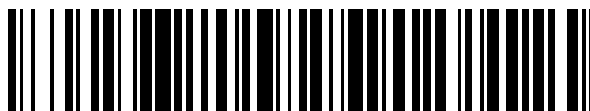


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 211**

51 Int. Cl.:

B64C 1/06 (2006.01)

B64C 13/30 (2006.01)

F16C 7/00 (2006.01)

B29C 33/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2011** **E 11382391 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016** **EP 2607229**

54 Título: **Vástago de material compuesto y método de fabricación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2016

73 Titular/es:

AIRBUS OPERATIONS, S.L (100.0%)
Avda. John Lennon s/n
28906 Getafe, Madrid, ES

72 Inventor/es:

QUINTANA RIO, ANDRÉS

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 586 211 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

Vástago de material compuesto y método de fabricación

5 **Campo de la invención**

La presente invención describe vástagos de material compuesto, el método de *fabricación de los mismos y la herramienta implicada en este proceso. La invención pertenece* al campo de las estructuras plásticas reforzadas por fibra a fin de mantener dos elementos separados una distancia determinada soportando las cargas entre ellos.

Antecedentes de la invención

Los vástagos son estructuras utilizadas habitualmente por ingenieros para mantener separados dos elementos una distancia determinada (fija o variable) soportando las cargas entre ellos. Los vástagos y montantes metálicos son los elementos principales de muchos diseños: soportan elementos estructurales o de sistema y garantizan una distribución uniforme de cargas en las estructuras. Normalmente, las estructuras conectadas están equipadas con cojinetes de bolas para evitar la transmisión de cargas de momentos.

Como ejemplo, sólo en el Airbus A380 se utilizan más de 300 vástagos diferentes. De estos, son de importancia relevante los vástagos que conectan los conectores de las puertas del tren de aterrizaje principal (MLGD) a la estructura de fuselaje. Al ser estas puertas estructuras críticas, la trayectoria de conexión, incluyendo las puertas, están sujetas a requisitos de seguridad adicionales. Además, las cargas soportadas de los vástagos son las cargas cíclicas de cada apertura/cierre de la puerta en cada operación de aterrizaje y despegue, y por tanto las cargas de fatiga son críticas. Además, las MLGD y la carena ventral se identifican como de alto riesgo de rayos. Esto incluye todas las partes o ensamblajes conductores que forman el revestimiento o las superficies externas del avión. Por este motivo, las puertas deben estar eléctricamente puestas a tierra a la estructura principal. Como la conexión de las puertas con el fuselaje es a través de los conectores y los vástagos, los vástagos deben poder transferir la corriente requerida. Actualmente esto se hace a través de puentes de conexión de cobre, unidos a los vástagos por medio de abrazaderas metálicas.

El principal problema técnico es que los vástagos actuales son muy pesados para los fines descritos. Además, hay un problema por resolver en lo que respecta al método de fabricación que actualmente se realiza enroscando mutuamente el conjunto de dos cuerpos metálicos una vez que se han fabricado independientemente.

El documento FR2883939a1 describe un vástago de material compuesto para mantener dos elementos separados a una distancia determinada, llevando las cargas entre ellos, en donde el vástago comprende: dos cuerpos huecos, un cuerpo exterior y un cuerpo interior, cada uno de los cuerpos capaces de soportar las cargas, proporcionando una carga de doble trayectoria, dos extremos de vástago, uno en cada extremo de la estructura comprendida por los dos cuerpos el diámetro interior del cuerpo interior es más grande en substancialmente el centro de la estructura en los extremos.

Descripción de la invención

Los objetivos de la invención se logran por medio de un vástago de material compuesto para mantener separados dos elementos una distancia determinada según la reivindicación 1, y un método de fabricación de una fase para obtener una estructura de vástago hueco según la reivindicación 13. Las realizaciones particulares de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

Sin limitar el alcance de uso de la invención a aviones y generalizando a cualquier otro uso que requiera dos elementos separados una distancia determinada soportando las cargas entre ellos, tales como ferrocarriles, instalaciones industriales, etc., la presente invención presenta en un primer aspecto un vástago de material compuesto, en el que el vástago comprende:

- dos cuerpos huecos, un cuerpo exterior y un cuerpo interior, pudiendo cada uno de los dos cuerpos resistir las cargas, proporcionando una carga de doble recorrido;

Estos dos cuerpos huecos, uno dentro del otro, proporcionan un diseño a prueba de fallos para la estructura entera con el fin de cumplir el requisito de tener un recorrido de doble carga por si uno de los cuerpos falla al resistir las cargas debido a corrosión, fatiga o daños accidentales;

- *dos extremos de vástago, uno en cada extremo de la estructura constituida por los dos cuerpos;*

5 Los vástagos están diseñados con la capacidad de reglaje adecuada para absorber la tolerancia de posición de los puntos de acoplamiento mutuo en los dos elementos unidos por los mismos. Estos vástagos deben poder ajustarse fácilmente en longitud varios milímetros dependiendo del uso que se haga de ellos por medio de dos extremos ajustables;

- *siendo el diámetro interior del cuerpo interior sustancialmente mayor en el centro de la estructura que en los bordes;*

10 El concepto de vástago presentado, es una estructura hueca, con un diámetro interior mayor en el centro (para proporcionar inercia suficiente) que en los bordes.

caracterizado porque:

- *los dos cuerpos están hechos de una estructura de material compuesto,*

15 Con el fin de lograr vástagos más ligeros, la invención sustituye la estructura metálica existente por una estructura de material compuesto. Los materiales compuestos de plástico reforzado con fibra normalmente se realizan a partir de dos o más materiales distintos en realizaciones diferentes: fibras de baja densidad y alta resistencia (tales como vidrio, carbono y aramida) incrustadas en una matriz polimérica. La matriz tiene la función de proporcionar la transmisión de esfuerzos entre las fibras individuales, manteniendo la estabilidad dimensional de la estructura y protegiendo las fibras frente a influencias ambientales, mientras las fibras son los componentes que soportan la carga. Los materiales compuestos de fibras largas son altamente anisotrópicos, teniendo propiedades diferentes en direcciones diferentes. Los materiales compuestos están hechos de varias capas, comprendiendo cada una de ellas los componentes fibra y matriz. Estas capas comprenden fibras largas que discurren unas paralelas a otras, y por lo tanto la propia capa es una vez más altamente anisotrópica. Estas capas individuales se unen entre sí mientras se incrustan en la matriz y se curan, por ejemplo en un horno. Debido a que la orientación, el material y el tipo de las capas pueden diferir unas de otras, es posible adaptar la orientación de las fibras (capa) para una fuerza/rigidez óptimas en las realizaciones preferidas. El rendimiento de la rigidez y la fuerza de un material compuesto de fibra está en gran medida determinado por la elección del material de fibra y la orientación de las capas, por ejemplo desde un laminado unidireccional (todas las fibras siguen la misma orientación) hasta un laminado casi isotrópico (la misma cantidad de fibras discurren en cada dirección). Se requiere un análisis detallado para garantizar que los beneficios de rendimiento completo de estos materiales se incorporan a cualquier diseño estructural de los vástagos. Cuanto más dominante sea la carga en una única dirección, más apropiado será el material compuesto para el vástago;

- *y entre los dos cuerpos el vástago comprende un material conductor, preferiblemente al menos una capa de lámina de cobre.*

Con el fin de cumplir el requisito de que la energía eléctrica debe conducirse por la estructura de fibra tan eficazmente como por estructuras construidas de metal, se proporciona al vástago un buen recorrido de retorno de corriente eléctrica por medio de un material conductor en realizaciones diferentes, tal como

40 capa(s) de lámina de cobre.

En un segundo aspecto, la invención presenta un *método de fabricación de una fase para obtener una estructura de vástago hueco, comprendiendo el método las siguientes etapas:*

- *enrollar filamentos de un cuerpo interior sobre un mandril;*

45 El enrollado de filamentos es una técnica de fabricación para fabricar materiales compuestos, habitualmente en forma de estructuras cilíndricas. El proceso implica enrollar filamentos bajo cantidades variables de tensión sobre un molde macho o mandril. El proceso general de enrollado de filamentos que se puede aplicar incluye la rotación de un mandril mientras un carro o una máquina de enrollado de filamentos se mueve horizontalmente, depositando fibras en el patrón deseado. Se requiere conocer el orden de magnitud de la estructuras, y tener una idea aproximada del número de capas, orientación, propiedades de material requeridas, etc., denominado secuencia de apilamiento. La primera etapa del método de fabricación incluye enrollar un material compuesto sobre un mandril o una herramienta con el fin de construir el cuerpo interior del vástago de material compuesto. El material compuesto está conformado por filamentos;

- *colocar entre el cuerpo interior y el exterior un material conductor, preferiblemente al menos una capa de lámina de cobre;*

Una vez que se ha depositado el laminado interior del cuerpo interior, se aplica una lámina de cobre que cubre el laminado interior entero. Este material conductor proporciona la conductividad eléctrica requerida del vástago de material compuesto final;

- *enrollar filamentos de un cuerpo exterior sobre el cuerpo interior;*

Con la máquina de enrollado de filamentos en el proceso general de enrollado de filamentos, las fibras del laminado exterior se depositan alrededor del laminado interior y la lámina de cobre siguiendo las direcciones definidas de la secuencia de apilamiento para el cuerpo exterior. Un material compuesto conformado por filamentos se enrolla sobre la estructura resultante de las etapas anteriores;

- *enrollar una cinta termocontraíble sobre los dos cuerpos;*

Una vez que ambos cuerpos y el material conductor depositado en medio se han enrollado sobre el mandril o la herramienta, una cinta termocontraíble se enrolla sobre la estructura entera para proporcionar la presión requerida;

- *y curar en un horno la estructura resultante;*

Todos los elementos obtenidos de las etapas anteriores se colocan en un horno para el curado. El vástago final que incluye ambos cuerpos exterior e interior se cura en una sola etapa y por lo tanto el método se denomina "de una fase" comparado con técnicas anteriores en las que el cuerpo exterior y el cuerpo interior se construyen por separado y se fijan entre sí posteriormente.

Todas las características descritas en esta memoria descriptiva (incluyendo las reivindicaciones, descripción y dibujos) y/o todas las etapas del método descrito pueden combinarse en cualquier combinación, con la excepción de combinaciones de tales características y/o etapas mutuamente excluyentes.

Descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas de la invención se entenderán claramente en vista de la descripción detallada de la invención que resulta evidente a partir de una realización preferida de la invención, dada sólo como un ejemplo y sin limitarse a la misma, con referencia a los dibujos.

Figura 1 En esta figura se representa un ejemplo de un vástago según la técnica del estado de la técnica en una vista en perspectiva.

Figura 2 En esta figura se representa un ejemplo de un vástago según una realización de la invención en una vista en perspectiva. En esta realización el vástago se muestra con los extremos de vástago unidos.

Figura 3 Esta figura muestra una realización de la invención con las inserciones en el cuerpo exterior en una vista en sección. En esta vista los extremos de vástago se han retirado y se representan los dos cuerpos, el material conductor y las inserciones metálicas.

Figura 4 En esta figura se muestra una vista detallada de la realización anterior con lengüetas de conexión eléctrica.

Figura 5 En esta figura se muestra una vista detallada de la sección A de la figura 3 de la realización anterior de la invención.

Figura 6 En esta figura se muestra otra vista de una realización de la invención y vistas detalladas diferentes;

la figura 6A muestra una vista lateral de una realización del vástago de la invención sin los extremos de vástago;

la figura 6B muestra una vista en sección transversal del corte BB en la figura 6A;

la figura 6C muestra una vista en sección transversal del corte CC en la figura 6A;

la figura 6D muestra una vista en sección transversal del corte DD en la figura 6A.

Figura 7 En esta figura se muestra aún otra vista parcial de una realización de la invención con un extremo de vástago unido al vástago.

Figura 8 Esta figura muestra una realización de la herramienta usada en el proceso de fabricación.

La figura 8A muestra una vista en despiece ordenado en perspectiva de la herramienta entera;

la figura 8B muestra una vista lateral en la que pueden distinguirse partes diferentes de la herramienta ensamblada.

Figura 9 Esta figura muestra el proceso de desensamblaje de los elementos de la herramienta a partir de una vista en sección transversal del vástago.

La figura 9A muestra una vista en sección transversal del principio del proceso con todas las partes de corona ensambladas;

la figura 9B muestra una vista en sección transversal de la primera parte de corona desensamblada de las otras.

Figura 10 Esta figura muestra el conjunto herramienta-vástago en el momento de fabricar el vástago en una vista en sección transversal del vástago.

Figura 11 Esta figura es la vista detallada de la parte E de la figura 10.

5 Descripción detallada de la invención

Una vez que se ha expuesto el objeto de la invención, a continuación en el presente documento se describen realizaciones no limitativas específicas.

En la figura 1 se representa un ejemplo de un vástago según el estado de la técnica en una vista en perspectiva. El vástago es metálico y los cuerpos exterior e interior se fabrican independientemente y después se ensamblan. En este caso los extremos de vástago están unidos al vástago.

En una realización preferida de la invención, dado que el vástago debe ser eléctricamente conductor, las inserciones metálicas exteriores (5) proporcionan lengüetas integradas (6) para conectar con puentes de conexión conductores (no se muestran en las figuras), preferiblemente hechos de cobre. Estas lengüetas (6) se utilizan para conducir la electricidad al lado externo de la estructura entera. En la figura 2 se muestra una vista en perspectiva de la estructura entera según la presente invención en la que las diferentes partes funcionales son: cuerpo exterior (1) del vástago, extremos de vástago (3) en esta realización con lengüeta de orificio doble en un lado del vástago y lengüeta de orificio único en el otro lado del vástago y lengüetas (6) integradas con las inserciones metálicas exteriores (5) que no se muestran en esta figura.

En otra realización preferida de la invención se fabrica un vástago de material compuesto caracterizado porque el ensamblaje entre el cuerpo exterior (1), el cuerpo interior (2) y los extremos de vástago (3) es de rosca doble, y el vástago comprende inserciones metálicas exteriores (5) que están en contacto con el material conductor (4) (en el caso de las realizaciones preferidas de la invención, lámina(s) de cobre). Estas inserciones metálicas exteriores (5) se aplican sobre la lámina de cobre (4) y se utilizan para conectar los extremos de vástago (3), proporcionando la capacidad de reglaje adecuada. El correcto alineamiento entre las roscas del cuerpo interior (2) y las inserciones metálicas exteriores (5) debe garantizarse, de modo que los extremos de vástago (3) puedan enroscarse en las mismas al mismo tiempo. Por otra parte, el reglaje en longitud debe ajustarse rotando el cuerpo del vástago, lo que hace que ambos extremos de vástago se enrosquen o desenrosquen simultáneamente (concepto de tensor de tornillo). Esto significa que incluso si la geometría de las inserciones metálicas (5) en ambos extremos de vástago (3) es la misma, en un extremo de vástago (3) la inserción metálica (5) debe tener una rosca a derechas y en el otro debe tener una rosca a izquierdas.

En una realización más preferida, el cuerpo interior (2) comprende inserciones metálicas interiores (7). Las inserciones metálicas interiores (7) y las inserciones metálicas exteriores (5) son independientes entre sí con el fin de proporcionar recorrido de carga independiente completo. Las inserciones metálicas interiores (7) están diseñadas con una inclinación con el fin de reducir las tensiones máximas mediante biselado y son más largas que las inserciones metálicas exteriores (5) para permitir que los extremos de vástago (3) se enrosquen y desenrosquen correctamente durante el reglaje. En las figuras 3, 4 y 5 se ven vistas detalladas diferentes del vástago con inserciones metálicas interiores (7) e inserciones metálicas exteriores (5) con lengüetas integradas (6), en las que se distinguen partes diferentes: cuerpo exterior (1) del vástago, cuerpo interior del vástago (2), lámina de cobre (4), la inserción metálica exterior (5), la lengüeta integrada (6) en la inserción metálica exterior (5) y la inserción metálica interior (7). En estas figuras los extremos de vástago se han retirado y se representan los dos cuerpos (1, 2), el material conductor (4) y las inserciones metálicas (5, 7).

A las inserciones metálicas exteriores (5) y a las inserciones metálicas interiores (7) se les da forma en otra realización de la invención para evitar el efecto de extracción/tracción. Las inserciones metálicas (5, 7) están hechas en una realización preferida de titanio por la compatibilidad del material para evitar problemas de corrosión. Uno de los requisitos es que tenga buen rendimiento de corrosión, y, por ejemplo, la combinación CFRP-Ti (titanio-plástico reforzado con fibra de carbono) es la mejor en cuanto a corrosión galvánica debido al potencial similar y por tanto al par galvánico reducido. Esta forma proporciona un grosor adicional de los cuerpos (1, 2) en el área de las inserciones.

El vástago de la invención tiene, en realizaciones diferentes, los extremos de vástago (3) o bien metálicos o bien hechos de material compuesto.

En la figura 6 las partes diferentes se ven en diferentes vistas en sección transversal detalladas (AA, BB, CC) del mismo vástago sin los extremos de vástago (3). La figura 6B muestra una vista en sección transversal del corte BB en la figura 6A. En esta figura, que representa el centro del vástago, sólo pueden verse el cuerpo exterior (1), el material conductor (4) y el cuerpo interior (2). La figura 6C muestra una vista en sección transversal del corte CC en la figura 6A. En esta figura pueden verse el

cuerpo exterior (1), el cuerpo interior (2), el material conductor (4) y la inserción metálica interior (7). Puede verse también que el diámetro interior del cuerpo interior (2) es sustancialmente mayor en el centro de la estructura (a través de la línea BB) que en los bordes (a través de la línea CC). La figura 6D muestra una vista en sección transversal del corte DD en la figura 6A. En esta figura sólo puede verse el

5 cuerpo exterior (1), el material conductor (4), y la inserción metálica exterior (5). Esto es porque en esta realización, el cuerpo interior (2) no alcanza el extremo del cuerpo exterior (1), lo que también puede entenderse mejor en la vista de la figura 5.

En la figura 7 se ve una vista parcial detallada de una realización de la invención con las lengüetas integradas (6) y los extremos de vástago (3) incluidos. En esta figura se muestra una realización con el

10 extremo de vástago (3) con una lengüeta de agujero único.

En una realización incluso más preferida de la invención, la estructura de material compuesto comprende un laminado casi isotrópico. El comportamiento de la rigidez y la fuerza de un material compuesto de fibra está en gran medida determinado por la elección del material de fibra y la orientación de las capas, desde un laminado unidireccional (todas las fibras siguen la misma orientación) hasta a un laminado casi isotrópico (la misma cantidad de fibras discurren en cada dirección). Antes de que pueda comenzar la fabricación, se requiere conocer el orden de magnitud de las estructuras, el número de capas, orientación (o secuencia de apilamiento), propiedades de material requeridas, etc. Por este motivo, se realiza un dimensionamiento previo. Puesto que todos los cálculos son analíticos, y no hay cálculo de modelo de elementos finitos (FEM), tanto el dimensionamiento previo como el dimensionamiento se

20 realizan teniendo en cuenta sólo la parte central del cuerpo del vástago (excluyendo el área de transición entre el diámetro máximo y el área roscada), y aproximándolo a un cilindro homogéneo. El módulo de Young de un laminado de CFRP puede estimarse considerando sólo el porcentaje de capas en la dirección de 0° (es decir en la dirección longitudinal del vástago): $E \approx \varphi_0 \cdot E_{\parallel}$, con

- E : Módulo de Young del cuerpo.
- 25 • $E_{\parallel}$: Módulo de Young de una única capa (CFRP) paralela a la dirección de la fibra.
- φ_0 : % de capas que siguen la dirección de 0° del laminado.

Para esta realización, un cálculo de dimensionamiento previo se realiza considerando una orientación enfocada a la carga de $\varphi_0 = 60\%$ de las fibras que siguen 0° (es decir la dirección longitudinal del vástago). Teniendo en cuenta el tipo del material que se utiliza en esta realización, el laminado de CFRP, el módulo de Young del laminado es $E \approx 60\% E_{\parallel} = 109200,00$ MPa. Como se utilizan las inserciones metálicas (5, 7) en este cálculo, el radio interior considerado es un 15% mayor con el fin de proporcionar espacio para estas inserciones. Con estas suposiciones, se necesitan 19 capas (11 de ellas a 0°) para el laminado exterior, es decir, el laminado para el cuerpo exterior (1), y se necesitan 29 capas (17 de ellas a 0°) para el laminado interior, es decir, el laminado para el cuerpo

35 interior (2). Estos grosores, llevan a un peso de 1051,9 g. Y esto significa un ahorro de peso del 46% con respecto al diseño metálico previo del estado de la técnica. Este resultado es mucho más ventajoso, y muestra el beneficio de realizar una configuración optimizada e implementar la mayor parte de las propiedades de las fibras.

En una nueva realización de la invención, con la estimación aproximada de los cálculos de dimensionamiento previo, se realiza un cálculo más detallado. El nuevo radio interior (R_{il}) del cuerpo interior (2) tiene en cuenta el grosor y la geometría de la inserción.

$$R_{il} = R_{Oins} = 29,91 \text{ mm.}$$

Asimismo, entre los dos laminados, el cuerpo exterior (1) y el cuerpo interior (2), hay dos capas de lámina de cobre (4) para proporcionar continuidad eléctrica entre los dos extremos de vástago (3).

45 Estas capas en esta realización tienen un grosor total de $t_c = 76 \mu\text{m}$.

Como se ha explicado, el enfoque de considerar el módulo de Young del laminado de CFRP se utiliza en el dimensionamiento previo, considerado sólo por el porcentaje de capas en la dirección de 0° , $E \approx \varphi_0 \cdot E_{\parallel}$. Con el fin de mejorar los cálculos, ahora se utiliza la teoría del laminado clásica para un material anisotrópico, y la ley de Hooke de un material compuesto multicapa. A partir del dimensionamiento previo, los resultados muestran que se prefieren 19 capas y al menos 11 a 0° para el cuerpo exterior (1), y 29 capas con al menos 17 a 0° para el cuerpo interior (2). Aplicando la teoría del laminado mencionada a estos laminados, se consiguen valores más altos del módulo de Young tanto para el cuerpo interior (2) como para el cuerpo exterior (1) que los valores predichos por el enfoque de dimensionamiento previo ($E \approx \varphi_0 \cdot E_{\parallel} = 60\% E_{\parallel} = 109,2$ GPa). Por este motivo, para el cuerpo

55 interior (2) en este ejemplo se reduce el número de capas a 27, porque hay espacio para la optimización.

Hay muchas maneras de disponer las capas para obtener un laminado con el número deseado de las mismas. Con el fin de determinar la secuencia de apilamiento óptima, para optimizar el laminado, y teniendo en cuenta los requisitos del diseño limitado, se consideran las siguientes reglas de apilamiento:

Regla 1, simetría: la secuencia de apilamiento debe ser simétrica alrededor del eje neutro. Para cada capa en dirección $+\theta_i$ a una distancia Z_i del plano medio, existe una capa en dirección $+\theta_i$ a una distancia $-Z_i$, siendo θ_i el ángulo respecto a Z, la dirección principal de carga. Si no es posible una simetría perfecta, la "asimetría" debe mantenerse lo más cerca posible del plano medio.

Regla 2, equilibrado: El laminado debe estar equilibrado: para cada capa en dirección $+\theta_i$ existe una capa en dirección $-\theta_i$. Si el equilibrado perfecto no es posible, el "desequilibrado" debe mantenerse lo más cerca posible del plano medio.

Regla 3, porcentaje de orientación de las capas: para partes del laminado macizas el porcentaje de las capas depositadas en cada dirección debe estar comprendido entre el 8% y el 67%.

Regla 4, capas externas: las capas externas no deben estar en la dirección de la carga principal. Se recomienda utilizar una pareja $45^\circ/135^\circ$ para las capas externas del laminado. Sin embargo, en ciertas aplicaciones, se utiliza una capa externa a 90° .

Regla 5, distribución uniforme de la orientación de las capas: las capas con la misma orientación deben estar distribuidas uniformemente por toda la secuencia de apilamiento para minimizar efectos de acoplamiento y garantizar una distribución de esfuerzos homogénea por todo el laminado.

Regla 6, agrupamiento máximo: El máximo número de capas agrupadas entre sí en la misma dirección está limitado. Este número máximo depende del grosor de las capas, utilizando el menor de: $n_{\max} = 4$ capas o $t_{\max} = 1,0$ mm. Sin embargo se recomienda un máximo de tres capas. En casos en los que el laminado es especialmente grueso, y de acuerdo con el esfuerzo y la fabricación, $n_{\max}$ puede incrementarse.

Regla 7, Mejorar el comportamiento de pandeo: En el caso de cargas de compresión, situar capas en la dirección de 0° lo más lejos posible de la línea de simetría incrementa el pandeo permisible.

Se toman estas secuencias de apilamiento que verifican las reglas previas:

[90/0/0/0/45/135/0/0/0/135/45/0/0/90/0/0/135/45/0/0/0/45/135/0/0/0/90] para el laminado interior del cuerpo interior (2) y [45/135/0/0/90/0/0/90/0/0/0/90/0/0/90/0/0/135/45] para el laminado exterior del cuerpo exterior (1).

En una realización más preferida de la invención, para incrementar el efecto de un recorrido de carga independiente, una capa de película de protección (no se muestra en las figuras) puede utilizarse también entre el cuerpo interior (2) y la lámina de cobre (4). Esta película de protección no se ha considerado en el dimensionamiento.

La lámina de cobre (4) debe estar en contacto con las inserciones metálicas exteriores (5), para proporcionar la continuidad eléctrica entre las mismas. Con el fin de garantizar la conductividad correcta entre ellas, una resina epoxídica densamente cargada especial rellena de micropartículas altamente conductivas, como Kembond Epoxy SE-002 producida por Kemtron Ltd., se utiliza en otra realización de la invención. Este tipo de resinas están ya disponibles en el mercado y se ha probado su conductividad eléctrica. La lámina de cobre (4) puede depositarse seca y después se aplica la resina, o simplemente está impregnada previamente sobre la misma.

Finalmente, para ir un paso más allá en la optimización, en una última realización, se propone usar un material mejor y elegir el parámetro geométrico más conveniente para el dimensionamiento. Como se el vástago descrito está probado, se usa el diámetro exterior actual como entrada. Para el material, se considera una combinación de fibra de módulo elevado tal como M46JB-6000 de Toray Industries Inc. y una resina típica tal como HexFlow® RTM6-2 de Hexcel Corporation. Aplicando la regla de mezclas, (asumiendo un contenido en volumen de fibra de $\varphi_0 = 60\%$) se obtiene un módulo de Young para la

única capa de $E_{\parallel} = 262,76$ GPa y un módulo de Young para el laminado de $E = \varphi_0 \cdot E_{\parallel} = 157656,00$ MPa. Suponiendo que el grosor de la única capa de este material es $t = 0,2$ mm, se prefieren 12 capas (7 de ellas a 0°) para el laminado exterior del cuerpo exterior (1), y se necesitan 16 capas (10 de ellas a 0°) para el laminado interior del cuerpo interior (2). Con estos grosores y la densidad proporcionada por la regla de mezclas, el peso de la estructura es de 674,4 g, sólo un 41% del peso de la estructura metálica original. Con este vástago se obtiene un valor excelente de ahorro de peso del 59%.

Otro aspecto de la invención es proporcionar un método de fabricación de una fase. Una realización de éste método comprende una etapa adicional, antes de colocar el material conductor (4), de colocar una película de protección sobre el cuerpo interior (2), siendo la película de protección tal como se ha explicado anteriormente.

Aún otro aspecto de la invención proporciona una herramienta para la fabricación de los vástagos descritos. Una realización particular de esta herramienta comprende al menos dos espigas con el fin de facilitar la transferencia del movimiento de la máquina al mandril central (8). La figura 8 muestra una realización de la herramienta en la que se distinguen partes diferentes: mandril central (8), partes de corona (9), manguitos roscados (10), herramientas de extremo (11). La figura 8A muestra una vista en despiece ordenado en perspectiva de la herramienta entera. La figura 8B muestra una vista lateral en la que pueden distinguirse partes diferentes de la herramienta ensamblada. En esta figura, cuando el enrollado se realiza sobre la herramienta, las partes de corona hacen que el enrollado sea más ancho en el centro del vástago interior que en los bordes.

Para mostrar un ejemplo de cómo se extraen las partes de corona (9) de la estructura entera una vez que el vástago se ha curado en el horno, se muestra en la figura 9 la primera parte del proceso cuando se desensambla una parte de corona (9). La figura 9 muestra el proceso de desensamblaje de los elementos de la herramienta a partir de una vista en sección transversal del vástago. Con el fin de facilitar el desensamblaje y el desmoldeo, un agente de desmoldeo puede utilizarse en una realización durante el ensamblaje. Con el mismo fin, el mandril central (8) no debe ser cilíndrico sino cónico, y de algún modo debe definirse claramente el lado desde el que deben desensamblarse las partes (un diseño a prueba de manipulaciones inexpertas). Este concepto cónico impedirá la instalación de las inserciones metálicas incorrectas (5, 7) (inserciones con el sentido del roscado incorrecto) en el lado incorrecto del vástago. La figura 9A muestra una vista en sección transversal del comienzo del proceso con todas las partes de corona (9) ensambladas, pero con el mandril central (8) retirado. La figura 9B muestra una vista en sección transversal de la primera parte de corona (9) desensamblándose de las demás. En estas vistas en sección transversal, se muestran el cuerpo exterior (1), el cuerpo interior (2), el material conductor (4), y una lengüeta integrada (6).

Además, en otra realización, el mandril central (8) está dotado de al menos una ranura (8.1) y al menos una de las partes de corona (9) está dotada de al menos un saliente (9.1) que se ajusta en la ranura (8.1), de modo que la rotación del mandril central (8) se transmite a esa parte de corona (9) y esa parte de corona (9) empuja todas las demás partes de corona sin salientes (9.1). En otra realización preferida, el mandril central (8) está dotado de muchas ranuras ligeramente cónicas (8.1) como partes de corona (9), distribuidas uniformemente, y cada parte de corona (9) está dotada de un saliente ligeramente cónico (9.1) que se ajusta en una ranura (8.1). Este concepto de ranura (8.1) y saliente (9.1) permite la transmisión del movimiento rotacional del mandril central (8) a las partes de corona (9), mientras que la forma cónica tanto de las ranuras (8.1) como de los salientes (9.1) permite el ensamblaje previo apropiado de la herramienta impidiendo que se caigan las partes de corona (9) en la posición más baja, pero permitiendo la retirada del mandril central (8) deslizándolo a lo largo de la dirección paralela a la dirección de la herramienta.

Finalmente las figuras 10 y 11 muestran un ejemplo de cómo la herramienta para fabricar el vástago se coloca en la estructura entera formando el conjunto herramienta-vástago. Una vez que el vástago se ha curado en el horno, este conjunto entero de la herramienta se desensambla del vástago acabado. La figura 10 muestra el conjunto herramienta-vástago en el momento de fabricar el vástago en una vista en sección transversal del vástago. La figura 11 es la vista detallada de la parte E de la figura 10. En este detalle el diámetro interior del cuerpo interior (2) es mayor en el centro que en los bordes, pero en esta realización la inserción metálica interior (7) se coloca justo encima del comienzo de las partes de corona (9). También puede verse que en esta realización, los manguitos roscados (10) de la herramienta son huecos y las herramientas de extremo (11) se sitúan dentro de los manguitos roscados (10).

Reivindicaciones

1. Vástago de material compuesto para mantener separados dos elementos una distancia determinada, soportando las cargas entre ellos, en el que el vástago comprende:
 - dos cuerpos huecos, un cuerpo exterior (1) y un cuerpo interior (2), pudiendo cada uno de los dos cuerpos resistir las cargas, proporcionando una carga de doble recorrido,
 - dos extremos de vástago (3), uno en cada extremo de la estructura constituida por los dos cuerpos (1, 2),
 - siendo el diámetro interior del cuerpo interior sustancialmente mayor en el centro de la estructura que en los bordes,
 caracterizado porque:
 - los dos cuerpos están hechos de una estructura de material compuesto, y
 - entre los dos cuerpos el vástago comprende un material conductor (4), preferiblemente al menos una capa de lámina de cobre.
2. Vástago según la reivindicación 1, caracterizado porque el ensamblaje entre los cuerpos (1, 2) y sus extremos (3) es de rosca doble, en el que
 - el vástago comprende inserciones metálicas exteriores (5) en el cuerpo exterior, y
 - las inserciones metálicas exteriores (5) están en contacto con el material conductor (4).
3. Vástago según la reivindicación 2, caracterizado porque las inserciones metálicas exteriores (5) proporcionan lengüetas integradas (6) para conectar con puentes de conexión conductores, preferiblemente hechos de cobre.
4. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, en el que el cuerpo interior (2) comprende inserciones metálicas interiores (7).
5. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque los extremos de vástago (3) son metálicos o están hechos de material compuesto.
6. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque las inserciones metálicas (5, 7) se conforman para evitar el efecto de extracción/tracción y están hechas preferiblemente de titanio, y la estructura de material compuesto de los cuerpos (1, 2) comprende al menos un grosor adicional en el área de las inserciones.
7. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la estructura de material compuesto comprende un laminado casi isotrópico.
8. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además una capa de película de liberación entre el cuerpo interior y el material conductor.
9. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, que comprende una resina epoxídica densamente cargada especial rellena de micropartículas altamente conductivas, preferiblemente Kambond Epoxy SE-002, para establecer contacto entre el material conductor (4) y las inserciones metálicas exteriores (5).
10. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la estructura de material compuesto comprende un laminado con el 60% de las fibras siguiendo una orientación de 0° y el cuerpo exterior comprende 19 capas.
11. Vástago según la reivindicación 10, caracterizado porque el laminado casi isotrópico para el cuerpo exterior comprende 19 capas, y el laminado casi isotrópico para el cuerpo interior comprende 27 capas.
12. Vástago según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la estructura de material compuesto comprende una fibra de módulo elevado que proporciona a la estructura entera un módulo de Young de 157656,00 MPa, estando el vástago constituido por 12 capas para el cuerpo exterior (1) y 16 capas para el cuerpo interior (2).
13. Método de fabricación de una fase para obtener una estructura de vástago hueco, comprendiendo el método las siguientes etapas:
 - enrollar filamentos de un cuerpo interior (2) sobre un mandril,
 - colocar entre el cuerpo interior (2) y el cuerpo exterior (1) un material conductor (4), preferiblemente al menos una capa de lámina de cobre,
 - enrollar filamentos de un cuerpo exterior (1) sobre el cuerpo interior (2),
 - enrollar una cinta termocontraíble sobre los dos cuerpos (1, 2), y
 - curar en un horno la estructura resultante.
14. Método según la reivindicación 13, comprendiendo el método además una etapa adicional, antes de colocar el material conductor (4), de colocar una película de protección sobre el laminado del cuerpo interior (2).

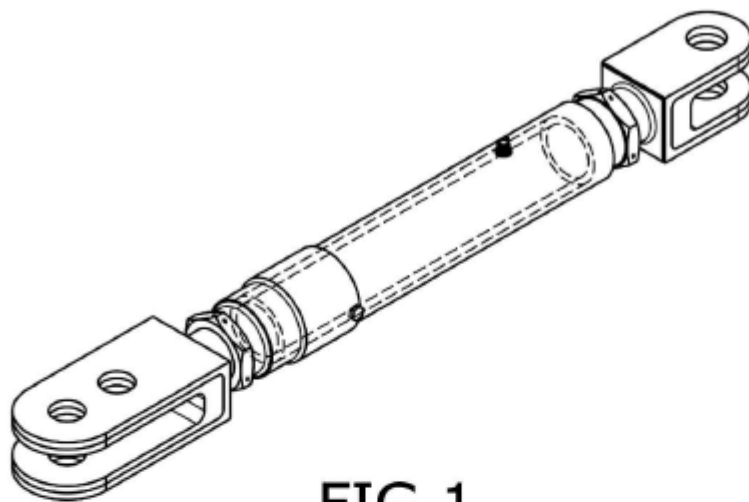


FIG.1

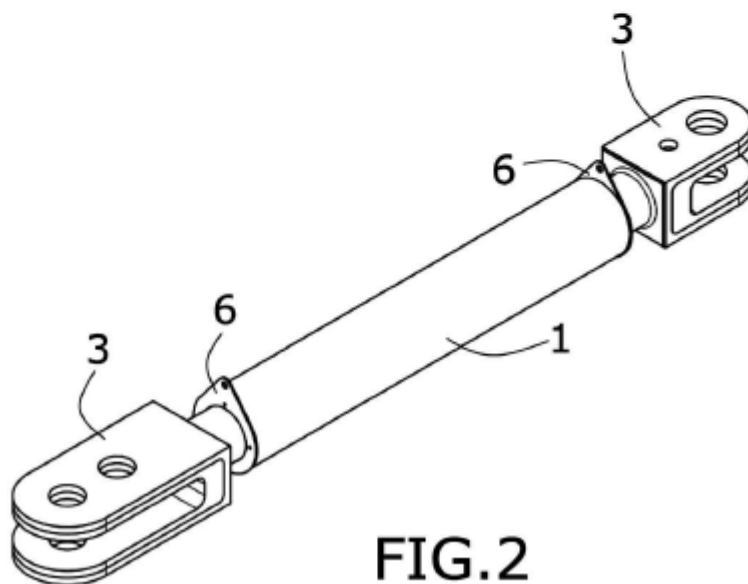


FIG.2

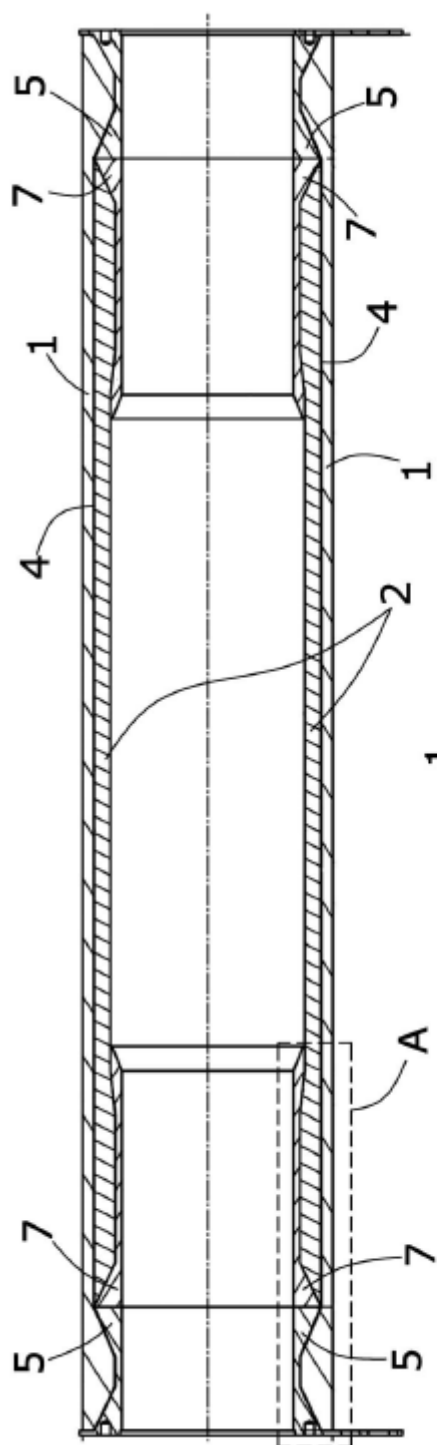


FIG. 3

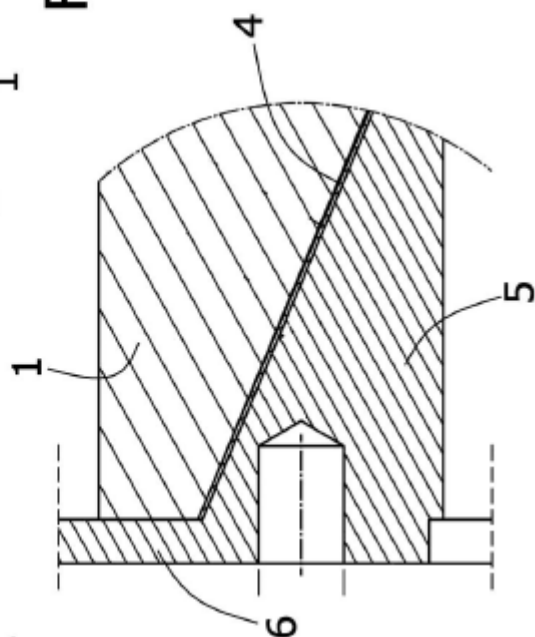
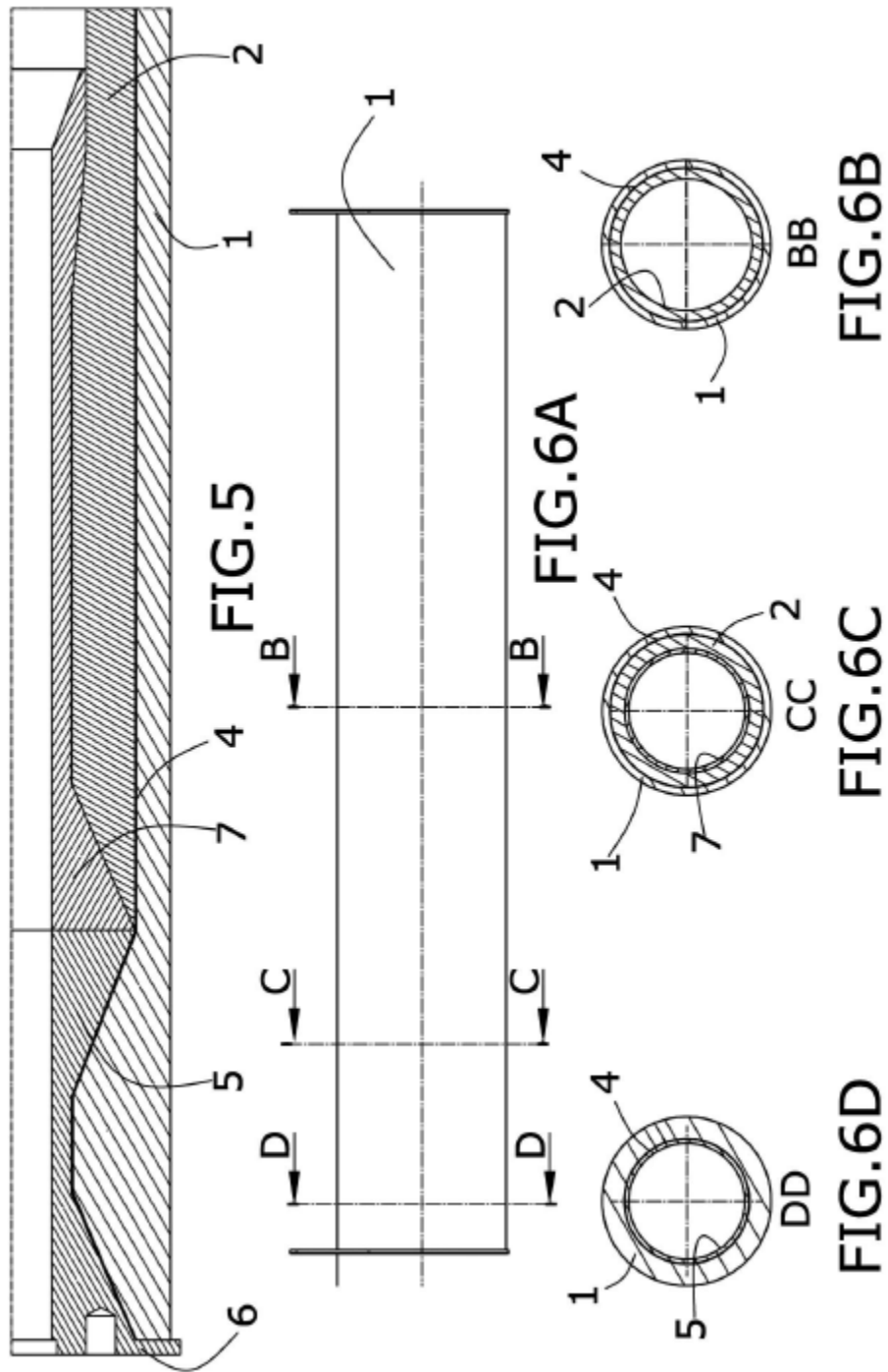


FIG. 4



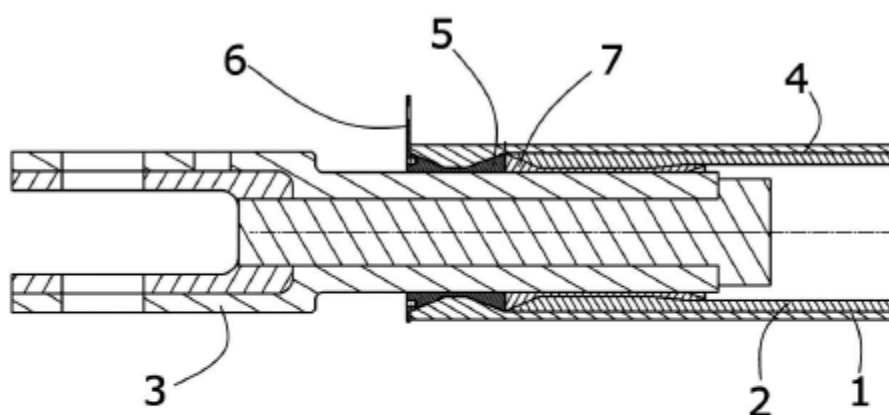


FIG. 7

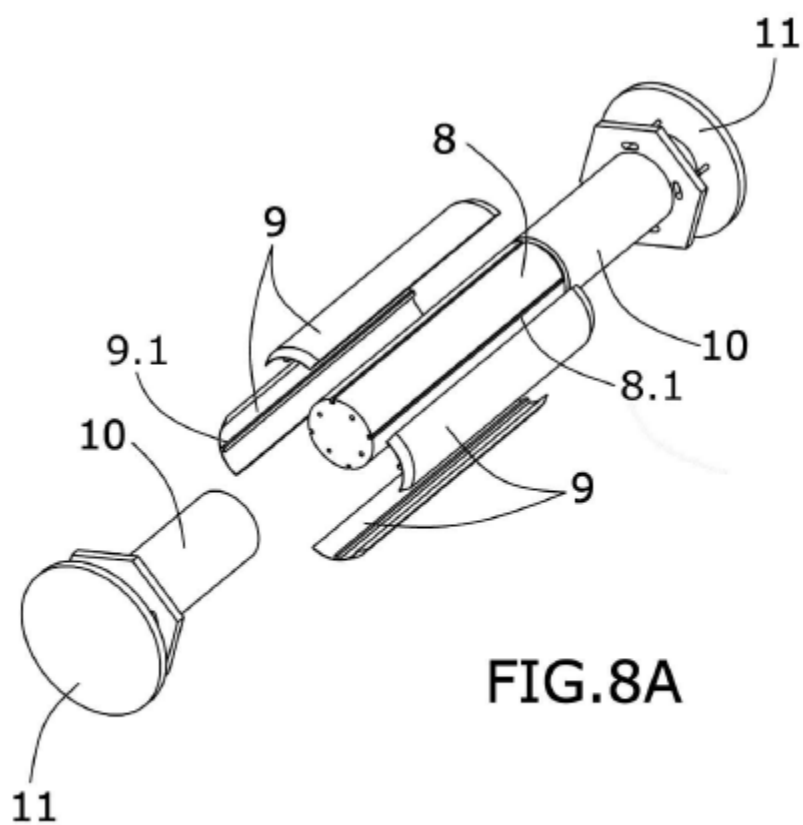


FIG. 8A

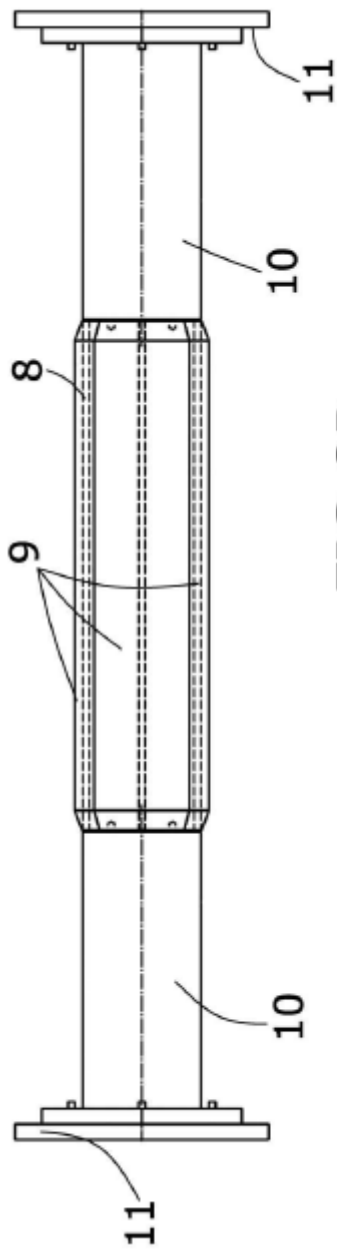


FIG. 8B

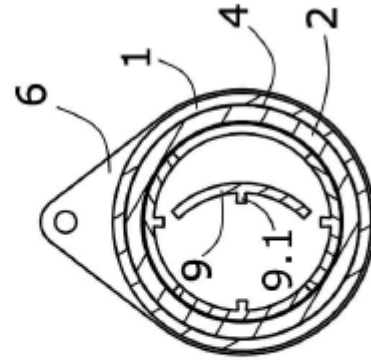


FIG. 9B

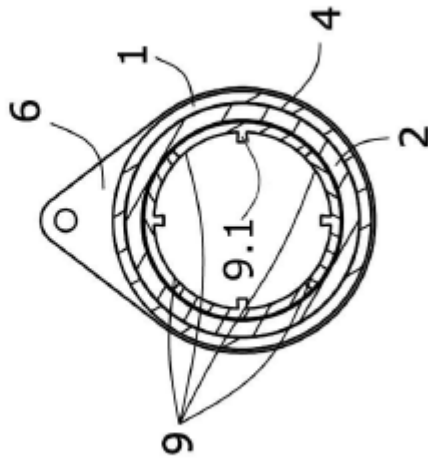


FIG. 9A

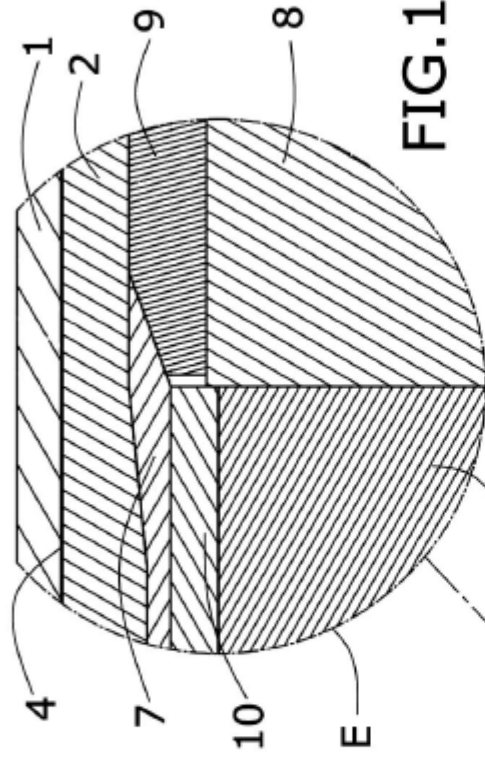


FIG. 11

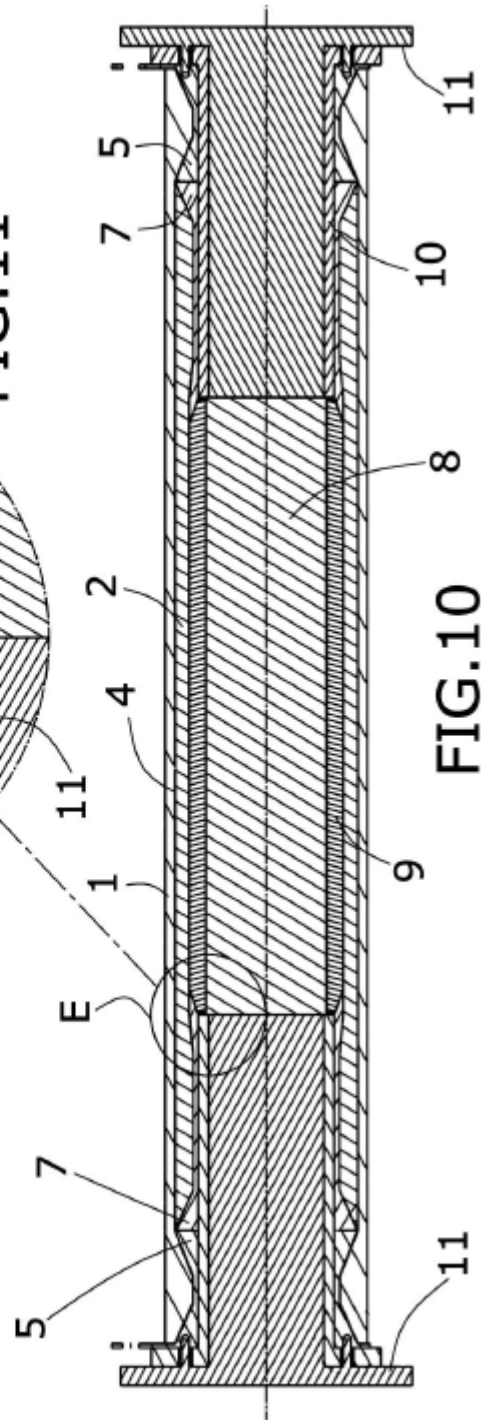


FIG. 10