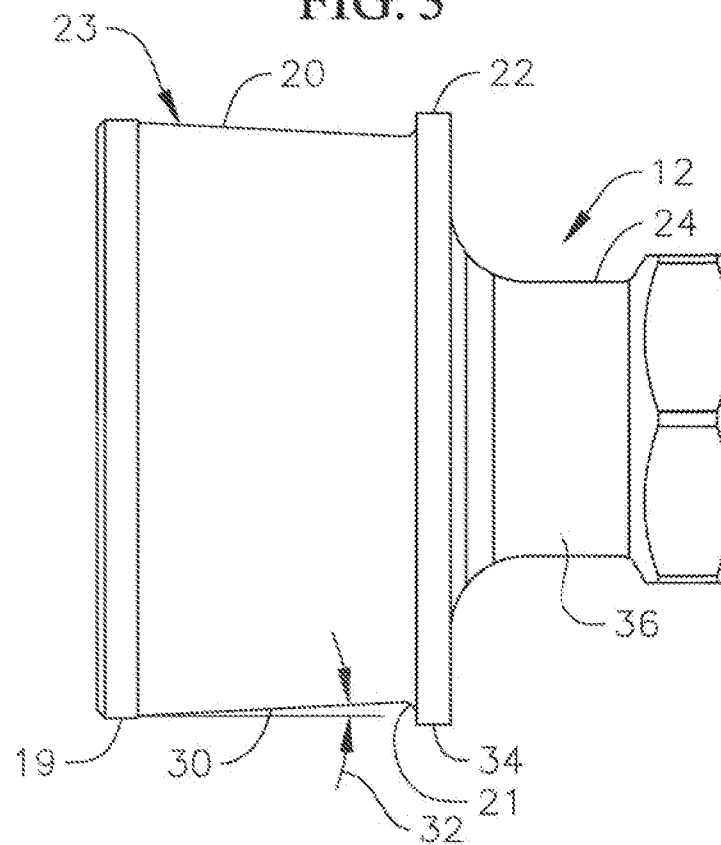


FIG. 4A

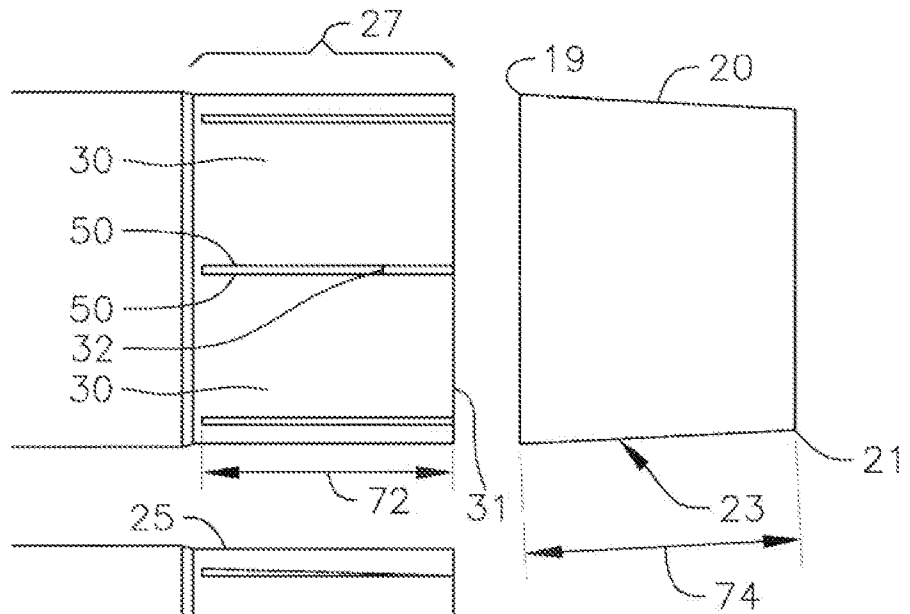


FIG. 4B

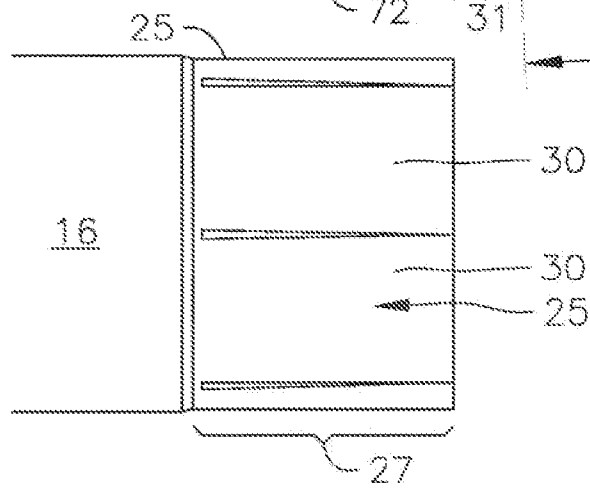


FIG. 5A

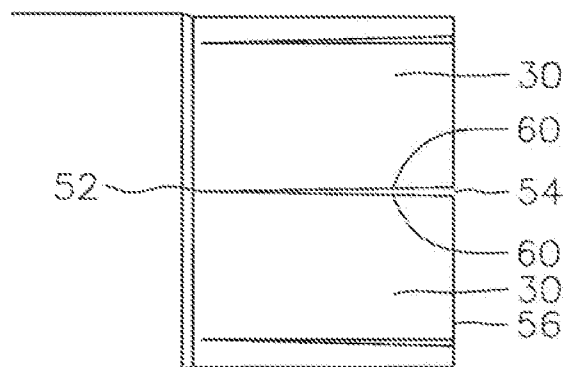


FIG. 5B

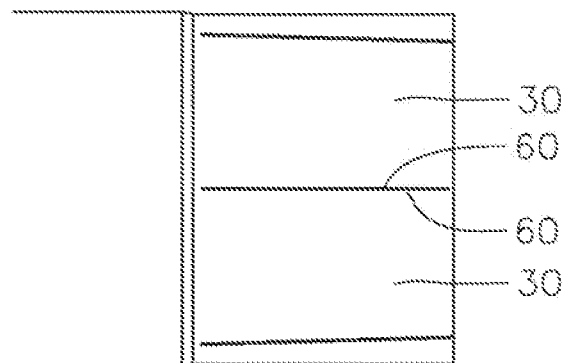


FIG. 6A

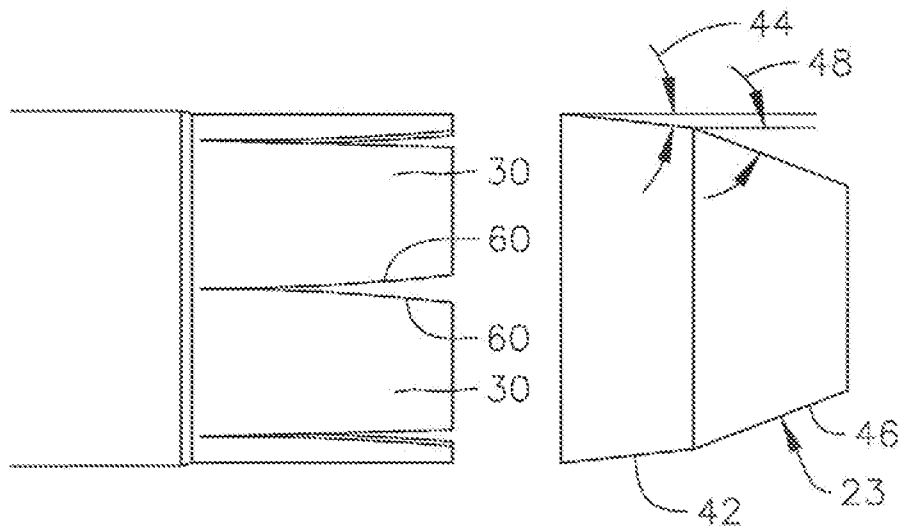
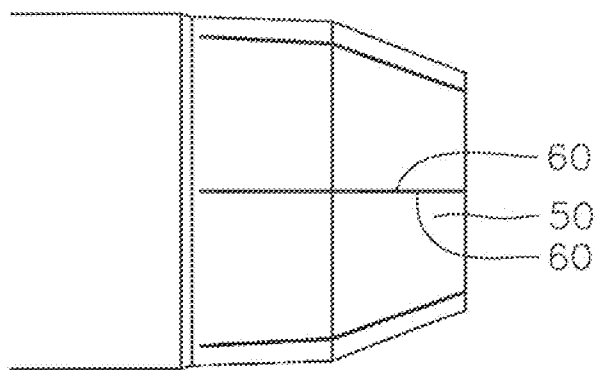
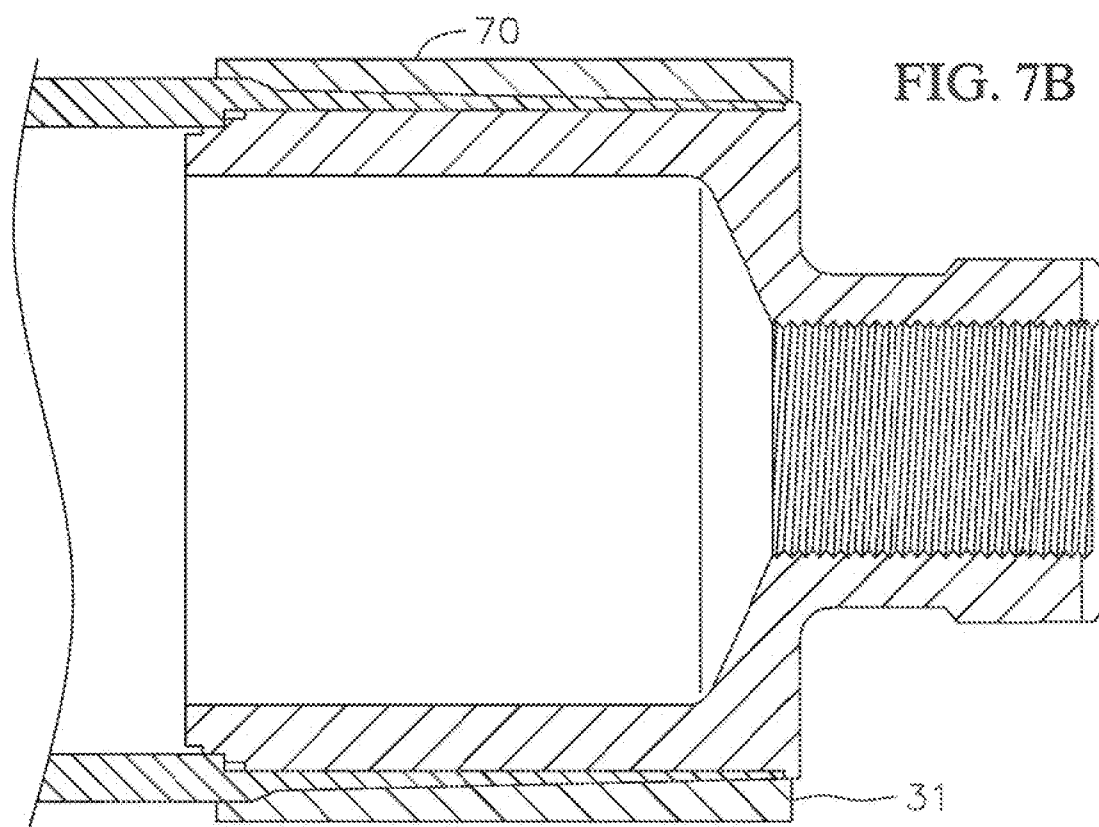
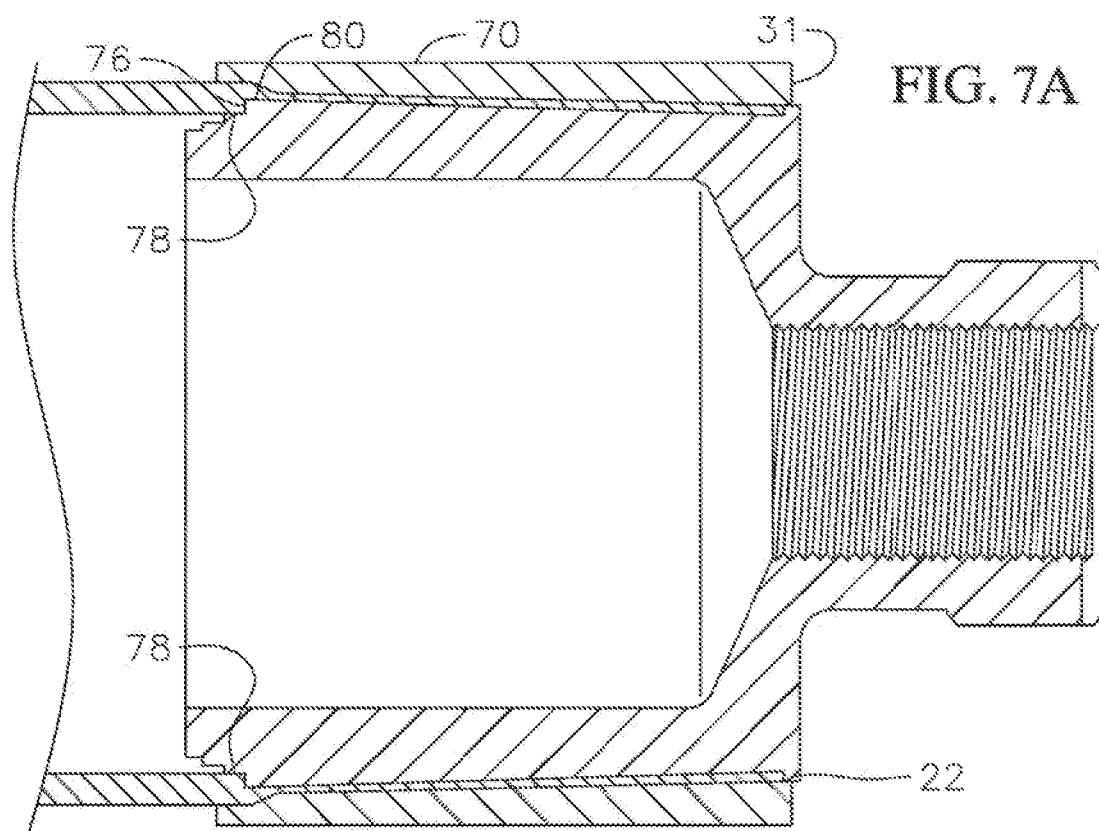


FIG. 6B





**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

- 10
- US 2017356583 A1
  - US 4848957 A
  - WO 2017117497 A1
  - US 8205315 B