

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 790**

51 Int. Cl.:

B64D 45/02 (2006.01)

F16B 33/00 (2006.01)

F16B 33/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2013** **PCT/US2013/028413**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013** **WO13176722**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2013** **E 13765532 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017** **EP 2830948**

54 Título: **Sistemas de fijación que proporcionan protección contra los EME**

30 Prioridad:

29.03.2012 US 201213434835

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

09.10.2017

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US

72 Inventor/es:

WHITLOCK, RICHARD P.;
ROGERS, RANDALL A.;
CORONADO, PETER A. y
MORDEN, SEAN D.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 636 790 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

Sistemas de fijación que proporcionan protección contra los EME

Antecedentes

- 5 Los materiales compuestos ligeros resultan prometedores para la industria aeronáutica. Los compuestos de fibra proporcionan una mejora significativa en la resistencia y la rigidez específicas, frente a las aleaciones metálicas convencionales. Una mejor resistencia y rigidez específicas supone un ahorro de peso, lo que supone un ahorro de combustible y menores costes operativos. Adicionalmente, los compuestos no se corroen como el aluminio, y son más resistentes a la fatiga.
- 10 Las estructuras compuestas de las aeronaves no son especialmente efectivas a la hora de alejar, por conducción, las corrientes eléctricas extremas y las fuerzas electromagnéticas generadas por los rayos.
- 15 Las aeronaves con estructuras compuestas pueden estar equipadas con protección contra los efectos electromagnéticos (EME) de los rayos. Por ejemplo, pueden proporcionarse medios conductores sobre una superficie, para desviar la corriente de los rayos lejos de los sistemas de fijación metálicos subyacentes. Adicionalmente, pueden rellenarse con un agente de sello dieléctrico los huecos entre las piezas de elemento de fijación, y los huecos entre las piezas de elemento de fijación y los miembros estructurales. Incluso si no se desvía toda la corriente, el agente de sellado evitará que se produzcan arcos y chispas a través de los huecos.
- 20 El documento EP 2 184 227 da a conocer un elemento de fijación con protección contra los rayos, que está diseñado para evitar el desprendimiento de una capa de aislamiento durante el funcionamiento de una aeronave, y para mejorar la capacidad y la fiabilidad contra la incidencia de rayos. Cuenta con un elemento de fijación con protección contra los rayos que fija el fuselaje de una aeronave y un miembro estructural, situado dentro del fuselaje, en el que una capa aislante está adherida por fundición de modo que cubra una superficie terminal de una porción de cabeza, y también de modo que enganche mecánicamente con una porción de enganche de lado de elemento de sujeción, formada sobre la superficie terminal.
- 25 El documento US 4,342,530 da a conocer una barrera para el agua en forma de copa, que está asegurada alrededor de la cabeza de un elemento de fijación, para confinar a una zona localizada el agua que se cuele a través del elemento de fijación.
- 30 El documento US 2010/0224724 da a conocer un conjunto de aeronave equipado con una estructura de protección contra los rayos. En un conjunto de aeronave que incluye un fuselaje, en el que una capa de CFRP (plástico reforzado con fibra de carbono) sirve como estructura principal; un tirante que soporta el fuselaje desde el interior; y un elemento de fijación que acopla el fuselaje y el tirante, se proporcionan una lámina de cobre y una capa exterior de GRFP (plástico reforzado con vidrio) sobre un lado de la superficie exterior del fuselaje, en este orden hacia el exterior, y sobre la capa exterior de GFRP se proporciona una capa de pintura de cobre que contiene polvo de cobre.
- 35 El documento WO 2010/113523 da a conocer un elemento de fijación resistente a los rayos, una tapa, y un método para montar un elemento de fijación resistente a los rayos. Se forma un orificio en una tapa, y se forma un surco de tornillo en el orificio. Preferentemente, la tapa está construida con una resina, en pos de la productividad en masa, la reducción de peso, etc.
- 40 El agente de sellado proporciona protección contra los EME. Sin embargo, el proceso de inyección del agente de sellado requiere mucho tiempo, ya que implica varias etapas, incluyendo la limpieza de la superficie, el curado del agente de sellado y la eliminación de rebabas por exceso de material. Adicionalmente, el agente de sellado añade peso a la aeronave. El peso añadido a un único sistema de fijación puede parecer insignificante. Sin embargo, la aplicación del agente de sellado a decenas de miles de elementos de fijación de una única aeronave puede agregar cientos de kilos.

Sumario

- 45 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método que comprende insertar elementos de fijación en una pila de miembros, y un elemento de fijación según se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.
- 50 De acuerdo con una realización del presente documento, un método comprende insertar elementos de fijación en una pila de miembros, y terminar los elementos de fijación con piezas que tengan al menos uno de un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco, en ubicaciones seleccionadas para la protección contra los efectos electromagnéticos (EME).

De acuerdo con otra realización del presente documento, un elemento de fijación comprende una cabeza del elemento de fijación que tiene una superficie superior, con múltiples puntos de enclavamiento mecánico que están configurados para retener una capa dieléctrica; y una capa dieléctrica seca que cubre la superficie superior de la cabeza. La capa dieléctrica está mecánicamente enclavada con los puntos de enclavamiento.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, una pieza de terminación de un elemento de fijación comprende un cuerpo terminal del elemento de fijación, que tiene una abertura central y al menos una característica de protección contra los efectos EM. La al menos una característica incluye al menos uno de un revestimiento dieléctrico y un sello dieléctrico, que cubre parcialmente la abertura central en una ubicación seleccionada. El sello está asegurado al cuerpo. El revestimiento y el sello tienen un espesor y una composición tales como para inhibir la corriente de un rayo. La ubicación seleccionada incluye al menos una de una ubicación distal y una ubicación proximal.

De acuerdo con otra realización del presente documento, un sistema de fijación comprende un elemento de fijación, al menos una pieza de terminación del elemento de fijación, y características de protección contra los EME en el elemento de fijación y en cada pieza de terminación del elemento de fijación. Un vástago del elemento de fijación está recubierto con una resina seca, que incluye partículas eléctricamente conductoras. La cabeza del elemento de fijación tiene una cubierta dieléctrica enclavada sobre el mismo. Las características de protección contra los EME se eligen del grupo consistente en un sello dieléctrico, sobre una ubicación proximal de la cabeza del elemento de fijación, un sello dieléctrico sobre una ubicación distal de la pieza de terminación, un sello dieléctrico sobre una ubicación proximal de la pieza de terminación, un revestimiento dieléctrico sobre una ubicación distal de la pieza de terminación, y un revestimiento dieléctrico sobre una posición proximal de la pieza de terminación.

En resumen, de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método que incluye insertar elementos de fijación en una pila de miembros, y terminar los elementos de fijación con piezas que tengan al menos uno de un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco, en ubicaciones seleccionadas para la protección contra los efectos electromagnéticos (EME). Ventajosamente, el método incluye un sello que se utiliza para proteger contra la formación de arcos, chispas, y la expulsión de partículas calientes, y en el que el revestimiento se utiliza para proteger contra la formación de arcos y de chispas. Ventajosamente, el método es tal que los miembros sean miembros de una aeronave, al menos uno de los cuales esté fabricado con un material compuesto. Ventajosamente, en el método los elementos incluyen un fuselaje de aeronave y un miembro metálico. El método incluye montar un vástago de un elemento de fijación en un orificio pasante situado en la pila, estando recubierto el vástago con una resina seca que incluye partículas eléctricamente conductoras. Ventajosamente, en el método la inserción de al menos uno de los elementos de fijación incluye montar un vástago de elemento de fijación en un orificio pasante situado en la pila, incluyendo el elemento de fijación una cabeza y un sello dieléctrico en una ubicación proximal sobre la cabeza. Ventajosamente, en el método la inserción de al menos uno de los elementos de fijación incluye insertar una cabeza del elemento de fijación que tiene una superficie superior, con múltiples puntos de enclavamiento mecánico que están configurados para retener una capa dieléctrica, cubriendo la capa dieléctrica la superficie superior de la cabeza, quedando la capa dieléctrica mecánicamente enclavada con los puntos de enclavamiento. Ventajosamente, en el método la terminación de un elemento de fijación incluye terminar el elemento de fijación con un cuerpo que tiene una abertura central, y al menos una característica de protección contra los efectos EM, siendo la al menos una característica al menos uno de un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco, solamente en una porción seleccionada de la abertura central, estando el sello asegurado en el cuerpo y sobresaliendo axialmente desde el mismo. Ventajosamente, el método puede incluir adicionalmente añadir una capa conductora en una superficie superior de la pila, antes de llevar a cabo la fijación.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un elemento de fijación que incluye una cabeza del elemento fijación que tiene una superficie superior, con múltiples puntos de enclavamiento mecánico que están configurados para retener una capa dieléctrica, y una capa dieléctrica seca que cubre la superficie superior de la cabeza, estando la capa dieléctrica mecánicamente enclavada con los puntos de enclavamiento. Ventajosamente, la capa dieléctrica, la cabeza, y un vástago del elemento de fijación se extienden desde la cabeza. Ventajosamente, cada punto de enclavamiento incluye una protrusión que se extiende hacia arriba, desde la superficie superior, y que tiene una porción rebajada próxima a la superficie superior. Ventajosamente, los puntos de enclavamiento están dispuestos en un patrón de rejilla. Ventajosamente, los puntos de enclavamiento están dispuestos como **radios**, en una configuración radial. Ventajosamente, la superficie presenta una rugosidad para mejorar la retención de la capa dieléctrica. Ventajosamente, desde la superficie superior sobresalen entre cinco y nueve puntos de enclavamiento. Ventajosamente, la capa dieléctrica está en estrecho contacto con la superficie superior y con los puntos de enclavamiento. El elemento de fijación incluye adicionalmente un vástago, revestido con una resina seca que incluye partículas eléctricamente conductoras. Ventajosamente, el elemento de fijación puede incluir adicionalmente un sello dieléctrico seco, en una ubicación proximal de la cabeza del elemento de fijación.

Una pieza de terminación de un elemento de fijación puede incluir un cuerpo terminal del elemento de fijación, que tiene una abertura central, y al menos una característica de protección contra los efectos EM, al menos una característica que incluye al menos uno de un revestimiento dieléctrico, y un sello dieléctrico que cubre parcialmente la abertura central en una ubicación seleccionada, estando asegurado el sello al cuerpo, teniendo el revestimiento y

el sello un espesor y una composición tales como para inhibir la corriente de un rayo, incluyendo la ubicación seleccionada al menos una de una ubicación distal y una ubicación proximal. Ventajosamente, el sello sobresale axialmente al menos 7 mils desde el cuerpo. Ventajosamente, la pieza puede incluir adicionalmente un revestimiento dieléctrico que cubra completamente una superficie exterior del cuerpo. Ventajosamente, el cuerpo incluye una tuerca. Ventajosamente, el sello dieléctrico está en una ubicación distal sobre la tuerca. Ventajosamente, la pieza puede incluir adicionalmente un sello dieléctrico seco en una ubicación proximal exterior de la tuerca. Ventajosamente al menos una característica incluye tanto el revestimiento dieléctrico como el sello dieléctrico. Ventajosamente, el cuerpo incluye una arandela. Ventajosamente, la característica incluye un sello en la ubicación proximal interior de la arandela. Ventajosamente, la característica incluye adicionalmente un segundo sello en una ubicación distal, estando los sellos separados por un hueco. Ventajosamente, la pieza puede incluir adicionalmente un revestimiento dieléctrico sobre una superficie exterior de la arandela. Ventajosamente, la pieza puede incluir adicionalmente un reborde concéntrico que sobresalga desde al menos una cara de la arandela.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un sistema de fijación que comprende un elemento de fijación, al menos una pieza de terminación del elemento de fijación, y características de protección contra los EME en el elemento de fijación y en cada pieza de terminación del elemento de fijación, seleccionándose las características de protección contra los EME del grupo que consiste en: un sello dieléctrico en una ubicación proximal de la cabeza del elemento de fijación, un sello dieléctrico en una ubicación distal de la pieza de terminación, un sello dieléctrico en una ubicación proximal de la pieza de terminación, un revestimiento dieléctrico en una ubicación distal de la pieza de terminación y un revestimiento dieléctrico sobre una ubicación proximal de la pieza de terminación. Ventajosamente, el sello dieléctrico se utiliza para proteger contra la formación de arco, chispas, y la expulsión de partículas calientes; y en el que el revestimiento dieléctrico se utiliza para proteger contra la formación de arcos y chispas.

Estas características y funciones pueden conseguirse de manera independiente en diversas realizaciones, o pueden combinarse en otras realizaciones. Con referencia a la siguiente descripción y dibujos, pueden observarse detalles adicionales de las realizaciones.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una ilustración de un método de fijación de una pila de miembros.

La FIG. 2 es una ilustración de una aeronave comercial.

Las FIGS. 3A y 3B son ilustraciones de una primera realización de un elemento de fijación con protección contra los EME.

Las FIGS. 4A y 4B son una ilustración de una segunda realización de un elemento de fijación con protección contra los EME.

Las FIGS. 5 y 6 son ilustraciones de otras realizaciones de elementos de fijación con protección contra los EME.

La FIG. 7 es una ilustración de una pila, que incluye un miembro compuesto y una capa conductora.

La FIG. 8 es una ilustración de ubicaciones seleccionadas de protección contra los EME, en una tuerca.

Las FIGS. 9-12 son ilustraciones de diferentes realizaciones de arandelas y de tuercas, que presentan características de protección contra los EME, y de diferentes combinaciones de arandelas y tuercas.

La FIG. 13 es una ilustración de una estructura de aeronave.

Descripción detallada

Se hace referencia a la FIG. 1, que ilustra un método de fijación de una pila de miembros. La pila tiene dos o más miembros. En algunas realizaciones, todos los miembros de la pila están fabricados con metal (por ejemplo, aluminio, titanio). En otras realizaciones, al menos uno de los miembros de la pila está fabricado con un material compuesto. Por ejemplo, un miembro exterior está fabricado con material compuesto y un miembro interior está fabricado con metal. En otras realizaciones, todos los miembros de la pila pueden estar fabricados con un material compuesto.

El método incluye insertar elementos de fijación en la pila (bloque 110). En algunas realizaciones, los elementos de fijación se insertan en unos orificios pasantes preformados en la pila. En otras realizaciones, los elementos de fijación se insertan sin perforar orificios. Los elementos de fijación pueden avellanarse en los miembros exteriores

cuyas superficies exteriores requieran lisura aerodinámica (por ejemplo, el fuselaje de una aeronave). Los elementos de fijación pueden presentar características de protección contra los EME, que incluyan capas dieléctricas secas enclavadas con las superficies superiores de las cabezas de los elementos de fijación, y sellos dieléctricos secos sobre las superficies inferiores de las cabezas de los elementos de fijación.

- 5 El método incluye adicionalmente terminar los elementos de fijación con piezas que tengan características de protección contra los EME. Las características de protección contra los EME para las piezas de terminación incluyen revestimientos dieléctricos secos, y sellos dieléctricos secos (por ejemplo, manguitos dieléctricos), en ubicaciones seleccionadas (bloque 120).

10 Sin estas características de protección contra los EME, pueden producirse arcos y chispas. La formación de arcos se produce cuando dos piezas metálicas están casi en contacto, y las propiedades dieléctricas del medio situado entre las mismas se corrompen, debido a las corrientes elevadas que fluyen entre las piezas. El chisporroteo ocurre cuando una corriente elevada ioniza el aire contenido en un hueco entre dos piezas, el aire se descompone y la corriente fluye a través del hueco. La eyección de partículas calientes se produce cuando una corriente elevada hace que el material compuesto de una pieza compuesta se descomponga químicamente, y genere gas caliente en expansión.

15 Tanto el revestimiento dieléctrico como el sello dieléctrico evitan la formación de arcos y de chispas al bloquear la trayectoria de enlace eléctrico entre las piezas. El revestimiento dieléctrico y el sello dieléctrico, solos y combinados, inhiben la formación de arcos y de chispas entre los huecos situados entre las piezas de los elementos de fijación (por ejemplo, el hueco entre el elemento de fijación y la tuerca, y la separación entre la arandela y la tuerca) y los huecos entre las piezas del elemento de fijación y la estructura, la tuerca y la estructura, y la arandela y la estructura). El sello dieléctrico lleva a cabo la función adicional de impedir que se expulse gas caliente a través de los huecos, y de mantener el gas dentro del sistema de fijación.

20 Adicional o alternativamente, algunas realizaciones de los elementos de fijación pueden reducir la formación de arcos, de chispas, y la expulsión de partículas calientes al mejorar la trayectoria de enlace eléctrico. De acuerdo con la presente invención, los vástagos de los elementos de fijación se recubren con un revestimiento conductor (por ejemplo, una resina conductora), para mejorar el enlace eléctrico entre el elemento de fijación y la pila y, de este modo, reducir la resistencia de contacto. En algunas realizaciones, los elementos de fijación pueden presentar tolerancias de ajuste en los orificios. En otras realizaciones, los elementos de fijación pueden ajustarse por interferencia en los orificios. El ajuste de interferencia mejora el enlace eléctrico entre el elemento de fijación y la pila (aumentando el área de contacto superficial), lo que reduce las densidades de corriente y disminuye la resistencia general de la trayectoria.

25 El uso de un revestimiento dieléctrico seco sobre piezas de un sistema de fijación ofrece varias ventajas, frente al uso de un agente de sellado para llenar los huecos. Estas ventajas incluyen la facilidad y la velocidad de instalación. Las piezas de los elementos de fijación pueden recubrirse con el dieléctrico seco antes de la instalación, de modo que, durante la fijación, solo haya que instalar los elementos de fijación. Se eliminan las etapas adicionales, tales como el enmascaramiento de piezas de la pila, la inyección de un agente de sellado, y el curado del agente de sellado.

30 Otra ventaja es la reducción de peso. Los revestimientos y sellos dieléctricos secos pueden ser más delgados que las capas de agente de sellado. En algunas realizaciones, el espesor del revestimiento o sello dieléctrico puede ser de entre 30 mils y ± 10 mils. Adicionalmente, se cubre una menor área superficial, ya que no se recubre una superficie entera de una pieza del elemento de fijación con un revestimiento dieléctrico seco o con un sello dieléctrico seco.

35 Otra ventaja es la protección redundante contra los EME. Pueden utilizarse diferentes realizaciones de elementos de fijación, en combinación con diferentes realizaciones de piezas de terminación (por ejemplo, tuercas y arandelas), para proporcionar múltiples niveles de protección contra los EME.

Estas ventajas son sustanciales con respecto a una aeronave comercial, tal como la aeronave comercial 200 ilustrada en la Fig. 2. La aeronave 200 incluye un fuselaje 210, unos conjuntos 220 de ala, un empenaje 230, y unos conjuntos 240 de tren de aterrizaje. En esta aeronave comercial 200, podrían llegar a utilizarse un millón de sistemas de fijación para sujetar entre sí los diversos componentes 210-240, y sus subcomponentes.

40 En ciertas ubicaciones de la aeronave 200, resulta deseable la protección contra los EME. Por ejemplo, la protección contra los EME es deseable en los conjuntos de ala y en otras estructuras. Para proporcionar protección contra los EME, pueden llegar a utilizarse hasta 20.000 elementos de fijación para montar los conjuntos 220 de ala, de acuerdo con un método del presente documento. Las ventajas obtenidas por el ahorro de peso y de tiempo, y por la facilidad de instalación de dichos 20.000 elementos de fijación, son bastante sustanciales.

En los párrafos siguientes, se describirán diferentes tipos de piezas de elemento de fijación con protección contra los EME. Estas piezas de elemento de fijación incluyen elementos de fijación, y piezas de terminación de los elementos de fijación (por ejemplo, tuercas y arandelas). Estas piezas de elemento de fijación pueden tener revestimientos dieléctricos secos y/o sellos dieléctricos secos, en determinadas ubicaciones para la protección contra los EME.

- 5 En primer lugar, se describirán los elementos de fijación de protección contra los EME. Los ejemplos de elementos de fijación incluyen pernos y remaches, pero no se limitan a los mismos.

Se hace referencia a las FIGS. 3A y 3B, que ilustran una primera realización de un elemento de fijación 310 con protección contra los EME. La FIG. 3B es una vista en sección, tomada por las líneas 3B-3B de la FIG. 3A. El elemento de fijación 310 incluye una cabeza 320, y un vástago 330. Una superficie superior 322 de la cabeza 320 del elemento de fijación presenta múltiples puntos de enclavamiento mecánico, que están configurados para retener una capa dieléctrica 340. Cada punto de enclavamiento incluye una protrusión 324, que se extiende hacia arriba desde la superficie superior 322. La protrusión 324 tiene una pieza rebajada 326, próxima a la superficie superior 322. En la realización de las FIGS. 3A y 3B, las protuberancias 324 pueden ser radios 324 que se extiendan radialmente hacia fuera y que tengan una sección transversal de un triángulo invertido.

- 15 El elemento de fijación 310 incluye adicionalmente una capa dieléctrica 340, que cubre la cabeza 320 del elemento de fijación. La capa dieléctrica 340 no está limitada a ningún material dieléctrico particular. Los ejemplos incluyen, pero no se limitan a, materiales termoendurecibles, termoplásticos, caucho, cerámica y elastómeros.

La capa dieléctrica 340 llena las porciones rebajadas, y el resto de espacio entre las protuberancias 324. El dieléctrico 340 también está en estrecho contacto con la superficie superior 322 y con las protrusiones 324.

- 20 En algunas realizaciones, la capa dieléctrica 340 puede formarse haciendo fluir un material dieléctrico sobre la cabeza 320 del elemento de fijación. Cuando el material dieléctrico fluye sobre la superficie 322, llena los rebajes 326 y todo el espacio entre las protrusiones 324. Una vez que el material dieléctrico se endurece, queda enclavado con las protrusiones 324 y, de este modo, asegurado a la cabeza del elemento 320 de fijación. En otras realizaciones, la capa dieléctrica 340 puede formarse por revestimiento en polvo, pintura, chapado, pulverización, pulverización catódica, deposición, o cualquier otro proceso que permita que el material dieléctrico llene las porciones rebajadas 326.

De esta manera, la capa dieléctrica 340 queda mecánicamente enclavada con los puntos de enclavamiento antes de la instalación del elemento de fijación. El elemento de fijación 310, con la capa dieléctrica 340, se preinstala en la cabeza 320.

- 30 El enclavamiento de la capa dieléctrica 340 en la cabeza 320 del elemento de fijación resulta especialmente ventajosa para las incidencias de rayos. El enclavamiento asegura que la capa dieléctrica 340 mantenga un estrecho contacto con la cabeza 320 del elemento de fijación, durante tales eventos y después de los mismos.

La capa dieléctrica 340 puede retenerse por medios adicionales. Como primer ejemplo, la superficie 322 puede tener una rugosidad que mejore la retención de la capa dieléctrica 340. Como segundo ejemplo, la capa dieléctrica 340 puede estar fabricada con un material (por ejemplo, un agente de sellado adhesivo) que se adhiera a la superficie 322.

- En otras realizaciones de elementos de fijación con protección contra los EME, los puntos de enclavamiento pueden tener otras secciones transversales y pueden estar dispuestos en diferentes patrones. Algunos ejemplos de otras secciones transversales incluyen secciones transversales cuadradas y circulares, pero no se limitan a las mismas. Las secciones transversales que presenten áreas con una alta concentración de la tensión (por ejemplo, esquinas) no resultan preferibles. Las secciones transversales redondeadas proporcionan mejores propiedades mecánicas.

Un elemento de fijación con protección contra los EME del presente documento no está limitado a ningún número particular de puntos de enclavamiento. Sin embargo, se ha observado que un intervalo de cinco a nueve puntos de enclavamiento proporciona un buen equilibrio entre la fuerza de enclavamiento (con la capa dieléctrica) y la fuerza de retención del elemento de fijación.

- Se hace referencia a las FIGS. 4A y 4B, que ilustran una segunda realización de un elemento de fijación 410 con protección contra los EME. El elemento de fijación 410 con protección contra los EME incluye unos puntos 420 de enclavamiento, dispuestos en un patrón de rejilla. Cada punto 420 de enclavamiento incluye un puntal 422, que se extiende hacia arriba desde una superficie superior 414 de la cabeza 412 del elemento de fijación. El puntal 422 termina en una prominencia 424. El puntal 422, y las superficies entre la prominencia 424 y la cabeza 412 del elemento de fijación, definen una porción rebajada 426.

Se hace referencia a las FIGS. 5 y 6, que ilustran realizaciones de elemento de fijación 510 y 610 que incluyen unas

cabezas 512 y 612 y unos sellos dieléctricos 520 y 620. Los sellos 520 y 620 pueden estar unidos mecánicamente a las cabezas 512 y 612 de los elementos de fijación. Los sellos 520 y 620 se fabrican con un material polimérico tal como politetrafluoroetileno (PTFE), o polímeros termoplásticos tales como poliéterétercetona (PEEK), y poliamida-imidas. Cuando se inserta el elemento de fijación 510 o 610 en una pila y se termina el mismo, su sello 520 o 620 hace contacto de compresión con la pila.

En el elemento de fijación 510 de la FIG. 5, el sello 520 encaja alrededor de una periferia de la cabeza 512 del elemento de fijación. El sello 520 puede tener un reborde 522, que encaje en un surco de la cabeza 512 del elemento de fijación. El sello 520 inhibe la formación de arcos y de chispas en el borde de la cabeza 520 del elemento de fijación, e impide el escape de gas caliente de expansión situado debajo de la cabeza 512.

En el elemento de fijación 610 de la FIG. 6 el sello 620 tiene la forma de una junta tórica, y encaja en un surco situado en un lado inferior de la cabeza 612 del elemento de fijación. El sello 620 inhibe la formación de arcos y de chispas, e impide el escape de cualquier gas caliente en expansión entre la pila y el vástago 614 del elemento de fijación. La superficie superior y el lado de la cabeza 612 del elemento de fijación pueden cubrirse con un revestimiento dieléctrico 630, para evitar la formación de arcos y de chispas en el borde de la cabeza 612 del elemento de fijación.

Se hace referencia a la FIG. 7, que ilustra la pila 700 que incluye un miembro compuesto 710 y una capa conductora 720 (por ejemplo, tiras metálicas, una lámina de expansión), que cubre el miembro compuesto 710. Se inserta un elemento de fijación 750 con protección contra los EME en un orificio pasante 730, de un miembro compuesto 710, y queda avellanado en la capa conductora 720. La capa dieléctrica 752 sobre la cabeza 754 del elemento de fijación está al ras con la capa conductora 720.

En algunas realizaciones, puede recubrirse todo el vástago 758 del elemento de fijación con un revestimiento 756 de resina conductora seca (sombreado en gris), que tiene partículas conductoras de la electricidad dispersadas en una matriz polimérica). Algunos ejemplos de partículas conductoras incluyen partículas metálicas y nanotubos, pero no se limitan a los mismos. Se ha observado que la resina, en combinación con un ajuste por interferencia, mejora la trayectoria del enlace eléctrico entre el elemento de fijación 750 y el miembro compuesto 710. La resina llena los vacíos situados entre el vástago 758 del elemento de fijación y el miembro compuesto 710. De este modo, la resina aumenta el área eficaz de contacto con las fibras del miembro compuesto 710.

Durante la terminación del elemento de fijación 750 (por ejemplo, cuando se enrosca una tuerca sobre el elemento de fijación 750), no deberá girar dentro del orificio pasante 730. Para evitar la rotación sin dañar la capa dieléctrica 752, puede usarse una medida anti-rotación. Algunos ejemplos de medidas de anti-rotación incluyen, pero no se limitan a, crear un ajuste por interferencia (o por fricción) entre el vástago 758 del elemento de fijación y el miembro 710; otorgar al vástago 758 una forma de sección transversal que impida la rotación (por ejemplo, una forma hexagonal del vástago y del orificio pasante), y enchavetar del vástago 758 en el miembro 710.

Los elementos de fijación del presente documento pueden estar situados en cualquier lugar de una aeronave. A modo de ejemplos, los elementos de fijación del presente documento pueden utilizarse en entramados de puerta, carcasas de equipos eléctricos, y piezas que estén sujetas a corrientes de falla a tierra. Los elementos de fijación del presente documento pueden terminarse con piezas estándares (por ejemplo, tuercas estándares), o pueden terminarse con piezas con protección contra los EME del presente documento.

En los párrafos siguientes, se describirán diferentes tipos de piezas de terminación de elementos de fijación con protección contra los EME. Estas piezas incluyen tuercas y arandelas.

Se hace referencia a la FIG. 8, que ilustra un elemento de fijación 830 que se extiende a través de un miembro de una pila 800, y una arandela 810 y una tuerca 820 que terminan el elemento de fijación 830. La FIG. 8 ilustra también varias ubicaciones en la arandela 810 y en la tuerca 820, que pueden recubrirse con un sello dieléctrico de revestimiento dieléctrico seco para proteger contra los EME. Las ubicaciones en la tuerca 820 incluyen una ubicación distal interior 840, una ubicación proximal exterior 850, y una ubicación proximal interior 860. Las ubicaciones en la arandela 810 incluyen una ubicación proximal interior 870 y una ubicación distal interior 880. Los términos "proximal" y "distal" se refieren a la distancia desde la pila 800. Por ejemplo, la ubicación proximal de la tuerca 820 está más próxima a la pila 800 que la ubicación distal. Los términos "interior" y "exterior" se refieren a la distancia desde el vástago del elemento de fijación.

En vez de cubrir toda la arandela 810 y la tuerca 820 con un agente de sellado para proteger contra los EME, puede revestirse o sellarse con material dieléctrico seco solo una o más de estas ubicaciones 840-880.

Si se utiliza un sello, se fija el sello a una abertura central del cuerpo de modo que sobresalga axialmente desde el cuerpo. En algunas realizaciones, el sello sobresale al menos 7 mils desde el cuerpo. El sello puede estar fabricarse con un material polimérico tal como politetrafluoroetileno (PTFE), o polímeros termoplásticos tales como

poliéterétercetona (PEEK) y poliamida-imidas. El sello puede sujetarse mecánicamente mediante protuberancias y rebajes, que permitan que el material polimérico fluya hacia los rebajes.

En algunas realizaciones, se recubre por completo una superficie exterior del cuerpo con un revestimiento dieléctrico. Ejemplos de composiciones para el revestimiento dieléctrico incluyen materiales termoendurecibles, termoplásticos, cerámicas, vidrio, y elastómeros, pero no se limitan a los mismos. El revestimiento dieléctrico puede aplicarse mediante un proceso tal como recubrimiento por conversión anódica (por ejemplo, oxidación de electrólitos de plasma), que es un tratamiento electroquímico de conversión de la superficie. Otros procedimientos para aplicar el material dieléctrico incluyen, pero no se limitan a, recubrimiento en polvo, pulverización, chapado, pulverización catódica y deposición.

Se hace referencia a la FIG. 9, que ilustra una combinación que incluye una arandela 910, que tiene un sello 920 en la ubicación proximal interior. La ubicación distal no está revestida. La superficie exterior de la arandela 910 está revestida con un material dieléctrico.

La combinación también incluye una tuerca 950 que tiene un sello 960 en la posición proximal exterior, un sello 970 en la posición proximal interior y un revestimiento dieléctrico 980 en la ubicación distal. No hay revestimiento dieléctrico sobre la superficie exterior de la tuerca 950.

Cuando se acoplan la tuerca 950 y la arandela 910 con la pila, se presiona el sello proximal interior 920 de la arandela 910 contra la pila y la abertura central de la arandela 910 recibe el sello proximal interior 970 de la tuerca 950. A medida que se aprieta la tuerca 950, el sello 920 de la arandela se dobla hacia atrás y queda aplastado contra la pila, llenando de este modo cualquier posible hueco entre la arandela 910 y la pila.

Se hace referencia a la FIG. 10, que ilustra una combinación que incluye una arandela 1010, que tiene un sello 1020 en la ubicación proximal interior; y una tuerca 1050 que tiene un sello 1060 en la posición proximal interior, un revestimiento dieléctrico 1070 en la ubicación distal, y un revestimiento dieléctrico 1080 sobre la superficie exterior (en lugar de un sello en la ubicación proximal exterior).

Se hace referencia a la FIG. 11, que ilustra una combinación que incluye una arandela 1110, que tiene un sello 1120 en la ubicación proximal interior y un reborde concéntrico 1130 formado en una periferia de la arandela 1110. La combinación también incluye una tuerca 1150, que tiene un sello 1160 en la ubicación proximal interior, un revestimiento dieléctrico 1170 sobre la superficie exterior (en lugar de un sello en la ubicación de sellado exterior), y un sello 1180 en la ubicación distal interior.

Cuando se acoplan la tuerca 1150 y la arandela 1110 con la pila, el sello proximal interior 1120 y el reborde 1130 de la arandela 1110 se presionan contra la pila, y la abertura central de la arandela 1110 recibe el sello proximal interior 1160 de la tuerca 1150. A medida que se aprieta la tuerca 1150, el sello proximal interior 1120 de la arandela 1110 se dobla hacia atrás y se aplasta contra la pila. El reborde concéntrico 1130 también mantiene un sello hermético entre la arandela 1110 y la pila, incluso si la cara de la arandela 1110 no está paralela con la cara inferior de la pila.

Se hace referencia a la FIG. 12, que ilustra una combinación que incluye una arandela 1210, que tiene unos sellos 1220 y 1230 en las ubicaciones interiores proximal y distal. Entre los sellos 1220 y 1230 hay un hueco. La combinación incluye adicionalmente una tuerca 1250, con un revestimiento dieléctrico 1270 sobre toda la superficie exterior, y un revestimiento 1260 en la posición proximal interior.

Cuando se acoplan la tuerca 1250 y la arandela 1210 con la pila, el sello proximal 1220 de la arandela 1210 se presiona contra la pila, y la ubicación proximal interior de la tuerca 1250 recibe el sello distal 1230 de la arandela 1210. A medida que se aprieta la tuerca 1250, el sello proximal 1220 de la arandela 1210 se dobla hacia atrás y se aplasta contra la pila, y el sello distal 1230 de la arandela 1210 se dobla hacia atrás y se aplasta contra la tuerca 1250.

En el presente documento, una arandela no se limita a un reborde concéntrico en la periferia. Otras realizaciones de arandelas pueden presentar rebordes concéntricos en las porciones central e interior de la cara superior de la arandela. Algunas realizaciones pueden presentar rebordes concéntricos en ambas caras.

En algunas realizaciones, el reborde concéntrico puede formarse mediante estampación de un surco concéntrico en la arandela, y llenando el surco con un anillo dieléctrico. En otras realizaciones, puede estamparse un reborde metálico en la arandela.

Aunque las FIGS. 9 a 12 ilustran las tuercas 950, 1050, 1150, 1250 abiertas por ambos extremos, una tuerca del presente documento no está limitada a esta opción. Por ejemplo, un extremo de una tuerca del presente documento puede estar cerrado para formar una tapa. La tapa puede estar fabricada con un material dieléctrico, o la tapa puede estar fabricada con un metal y su superficie interior revestida con un material dieléctrico. Una tapa de este tipo

proporcionará una protección adicional contra la formación distal de arcos y de chispas.

Un sistema de fijación del presente documento no está limitado a las combinaciones de elementos de fijación, tuercas y arandelas descritos anteriormente. Pueden mezclarse y emparejarse entre sí diversas características de protección contra los EME. Pueden usarse múltiples piezas que tengan características diferentes. Por ejemplo, las características de protección contra los EME pueden elegirse del grupo consistente en una cubierta dieléctrica, enclavada sobre una cabeza del elemento de fijación, un sello dieléctrico en una ubicación proximal de la cabeza del elemento de fijación, un sello dieléctrico en una ubicación distal de la pieza de terminación, un sello dieléctrico en una ubicación proximal de la pieza de terminación, un revestimiento dieléctrico sobre una ubicación distal de la pieza de terminación, y un revestimiento dieléctrico en una ubicación proximal de la pieza de terminación.

Se hace referencia a la FIG. 13, que ilustra una porción de un ala 1310 de aeronave. El ala 1310 incluye un fuselaje 1320 fabricado con un material compuesto, tal como plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP). El fuselaje 1320 puede estar fijado a una subestructura 1330 (representada por la abrazadera) mediante unas piezas metálicas 1340, 1380 y 1390 de elemento de fijación. El fuselaje 1320 define un área 1350 sensible a los rayos.

Cada elemento de fijación 1340 tiene una capa dieléctrica 1342, que está enclavada con una cabeza 1344 del elemento de fijación. Cada elemento de fijación 1340 tiene un revestimiento de resina conductora sobre su vástago 1346.

Cada elemento de fijación 1340 está avellanado en el fuselaje 1320. La capa dieléctrica 1342 está a ras con la superficie superior del fuselaje 1320. Una lámina metálica 1360 cubre el fuselaje 1320, para disipar la corriente de EME. Sobre el fuselaje 1320 está aplicada una película 1365 de acabado (por ejemplo, una capa de epoxi-fibra de vidrio), y una pintura 1370 recubre la película 1365 de acabado.

Cada elemento de fijación 1340 termina con una arandela 1380 y una tuerca 1390. La arandela 1380 y la tuerca 1390 tienen diversas características de protección contra los EME.

En el ala 1310 puede haber decenas de miles de elementos de fijación 1340, arandelas 1380 y tuercas 1390. Mediante el uso de las características de protección contra los EME del presente documento, en lugar de inyectar un agente de sellado, se ahorra un tiempo sustancial de instalación. También es sustancial la reducción de peso.

La FIG. 13 ilustra la superficie de la arandela 1380 y la abrazadera 1330, que están ligeramente sesgadas. Si la arandela 1380 está provista de un manguito superior, o de un reborde concéntrico en la superficie superior, se llenará y sellará con material dieléctrico cualquier posible hueco entre la arandela 1380 y la abrazadera 1370.

De manera similar, si la tuerca 1390 está ligeramente sesgada con respecto a la arandela 1380, o si no se usa una arandela y la tuerca está ligeramente sesgada con respecto a la pila, se llenará y sellará con material dieléctrico cualquier posible hueco entre la tuerca y la arandela, o entre la tuerca y la pila.

Así, las características de protección contra los EME proporcionan la ventaja añadida de hacer que la estructura dependa menos de las formas geométricas. Incluso si las superficies coincidentes de las piezas de terminación no quedan perfectamente al ras, aún se obtiene la protección contra los EME.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende insertar elementos de fijación en una pila de miembros, y terminar los elementos de fijación con piezas que tengan al menos uno de un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco, en ubicaciones seleccionadas para la protección contra los efectos electromagnéticos (EME), en el que la inserción de al menos uno de los elementos de fijación incluye montar un vástago (758) del elemento de fijación en un orificio pasante situado en la pila, **caracterizado por que** se recubre el vástago con una resina seca que incluye partículas eléctricamente conductoras (756).
2. El método de la reivindicación 1, en el que el sello se utiliza para proteger contra la formación de arcos, de chispas y contra la expulsión de partículas calientes; y en el que el revestimiento se utiliza para proteger contra la formación de arcos y de chispas.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, en el que los miembros son miembros de una aeronave, al menos uno de los cuales está fabricado con un material compuesto.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los miembros incluyen un fuselaje de aeronave y un miembro de metal.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la inserción de al menos uno de los elementos de fijación incluye montar un vástago del elemento de fijación en un orificio pasante, situado en la pila, incluyendo el elemento de fijación una cabeza (612) y un sello dieléctrico (620), en una ubicación proximal en la cabeza.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la inserción de al menos uno de los elementos de fijación incluye insertar una cabeza (320) del elemento de fijación, que presenta una superficie superior (322) con múltiples puntos de enclavamiento mecánico que están configurados para retener una capa dieléctrica (340), cubriendo dicha capa dieléctrica la superficie superior de la cabeza, estando la capa dieléctrica enclavada mecánicamente con los puntos de enclavamiento.
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la terminación de un elemento de fijación incluye terminar el elemento de fijación con un cuerpo que tenga una abertura central, y al menos una característica de protección contra los efectos EM, siendo la al menos una característica al menos uno de un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco, únicamente en una porción seleccionada de la abertura central, quedando el sello asegurado al cuerpo y sobresaliendo axialmente desde el mismo.
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la pila incluye un miembro compuesto (710) y una capa conductora (720), que cubre el miembro compuesto.
9. Un elemento de fijación (750), que comprende:
 - una cabeza (754) del elemento de fijación que tiene una superficie superior con múltiples puntos de enclavamiento mecánico, que están configurados para retener una capa dieléctrica;
 - una capa dieléctrica seca (752) que cubre la superficie superior de la cabeza, estando la capa dieléctrica enclavada mecánicamente con los puntos de enclavamiento; yun vástago (758), **caracterizado por que:**
 - el vástago (758) está recubierto con una resina seca, que incluye partículas eléctricamente conductoras (756).
10. El elemento de fijación de la reivindicación 9, en el que cada punto de enclavamiento incluye una protrusión que se extiende hacia arriba, desde la superficie superior (322), y que tiene una porción rebajada (326) próxima a la superficie superior.
11. Un sistema de fijación, que comprende:
 - un elemento de fijación de acuerdo con la reivindicación 9 o 10; y
 - al menos una pieza de terminación del elemento de fijación.
12. El sistema de la reivindicación 11, que comprende adicionalmente características de protección contra los EME en el elemento de fijación y en cada pieza de terminación del elemento de fijación, eligiéndose las características de protección contra los EME del grupo que consiste en:

- 5 un sello dieléctrico en una ubicación proximal de la cabeza del elemento de fijación;
un sello dieléctrico en una ubicación distal de la pieza de terminación;
un sello dieléctrico en una ubicación proximal de la pieza de terminación;
un revestimiento dieléctrico en una ubicación distal de la pieza de terminación; y
un revestimiento dieléctrico en una posición proximal de la pieza de terminación.

FIG. 1

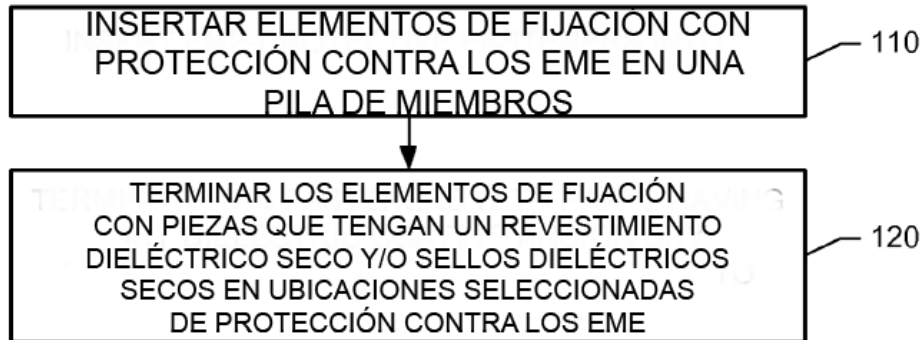


FIG. 3A

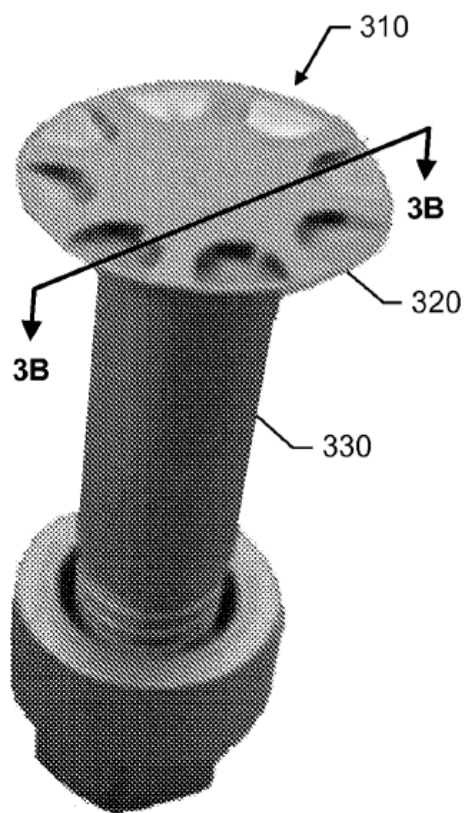


FIG. 3B

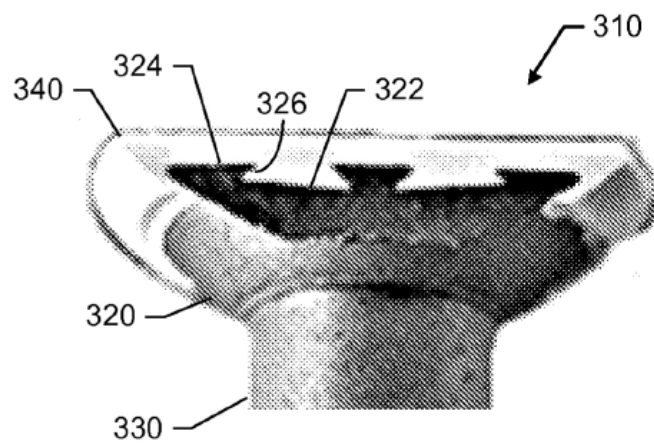


FIG. 2

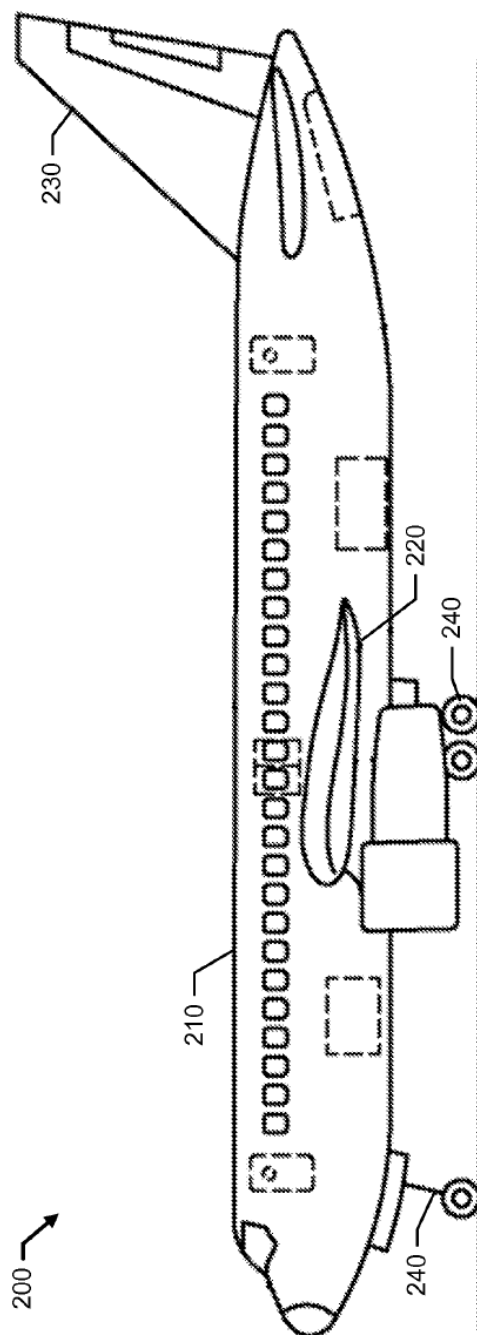


FIG. 4A

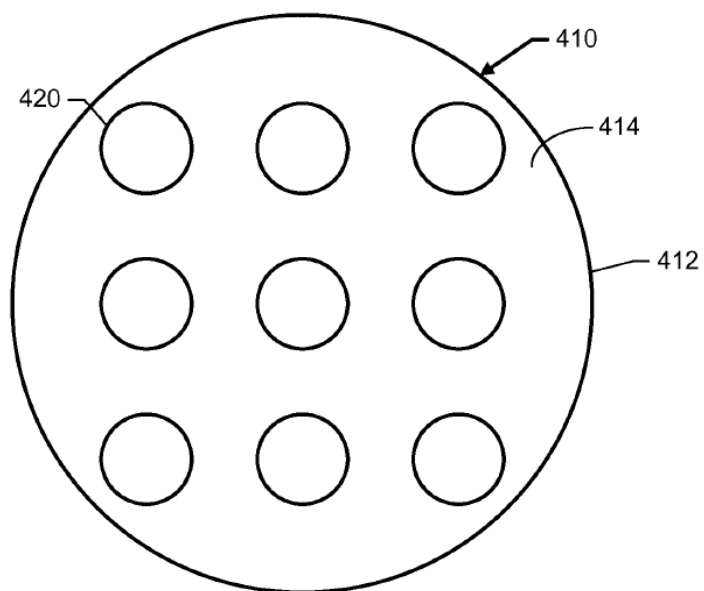


FIG. 4B

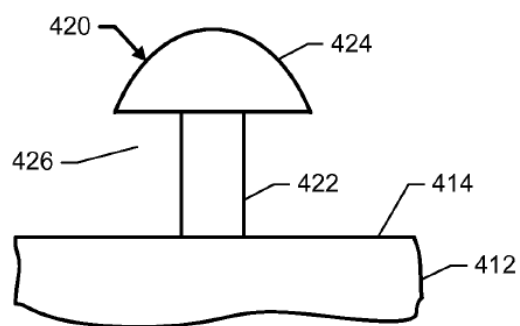


FIG. 5

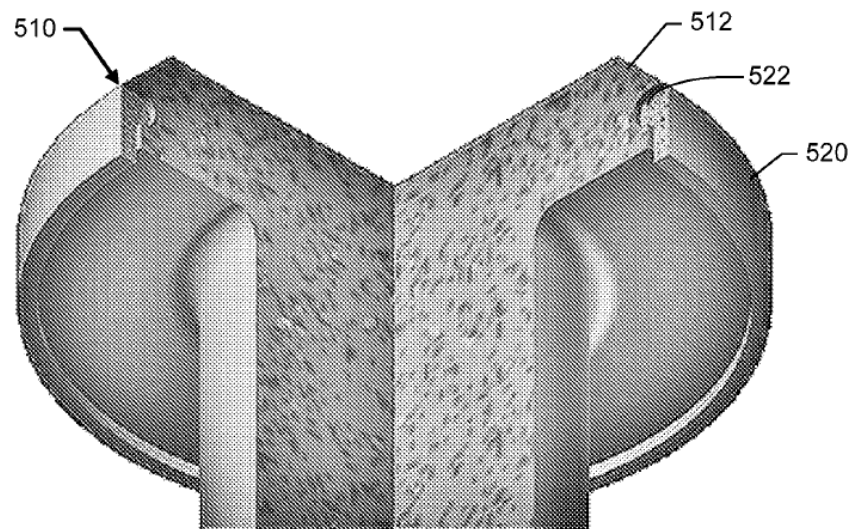


FIG. 6

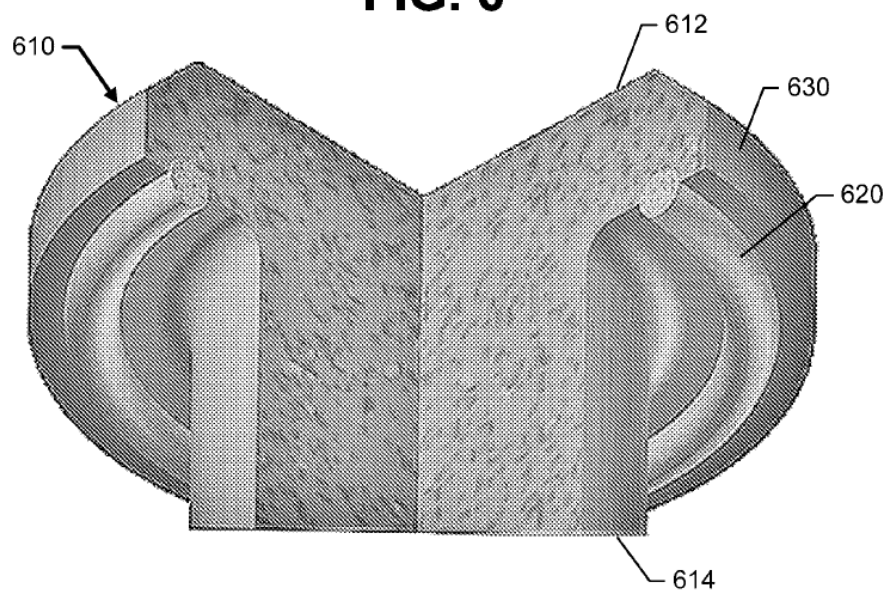


FIG. 7

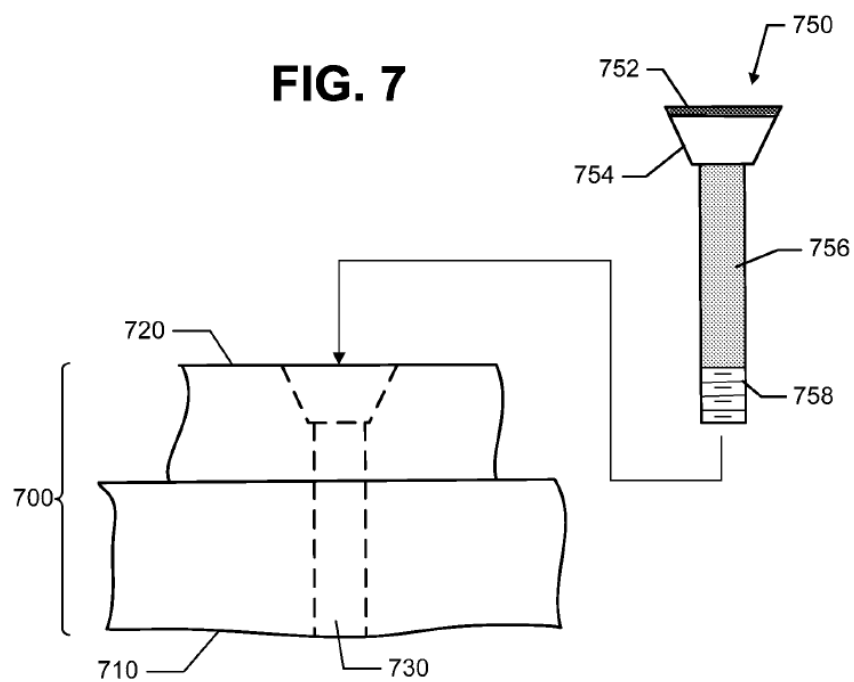


FIG. 8

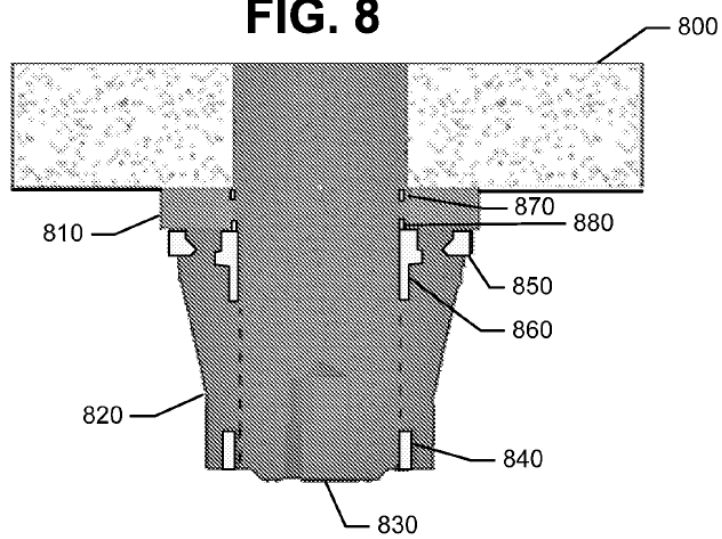


FIG. 9

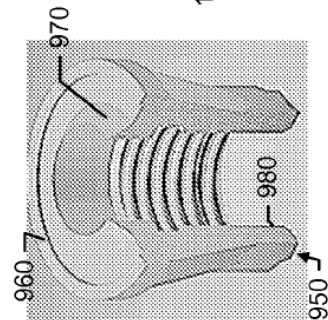
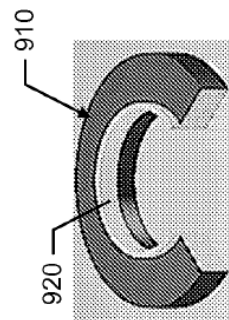


FIG. 10

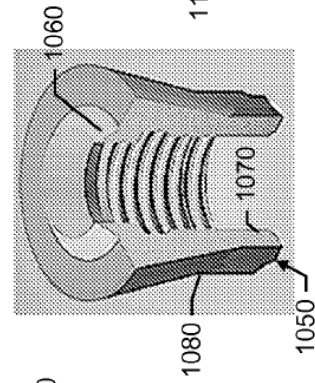
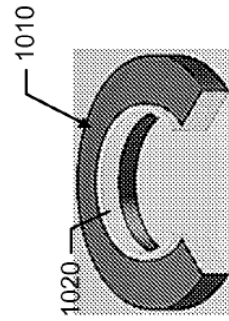


FIG. 11

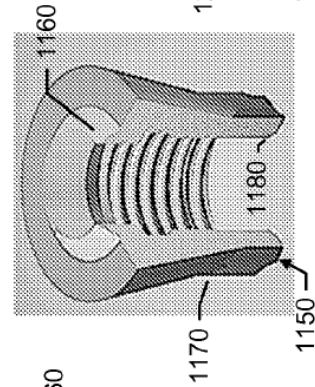
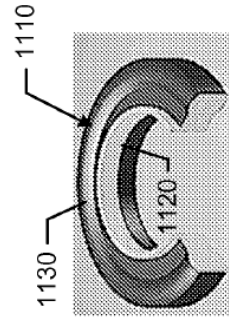


FIG. 12

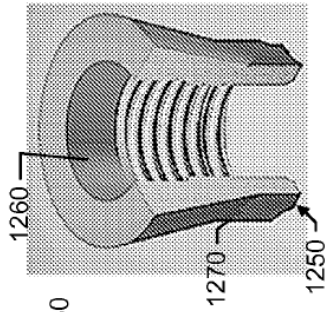
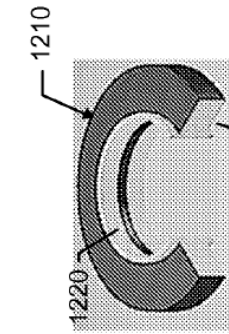


FIG. 13

