

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 998**

51 Int. Cl.:

B64D 45/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2014** E 14179322 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017** EP 2871132

54 Título: **Sistemas de sujeción que proveen protección contra efectos electromagnéticos**

30 Prioridad:

06.11.2013 US 201314073806

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

23.01.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 650 998 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 sujeción que proveen protección contra efectos electromagnéticos

ANTECEDENTES

5 Los materiales compuestos livianos son prometedores para la industria aeronáutica. Los compuestos de fibras proveen una mejora significativa para las resistencia y rigidez específicas frente a las aleaciones metálicas convencionales. Dichas resistencias y rigidez específicas mejoradas se traducen en ahorro de peso, lo que a su vez se traduce en ahorro de combustible y menores costos operativos. Además, los materiales compuestos no se corroen como el aluminio y son más resistentes a la fatiga.

10 Las estructuras para aeronaves de material compuesto no conducen fácilmente las corrientes eléctricas extremas y las fuerzas electromagnéticas generadas por las descargas eléctricas.

15 Las estructuras para aeronaves de material compuesto se pueden configurar con protección contra los efectos electromagnéticos (EME, electromagnetic effects) de las descargas eléctricas. Por ejemplo, en una superficie se pueden proveer medios conductores para desviar la corriente de la descarga eléctrica en sentido contrario de los sistemas de sujetadores metálicos subyacentes. Además, los espacios entre los elementos de los sujetadores y los espacios entre los elementos de los sujetadores y los miembros estructurales se pueden rellenar con un sellador dieléctrico. Incluso si parte de la corriente no es desviada, el sellador evita la formación de arcos y chispas a través de los espacios.

20 En US 2013/0259604 A1 se describe un método que comprende insertar sujetadores en un apilamiento de miembros y la terminación de los sujetadores con elementos que tienen al menos uno entre un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco en ubicaciones seleccionadas para protegerlos contra los efectos electromagnéticos (EME). Además, se divulga un sujetador que comprende un cabezal del sujetador que tiene una superficie superior con múltiples sitios de trabado mecánico que están configurados para retener una capa dieléctrica y una capa dieléctrica seca que cubre la superficie superior del cabezal, en que la capa dieléctrica está mecánicamente trabada en los sitios de trabado.

25 SÍNTESIS

30 De acuerdo con una forma de realización de la presente, un método comprende insertar sujetadores en un apilamiento de miembros y terminar los sujetadores con tuercas que tienen al menos uno entre un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco interno en ubicaciones seleccionadas para protegerlos contra los efectos electromagnéticos (EME), en donde las tuercas tienen un sello dieléctrico externo en una ubicación proximal, en que el sello tiene un espesor de entre aproximadamente 2,0% y 15,0% del diámetro de la tuerca y una altura de entre aproximadamente 2,2% y 22,3% de la altura de la tuerca.

Un método comprende insertar sujetadores en un apilamiento de miembros y terminar los sujetadores con elementos que tienen una combinación de un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco en ubicaciones seleccionadas para protegerlos contra los efectos electromagnéticos (EME) sin utilizar sellador.

35 De acuerdo con otra forma de realización de la presente, un collarín para la terminación de un sujetador comprende un cuerpo de terminación de sujetador que tiene una abertura central, y al menos una característica para protegerlo contra los efectos EME. La al menos una característica incluye al menos uno entre 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 para inhibir una corriente de la descarga eléctrica. La ubicación seleccionada incluye al menos uno de una ubicación distal y una ubicación proximal. El collarín tiene un sello dieléctrico externo en una ubicación proximal, en que el sello tiene un espesor de entre aproximadamente 2,0% y 15,0% del diámetro del collarín y una altura de entre aproximadamente 2,2% y 22,3% de la altura del collarín.

40 Un sistema de sujeción comprende un sujetador, al menos un elemento de terminación del sujetador y características de protección EME para el sujetador y cada elemento de terminación del sujetador. Las características de protección EME se toman del grupo que consiste en un revestimiento de resina conductora en un eje del sujetador, una cubierta dieléctrica trabada en un cabezal del sujetador, un sello dieléctrico interno en una ubicación proximal del cabezal del sujetador, un sello dieléctrico en una ubicación distal del elemento de terminación, un sello dieléctrico en una ubicación proximal del elemento de terminación, un revestimiento dieléctrico en una ubicación distal del elemento de terminación y un revestimiento dieléctrico en una ubicación proximal del elemento de terminación.

50 Estas características y funciones se pueden lograr de manera independiente en diversas formas de realización o se pueden combinar en otras formas de realización. Se pueden ver detalles adicionales de las formas de realización con referencia a la siguiente descripción y figuras.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 es una ilustración de un método de sujeción de un apilamiento de miembros.

La Figura 2 es una ilustración de una aeronave comercial.

Las Figuras 3A y 3B son ilustraciones de una primera forma de realización de un sujetador protector de EME.

5 Las Figuras 4A y 4B son ilustraciones de una segunda forma de realización de un sujetador protector de EME.

Las Figuras 5 y 6 son ilustraciones de otras formas de realización de sujetadores protectores de EME.

La Figura 7 es una ilustración de un apilamiento que incluye un miembro de material compuesto y una capa conductora.

La Figura 8 es una ilustración de ubicaciones seleccionadas de protección EME en una tuerca.

10 Las Figuras 9 - 12 son ilustraciones de diferentes combinaciones de arandelas y tuercas que tienen características de protección EME.

La Figura 13 es una ilustración de una tuerca que tiene un orificio avellanado y un sello proximal externo.

Las Figuras 14 y 15 son ilustraciones de sellos proximales externos con y sin soportes metálicos.

La Figura 16 es una ilustración de una estructura para aeronave.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

15 Se hace referencia a la Figura 1 que ilustra un método de sujeción de un apilamiento de dos o más miembros. En algunas formas de realización, todos los miembros del apilamiento están hechos de metal (por ejemplo, aluminio, titanio). En otras formas de realización, al menos uno de los miembros del apilamiento está hecho de material compuesto. Por ejemplo, un miembro externo está hecho de material compuesto y un miembro interno está hecho de metal. En otras formas de realización, todos los miembros del apilamiento pueden estar hechos de material compuesto.

20 El método incluye insertar sujetadores en el apilamiento (bloque 110). En algunas formas de realización, los sujetadores se insertan en orificios pasantes preconformados en el apilamiento. En otras formas de realización, los sujetadores se insertan sin agujerear los orificios. Los sujetadores pueden estar en miembros externos cuyas superficies externas requieren suavidad aerodinámica (por ejemplo, revestimiento de la aeronave). Los sujetadores pueden tener características de protección EME que incluyen capas dieléctricas secas trabadas en las superficies superiores de los cabezales de los sujetadores, y sellos dieléctricos secos en las superficies inferiores de los cabezales de los sujetadores.

25 El método incluye además la terminación de los sujetadores con elementos que tienen características de protección EME. Las características de protección EME para los elementos de terminación incluyen revestimientos dieléctricos secos y sellos dieléctricos secos (por ejemplo, manguitos dieléctricos) en ubicaciones seleccionadas (bloque 120).

30 Sin estas características de protección EME, puede ocurrir la formación de arcos y chispas. La formación de arcos ocurre cuando dos elementos están en contacto cercano y las propiedades dieléctricas del medio entre los mismos se dañan debido a las elevadas corrientes que fluyen entre los elementos. Las chispas ocurren cuando una elevada corriente ioniza el aire en un espacio entre los dos elementos, el aire se daña y la corriente fluye a través del espacio. La eyección de partículas calientes se produce cuando una elevada corriente en un elemento de material compuesto hace que el material compuesto se deteriore químicamente y genere gas caliente en expansión.

35 Tanto el revestimiento dieléctrico como el sello dieléctrico evitan la formación de arcos y chispas al bloquear la trayectoria de enlace eléctrico entre los elementos. El revestimiento dieléctrico y el sello dieléctrico, solos y en combinación, inhiben la formación de arcos y chispas a través de los espacios entre los elementos de sujetadores (por ejemplo, espacio entre sujetador y tuerca y espacio entre arandela y tuerca) y los espacios entre los elementos de sujetador y estructura, tuerca y estructura, y arandela y estructura). El sello dieléctrico realiza la función adicional de evitar que el gas caliente sea eyectado a través de los espacios y mantiene al gas dentro del sistema de sujeción.

40 Además o como alternativa, algunas formas de realización de los sujetadores pueden reducir la formación de arcos, chispas y la eyección de partículas calientes mejorando la trayectoria de enlace eléctrico. En estas formas de realización, los ejes de los sujetadores se pueden recubrir con un revestimiento conductor (por ejemplo, una resina conductora) para mejorar el enlace eléctrico entre el sujetador y el apilamiento y de ese modo reducir la resistencia de

45

contacto. En algunas formas de realización, los sujetadores pueden tener un ajuste de holgura en los orificios. En otras formas de realización, los sujetadores se pueden ajustar con apriete en los orificios. El ajuste con apriete mejora el enlace eléctrico entre el sujetador y el apilamiento (al aumentar el área de contacto superficial), lo que reduce las densidades de corriente y disminuye la resistencia de trayectoria global.

- 5 El uso de revestimientos y sellos dieléctricos secos en los elementos de un sistema de sujeción ofrece varias ventajas sobre el uso de un sellador para rellenar los espacios. Las ventajas incluyen facilidad y velocidad de instalación. Los sellos dieléctricos secos se pueden agregar y el revestimiento se puede revestir sobre los elementos de los sujetadores antes de la instalación, de modo que durante la sujeción, los sujetadores solo se deben instalar. De este modo se eliminan pasos adicionales, tal como enmascarar los elementos del apilamiento, inyectar sellador y curar el sellador.
- 10 Otra ventaja es la reducción de peso. Los revestimientos y sellos dieléctricos secos pueden ser más delgados que las capas de sellador. En algunas formas de realización, el espesor del revestimiento o del sello dieléctrico puede ser de 30 mils \pm 10 mils (0,762 mm \pm 0,254 mm). Además, se cubre menos área superficial si no se cubre una superficie completa de un elemento del sujetador con un revestimiento dieléctrico seco o un sello dieléctrico seco.
- 15 Otra ventaja es la protección EME redundante. Se pueden utilizar diferentes formas de realización de sujetadores en combinación con diferentes formas de realización de elementos de terminación (por ejemplo, tuercas y arandelas) para proveer múltiples niveles de protección EME.

Estas ventajas son sustanciales en relación con una aeronave comercial, tal como la aeronave comercial 200 ilustrada en la Figura 2. La aeronave 200 incluye un fuselaje 210, conjuntos de alas 220, empenaje 230 y conjuntos de tren de aterrizaje 240. En esta aeronave comercial 200, se podrían utilizar un millón de sistemas de sujeción para sujetar entre sí los diversos componentes 210 - 240 y sus subcomponentes.

20 En ciertas ubicaciones de la aeronave 200, es deseable la protección EME. Por ejemplo, la protección EME es deseable en los conjuntos de alas y otras estructuras. Para proveer protección EME, los conjuntos de alas 220 se pueden ensamblar con tantos como 20.000 sujetadores de acuerdo con un método de la presente. Los beneficios obtenidos por el ahorro de peso y de tiempo y la facilidad de instalación de esos 20.000 sujetadores son bastante importantes.

25 En los siguientes párrafos, se describirán diferentes tipos de elementos del sujetador protector de EME. Estos elementos de los sujetadores incluyen sujetadores y elementos para hacer la terminación de los sujetadores (por ejemplo, tuercas y arandelas). Estos elementos de los sujetadores pueden tener revestimientos dieléctricos secos y/o sellos dieléctricos secos en ubicaciones seleccionadas para protegerlos contra EME.

30 En primer lugar se describirán los sujetadores protectores de EME. Los ejemplos de sujetadores incluyen pero no se limitan a pernos y remaches.

Ahora se hará referencia a las Figuras 3A y 3B que ilustran una primera forma de realización de un sujetador protector de EME 310. La Figura 3B es una vista en corte tomada a lo largo de las líneas 3B-3B en la Figura 3A. El sujetador 310 incluye un cabezal 320, un eje 330 y una capa dieléctrica seca 340. Una superficie superior 322 del cabezal del sujetador 320 tiene múltiples sitios de trabado mecánico que están configurados para retener la capa dieléctrica 340. Cada sitio de trabado incluye una protuberancia 324 que se extiende hacia arriba desde la superficie superior 322. La protuberancia 324 tiene una porción recortada 326 próxima a la superficie superior 322. En la forma de realización de las Figuras 3A y 3B, las protuberancias 324 se pueden configurar como rayos 324 que se extienden radialmente hacia fuera y tienen una sección transversal de un triángulo invertido.

40 La capa dieléctrica 340 cubre el cabezal del sujetador 320. La capa dieléctrica 340 no está limitada a ningún material dieléctrico particular. Los ejemplos incluyen pero no se limitan a termoestables, termoplásticos, caucho, cerámicos y elastómeros.

La capa dieléctrica 340 rellena las porciones recortadas y todo otro espacio entre las protuberancias 324. La capa dieléctrica 340 también está en contacto íntimo con la superficie superior 322 y las protuberancias 324.

45 En algunas formas de realización, la capa dieléctrica 340 se puede conformar haciendo fluir un material dieléctrico sobre el cabezal del sujetador 320. Cuando el material dieléctrico fluye sobre la superficie 322, rellena las porciones recortadas 326 y todo el espacio entre las protuberancias 324. Una vez que el material dieléctrico se endurece, se traba con las protuberancias 324 y de ese modo asegura el cabezal del sujetador 320. En otras formas de realización, la capa dieléctrica 340 se puede conformar mediante revestimiento, pintura, chapado, pulverización, pulverización catódica, deposición de polvo o cualquier otro proceso que permita que el material dieléctrico rellene las porciones recortadas 326.

De esta manera, la capa dieléctrica 340 se traba mecánicamente con los sitios de trabado antes de la instalación del

sujetador. El sujetador 310 con la capa dieléctrica 340 se preinstala en el cabezal 320.

El trabado de la capa dieléctrica 340 en el cabezal del sujetador 320 es especialmente ventajoso para descargas eléctricas. El trabado asegura que la capa dieléctrica 340 se mantiene en contacto íntimo con el cabezal del sujetador 320 durante y después de los eventos de descargas eléctricas.

- 5 La retención de la capa dieléctrica 340 se puede mejorar. Como primer ejemplo, la superficie 322 puede tener rugosidad como para mejorar la retención con la capa dieléctrica 340. Como segundo ejemplo, la capa dieléctrica 340 puede estar hecha de un material (por ejemplo, un sellador adhesivo) que se adhiere a la superficie 322.

10 En otras formas de realización de sujetadores protectores de EME, los sitios de trabado pueden tener otras secciones transversales y los mismos pueden estar dispuestos con otros patrones. Los ejemplos de otras secciones transversales incluyen pero no se limitan a secciones transversales cuadradas y circulares. Las secciones transversales que tienen áreas con elevada concentración de tensión (por ejemplo, esquinas) no son las preferidas. Las secciones transversales redondeadas proveen mejores propiedades mecánicas.

15 Un sujetador protector de EME de la presente no se limita a una cantidad particular de sitios de trabado. Sin embargo, se ha encontrado que un rango de entre cinco y nueve sitios de trabado provee un buen equilibrio entre la fuerza de trabado (con la capa dieléctrica) y la fuerza de sujeción del sujetador.

20 Ahora se hará referencia a las Figuras 4A y 4B que ilustran una segunda forma de realización de un sujetador protector de EME 410. El sujetador protector de EME 410 incluye sitios de trabado 420 dispuestos en forma de malla. Cada sitio de trabado 420 incluye un puntal 422 que se extiende hacia arriba desde una superficie superior 414 del cabezal del sujetador 412. El puntal 422 termina en una protrusión 424. El puntal 422 y las superficies entre la protrusión 424 y el cabezal del sujetador 412 definen una porción recortada 426.

25 Ahora se hará referencia a las Figuras 5 y 6, que ilustran unas formas de realización de unos sujetadores 510 y 610 que incluyen unos cabezales 512 y 612 y unos sellos dieléctricos 520 y 620. Los sellos 520 y 620 pueden estar sujetos mecánicamente con los cabezales 512 y 612 de los sujetadores. Los sellos 520 y 620 están hechos de un material polimérico tal como politetrafluoroetileno (PTFE, polytetrafluoroethylene) o polímeros termoplásticos tales como poliéter éter cetona (PEEK, polyether ether ketone) y poliamida-imidas. Cuando el sujetador 510 o 610 se inserta en un apilamiento y se hace la terminación, su sello 520 o 620 hace un contacto de compresión con el apilamiento.

30 En el sujetador 510 de la Figura 5, el sello 520 se ajusta alrededor de la periferia del cabezal del sujetador 512. El sello 520 puede tener un reborde 522 que se ajusta dentro de una ranura en el cabezal del sujetador 512. El sello 520 inhibe la formación de arcos y chispas en el borde del cabezal del sujetador 512 e impide que el gas caliente en expansión se escape por debajo del cabezal 512.

35 En el sujetador 610 de la Figura 6, el sello 620 tiene la forma de una junta tórica y se ajusta en una ranura en un lado inferior del cabezal del sujetador 612. El sello 620 inhibe la formación de arcos y chispas e impide el escape de cualquier gas caliente en expansión entre el apilamiento y el eje del sujetador 614. La superficie superior y el lado del cabezal del sujetador 612 pueden estar cubiertos con un revestimiento dieléctrico 630 para evitar la formación de arcos y chispas en el borde del cabezal del sujetador 612.

40 Ahora se hará referencia a la Figura 7, que ilustra un apilamiento 700 que incluye un miembro de material compuesto 710 y una capa conductora 720 (por ejemplo, bandas metálicas, lámina expansible) que cubre el miembro de material compuesto 710. Un sujetador protector de EME 750 se inserta en un orificio pasante 730 en un miembro de material compuesto 710 y embutido en la capa conductora 720. La capa dieléctrica 752 en el cabezal del sujetador 754 está a nivel con la capa conductora 720.

45 En algunas formas de realización, toda la porción no roscada del eje del sujetador 758 se puede recubrir con un revestimiento de resina conductora seca 756 (sombreado en gris) que tiene partículas eléctricamente conductoras dispersas en una matriz de polímero. Los ejemplos de las partículas conductoras incluyen pero no se limitan a partículas metálicas y nanotubos. Se ha encontrado que la resina, en combinación con un ajuste con apriete, mejora la trayectoria del enlace eléctrico entre el sujetador 750 y el miembro de material compuesto 710. La resina rellena los huecos entre el eje de sujeción 758 y el miembro de material compuesto 710. Al hacerlo, la resina aumenta el área efectiva de contacto con las fibras del miembro de material compuesto 710.

50 El sujetador 750 puede tener una característica anti-giratoria que impide que el mismo gire dentro del orificio pasante 730 y dañe la capa dieléctrica 752 a medida que se hace la terminación (por ejemplo, cuando se enrosca una tuerca sobre el sujetador 750). Los ejemplos de medidas anti-giratorias incluyen pero no se limitan a crear un ajuste con apriete (o fricción) entre el eje del sujetador 758 y el miembro 710, proveer el eje 758 con una forma de sección transversal que impide la rotación (por ejemplo, una forma hexagonal para el eje y el orificio pasante) y el ajuste del eje 758 en el miembro 710.

Los sujetadores de la presente se pueden utilizar en cualquier parte de una aeronave. Como ejemplos, los sujetadores de la presente se pueden utilizar alrededor de una puerta, en el alojamiento del equipo eléctrico y en los elementos que están sometidas a corrientes de fuga a tierra. La terminación de los sujetadores de la presente puede ser con elementos estándar (por ejemplo, tuercas estándar) o la terminación de los mismos puede ser con elementos protectores de EME de la presente.

5

En los siguientes párrafos, se describirán diferentes tipos de elementos de terminación del sujetador protector de EME. Estos elementos incluyen collarines y arandelas. Los tipos de collarines descritos en los siguientes párrafos son tuercas, que tienen características de ajuste que permiten su instalación y extracción. Sin embargo, los collarines de la presente pueden tener características de ajuste frangibles o pueden estar embutidos.

Ahora se hará referencia a la Figura 8, que ilustra un sujetador 830 que se extiende a través de un miembro de un apilamiento 800 y una arandela 810 y una tuerca 820 que forman la terminación del sujetador 830. La Figura 8 también ilustra varias ubicaciones en la arandela 810 y la tuerca 820 que se pueden cubrir con un revestimiento dieléctrico seco o un sello dieléctrico para la protección contra EME. Las ubicaciones en la tuerca 820 incluyen una ubicación distal interna 840, una ubicación proximal externa 850 y una ubicación proximal interna 860. Las ubicaciones en la arandela 810 incluyen una ubicación proximal interna 870 y una ubicación distal interna 880. Los términos "proximal" y "distal" se refieren a la distancia desde el apilamiento 800. Por ejemplo, la ubicación proximal de la tuerca 820 está más cerca del apilamiento 800 que la ubicación distal. Los términos "interno" y "externo" se refieren a la distancia desde el eje del sujetador.

10

15

En lugar de cubrir toda la arandela 810 y la tuerca 820 con sellador para protegerlos contra EME, se puede recubrir o sellar con material dieléctrico seco solamente una o más de estas ubicaciones 840 - 880.

20

Un sello sobresale axialmente del cuerpo del elemento de terminación del sujetador. En algunas formas de realización, el sello sobresale al menos 7 mils (0,1778 mm) del cuerpo. El sello puede estar hecho de un material polimérico tal como politetrafluoroetileno (PTFE) o polímeros termoplásticos, tales como poliéter éter cetona (PEEK) y poliamida-imidas. El sello se puede sujetar mecánicamente mediante el uso de protuberancias y recortes que permiten que el material polimérico fluya hacia los recortes.

25

En algunas formas de realización, una superficie externa del cuerpo se recubre con un revestimiento dieléctrico. Los ejemplos de composiciones para el revestimiento dieléctrico incluyen pero no se limitan a termoestables, termoplásticos, cerámicos, vidrio y elastómeros. El revestimiento dieléctrico se puede aplicar mediante un proceso tal como un revestimiento de conversión anódica (por ejemplo, oxidación electrolítica con plasma) que es un tratamiento electroquímico de conversión de superficie. Otros procedimientos para aplicar al dieléctrico incluyen pero no se limitan a revestimiento, pulverización, chapado, pulverización catódica y deposición de polvo.

30

Se hace referencia a la Figura 9, que ilustra una combinación que incluye una arandela 910 que tiene un sello 920 en la ubicación proximal interna. La ubicación distal no se recubre. La superficie externa de la arandela 910 se recubre con un material dieléctrico.

35

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

Cuando la tuerca 950 y la arandela 910 se acoplan con el apilamiento, se presiona el sello proximal interno 920 de la arandela 910 contra el apilamiento, y el sello proximal interno 970 de la tuerca 950 es recibido en la abertura central de la arandela 910. A medida que se aprieta la tuerca 950, el sello de arandela 920 se pliega hacia atrás y se aplasta contra el apilamiento, para de ese modo rellenar cualquier hueco entre la arandela 910 y el apilamiento.

40

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

45

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

50

Cuando la tuerca 1150 y la arandela 1110 se acoplan con el apilamiento, se presiona el sello proximal interno 1120 y el reborde 1130 de la arandela 1110 contra el apilamiento, y el manguito proximal interno 1160 de la tuerca 1150 es recibido en la abertura central de la arandela 1110. A medida que se aprieta la tuerca 1150, el sello proximal interno

1120 de la arandela 1110 se pliega hacia atrás y se aplasta contra el apilamiento. El reborde concéntrico 1130 también mantiene un sello entre la arandela 1110 y el apilamiento, incluso si la cara proximal de la arandela 1110 no es paralela a la cara inferior del apilamiento.

5 Ahora se hará referencia a la Figura 12, que ilustra una combinación que incluye una arandela 1210 que tiene unos sellos 1220 y 1230 en las ubicaciones proximal y distal internas. Hay un espacio entre estos sellos 1220 y 1230. La combinación incluye además una tuerca 1250 con un revestimiento dieléctrico 1270 sobre toda la superficie externa y un revestimiento 1260 en la ubicación proximal interna.

10 Cuando la tuerca 1250 y la arandela 1210 se acoplan con el apilamiento, se presiona el sello proximal 1220 de la arandela 1210 contra el apilamiento, y el sello distal 1230 de la arandela 1210 es recibido en la ubicación proximal interna de la tuerca 1250. A medida que se aprieta la tuerca 1250, el sello proximal 1220 de la arandela 1210 se pliega hacia atrás y se aplasta contra el apilamiento, y el sello distal 1230 de la arandela 1210 se pliega hacia atrás y se aplasta contra la tuerca 1250.

15 En la presente los rebordes concéntricos no están limitados a la periferia de una arandela. Otras formas de realización de arandelas pueden tener rebordes concéntricos en las porciones intermedia e interna de la cara superior de la arandela. Algunas formas de realización pueden tener rebordes concéntricos en ambas caras.

En algunas formas de realización, se puede formar un reborde concéntrico mediante el estampado de una ranura concéntrica en la arandela y rellenando la ranura con un anillo dieléctrico. En otras formas de realización, se puede estampar un reborde metálico en la arandela.

20 A pesar que Figuras 9 - 12 ilustran tuercas 950, 1050, 1150, 1250 que están abiertas en ambos extremos, una tuerca en la presente no está limitada de esta manera. Por ejemplo, un extremo de una tuerca en la presente se puede cerrar para formar una tapa. La tapa puede estar hecha de un material dieléctrico o la tapa puede estar hecha de metal con su superficie interna revestida con un material dieléctrico. Tal tapa puede proveer protección adicional contra la formación de arcos y chispas distales.

25 Las tuercas 950, 1050, 1150, 1250 de las Figuras 9 - 12 no tienen orificios avellanados. Sin embargo, una tuerca en la presente puede tener un orificio avellanado.

30 Ahora se hará referencia a la Figura 13, que ilustra una tuerca 1310 que tiene un orificio avellanado 1320 y un sello proximal interno 1330 dentro del orificio avellanado 1320. La tuerca 1310 también tiene una porción roscada 1340 para acoplar las roscas de un sujetador, y una característica de trabado roscada 1350 en un extremo distal de la porción roscada 1340. La tuerca 1310 también tiene un sello proximal externo 1360. La tuerca 1310 puede estar completamente recubierta con un revestimiento dieléctrico.

35 Los solicitantes llevaron a cabo ensayos de descargas eléctricas sobre las tuercas 1310 que tenían unos orificios avellanados 1320 de diferentes dimensiones, y descubrieron rangos de alturas de avellanado (h_{cb}) y diámetros (d_{cb}) que proveen una protección particularmente eficaz contra EME. Los ensayos de descargas eléctricas se llevaron a cabo sobre tuercas 1310 que tienen una altura de aproximadamente 0,45 pulgadas (11,43 mm) y un diámetro externo de aproximadamente 0,51 pulgadas (12,95 mm). Durante los ensayos, se inyectaron corrientes elevadas a través de muestras de acero para ensayo sujetas entre sí por un sujetador y una tuerca 1310, mientras se observaba la formación de arcos y chispas. Los ensayos revelaron que una altura (h_{cb}) de orificio avellanado que varía entre 0,014 pulgadas (0,3556 mm) y 0,264 pulgadas (6,7056 mm) y un diámetro (d_{cb}) de orificio avellanado que varía entre 0,260 (6,604 mm) y 0,400 pulgadas (10,16 mm) exhibieron un aumento de 293% de rendimiento kA en un orificio avellanado de 0,300 pulgadas o un aumento de 18 kA antes de que se observaran fallas en la forma de arcos y chispas.

40 Se considera que este rango de diámetros (d_{cb}) provee holgura entre la tuerca 1310 y el sujetador para evitar el contacto incidental que permite la continuidad eléctrica para activar corrientes de descargas eléctricas hacia la tuerca 1310. En consecuencia, se evita la formación de arcos en borde y/o cola alargada. Se considera que este rango de alturas (h_{cb}) crea holgura entre el pasador del sujetador y/o el manguito del sujetador para evitar el contacto incidental que permite la continuidad eléctrica para activar corrientes de descargas eléctricas hacia la tuerca. En consecuencia, se evita la formación de arcos en borde y/o cola alargada.

45 Estos resultados de ensayos se aplican a las tuercas 1310 de diferentes tamaños. Los solicitantes han descubierto que una altura (h_{cb}) del orificio avellanado de entre aproximadamente 3,1% y 59,0% de la altura (h_n) de la tuerca y un diámetro (d_{cb}) del orificio avellanado de entre aproximadamente 51,4% y 79,05% del diámetro (d_n) de la tuerca provee un aumento similar en la protección EME.

50 Se hace referencia adicional a la Figura 14. El sello proximal externo 1360 tiene una altura denotada por h_s y un espesor denotado por t_s .

ES 2 650 998 T3

- Los solicitantes llevaron a cabo ensayos de descargas eléctricas sobre las tuercas 1310 que tenían a sellos externos proximales 1360 de diferentes dimensiones, y descubrieron rangos de alturas (h_s) y espesores (t_s) que proveen una protección particularmente eficaz contra EME. Los ensayos de descargas eléctricas fueron llevados a cabo sobre tuercas 1310 que tenían una altura de aproximadamente 0,45 pulgadas (11,43 mm) y un diámetro externo de aproximadamente 0,51 pulgadas. (12,954 mm). Las tuercas 1310 sometidas a ensayo estaban completamente recubiertas con un revestimiento dieléctrico y tenían orificios avellanados, sellos proximales internos y sellos distales internos. Los sellos proximales externos 1360 bajo ensayo se hicieron a partir de poliamida-imida Torlon®. Durante los ensayos, se inyectaron corrientes elevadas a través de las muestras de acero para ensayo sujetas entre sí por un sujetador y una tuerca 1310, mientras se observaba la formación de arcos y chispas. Los ensayos revelaron que los sellos proximales externos 1360 que tienen un espesor (t_s) que varía entre 0,010 pulgadas (0,254 mm) y 0,075 pulgadas (1,905 mm) y una altura (h_s) que varía entre 0,010 y 0,100 pulgadas (0,254 y 2,54 mm) exhibieron un aumento de 3500% del rendimiento kA sobre una configuración de referencia que no tiene sellos o un aumento de 44 kA antes de que se observaran fallas en la forma de arcos y chispas.
- Estos resultados de ensayos se aplicaron a tuercas de diferentes tamaños. Los solicitantes han descubierto que un espesor (t_s) del sello externo de entre 2,0% y 15,0% del diámetro (d_n) de la tuerca y una altura (h_s) del sello externo de entre 2,2% y 22,3% de la altura (h_n) de la tuerca provee un aumento similar en la protección EME.
- Las Figuras 13 a 15 también ilustran un canal de retención 1420 para retener el sello proximal externo 1360. El sello proximal externo 1360 tiene una forma sustancialmente rectangular, a excepción de una porción 1412 que llena el canal de retención 1420.
- Ahora se hará referencia a la Figura 15. En algunas formas de realización, el sello proximal externo 1360 también puede tener un soporte metálico 1510 en el sello 1360. El soporte metálico 1510 puede mantener el sello proximal externo 1360 intacto durante un evento de descarga eléctrica y se ha encontrado que reduce la rotura del sello 1360.
- Un sistema de sujeción en la presente no se limita a las combinaciones de sujetadores, tuercas y arandelas descritos anteriormente. Una variedad de características de protección EME se pueden mezclar y combinar. Se pueden utilizar múltiples elementos con diferentes características. Por ejemplo, las características de protección EME se pueden tomar del grupo que consiste en un revestimiento de resina conductora en un eje del sujetador, una cubierta dieléctrica trabada en una cabezal del sujetador, un sello dieléctrico en una ubicación proximal del cabezal del sujetador, un sello dieléctrico en una ubicación distal del elemento de terminación, un sello dieléctrico en una ubicación proximal del elemento de terminación, un revestimiento dieléctrico en una ubicación distal del elemento de terminación, y un revestimiento dieléctrico en una ubicación proximal del elemento de terminación.
- Ahora se hará referencia a la Figura 16, que ilustra una porción de un ala 1610 de aeronave. El ala 1610 incluye un revestimiento 1620 hecho de un material compuesto, tal como plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP, carbon fiber reinforced plastic). El revestimiento 1620 se puede sujetar en una subestructura (representada por la ménsula) 1630 mediante unos elementos de sujeción 1640, 1680 y 1690. El revestimiento 1620 define un área 1650 susceptible a descargas eléctricas.
- Cada sujetador 1640 tiene una capa dieléctrica 1642 que se traba con un cabezal del sujetador 1644. Cada sujetador 1640 puede tener un revestimiento de resina conductora en su eje 1646.
- Cada sujetador 1640 está embutido en el revestimiento 1620. La capa dieléctrica 1642 está a nivel con la superficie superior del revestimiento 1620. Una lámina metálica 1660 cubre el revestimiento 1620 para disipar la corriente EME. Una película superficial (por ejemplo, una capa de epoxi y vidrio) 1665 se aplica sobre el revestimiento 1620 y la película superficial 1665 se cubre con pintura 1670.
- Se hace la terminación de cada sujetador 1640 con una arandela 1680 y una tuerca 1690. La arandela 1680 y la tuerca 1690 tienen diversas características de protección EME.
- Puede haber decenas de miles de sujetadores 1640, arandelas 1680 y tuercas 1690 en el ala 1610. Mediante el uso de las características de protección EME de la presente, en lugar de inyectar sellador, es sustancial el ahorro en el tiempo de instalación. La reducción de peso también es sustancial.
- La Figura 16 ilustra la superficie de la arandela 1680 y la ménsula 1630 que están levemente sesgados. Si la arandela 1680 está provista de un manguito superior o un reborde concéntrico en la superficie superior, cualquier espacio entre la arandela 1680 y el soporte 1630 se rellenará con material dieléctrico y se sellará.
- De manera similar, si la tuerca 1690 está levemente sesgada con respecto a la arandela 1680 o si no se utiliza una arandela 1680 y la tuerca 1690 está ligeramente sesgada con respecto a la superficie superior, cualquier espacio entre la tuerca 1690 y la arandela 1680 o la tuerca 1690 y el apilamiento se rellenará con material dieléctrico y se sellará.

- De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se provee un método que comprende insertar sujetadores en un apilamiento de miembros y hacer la terminación de los sujetadores con elementos que tienen al menos uno entre un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco interno en ubicaciones seleccionadas para protegerlos contra efectos electromagnéticos (EME). De manera ventajosa, el terminación de al menos algunos de los sujetadores se hace con una combinación de una arandela y una tuerca, en que la arandela tiene sellos proximales externo e interno, en que la tuerca tiene un revestimiento dieléctrico externo y un revestimiento proximal interno. De manera ventajosa, el sello se utiliza para protegerlos contra la formación de arcos y chispas y la eyección de partículas calientes y en donde el revestimiento se utiliza para protegerlos contra la formación de arcos y chispas. De manera ventajosa, los miembros son miembros de aeronaves, al menos uno de los cuales está hecho de material compuesto.
- De manera ventajosa, los miembros incluyen un revestimiento de aeronave y un miembro metálico. De manera ventajosa, la terminación de al menos algunos de los sujetadores se hace con una combinación de una arandela y una tuerca, en que la arandela tiene un sello proximal interno y una superficie externa recubierta con un revestimiento dieléctrico, en que la tuerca tiene un sello proximal externo, un sello proximal interno, y un revestimiento dieléctrico distal interno.
- De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se provee un elemento para la terminación de un sujetador, en donde el elemento comprende: un cuerpo de terminación de sujetador que tiene una abertura central, y al menos una característica para protegerlo contra los efectos EME, en que la al menos una característica incluye al menos uno entre un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico que cubre parcialmente la abertura central en una ubicación seleccionada, en que el sello está asegurado al cuerpo, en que el revestimiento y el sello tienen un espesor y una composición como para inhibir una corriente de descarga eléctrica, en que la ubicación seleccionada incluye al menos una de una ubicación distal y una ubicación proximal. De manera ventajosa, el elemento es un collarín. De manera ventajosa, el elemento es una arandela. De manera ventajosa, el sello dieléctrico está en una ubicación distal en el collarín. De manera ventajosa, el collarín tiene un canal de retención para retener el sello proximal externo y un soporte metálico externo al sello.
- De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se provee un sistema de sujeción que comprende un sujetador, al menos un elemento de terminación del sujetador y características de protección EME para el sujetador y cada elemento de terminación del sujetador, en que las características de protección EME se toman del grupo que consiste en: un revestimiento de resina conductora en un eje del sujetador, una cubierta dieléctrica trabada en un cabezal del sujetador, un sello dieléctrico interno en una ubicación proximal del cabezal del sujetador, un sello dieléctrico en una ubicación distal del elemento de terminación, un sello dieléctrico en una ubicación proximal del elemento de terminación, un revestimiento dieléctrico en una ubicación distal del elemento de terminación, y un revestimiento dieléctrico en una ubicación proximal del elemento de terminación. De manera ventajosa, el sello dieléctrico se utiliza para protegerlos contra la formación de arcos y chispas y la eyección de partículas calientes, y en donde el revestimiento dieléctrico se utiliza para protegerlos contra la formación de arcos y chispas.
- Por lo tanto, las características de protección EME proveen la ventaja adicional de hacer que la estructura sea menos dependiente de la geometría. Incluso si las superficies de acoplamiento de los elementos de terminación no están perfectamente al ras, aún así se provee protección EME.

En las siguientes cláusulas se definen aspectos adicionales de la presente divulgación:

Cláusula 1: Un elemento para la terminación de un sujetador, en donde el elemento comprende:

- un cuerpo de terminación de sujetador que tiene una abertura central, y
- al menos una característica de protección contra los efectos EME, en que la al menos una característica incluye al menos uno entre un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico que cubre parcialmente la abertura central en una ubicación seleccionada, en que el sello está asegurado al cuerpo y el revestimiento y el sello tienen un espesor y una composición como para inhibir una corriente de descarga eléctrica, en que la ubicación seleccionada incluye al menos uno de una ubicación distal y una ubicación proximal.

Cláusula 2: El elemento de acuerdo con la cláusula 1, en donde el sello sobresale axialmente al menos 7 mils (0,1778 mm) del cuerpo.

Cláusula 3: El elemento de acuerdo con las cláusulas 1 o 2, que además comprende un revestimiento dieléctrico que cubre completamente una superficie externa del cuerpo.

- Cláusula 4: El elemento de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 1 a 3, en donde el elemento es un collarín.

Cláusula 5: El elemento de acuerdo con la cláusula 4, en donde el cuerpo del collarín además tiene un orificio avellanado, en que la altura del orificio avellanado está entre aproximadamente 3,1% y 59,0% de la altura del collarín, en que el diámetro del orificio avellanado está entre aproximadamente 51,4% y 79,05% del diámetro del collarín.

ES 2 650 998 T3

Cláusula 6: El elemento de acuerdo con las cláusulas 4 o 5, que además comprende un sello dieléctrico externo en el cuerpo en una ubicación proximal, en que el sello tiene un espesor de entre aproximadamente 2,0% y 15,0% del diámetro del collarín y una altura de entre aproximadamente 2,2% y 22,3 % de la altura del collarín.

5 Cláusula 7: El elemento de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 4 a 6, en donde la al menos una característica incluye tanto el revestimiento dieléctrico como el sello dieléctrico.

Cláusula 8: El elemento de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 1 a 3, en donde el elemento es una arandela (1210).

Cláusula 9: El elemento de acuerdo con la cláusula 8, en donde la al menos una característica incluye el sello dieléctrico (1220) que parcialmente cubre la abertura central en una ubicación proximal de la arandela.

10 Cláusula 10: El elemento de acuerdo con las cláusulas 8 y 9, en donde la al menos una característica además incluye un segundo sello (1230) que cubre la abertura central en una ubicación distal de la arandela (1210) y los sellos están separados por un espacio.

Cláusula 11: El elemento de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 8 a 10, que además comprende un revestimiento dieléctrico en una superficie externa de la arandela (1210).

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método que comprende insertar sujetadores (310) en un apilamiento (700) de miembros y la terminación de los sujetadores (310) con tuercas que tienen al menos uno entre un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico seco interno en ubicaciones seleccionadas para protegerlos contra los efectos electromagnéticos (EME), caracterizado porque las tuercas (820) tienen un sello dieléctrico externo en una ubicación proximal, en que el sello tiene un espesor de entre aproximadamente 2,0% y 15,0% de diámetro de la tuerca (820) y una altura de entre aproximadamente 2,2% y 22,3% de altura de la tuerca (820).
- 10 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las tuercas tienen un orificio avellanado, en que la altura del orificio avellanado está entre aproximadamente 3,1% y 59,0% de la altura de la tuerca (820), en que el diámetro del orificio avellanado está entre aproximadamente 51,4% y 79,05% del diámetro de la tuerca (820).
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde al menos uno de los sujetadores (310) se ajusta con apriete en un orificio pasante en el apilamiento (700).
- 15 4. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en donde la terminación de los sujetadores (310) incluye utilizar al menos un elemento que tiene una abertura central y al menos una característica de protección EME que incluye un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico interno seco, en que el sello se asegura y sobresale axialmente de la abertura central.
- 20 5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en donde la terminación de al menos algunos de los sujetadores (310) se hace con una combinación de una arandela (1010) y una tuerca (1050), en que la arandela (1010) tiene un sello proximal interno (1020), la tuerca (1050) tiene un sello proximal interno (1060), un revestimiento dieléctrico distal interno (1070) y un revestimiento dieléctrico externo (1080).
- 25 6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en donde la terminación de al menos algunos de los sujetadores (310) se hace con una combinación de una arandela (1110) y una tuerca (1120), en que la arandela (1110) tiene un sello proximal interno (1120) y un reborde concéntrico (1130) en la periferia de la arandela (1110), la tuerca (1120) tiene un sello proximal interno (1120), un sello distal interno (1180) y un revestimiento dieléctrico externo (1170).
- 30 7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la terminación de al menos algunos de los sujetadores (310) se hace con tuercas que tienen un orificio avellanado, en que la altura del orificio avellanado está entre aproximadamente 3,1% y 59,0% de la altura de la tuerca (820), en que el diámetro del orificio avellanado está entre aproximadamente 51,4% y 79,05% del diámetro de la tuerca (820).
- 30 8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la terminación de al menos algunos de los sujetadores (310) se hace con una tuerca (820) que tiene un sello dieléctrico externo en una ubicación proximal, en que el sello tiene un espesor de entre aproximadamente 2,0% y 15,0% del diámetro de la tuerca (820) y una altura de entre aproximadamente 2,2% y 22,3% de la altura de la tuerca (820).
- 35 9. Un collarín para la terminación de un sujetador, en donde el collarín comprende:
un cuerpo de terminación de sujetador que tiene una abertura central, y
al menos una característica de protección contra los efectos EME, en que la al menos una característica incluye al menos uno entre un revestimiento dieléctrico seco y un sello dieléctrico que cubre parcialmente la abertura central en una ubicación seleccionada, en que el sello está asegurado al cuerpo y el revestimiento y el sello tienen un espesor y una composición como para inhibir una corriente de descarga eléctrica, en que la ubicación seleccionada incluye al menos uno de una ubicación distal y una ubicación proximal, caracterizado porque el cuerpo del collarín tiene un sello dieléctrico externo en una ubicación proximal, en que el sello tiene un espesor de entre aproximadamente 2,0% y 15,0% del diámetro del cuerpo del collarín y una altura de entre aproximadamente 2,2% y 22,3% de la altura del cuerpo del collarín.
- 40 10. El collarín de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el sello sobresale axialmente al menos 7 mils (0,1778 mm) del cuerpo.
- 45 11. El collarín de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, que además comprende un revestimiento dieléctrico que cubre completamente una superficie externa del cuerpo.
- 50 12. El collarín de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el cuerpo del collarín tiene además un orificio avellanado, en que la altura del orificio avellanado está entre aproximadamente 3,1% y 59,0% de la altura del collarín, en que el diámetro del orificio avellanado está entre aproximadamente 51,4% y 79,05% del diámetro del collarín.

13. El collarín de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 - 12, en donde la al menos una característica incluye tanto el revestimiento dieléctrico como el sello dieléctrico.

FIG. 1

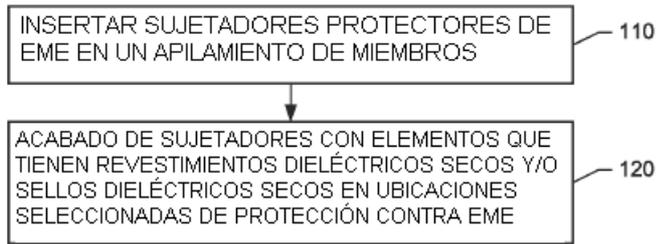


FIG. 3A

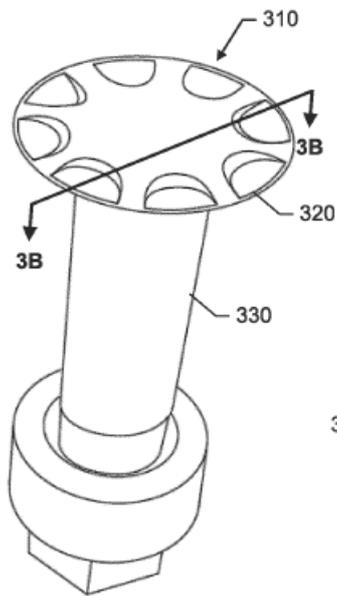


FIG. 3B

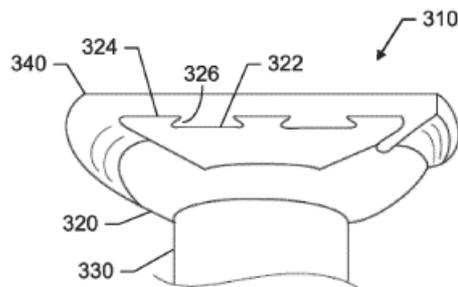


FIG. 2

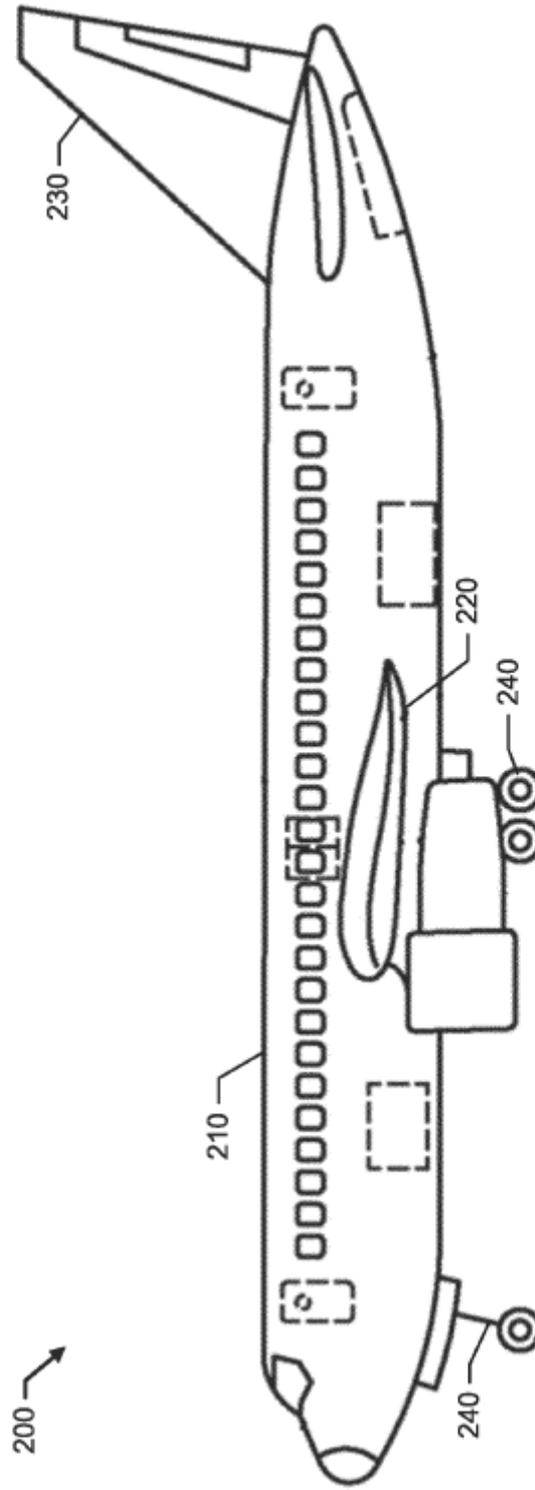


FIG. 4A

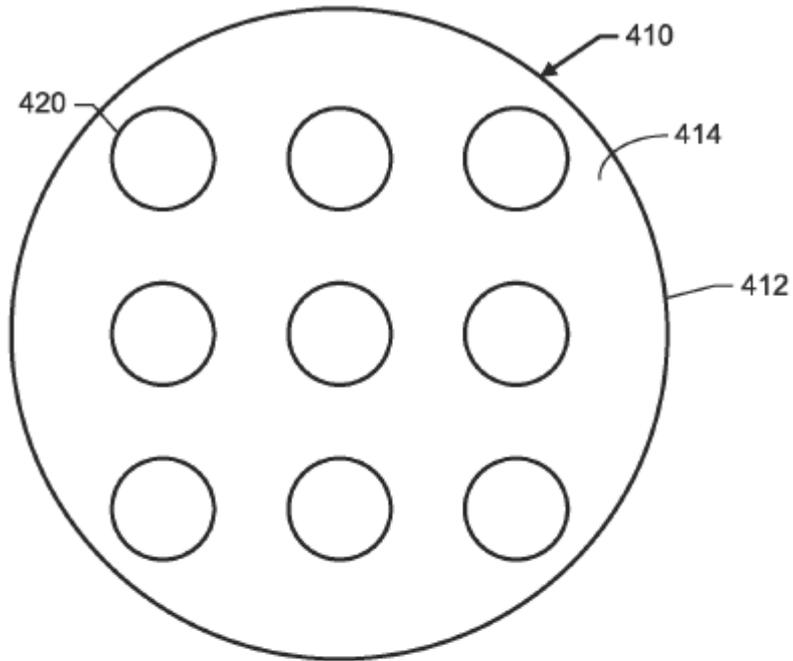


FIG. 4B

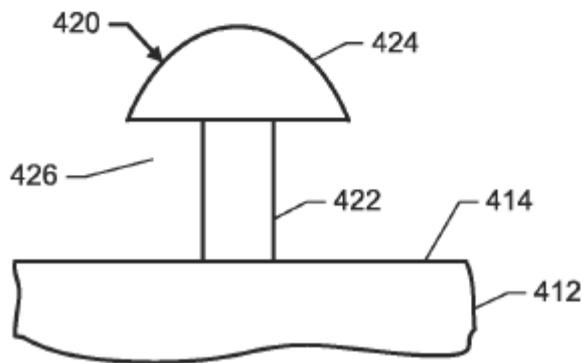


FIG. 5

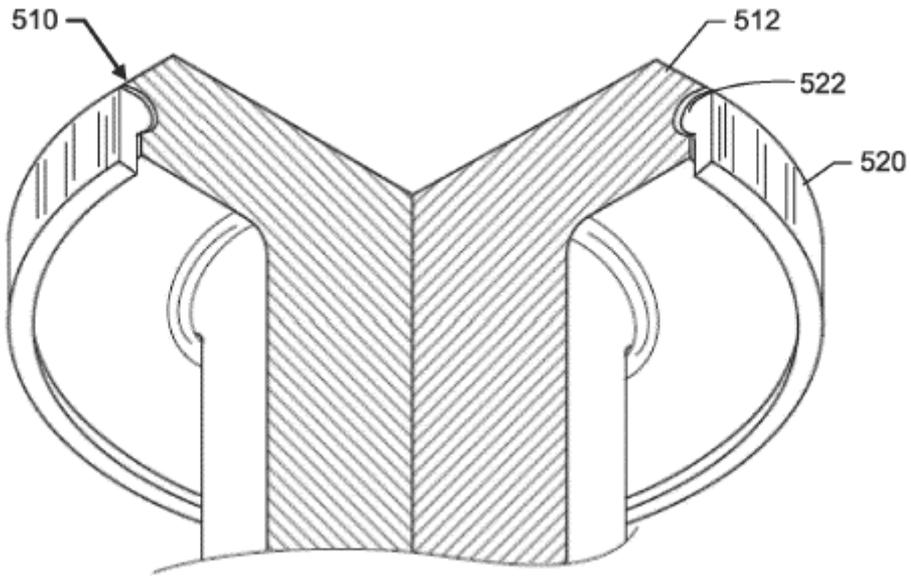


FIG. 6

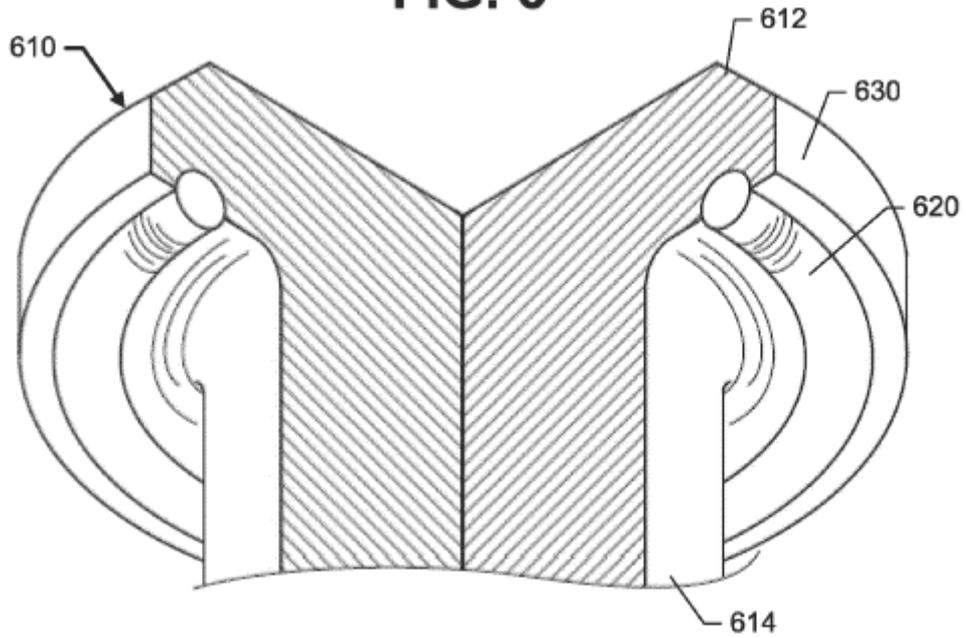


FIG. 7

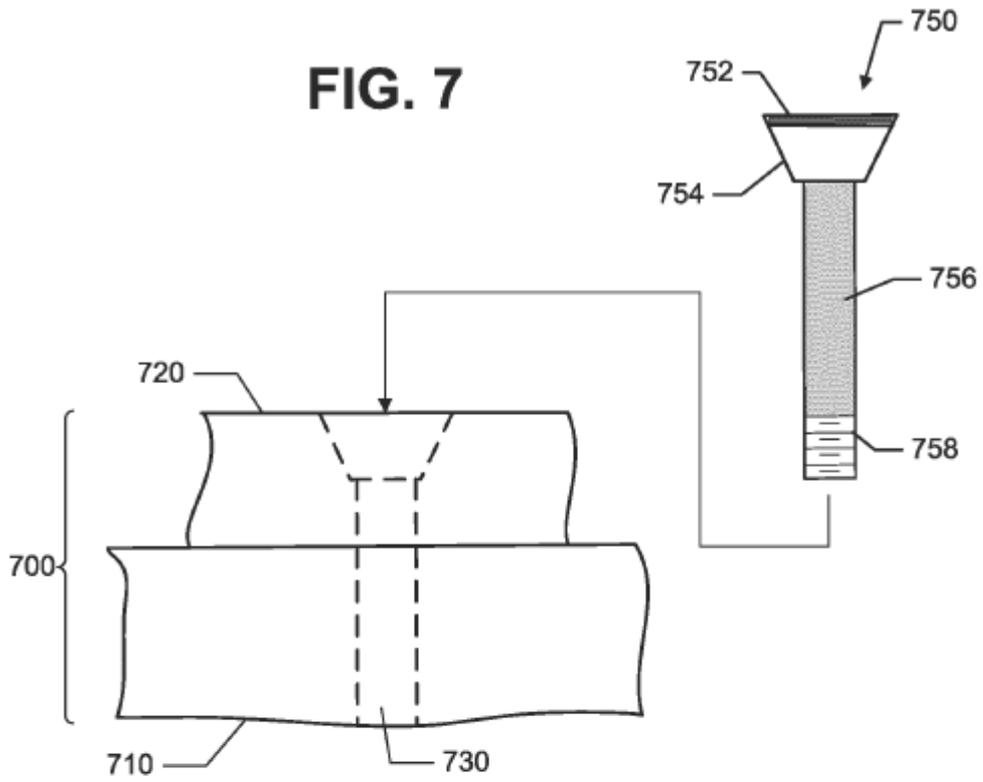
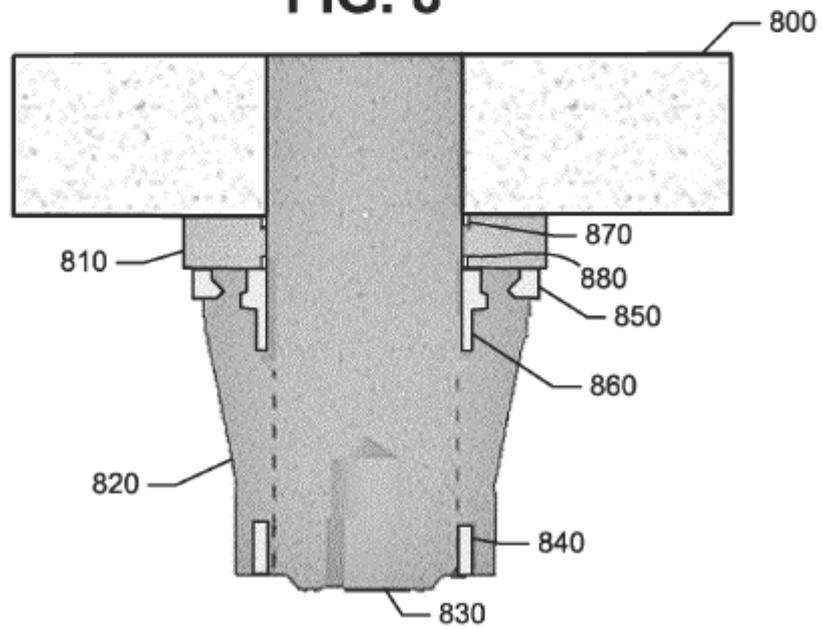


FIG. 8



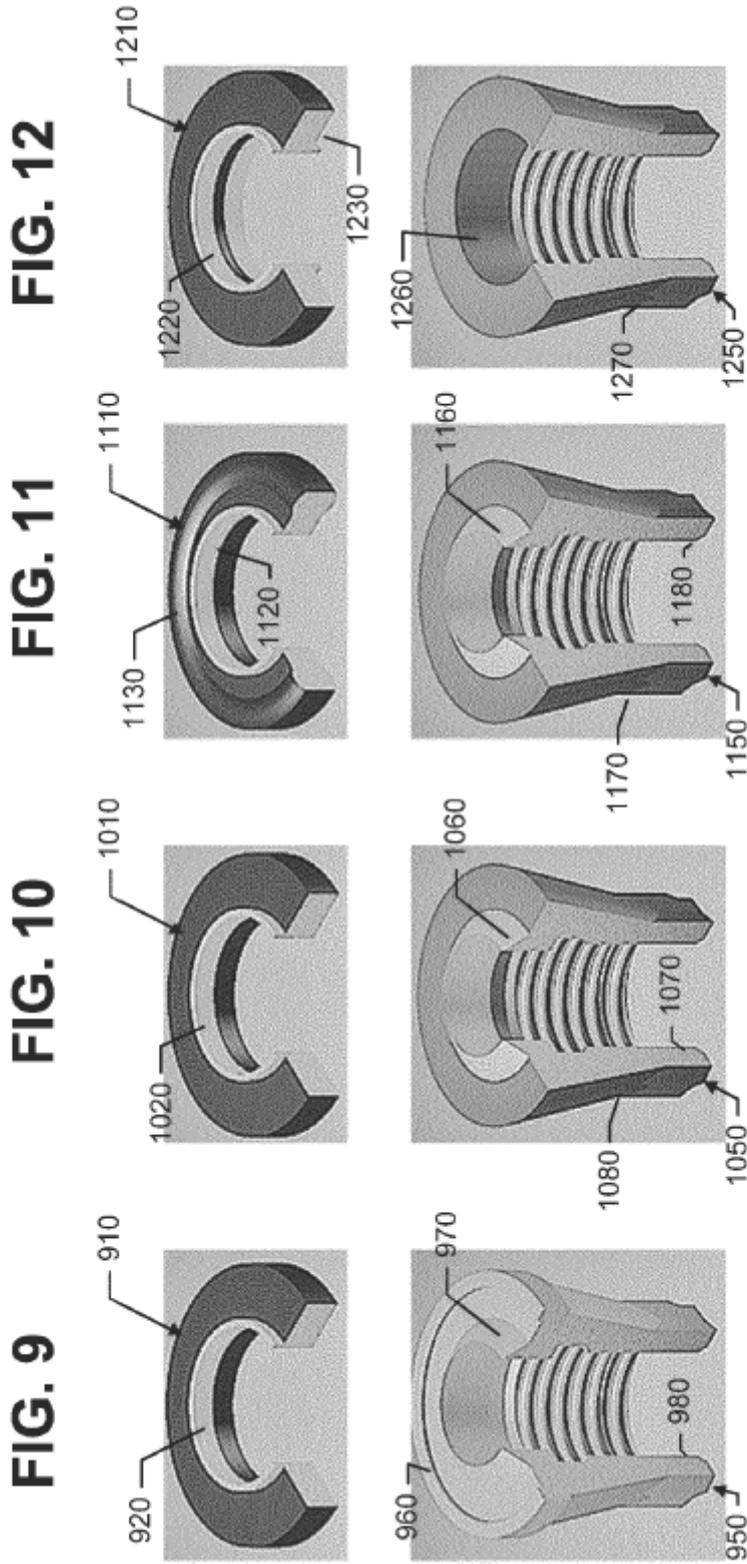


FIG. 13

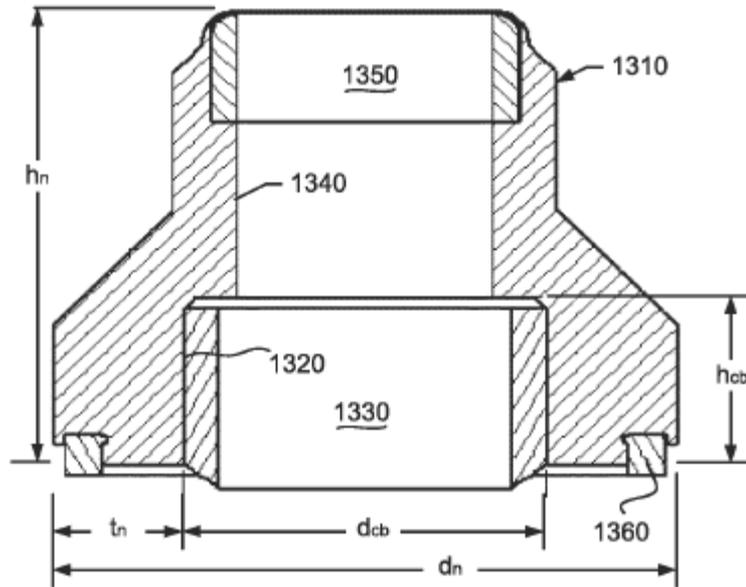


FIG. 14

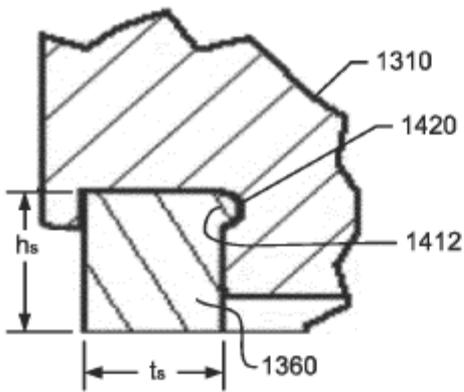


FIG. 15

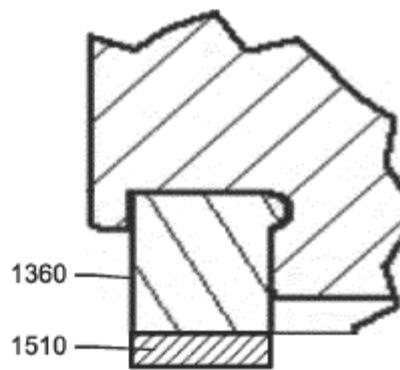


FIG. 16

