

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 859**

51 Int. Cl.:

**B64D 45/02** (2006.01)

**B64D 37/32** (2006.01)

**H01R 3/00** (2006.01)

**F16B 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2011 E 11788713 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2651765**

54 Título: **Conexión de casquillo eléctricamente conductor a estructura para trayecto de corriente**

30 Prioridad:

**16.12.2010 US 970827**

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

**20.03.2015**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**FISHER, ROBERT E. y  
IRWIN, JAMES P.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 531 859 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

Conexión de casquillo eléctricamente conductor a estructura para trayecto de corriente

### 5 Información antecedente

#### Campo

10 Las realizaciones de la descripción se refieren en general a equipos para continuidad y conductividad eléctrica y más particularmente realizaciones para un casquillo de expansión compresible que tiene puntos de contacto para una continuidad eléctrica a través de un orificio en haces de compuestos de resina con fibra de carbono para llevar corrientes de fluido (streaming current) y corrientes inducidas por el rayo que se deben conectar eléctricamente a la estructura para impedir que se formen chispas. El documento US 2008/007 8864 A1 muestra un sistema de casquillo que comprende las características del preámbulo de la reivindicación 1.

#### 15 Antecedentes

20 El uso de compuestos de Polímero Reforzado con Fibra de Carbono (CFRP) en aplicaciones estructurales para vehículos aeroespaciales y otros sistemas es ahora común en la práctica. Ciertos sistemas estructurales requieren una capacidad conductora para protección contra rayos y otras aplicaciones eléctricas que la estructura metálica ha proporcionado siempre naturalmente. Sin embargo, las estructuras de CFRP carecen de las mismas capacidades conductoras que las estructuras metálicas. En particular, los orificios a través de las estructuras de CFRP pueden crear condiciones para descargas debido a la carencia de una conductividad eléctrica continua. Para aplicaciones tales como estructuras de tanques de combustible se requieren accesorios de pasador en la estructura para adaptar líneas hidráulicas, sensores y otros sistemas. Como un ejemplo, accesorios de mampara hidráulica a través de haces de compuestos de CFRP transportan corrientes de fluido y corrientes inducidas por rayos que se deben conectar eléctricamente a la estructura para impedir que se formen chispas dentro de una instalación de tanque de combustible.

30 Para adaptarse a dichos requisitos en un sistema de ejemplo, se formó un orificio de precisión en el haz de CFRP y se presionó un casquillo metálico ajustado dentro del orificio con suficiente interferencia para mantener el contacto con la fibra de carbono que se extiende en el diámetro interior del orificio. Esto requiere que se forme un orificio de diámetro de precisión en el material de CFRP para aceptar un casquillo de diámetro exterior de precisión para crear una presión de contacto entre el interior del orificio y el exterior del casquillo. Esta presión de contacto se requiere para la conducción de la corriente eléctrica desde el perno que pasa a través del casquillo a las fibras de carbono que se extienden hacia la superficie interior del orificio pasante. La construcción existente requiere típicamente un material exótico con un coeficiente de expansión térmica muy bajo para coincidir con el del CFRP. Esta presión de contacto se requiere para completar un circuito eléctrico con suficiente capacidad de transporte de corriente para disipar la corriente inducida en los tubos hidráulicos. Se requiere una alta precisión para asegurar que se mantiene la presión de contacto contra las fibras de carbono en el diámetro exterior de los orificios de la instalación que montan el accesorio de mampara.

45 Las estructuras de CFRP pueden tener adicionalmente problemas de corrosión con respecto a ciertos materiales. En consecuencia, la selección de un casquillo de metal de precisión requiere adicionalmente compatibilidad anticorrosión con la estructura de CFRP además de las consideraciones de expansión térmica. Esto puede limitar significativamente la selección de material.

50 Es por lo tanto deseable proporcionar un casquillo de transporte de corriente con una capacidad de contacto eléctrica que elimine el requisito del taladrado de precisión y la precisión de mecanizado de los accesorios. Es también deseable proporcionar un casquillo que no requiera materiales costosos para mantener la coincidencia de la expansión térmica mientras retiene una compatibilidad anticorrosión con el CFRP.

#### Sumario

55 La invención tal como se define mediante las reivindicaciones 1 y 9 comprende un sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor y un método para la fabricación de un casquillo eléctricamente conductor. Las realizaciones no reivindicadas descritas en el presente documento proporcionan una conexión estructural eléctricamente conductora que emplea un pasador o fijación que tenga un primer diámetro. Un orificio de fijación, con un segundo diámetro mayor que el diámetro del pasador, se extiende a través de grosor de una estructura y recibe el pasador. Un casquillo que tenga un diámetro y un grosor para encajar dentro del primer y segundo diámetros se extiende a través y sobrepasa el grosor de dicha estructura. Cuando el pasador se asegura de modo comprensivo a la estructura, el casquillo se expande radialmente entre el primer diámetro y el segundo diámetro para mantener al menos un punto de contacto entre la fijación y la estructura.

65 Otra realización no reivindicada descrita en el presente documento comprende una conexión estructural eléctricamente conductora, que tiene: un fijador que tiene un primer diámetro; una estructura de compuesto en

resina con fibra de carbono que tenga un orificio de fijación con un segundo diámetro mayor que el primer diámetro que se extiende a través de un grosor de la estructura y que recibe el fijador; y, un casquillo eléctricamente conductor que se extiende a través y pasa el grosor de la estructura entre el primer y el segundo diámetros y en el que cuando el fijador se asegura de modo comprensivo a la estructura, el casquillo se deforma elásticamente entre dicho primer diámetro y el segundo diámetro para mantener al menos un punto de contacto entre el fijador y la estructura para conducir la corriente eléctrica, en el que el casquillo incorpora una pluralidad de pliegues y cuando el fijador se asegura de modo comprensivo a la estructura, el casquillo se deforma elásticamente entre el primer diámetro y el segundo diámetro para mantener una pluralidad de puntos de contacto entre el fijador y la estructura.

Una realización adicional no reivindicada descrita en el presente documento implica un método para el mantenimiento de la conductividad eléctrica a través de un orificio en estructuras de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) que comprende: la selección de un elemento tubular con unos diámetros exteriores que pueden recibirse dentro de un orificio de CFRP que tiene un grosor de pared con un diámetro interior suficiente para recibir un elemento roscado externamente y una capacidad de formación para una deformación en pliegue de acordeón; la deformación del elemento tubular para formar los pliegues en acordeón; la determinación de la longitud del casquillo para adaptarse a cualquier contracción del tubo creado por la formación plegada y para mantener la deformación elástica en el casquillo cuando está comprimido en servicio; la inserción del casquillo plegado compresible dentro del orificio en la estructura de CFRP; la inserción de un pasamuros a través del casquillo; roscado de una tuerca sobre el pasamuros; y, apriete de la tuerca para comprimir el casquillo y asegurar el pasamuros en el orificio.

Se describe también un método para mantenimiento de la conductividad eléctrica en unas estructuras de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) que comprende: la inserción de un casquillo plegado compresible conductor dentro de un orificio en la estructura de CFRP; la inserción de un pasamuros a través del casquillo; el roscado de una tuerca sobre el pasamuros; y, el apriete de la tuerca para comprimir el casquillo expandiendo los pliegues para un contacto con la estructura del CFRP para conducir la corriente eléctrica y asegurar el pasamuros en el orificio.

Las características, funciones y ventajas que se han explicado se pueden conseguir independientemente en varias realizaciones de la presente descripción o se pueden combinar en otras realizaciones más, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

### Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista en sección de una primera realización de un casquillo conductor compresible con múltiples puntos de contacto para un perno pasamuros;  
 la FIG. 2 es una vista en sección de una segunda realización de un casquillo conductor compresible con un único punto de contacto para un perno pasamuros;  
 la FIG. 3 es una vista en sección lateral despiezada de una tercera realización de un casquillo conductor compresible con múltiples puntos de contacto para un pasamuros hidráulico en la situación sin comprimir;  
 la FIG. 4 es una vista en sección parcial isométrica detallada del casquillo conductor compresible de la FIG. 3;  
 la FIG. 5 es una vista isométrica de la realización de la FIG. 3 con el casquillo sin comprimir;  
 la FIG. 6 es una vista en sección de la realización de la FIG. 3 en la situación comprimida;  
 la FIG. 7 es una vista isométrica de la realización de la FIG. 3 en la situación comprimida;  
 la FIG. 8 es una vista detallada de la interfaz del casquillo con el orificio y el pasamuros; y,  
 la FIG. 9 es un diagrama de flujo para un método para la fabricación y empleo del casquillo compresible.

### Descripción detallada

Las realizaciones descritas en el presente documento demuestran un casquillo que se expande que mantiene una presión de contacto sobre el interior de un orificio de accesorio cerrado para conducir una corriente eléctrica desde un perno pasante o pasador a la estructura de soporte sin chispas. Con referencia a los dibujos, la FIG. 1 muestra una fijación de pasador tal como un perno 10 que tiene un primer diámetro insertado a través de un casquillo de expansión 12 con múltiples contactos circunferenciales 14 para mantener la presión requerida del casquillo contra la pared interior 16 de un orificio de instalación 18 que tiene un segundo diámetro en la estructura 20 de CFRP. El casquillo 12 se extiende inicialmente pasando las extensiones del orificio en una situación sin comprimir. La presión de resorte se crea mediante la tuerca de apriete 22 sobre el perno (las roscas sobre la tuerca y el perno no se muestran por simplicidad) y que comprime la longitud del casquillo, tal como se describirá con mayor detalle posteriormente. La comprensión de la longitud provoca que el casquillo incremente el diámetro sobre el exterior y disminuya en diámetro sobre el interior. El coeficiente térmico de expansión del material del casquillo es de escasa preocupación dado que se puede mantener el contacto entre el CFRP y los puntos de contacto del casquillo debido a la fuerza de resorte elástico a través de un amplio intervalo de temperaturas. En consecuencia se puede usar un material mucho menos costoso para el casquillo.

Se muestra una segunda realización en la FIG. 2 en la que un casquillo de expansión 12 con un contacto circunferencial 24 mantiene la presión requerida del casquillo contra el diámetro interior 16 del orificio de instalación 18 en la estructura 20 de CFRP. Como en la primera realización, la presión de resorte se crea mediante el apriete de la tuerca 22 sobre el perno y la compresión de la longitud del casquillo. La compresión de la longitud provoca que el

casquillo incrementa su diámetro en el exterior y disminuye en su diámetro interior. Tanto para la primera como para la segunda realizaciones, el casquillo 12 tiene secciones extremas 26 que tienen un diámetro que se recibirá estrechamente sobre el perno 10.

- 5 Las realizaciones descritas en las FIGS. 1 y 2 se pueden usar con, por ejemplo, una fijación de brida a la estructura del CFRP con un patrón de pernos, siendo recibido cada perno en el patrón a través de un orificio en la estructura de CFRP tal como se ha descrito. Dichos pernos pueden variar en tamaño desde 7,938 mm (5/16 de pulgada) a 9,525 mm (3/8 de pulgada) o mayor. En aplicaciones de ese tipo, se puede emplear un tubo de acero inoxidable o titanio de 0,5 mm de grosor como precursor para la fabricación del casquillo compresible, tal como se describirá con mayor detalle posteriormente.

15 Se muestra una tercera realización en la FIG. 3 para un pasador 28 recibido a través de un orificio 30 en una estructura 32 de CFRP. El pasador puede ser significativamente mayor en diámetro que los pernos explicados con respecto a las realizaciones de las FIGS. 1 y 2 con diámetros de hasta 25,4 mm (1 pulgada) o mayores. Para la realización mostrada, el pasador incorpora un orificio central o canal 34 y puede constituir una línea hidráulica, un conducto eléctrico o estructura comparable. El casquillo 36, mostrado en detalle en la FIG. 4, incorpora partes del extremo 38 que tienen un diámetro para ser recibido en estrecha proximidad con el diámetro interior 40 del orificio 30 y se muestra en el estado sin comprimir en la FIG. 3. Los pliegues en acordeón 42 formados en el casquillo, tal como se describirá con mayor detalle posteriormente, se expanden diametralmente, hacia el interior y el exterior, tras la compresión del casquillo axialmente para proporcionar puntos de contacto exteriores 44 para el enganche del diámetro interior 40 del orificio 30 y puntos de contacto interiores 46 para el contacto con el diámetro exterior 48 del pasador 28. Para la realización mostrada, se emplean dos pliegues que proporcionan un contacto del diámetro exterior (con el orificio en la estructura de CFRP) y dos contactos del diámetro interior (con el pasador). En realizaciones alternativas, se pueden emplear pliegues adicionales para contactos adicionales.

25 En la situación sin comprimir tal como se muestra en las FIGS. 3 y 5, el casquillo se extiende más allá del orificio en la estructura de CFRP para ser acoplado para compresión. La tuerca 48 es recibida en las roscas externas coincidentes (no mostradas por simplicidad) sobre el pasador y se acopla una arandela de apoyo 50 que hace contacto con el casquillo 36. Tras el apriete de la tuerca 48 para asegurar el pasamuros en el orificio de la estructura 32 de CFRP, partes extremas 38 del casquillo se acoplan mediante la arandela de apoyo 50 sobre un primer extremo y un resalte 52 sobre el pasamuros en un segundo extremo. En realizaciones alternativas las tuercas con arandelas asociadas se pueden emplear para asegurar el pasamuros en ambos lados de la estructura de CFRP y comprimir el casquillo.

35 El casquillo en el estado comprimido se muestra en las FIGS. 6, 7 y 8. La longitud global del casquillo 36 incluyendo partes extremas 38 y el número y profundidad de los pliegues en acordeón 42 en el casquillo se seleccionan para adaptarse a la expansión requerida para un contacto eléctrico firme tanto con el pasador 28 como con el orificio 30 en el CFRP cuando se comprime por la tuerca y la arandela de apoyo. Preferiblemente, el casquillo 36 permanece elásticamente deformado para proporcionar una fuerza elástica para adaptarse a la expansión y contracción térmicas de los elementos del CFRP y pasador. El vértice de los pliegues 42 puede estar contorneado adicionalmente tal como se muestra en la FIG. 8 para proporcionar un seno 54 que se aplasta contra la superficie opuesta (pasador u orificio) para adaptar una expansión diametral adicional del casquillo durante la compresión axial reduciendo adicionalmente de ese modo los requisitos de tolerancia. El aplastamiento del seno 54 proporciona una superficie de contacto adicional para mejorar adicionalmente las propiedades eléctricas.

45 Para cualquiera de las tres realizaciones descritas, las partes de extremo de los casquillos se pueden rayar o conformar para expandirse diametralmente (o contraerse) bajo compresión del casquillo para un firme contacto con el orificio o pasador adyacente con el que se reciben estrechamente añadiendo de ese modo un área de contacto adicional para conductividad eléctrica. Adicionalmente, aunque la primera realización muestra ambas partes del extremo estrechamente recibidas por el perno sobre un diámetro interior del casquillo y la segunda realización muestra ambas partes del extremo estrechamente recibidas por el orificio sobre un diámetro exterior, en realizaciones alternativas, una parte del extremo puede estar en estrecho contacto sobre el diámetro interior (con el perno o pasador) mientras que la parte del extremo opuesto puede estar en estrecho contacto con el diámetro exterior (con un orificio en la estructura de CFRP). En otras realizaciones alternativas, las partes del extremo pueden tener un diámetro que coloca la parte del extremo intermedia entre el diámetro del orificio y el diámetro del pasamuros. El número y forma de los pliegues en acordeón se puede elegir en base a los requisitos de expansión y conductividad. Mientras que se han empleado un perno y pasadores hidráulicos o eléctricos como elementos de ejemplo, cualquier elemento roscado externamente que se extienda a través de un orificio en la estructura de CFRP puede emplear la capacidad de continuidad de contacto del casquillo compresible tal como se describe en las realizaciones del presente documento.

65 Las realizaciones adicionalmente descritas proporcionan el beneficio de un fácil desmontaje, si se requiere, para retirada del pasamuros o perno con un potencial significativamente reducido de daños para la estructura de CFRP sobre un encaje por presión de precisión del casquillo en un orificio de precisión. Manteniendo las dimensiones del casquillo compresible como resultado de deformación elástica en la relajación de la presión diametral ejercida por el casquillo tras la retirada de la tuerca y arandela de compresión. Incluso si ha tenido lugar alguna deformación

plástica, la sección de pared relativamente delgada del casquillo compresible permite un estirado del casquillo para su retirada sin fuerzas excesivas.

5 Se describe un método para la fabricación y uso del casquillo compresible en la FIG. 9. La fabricación inicial del casquillo se puede realizar mediante la selección de un elemento tubular con diámetros exteriores que puedan recibirse dentro del orificio del CFRP y un grosor de pared con un diámetro interior suficiente para recibir un elemento roscado externamente y una capacidad de conformación para una deformación en pliegues de acordeón, etapa 902. Para casquillos de ejemplo se pueden emplear el titanio o el acero inoxidable para una compatibilidad anticorrosión con el CFRP. Se puede emplear un sistema de deformación de tres rodillos con un par de rodillos 10 externos al tubo y un rodillo coincidente interno al tubo entre el par de rodillos externos para la formación de los pliegues en acordeón, etapa 904. La longitud del casquillo se determina para adaptarse a cualquier contracción del tubo creada por la formación del pliegue y para el mantenimiento de una deformación elástica en el casquillo cuando está comprimido en servicio, etapa 906, y se puede llevar a cabo después del plegado el recorte de una o ambas partes del extremo para ajustarse a los requisitos de longitud después del plegado, etapa 908. Se puede realizar un 15 acabado o marcado externo para un control de la deformación del casquillo usando técnicas de mecanizado estándar, etapa 910.

Para el montaje, el casquillo compresible se inserta dentro del orificio en la estructura de CFRP, etapa 912. El pasamuros o perno se inserta a través del casquillo y la tuerca (con la arandela de apoyo, si está separada) se 20 enrosca sobre el pasamuros, etapa 914. Entonces la tuerca se aprieta para comprimir el casquillo y asegurar el pasamuros en el orificio, etapa 916.

Habiendo descrito ahora varias realizaciones de la descripción en detalle tal como se requiere por las leyes de patente, los expertos en la técnica reconocerán modificaciones y sustituciones a las realizaciones específicas 25 descritas en el presente documento. Dichas modificaciones están dentro del alcance e intención de la presente descripción tal como se define en las reivindicaciones a continuación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor para estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono – CFRP que comprende:

5 un elemento estructural de CFRP que tenga un orificio de pasamuros (30);  
 un pasamuros externamente roscado, que tenga un diámetro (40), para ser recibido en el orificio (30);  
 un casquillo (36) recibido dentro del orificio (30) intermedio entre el orificio y el pasamuros, teniendo dicho casquillo una longitud comprimida con diámetro interior y exterior expandidos, haciendo contacto dicho diámetro interior y exterior expandidos con el orificio (30) y el pasamuros para una conductividad eléctrica; y,  
 10 una tuerca (48) recibida sobre roscas externas del pasamuros, apretada dicha tuerca (48) para forzar al casquillo (36) a una longitud comprimida;  
**caracterizado por que** el casquillo (36) incorpora al menos un pliegue en acordeón (42) intermedio entre partes extremas opuestas, expandiéndose diametralmente dicho pliegue en acordeón (42) tras la compresión de las partes extremas por la tuerca (48).  
 15

2. El sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor para estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono CFRP tal como se define en cualquier reivindicación precedente que comprende adicionalmente una arandela de apoyo (50) intermedia entre la tuerca (48) y el casquillo (36).  
 20

3. El sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor para estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono CFRP tal como se define en la reivindicación 1 en la que el casquillo (36) incorpora una pluralidad de pliegues en acordeón (42) intermedios entre partes de los extremos opuestos, expandiéndose diametralmente elásticamente dichos pliegues en acordeón (42) tras la compresión de las partes del extremo por la tuerca (48), y en el que los pliegues en acordeón (42) incorporan un seno conformado (54) en un vértice para adaptarse a la expansión contra el orificio (30).  
 25

4. El sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor para estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono CFRP tal como se define en cualquier reivindicación precedente en el que el casquillo (36) incorpora una primera y una segunda partes del extremo que tienen diámetros estrechamente recibidos por el pasamuros.  
 30

5. El sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor para estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono CFRP tal como se define en cualquier reivindicación precedente en el que el casquillo (36) incorpora una primera y una segunda partes del extremo que tienen diámetros estrechamente recibidos por el orificio (30).  
 35

6. El sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor para estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono CFRP tal como se define en cualquier reivindicación precedente en el que el pasamuros es uno de entre un perno, una línea hidráulica y un conducto eléctrico.  
 40

7. El sistema de casquillo compresible eléctricamente conductor para estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono CFRP tal como se define en cualquier reivindicación precedente en el que el casquillo (36) se fabrica a partir de acero inoxidable o titanio.  
 45

8. Un método para la fabricación de un casquillo (36) eléctricamente conductor para orificios en estructuras (32) de polímero reforzado con fibra de carbono CFRP que comprende:

50 la selección de un elemento tubular con un diámetro exterior que pueda recibirse dentro de un orificio del CFRP que tenga un grosor de pared con un diámetro interior suficiente para recibir un elemento externamente roscado y una capacidad de conformación para una deformación en pliegues de acordeón (42);  
 la deformación del elemento tubular para formar los pliegues en acordeón; y,  
 la determinación de la longitud del casquillo (36) para adaptarse a cualquier contracción del tubo creada por la formación del pliegue en acordeón y para el mantenimiento de la deformación elástica en el casquillo cuando está comprimido en servicio.  
 55

9. El método según la reivindicación 8 que comprende adicionalmente:

60 el empleo de un sistema de formación de tres rodillos con un par de rodillos externos al tubo y un rodillo interno adaptado al tubo entre el par de rodillos externos para la formación de pliegues en acordeón.

10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9 que comprende adicionalmente:

65 el recorte de una o ambas partes del extremo del casquillo (36) para adaptarse a los requisitos de longitud tras el plegado.

11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 que comprende adicionalmente:

el acabado o marcado externo para un control de la deformación del casquillo (36).

5 12. El método según la reivindicación 11 en el que el acabado o marcado se realiza sobre partes del extremo del casquillo para una deformación contra el orificio o el pasamuros.

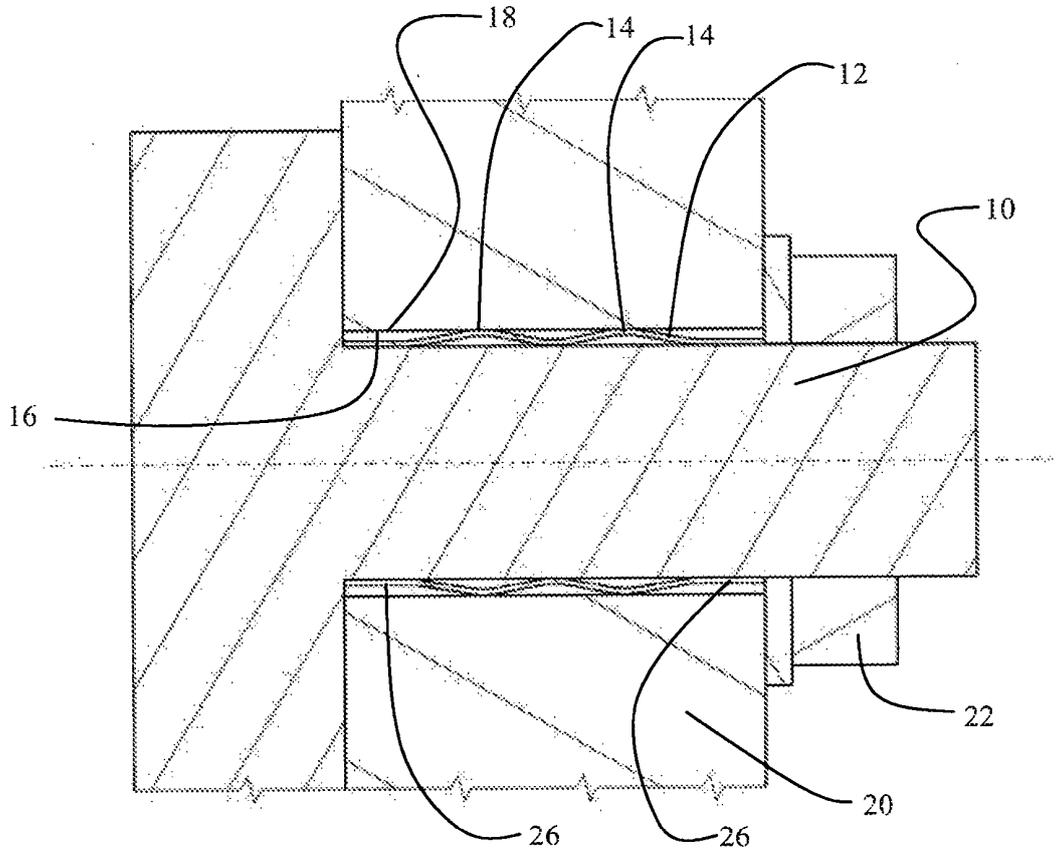


FIG. 1

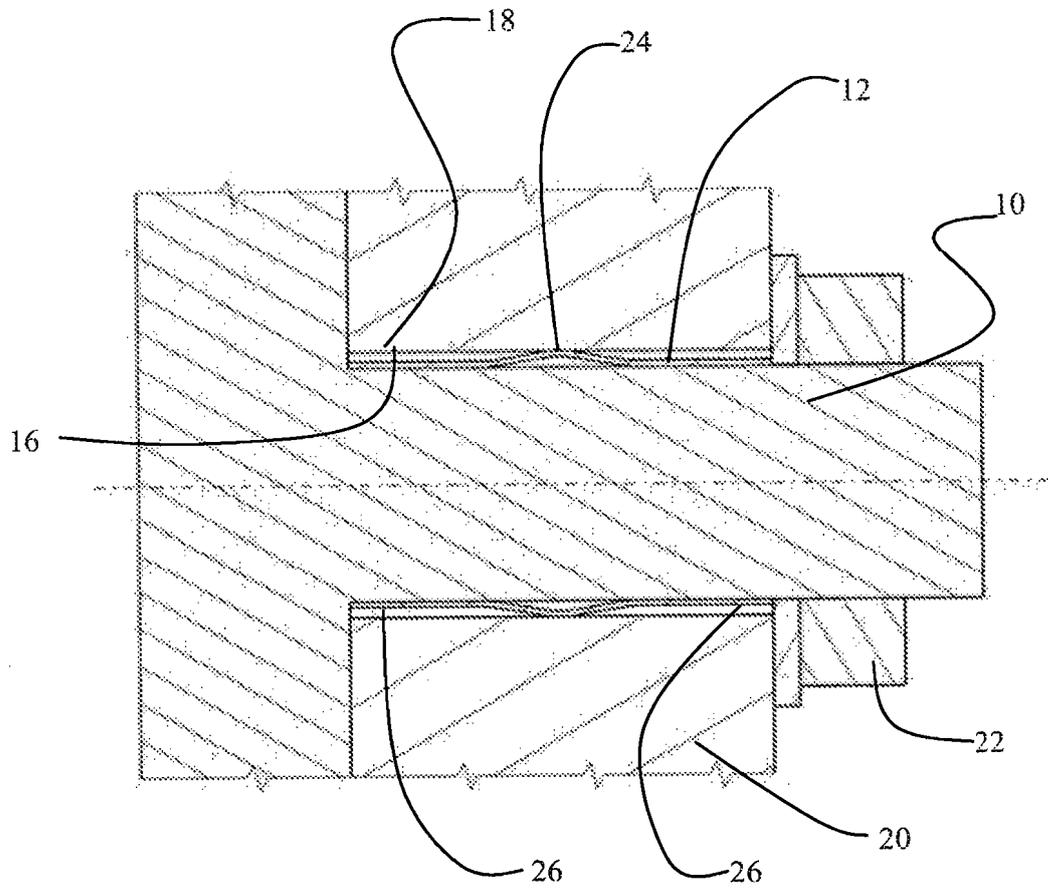


FIG. 2

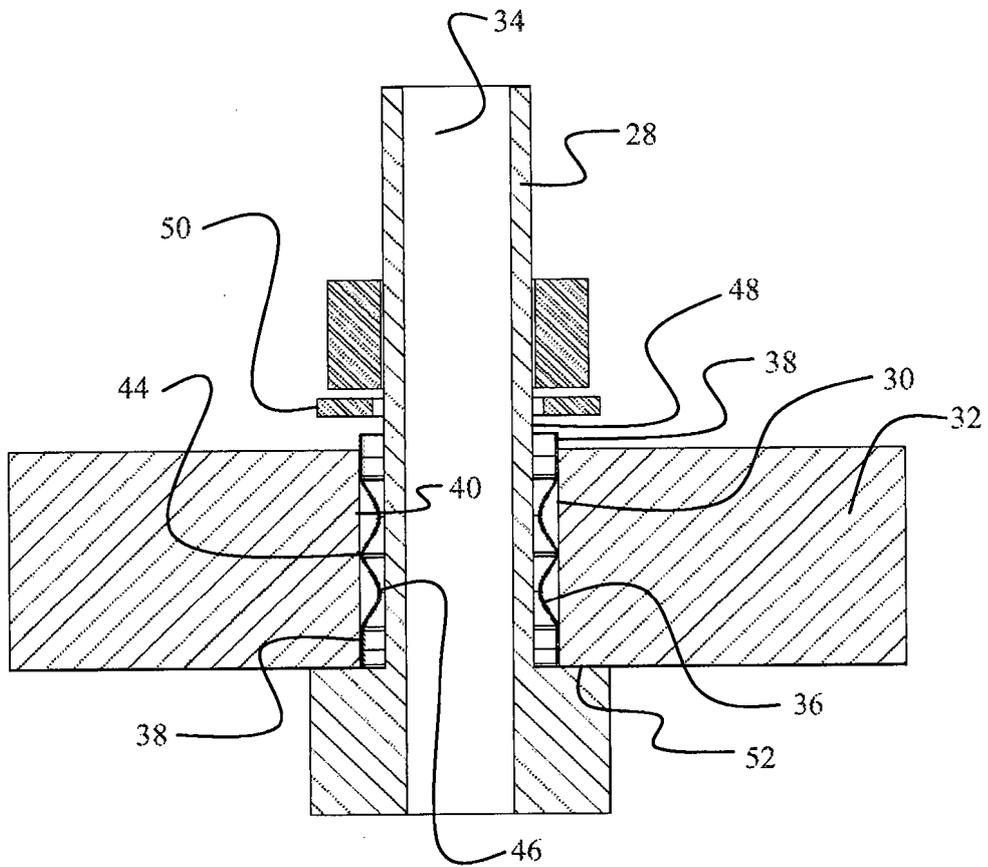


FIG. 3

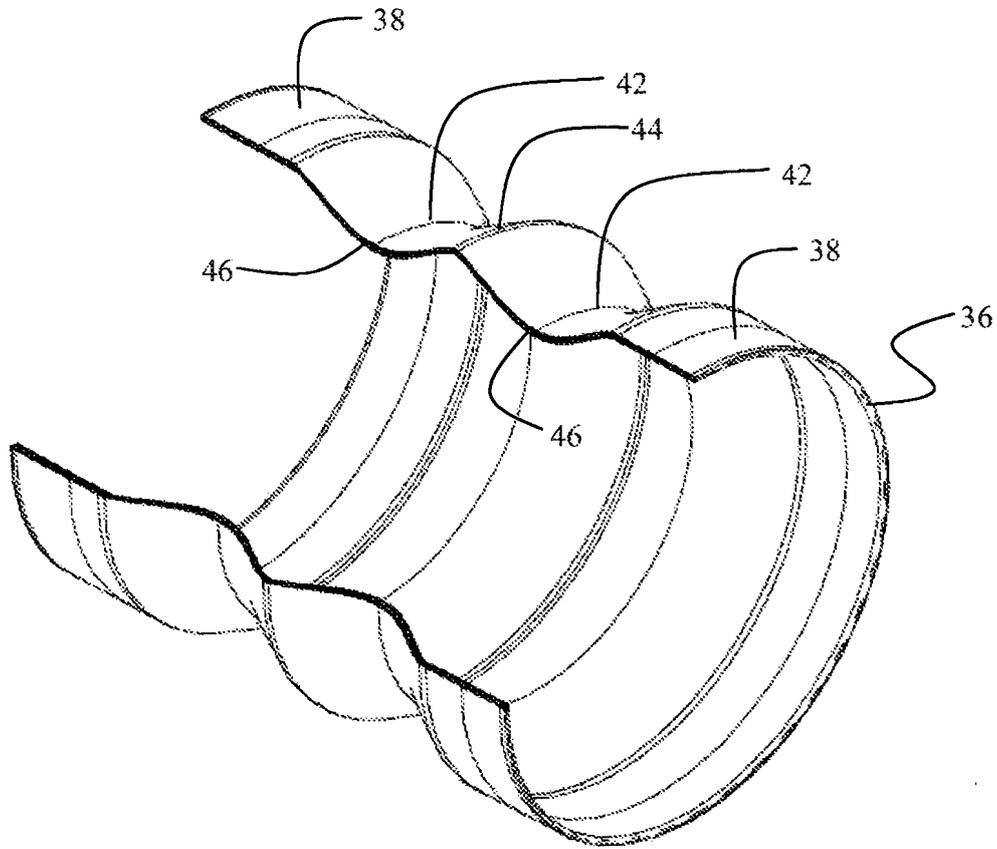


FIG. 4

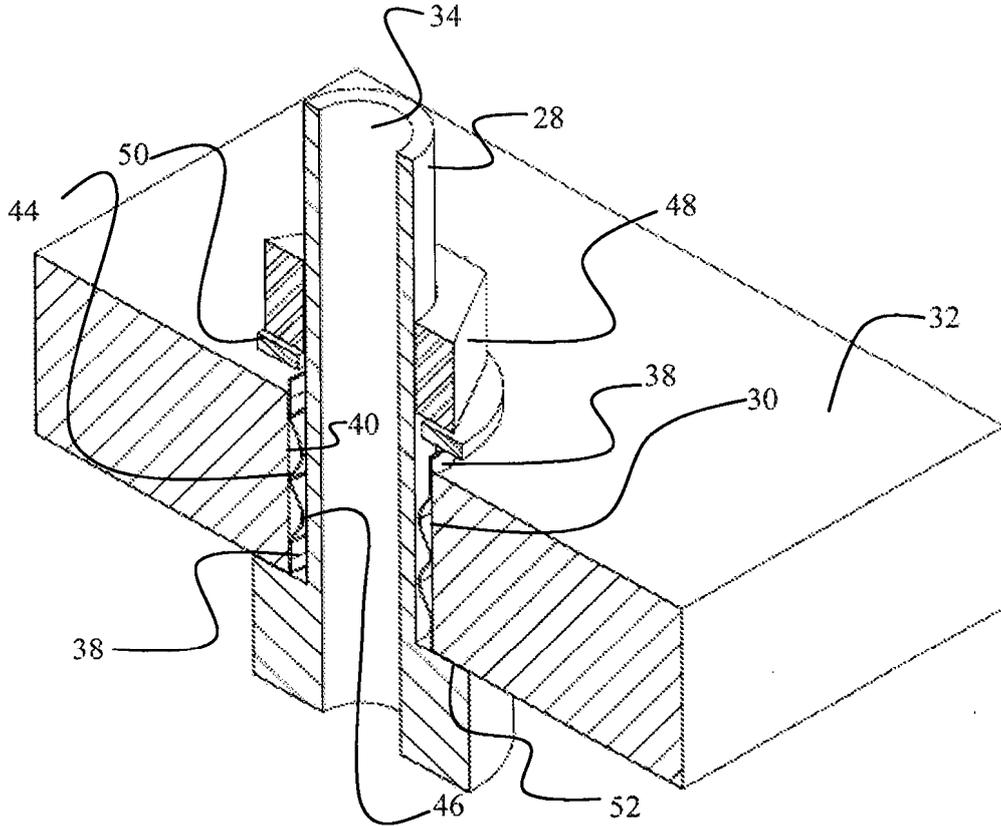


FIG. 5

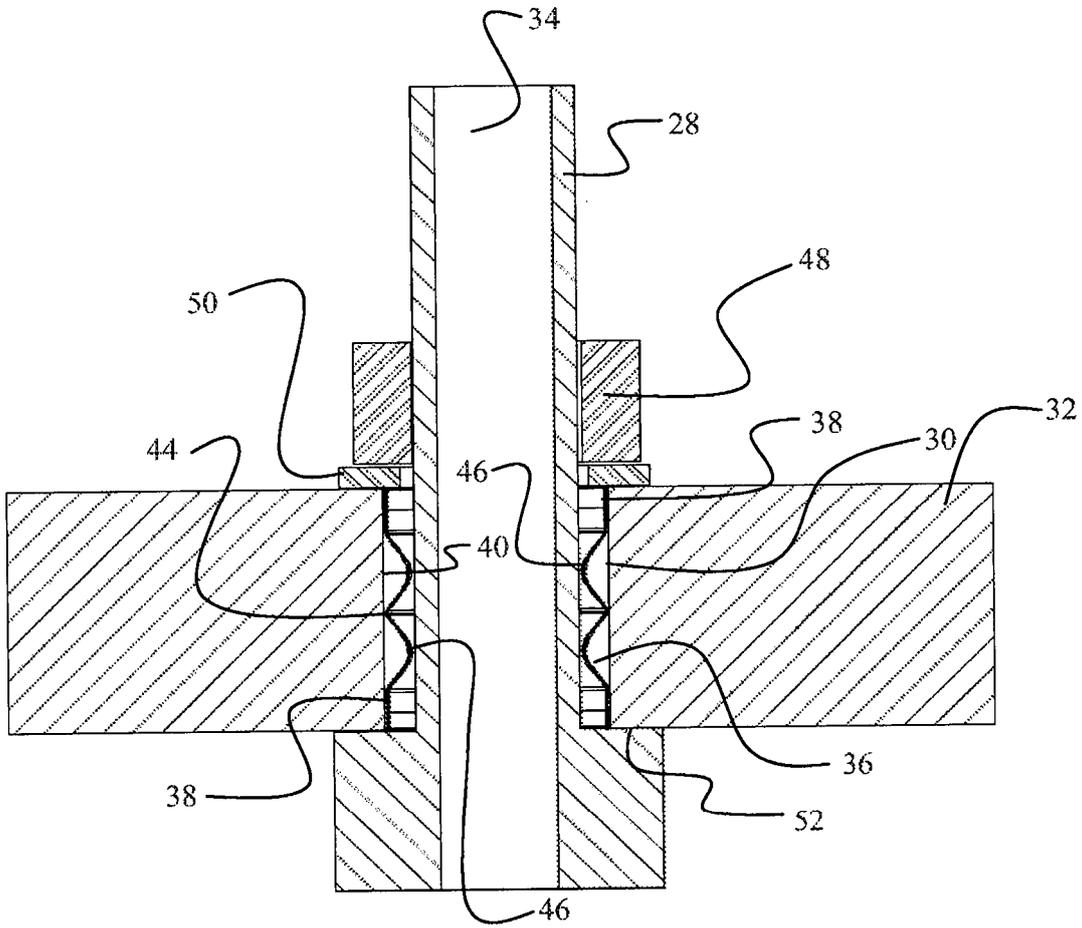


FIG. 6

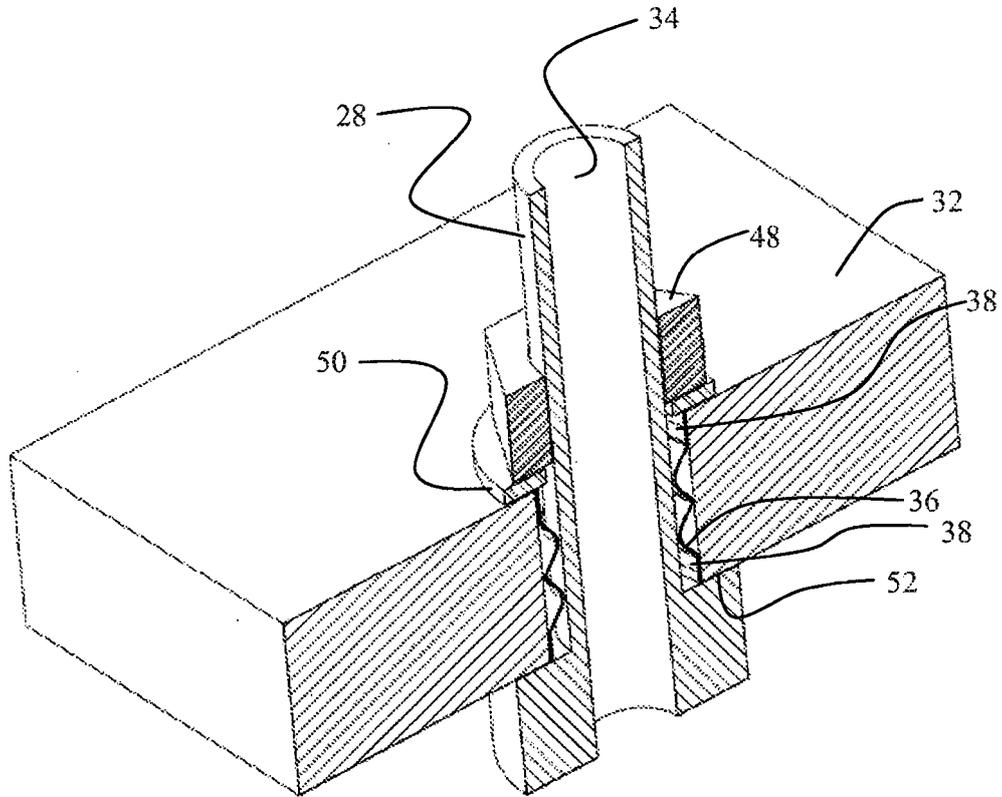


FIG. 7

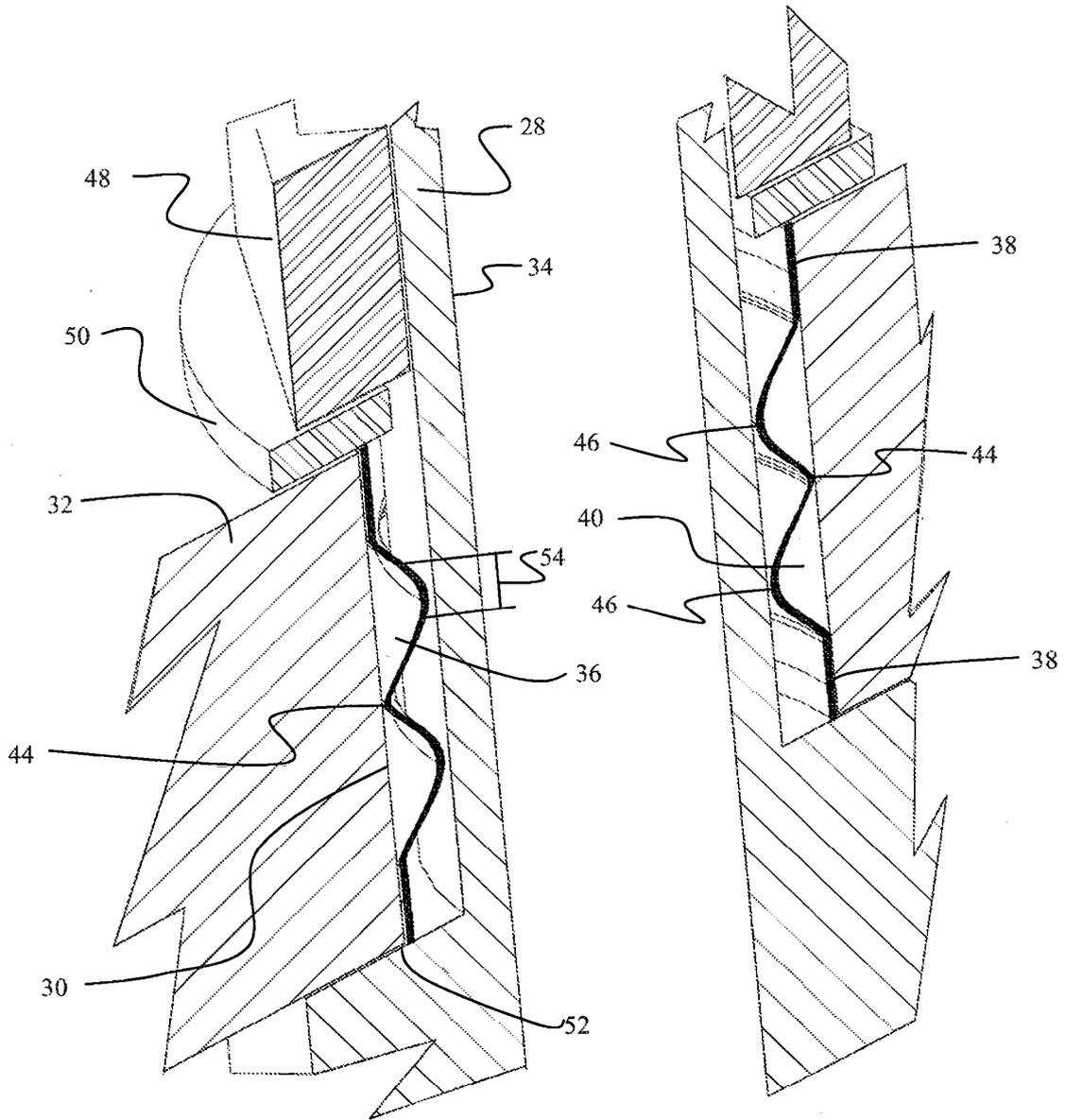


FIG. 8

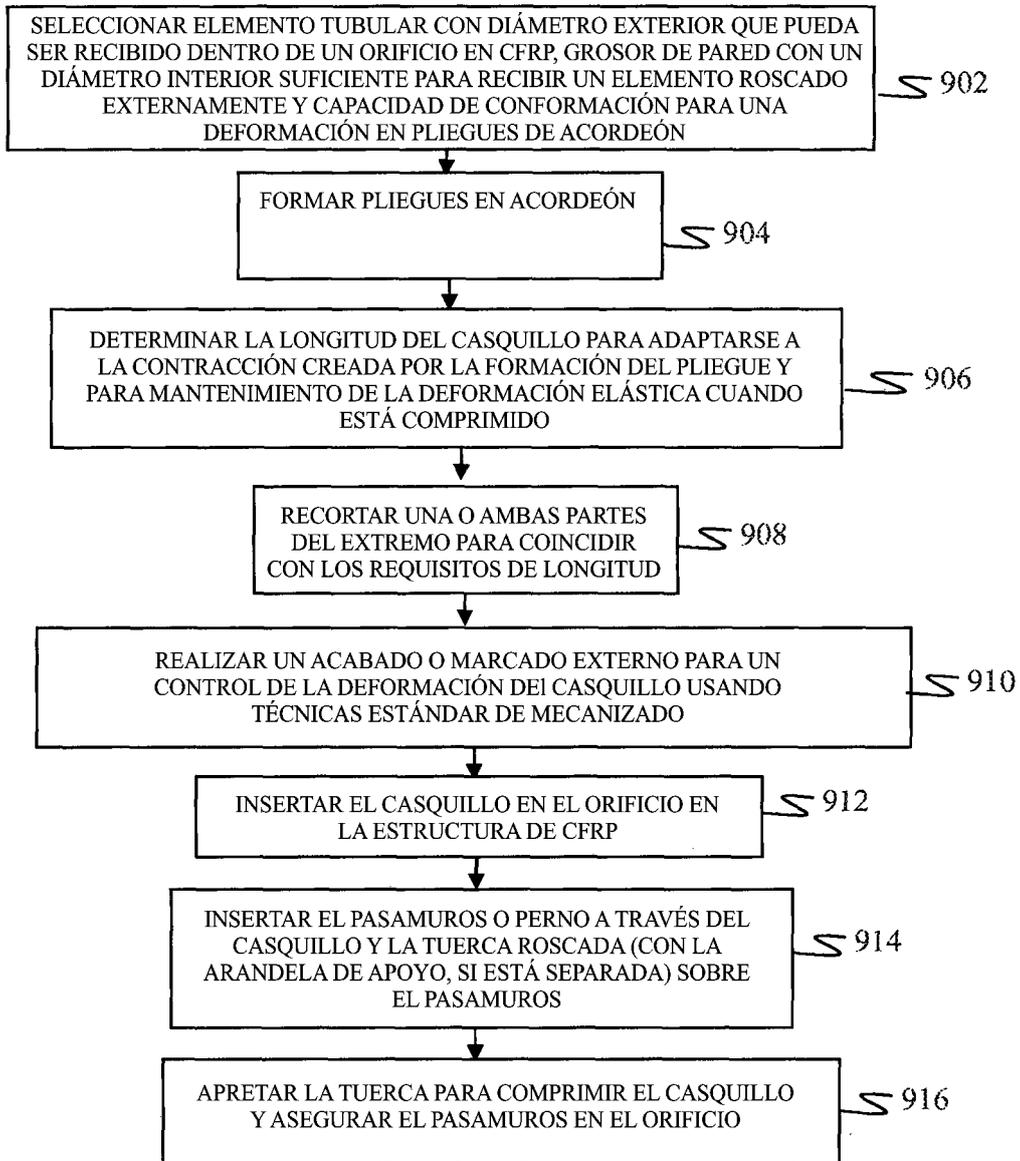


FIG. 9