

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 137**

51 Int. Cl.:

B64D 45/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2014** **E 14167657 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2022** **EP 2805889**

54 Título: **Tuerca, arandela y cabezal de sujetador para protección contra efectos electromagnéticos**

30 Prioridad:

20.05.2013 US 201313898074

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

31.05.2022

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.;
DREXLER, JULIE M.;
ROGERS, RANDALL A.;
WOODS, MARK A. y
LOWE, THOMAS J.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 913 137 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

Tuerca, arandela y cabezal de sujetador para protección contra efectos electromagnéticos

5 Información de antecedentes

Campo de la invención

10 Las realizaciones de la divulgación se relacionan generalmente con el campo de las tecnologías de sujetadores para sujetadores metálicos empleados en estructuras compuestas y, más particularmente, con un sistema de sujetador con formas de superficie de contacto en los elementos acoplados para crear un sistema contenido en presión que evita la expulsión de partículas calientes y la formación de chispas en los bordes durante condiciones de relámpagos.

15 Antecedentes técnicos

La fabricación estructural con materiales compuestos aún requiere sujetadores para muchas operaciones de ensamblaje. Los sujetadores metálicos son conductores que crean consideraciones de diseño de efectos electromagnéticos (EME) para rayos y otros problemas de EME. Los modos de generación de chispas en el sujetador deben diseñarse para condiciones de relámpagos que incluyen la expulsión de partículas calientes (HPE) y la formación de arcos entre una superficie exterior del cabezal del sujetador y otra estructura o mangas del sujetador.

25 Cuando un rayo golpea una estructura de polímero reforzado con fibras de carbono (CFRP), una porción significativa de la corriente puede pasar a las estructuras cercanas a través de los sujetadores. Cuando la energía eléctrica pasa entre dos superficies, el calentamiento por resistencia de contacto puede descomponer los materiales y generar gas caliente (o plasma) en el orificio, o en el espacio entre un sujetador y un sujetador roscado interno asociado, como una tuerca o un tornillo o collar frágil. Si la presión generada es lo suficientemente grande, el gas puede encontrar una vía de baja presión y escapar del sistema de sujetador a un área con combustible. Ese camino a veces se encuentra en la superficie debajo del cabezal del sujetador que sobresale. Estos gases que escapan pueden estar lo suficientemente calientes como para erosionar las partes metálicas (sujetador o estructura) a medida que escapan, creando partículas o gotitas conocidas como HPE.

35 A medida que la energía eléctrica del rayo se conduce entre las juntas estructurales, la energía pasa a través de los sujetadores metálicos. El cabezal del sujetador que sobresale de ciertos sujetadores ha experimentado un arco entre el borde del cabezal del sujetador y la estructura en contacto con el cabezal. El arco puede estar presente entre el cabezal del sujetador y la estructura, o entre el cabezal y la manga del sujetador, si se usa un sujetador con manga.

40 Los sistemas de sujeción existentes normalmente requieren la instalación del sujetador con la adición de procesos intensivos en tiempo y mano de obra de instalación de tapas premoldeadas sobre cabezales de sujetador u otros procedimientos tales como la eliminación de revestimientos dieléctricos de las superficies expuestas de los cabezales de sujetador.

45 Por lo tanto, es deseable proporcionar un sistema de sujeción adecuado para aplicaciones estructurales compuestas que supere tanto el HPE como el arco mientras que supera los inconvenientes de los procedimientos de instalación de sujetadores de la técnica anterior.

50 El documento US 5,709,356 A, según su resumen, establece: Una estructura antichispas incluye primer y segundo elementos de material compuesto que están al menos parcialmente superpuestos y ensamblados entre sí con un tornillo y una tuerca. La tuerca tiene un rebaje que define una cámara de almacenamiento para almacenar gases formados en la interfaz del tornillo y los elementos. Se proporciona un pasaje en la estructura para permitir que los gases almacenados en la cámara escapen de la estructura.

55 El documento EP 2 2500 273 A2, según su resumen, establece: Se proporciona un sujetador de protección contra rayos de larga duración o similar para evitar explosiones para aeronaves a bajo costo, teniendo el sujetador un peso ligero, asegurando suficiente protección contra rayos y teniendo extremadamente menos fallas y alta confiabilidad. Un miembro de anillo en forma de anillo hecho de resina está montado en un collar. Este miembro de anillo está interpuesto entre un miembro y el collar y está en contacto íntimo tanto con el miembro como con el collar, sellando así una interfaz con el miembro para sellar y evitar la aparición de un arco en un borde del perímetro exterior del collar.

60 El documento EP 2 2500 539 A1, según su resumen, establece: Una conexión roscada, en particular para la construcción de máquinas, la construcción de máquinas especiales y la construcción de instalaciones, comprende un primer elemento con rosca exterior y una primera parte de cabezal, y comprende un segundo elemento con rosca interior y una segunda parte de cabezal. Cuando el primer elemento se enrosca completamente en el segundo elemento, una superficie entre la primera parte del cabezal y la segunda parte del cabezal se forma como un cilindro circular liso que es adecuado en particular para la fijación. De esta manera, se crea una unión por tornillo especialmente sencilla que sirve al mismo tiempo para la fijación y que es versátil.

Breve descripción de la invención

En la reivindicación 1 se define un conjunto estructural para una aeronave que comprende una estructura compuesta y un sistema de sujetador según la presente divulgación. En las reivindicaciones dependientes se definen otras realizaciones del conjunto estructural de la aeronave.

Los ejemplos descritos en este documento proporcionan un sistema de sujetador para una estructura compuesta que proporciona protección contra la energía electromagnética (EME) que incorpora una sujeción que tiene un cabezal con una superficie de acoplamiento y un vástago que tiene un extremo roscado. Se recibe una tuerca en el extremo roscado del sujetador, teniendo también la tuerca una superficie de acoplamiento. Al menos una de la superficie de acoplamiento del cabezal y la superficie de acoplamiento de la tuerca incorpora una porción de área reducida para el acoplamiento de una primera superficie de contacto o una segunda superficie de contacto, respectivamente.

Los ejemplos divulgados proporcionan un método para la protección EME mediante la identificación de un orificio en una estructura compuesta para la inserción de un sujetador. El cuerpo de una manga se inserta en el agujero con un reborde en contacto con la superficie de la estructura. Un sujetador que tiene un cabezal con una superficie de acoplamiento de área reducida se inserta en la manga con la porción de área reducida acoplada a una superficie de contacto en el reborde de la manga o una superficie de acoplamiento en la estructura. Luego se aprieta una tuerca en el sujetador.

La fabricación de las realizaciones para un sistema de sujetador de protección EME puede lograrse formando un vástago de sujeción con una conicidad. Entonces se crean roscas en un primer extremo del vástago y se forma un cabezal que tiene una superficie de acoplamiento de área reducida en un segundo extremo del vástago. En el vástago se forma un contra-agujero/avellanado de múltiples facetas con capacidad de ajuste con una herramienta ("wrenchable") para contrarrestar el par/torque y evitar la rotación del sujetador.

Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de forma independiente en varias realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en otras realizaciones adicionales de las cuales se pueden ver más detalles con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de una metodología de producción y servicio de aeronaves;

La Fig. 2 es una diagrama de bloques de una aeronave;

La Fig. 3A es una vista isométrica superior de un sistema de sujetador que muestra el sujetador, la arandela y la tuerca empleadas en varios ejemplos divulgados en este documento;

La Fig. 3B es una vista isométrica inferior del sistema de sujetador que muestra el sujetador, la arandela y la tuerca empleadas en varios ejemplos divulgados en este documento;

La Fig. 3C es una vista lateral del sistema de sujetador que muestra el sujetador, la arandela y la tuerca empleadas en varios ejemplos divulgados en este documento como insertados en una estructura (mostrado en una vista en sección) con un orificio de sujetador;

La Fig. 3D es una vista lateral del sistema de sujetador que muestra el sujetador y la tuerca con la arandela ubicada debajo de la tuerca como se emplea en varios ejemplos divulgados aquí como insertados en una estructura (mostrado en una vista en sección) con un orificio de sujetador;

La Fig. 4 es una vista en sección lateral de un ejemplo de un sujetador que emplea una superficie de acoplamiento de perfil reducido para protección EME;

La Fig. 5 es una vista en sección lateral de una segunda realización de un sujetador para EME que emplea una protección de superficie de acoplamiento de perfil reducido alternativa;

La Fig. 6 es una vista en sección lateral de una realización de una arandela que emplea una superficie de acoplamiento de perfil reducido para protección EME;

La Fig. 7 es una vista en sección lateral de una realización de una tuerca que emplea una superficie de acoplamiento de perfil reducido para protección EME;

La Fig. 8 es una vista en sección lateral de una realización de un sujetador que utiliza una cámara concéntrica endotérmica para protección EME;

La Fig. 9 es una vista en sección lateral de una realización de una arandela que utiliza una cámara concéntrica endotérmica para protección EME;

La Fig. 10 es una vista en sección lateral de una realización de una tuerca que utiliza una cámara concéntrica endotérmica para protección EME;

5 La Fig. 11 es una vista en sección lateral de una realización de un sujetador que utiliza múltiples cámaras endotérmicas concéntricas para protección EME;

La Fig. 12 es una vista en sección lateral de una realización de una arandela que utiliza múltiples cámaras endotérmicas concéntricas para protección EME;

10 La Fig. 13 es una vista en sección lateral de una realización de una tuerca que utiliza múltiples cámaras endotérmicas concéntricas para protección EME;

15 La Fig. 14 es una vista en sección lateral de una realización de un sujetador que utiliza un anillo de sello de cuña doble para protección EME;

La Fig. 15 es una vista en sección lateral de una realización de una arandela que utiliza un anillo de sello de doble cuña para protección EME;

20 La Fig. 16 es una vista en sección lateral de una realización de una tuerca que utiliza un anillo de sello de doble cuña para protección EME;

La Fig. 17 es una vista en sección lateral que muestra detalles de la manga y el sujetador; y

25 La Fig. 18 es un diagrama de flujo de un método para protección EME con un sistema de sujetador; y,

La Fig. 19 es un diagrama de flujo de un método para la fabricación de un sistema de sujetador con protección EME.

Descripción detallada

30 Las presentes realizaciones proporcionan un sistema de sujetador de protección EME que emplea uno o más cabezales de sujeción, arandelas o tuercas que tienen una superficie de acoplamiento de perfil reducido, una o más cámaras concéntricas endotérmicas o un anillo de sello de doble cuña, usados individualmente o en combinación. Las piezas de contacto crean un sistema de presión contenida para evitar HPE (chispas de alta energía) y chispas en los bordes durante condiciones de rayos. La instalación del sujetador sin requisitos adicionales de sellado o procesamiento cumple con los requisitos de rayos.

40 Con referencia más particularmente a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 1000 como se muestra en la Fig. 1 y una aeronave 1002 como se muestra en la Fig. 2. Durante la preproducción, el método ejemplar 1000 puede incluir la especificación y el diseño 1004 de la aeronave 1002 y la adquisición de material 1006. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subensambles 1008 y la integración del sistema 1010 de la aeronave 1002. Posteriormente, la aeronave 1002 puede pasar por la certificación y entrega 1012 para ser puesta en servicio 1014. Mientras está en servicio por parte de un cliente, la aeronave 102 está programada para mantenimiento y servicio de rutina 1016 (que también pueden incluir modificaciones, reconfiguraciones, reacondicionamientos, etc.).

50 Cada uno de los procesos del método 1000 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, entre otros, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas importantes; un tercero puede incluir, entre otros, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, una empresa de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

55 Como se muestra en la Fig. 2, la aeronave 1002 producida por el método ejemplar 1000 puede incluir un fuselaje 1018 con una pluralidad de sistemas 1020 y un interior 1022. Los ejemplos de sistemas de alto nivel 1020 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 1024, un sistema eléctrico 1026, un sistema hidráulico 1026, y un sistema ambiental 1030. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, como la del automóvil.

60 Los aparatos y métodos aquí incorporados pueden emplearse durante una o más de las etapas del método de producción y servicio 1000. Por ejemplo, los componentes o subensambles correspondientes al proceso de producción 1008 pueden fabricarse o construirse de manera similar a los componentes o subensambles producidos mientras la aeronave 1002 está en servicio. Además, se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de los mismos durante las etapas de producción 1008 y 1010, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el costo de una aeronave 1002. De manera similar, se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de los mismos mientras la aeronave 1002 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 1016.

Las realizaciones descritas en el presente documento proporcionan un sistema de sujetador que proporciona protección EME disponible para su uso en los requisitos de ensamblaje en los métodos o sistemas de una aeronave como se define en las Fig. 1 y 2 y descritos anteriormente o cualquier montaje estructural similar. Si bien se describen las realizaciones en este documento para un tipo de sujetador roscado, las características empleadas pueden usarse en llaves hexagonales con manga (elemento impulsor en el vástago), pernos con manga (ya sea con la forma del cabezal como elemento impulsor o un elemento impulsor en el cabezal), o pernos de seguridad con manga (estampados) como ejemplos

Como se muestra en el ejemplo de las Fig. 3A-3D, el sistema de sujetador 10 incorpora un sujetador 12 que se puede usar solo o recibir en una arandela 14. Una manga 16, insertada en un orificio de ensamblaje 18 en la estructura 20 en la que se empleará el sistema de sujetador (como se ve en la Fig. 3C, donde los elementos están ligeramente separados para mayor claridad pero están en contacto directo en la aplicación), recibe un vástago 22 del sujetador 12 con roscas 24 en un primer extremo 26 del sujetador recibido en un elemento de sujetador roscado internamente como una tuerca 28 o collar frágil. La manga 16 se puede colocar debajo del sujetador o la arandela 14, si se emplea, dependiendo de la configuración. Un contra-agujero 30 de múltiples facetas o de múltiples lóbulos con capacidad de ajuste con una herramienta, como un contra-agujero de cabeza hexagonal en el vástago (mejor visto en la Fig. 3B) se emplea como receptáculo que se puede ajustar con una herramienta para apretar el sistema de sujetador. La arandela 14 se puede colocar alternativamente debajo de la tuerca 28 en varias realizaciones de ejemplo, como se muestra en la Fig. 3D. Cada elemento del sistema de sujetador 10, el sujetador 12, la arandela 14 y la tuerca 28 tienen superficies de acoplamiento 36, 48 y 56 (todas mostradas en las Fig. 3C y 3D) que interactúan con superficies de contacto de elementos o estructuras contiguos, como la superficie superior 38 en la arandela, las superficies 39 o 41 en la estructura 20 o la superficie 17 en la manga 16 (todas vistas en la Fig. 3C y 3D). La modificación de estas superficies de acoplamiento, como se describe para las siguientes realizaciones, mejora la protección EME mediante la creación de un sistema de presión contenida para evitar HPE (chispas de alta energía) y chispas en los bordes durante condiciones de rayos.

Como primera mejora de la protección EME, cada uno de los elementos sujetadores puede emplear un perfilado de las superficies de acoplamiento para reducir el área de contacto. Un primer ejemplo que utiliza el sujetador se muestra en detalle en las Fig. 4 para una primera realización identificada como 12a. El cabezal 32 se extiende desde un segundo extremo 34 del sujetador 12a opuesto al extremo roscado 26. Una superficie de acoplamiento 36 en el cabezal está en interfaz con una superficie de contacto en la arandela (que se describirá con mayor detalle con respecto a la Fig. 6), la superficie 38, o sobre la estructura 20, la superficie 39, rodeando el orificio de ensamblaje 18 o sobre la superficie 17 sobre la manga 16. La superficie de acoplamiento 36 está perfilada para proporcionar un área de superficie de contacto reducida. En la realización de la Fig. 4, en la porción radial interior 40 se rebaja de tal manera que no hay contacto con la superficie de contacto y una porción radial exterior 42 proporciona una superficie de contacto que se acopla con la superficie de contacto, que se muestra, por ejemplo, como la superficie 39 en la estructura 20. El área de la superficie de contacto de la porción radial exterior 42 es aproximadamente del 20% al 30% del área superficial total. Para realizaciones ejemplares, el sujetador se fabrica a partir de una aleación de titanio 6AL-4V y se recubre con un recubrimiento dieléctrico o eléctricamente aislante. En una realización ejemplar, el recubrimiento es un recubrimiento de resina epoxi aglomerada. En realizaciones ejemplares en las que se obtiene un contacto mejorado entre el cabezal del sujetador y la manga, el recubrimiento se puede quitar de la porción de la superficie de acoplamiento para mejorar aún más la protección EME.

Un ejemplo alternativo del sujetador, designado 12b, se muestra en la Fig. 5. En la realización de las Fig. 4, la superficie de acoplamiento 36 está perfilada para reducir el área de contacto. Sin embargo, para la realización de la Fig. 5, una porción radial interna 44 proporciona una superficie de contacto para acoplarse con la superficie de contacto, en este ejemplo, la superficie de contacto 17 en la manga 16. Una porción radial exterior 46 está rebajada, como un chaflán en ángulo en el ejemplo que se muestra, para que no entre en contacto con la superficie de acoplamiento. El área de la superficie de contacto de la porción radial interior 44 es aproximadamente del 20% al 30% del área de la superficie total. Para realizaciones ejemplares, el sujetador se fabrica a partir de una aleación de titanio 6AL-4V y se recubre con un recubrimiento dieléctrico o eléctricamente aislante. El recubrimiento se puede quitar de la superficie de acoplamiento en el cabezal del sujetador para mejorar la trayectoria conductora hacia la manga, o si se usa una arandela en el lado del cabezal, se puede quitar de la superficie de acoplamiento de la arandela para mejorar la trayectoria conductora hacia la manga. Para ambas realizaciones mostradas en las Fig. 4 y 5 en implementaciones ejemplares, el área de contacto reducida mejora la protección EME.

En la realización de la Fig. 6, la arandela, mostrada como 14a en la Fig. 6, está configurada con una superficie de acoplamiento perfilada 48. Como se describió anteriormente para los ejemplos de sujetadores, la arandela 14a tiene la superficie de acoplamiento 48 perfilada para reducir el área de contacto con la superficie de contacto 39 de la estructura 20. Como otro tipo de perfil adicional, la superficie de acoplamiento 48 tiene una porción radial interior rebajada 50 y una porción radial exterior rebajada 52, ambas mostradas como chaflanes para la realización de la Fig. 6, con contacto limitado a una porción radial central 54 que proporciona una superficie de contacto para acoplarse con la superficie de contacto 39. El área de la superficie de contacto de la porción radial central 54 es aproximadamente del 20% al 30% del área superficial total. Para realizaciones ejemplares, la arandela se fabrica con aleación de titanio 6AL-4V o A286 CRES y se recubre con un recubrimiento dieléctrico o eléctricamente aislante. Como se discutió anteriormente, el recubrimiento se podría quitar de la superficie de acoplamiento del cabezal del sujetador para mejorar la trayectoria conductora hacia la manga, o si se usa una arandela en el lado del cabezal, se podría quitar el recubrimiento de la superficie de contacto de la arandela para mejorar la trayectoria conductora a la manga. Para la realización mostrada en la Fig. 6, sola o en

combinación con una superficie de contacto perfilada en el sujetador, en implementaciones ejemplares, el área de contacto reducida mejora la protección EME.

La tuerca, mostrada como 28a en la Fig. 7, proporciona otro ejemplo más para la configuración de una superficie de acoplamiento perfilada 56. La superficie de acoplamiento 56 tiene una porción radial interior rebajada 58 y una porción radial exterior rebajada 60, ambas mostradas como chaflanes para la realización de la Fig. 7 con contacto limitado a una porción radial central 62 que proporciona una superficie de contacto para acoplarse con la superficie de contacto 41. El área de la superficie de contacto de la porción radial central 62 es aproximadamente del 20% al 30% del área superficial total. Para realizaciones ejemplares, la tuerca se fabrica con aleación de titanio 6AL-4V o A286 CRES y se recubre con un recubrimiento dieléctrico o eléctricamente aislante. El recubrimiento se puede quitar de la superficie de contacto del cabezal del sujetador para mejorar la trayectoria conductora hacia la superficie de contacto de la manga, o si se usa una arandela en el lado del cabezal, el recubrimiento se puede quitar de la superficie de contacto de la arandela para mejorar la trayectoria conductora hacia la manga, o si se usa una arandela en el lado de la tuerca, el recubrimiento podría eliminarse de la superficie de contacto de la arandela para mejorar la trayectoria conductora hacia la tuerca. Para el ejemplo mostrado en la Fig. 7, solo o en combinación con superficies de contacto perfiladas en el sujetador y/o la arandela, en implementaciones ejemplares, el área de contacto reducida mejora la protección EME. Como se mostró y describió previamente con respecto a la Fig. 3D, se puede emplear alternativamente una arandela 14 debajo de la tuerca 28.

Además del área de contacto reducida como una segunda mejora de protección EME, cada uno de los elementos de sujetador puede emplear cámaras concéntricas endotérmicas que se extienden desde la superficie de acoplamiento. Como se muestra en la Fig. 8 para un sujetador 12b, se puede introducir una cámara concéntrica endotérmica 64 en la superficie de acoplamiento 36. La cámara concéntrica endotérmica 64 proporciona un volumen de expansión para contener o atrapar HPE. Para la realización mostrada en la Fig. 8, se emplea una forma concéntrica redondeada con un vértice 66 orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica 64 y la superficie de acoplamiento 36. En realizaciones ejemplares, para un volumen total predeterminado del cabezal del sujetador 12b, el volumen de la cámara concéntrica endotérmica 64 será de 1/8 a 1/3 de ese volumen total. La cámara como un relieve que se extiende desde la superficie de acoplamiento 36 proporciona además un área de contacto reducida, porción 37, para la superficie de acoplamiento que se muestra acoplando la superficie de contacto 39 de la estructura 20 en este ejemplo, lo que produce beneficios comparables a la realización de área de contacto reducida descrita con respecto a Fig. 4.

Una arandela 14b mostrada en la Fig. 9 también puede emplear una cámara concéntrica endotérmica 68 en la superficie de acoplamiento 48. Para la realización mostrada en la Fig. 9, se emplea una forma concéntrica redondeada con un vértice 70 orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica 68 y la superficie de acoplamiento 48 en una configuración similar a la descrita para el sujetador 12b en la Fig. 8. En realizaciones ejemplares, para un volumen total predeterminado de la arandela 14b, el volumen de la cámara concéntrica endotérmica 68 será de 1/8 a 1/3 de ese volumen total. La cámara como un relieve que se extiende desde la superficie de acoplamiento 48 nuevamente proporciona un área de contacto reducida, porción 49, para la superficie de acoplamiento que se muestra acoplando la superficie de contacto 39 en la estructura 20, en este ejemplo, brindando beneficios comparables al ejemplo de área de contacto reducida descrito con respecto a la Fig. 4.

Una tuerca 28b mostrada en la Fig. 10 también puede emplear una cámara concéntrica endotérmica 72 en la superficie de acoplamiento 56. Para la realización mostrada en la Fig. 10, se emplea una forma concéntrica de sección triangular alternativa con un vértice 74 orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica 72 y la superficie de acoplamiento 56 en una configuración similar a la descrita para el sujetador 12b en la Fig. 8. En realizaciones ejemplares, para un volumen total predeterminado de la tuerca, el volumen de la cámara concéntrica endotérmica 72 será de 1/8 a 1/4 de ese volumen total. La cámara como un relieve que se extiende desde la superficie de acoplamiento 56 proporciona adicionalmente un área de contacto reducida para la superficie de acoplamiento que produce beneficios comparables a la realización de área de contacto reducida descrita con respecto a la Fig. 6.

También se pueden emplear múltiples cámaras concéntricas endotérmicas en las superficies de acoplamiento de los elementos del sistema de sujetador. Como se muestra en la Fig. 11, un sujetador 12c incorpora una primera cámara concéntrica endotérmica interior 76 y una cámara concéntrica endotérmica exterior 78. Cada cámara proporciona un volumen con un vértice, 80 y 82 respectivamente, orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica y, como un ejemplo, la superficie de acoplamiento 39 de la estructura 20. En realizaciones ejemplares, para un volumen total predeterminado del cabezal del sujetador 12c, cada cámara 76 y 78 será de 1/16 a 1/6 de ese volumen total.

De manera similar, una arandela 14c, como mostrada en la Fig. 12, incorpora una primera cámara concéntrica endotérmica interior 84 y una cámara concéntrica endotérmica exterior 86 en la superficie de acoplamiento 48. Cada cámara proporciona un volumen con un vértice, 88 y 90 respectivamente, orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica y la superficie de acoplamiento 48. En realizaciones ejemplares, para un volumen total predeterminado de la arandela 14c, el volumen de cada una de las cámaras concéntricas endotérmicas 84 y 86 será de 1/16 a 1/6 de ese volumen total.

También se pueden emplear múltiples cámaras concéntricas endotérmicas en una tuerca 28c como se muestra en la Fig.

13. Una primera cámara concéntrica endotérmica interior 92 y una cámara concéntrica endotérmica exterior 94 se introducen en la superficie de acoplamiento 56. Cada cámara proporciona un volumen con un vértice, 96 y 98 respectivamente, orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica y la superficie de acoplamiento 56. En realizaciones ejemplares, para un volumen total predeterminado de la tuerca 28c, el volumen de cada una de las cámaras concéntricas endotérmicas 92 y 94 será de 1/16 a 1/8 de ese volumen total.

Como una mejora alternativa a la protección EME, uno o más de los elementos del sistema de sujetador pueden emplear un anillo de sello de doble cuña incorporado en la superficie de acoplamiento. Para un sujetador 12d como mostrado en la Fig. 14, un relieve de cuña 100 en la superficie de acoplamiento 36 está dimensionado para recibir un anillo de cuña 102. El relieve de cuña 100 tiene una superficie en ángulo orientada hacia abajo y radialmente hacia adentro 104 que se acopla con una superficie en ángulo hacia arriba y radialmente hacia afuera 105 en el anillo de cuña 102. El grosor 104 del anillo en cuña excede la profundidad del relieve de cuña 100 lo suficiente como para que el cabezal 32 presione el anillo de cuña para que entre en contacto con la superficie de contacto adyacente, la superficie 39 en la estructura 20 mostrada en la Fig. 14. La porción exterior 107 de la superficie de acoplamiento 36 está separada de la superficie de contacto proporcionando un área de contacto reducida proporcionada por una superficie inferior 106 del anillo de cuña 102. Se emplea un anillo de sello 108 radialmente hacia adentro desde el anillo de cuña 102 y, al comprimir el cabezal del sujetador 32, así como la presión del gas expandida, se acopla radialmente con el vástago 22 y una superficie radial hacia adentro 110 del anillo de cuña 102 para empujar el anillo de cuña radialmente hacia afuera mejorando el acoplamiento de la superficie en ángulo 104 y la superficie en ángulo 105. Para realizaciones de ejemplo, el anillo de cuña se fabrica a partir de un metal blando como cobre, latón o aleación de aluminio. El anillo de sellado puede ser un anillo metálico deformable, un caucho elástico o un material elastomérico, como un caucho sintético, como caucho de fluorosilicona o neopreno.

En una configuración similar, una arandela 14d como se muestra en la Fig. 15, emplea un relieve de cuña 112 en la superficie de acoplamiento 48 dimensionado para recibir un anillo de cuña 114. El relieve de cuña 112 tiene una superficie en ángulo orientada hacia abajo y radialmente hacia adentro 116 que se acopla con una superficie en ángulo hacia arriba y radialmente hacia afuera 117 en el anillo de cuña 114. El grosor 118 del anillo de cuña excede la profundidad del relieve de cuña 112 lo suficiente como para que la arandela presione el anillo de cuña para que entre en contacto con la superficie de contacto adyacente, la superficie 39 en la estructura 20 para la realización que se muestra en la Fig. 15. La porción exterior 120 de la superficie de acoplamiento 48 está separada de la superficie de contacto proporcionando un área de contacto reducida proporcionada por una superficie inferior 122 del anillo de cuña 114. Se emplea un anillo de sello 124 radialmente hacia adentro desde el anillo de cuña 114 y, al comprimir la arandela 14d y la presión del gas expandida, se acopla radialmente con una superficie radial hacia adentro 126 del anillo de cuña 114 para empujar el anillo de cuña radialmente hacia afuera mejorando el acoplamiento de la superficie en ángulo 116 y la superficie en ángulo 117. Para realizaciones de ejemplo, el anillo de cuña se fabrica a partir de un metal blando como cobre, latón, aleación de aluminio. El anillo de sellado puede ser un anillo metálico deformable, un caucho elástico o un material elastomérico, como un caucho sintético, como caucho de fluorosilicona o neopreno.

Finalmente, una tuerca 28d como se muestra en la Fig. 16 puede configurarse para emplear un relieve de cuña 126 en la superficie de acoplamiento 56 dimensionado para recibir un anillo de cuña 128. El relieve de cuña 126 tiene una superficie en ángulo orientada hacia arriba y hacia radialmente hacia adentro 130 que se acopla con una superficie en ángulo hacia abajo y radialmente hacia afuera 131 en el anillo de cuña 128. El espesor del anillo de cuña 128 excede la profundidad del relieve de cuña 126 lo suficiente como para que la arandela presione al anillo de cuña para que entre en contacto con la superficie de contacto adyacente, la superficie 39b en la estructura 20 para la realización que se muestra en la Fig. 16. La porción exterior 138 de la superficie de acoplamiento 56 está separada de la superficie de contacto proporcionando un área de contacto reducida proporcionada por una superficie inferior 132 del anillo de cuña 128. Se emplea un anillo de sello 134 radialmente hacia adentro desde el anillo de cuña 128 y, al comprimir la tuerca 28d y la presión del gas expandida, se acopla radialmente con una superficie radial hacia adentro 136 del anillo de cuña 128 para empujar el anillo de cuña radialmente hacia afuera mejorando el acoplamiento de la superficie en ángulo 130 y la superficie en ángulo 131. Para realizaciones de ejemplo, el anillo de cuña se fabrica a partir de un metal blando como cobre, latón, aleación de aluminio. El anillo de sellado puede ser un anillo metálico deformable, un caucho elástico o un material elastomérico, como un caucho sintético, como caucho de fluorosilicona o neopreno.

Para la mayoría de las realizaciones mostradas, la manga 16 se acopla con el vástago 22 del sujetador y permite la instalación en agujeros de ajuste de interferencia en una estructura compuesta como se muestra en detalle en la Fig. 17. Un diámetro interior (ID) 140 de un cuerpo 142 de la manga es más pequeño que el diámetro 144 del vástago 22 del sujetador. El ID combinado 140 y el grosor 146 del cuerpo 142 permiten que la manga 16 se instale en el material compuesto sin dañarlo. La superficie del ID 140 de la manga está lubricada y permite que el sujetador 12 haga que la manga 16 se expanda radialmente cuando el vástago del sujetador 22 se desliza dentro del cuerpo de la manga 142, lo que evita dañar el compuesto y aumenta el área de contacto entre el vástago del sujetador y la manga 16 y el orificio de ensamblaje 18 en la estructura. Se emplea una conicidad 150 o geometría de entrada de radio en el vástago del sujetador 22 y un filete 152 entre un reborde 154 y el cuerpo 142 en la manga para mejorar la alineación de inserción del sujetador 12 en la manga 16 y la expansión de la manga. El área de contacto aumentada mejora la trayectoria eléctrica con la estructura de contacto y minimiza la pérdida de resistencia que puede provocar la ionización y el calentamiento del aire y el HPE potencial subsecuente. El reborde 154 proporciona una superficie de contacto conductora para la superficie de

- acoplamiento 36 del sujetador 12 como se describe anteriormente para la realización de la Fig. 5 o la superficie de acoplamiento 48 de la arandela 14, si se usa. La ausencia de las superficies de acoplamiento del recubrimiento dieléctrico del sujetador o la arandela mejora la conductividad con la manga. La ausencia de recubrimiento mejora la trayectoria conductora de la energía transferida desde la manga al sujetador o arandela y evita cualquier formación de arco en el borde del cabezal y la manga del sujetador. Además, la parte inferior de la manga está recubierta con un recubrimiento dieléctrico o aislante para evitar la formación de arcos entre la manga y el contra-agujero del sujetador con rosca interna de contacto, como la tuerca 28. Para realizaciones ejemplares, la manga 16 está fabricada con A286 CRES. La superficie del ID 140 del cuerpo de la manga 142 se puede recubrir con una película lubricante seca.
- Las realizaciones descritas en el presente documento se emplean para la protección EME del sujetador en un método como se describe en la Fig. 18. Se identifica un agujero en una estructura compuesta para la inserción de un sujetador, paso 1802. Se inserta un cuerpo de una manga en el agujero con un reborde en contacto con la superficie de la estructura, paso 1804. Un sujetador que tiene un cabezal con una superficie de acoplamiento de área reducida se inserta en la manga, paso 1806, con la porción de área reducida acoplada a una superficie de contacto en el reborde de la manga o una superficie de contacto en la estructura, paso 1808. Alternativamente, una arandela puede recibir la manga, paso 1810, inserción del sujetador en la manga y la porción de área reducida se acopla con una superficie de contacto en la manga, paso 1812. La arandela puede acoplarse adicionalmente a la superficie de contacto en la estructura o el reborde con una porción de área reducida, paso 1814. Se puede colocar al menos una cámara endotérmica en el cabezal del sujetador para el atrapamiento de HPE, paso 1816. De manera similar, se puede colocar al menos una cámara endotérmica en la arandela para el atrapamiento de HPE, paso 1818. Se puede insertar un anillo de cuña en un relieve de cuña en el cabezal del sujetador, paso 1820 para proporcionar la porción de área reducida de la superficie de acoplamiento del sujetador. Como alternativa, se puede insertar un anillo de cuña en un relieve de cuña en la arandela, paso 1822, para proporcionar la porción de área reducida en la superficie de acoplamiento de la arandela. Una tuerca que tiene una superficie de acoplamiento de área reducida se aprieta al sujetador, paso 1824, con la porción de área reducida acoplada a una superficie de contacto en la estructura. Se puede colocar al menos una cámara endotérmica en la tuerca para el atrapamiento de HPE, paso 1826. Se puede insertar un anillo de cuña en un relieve de borde en la tuerca, paso 1828, para proporcionar la porción de área reducida en la superficie de acoplamiento de la tuerca.
- La fabricación de un sistema de sujetador con protección EME se puede lograr como se muestra en la Fig. 19. Se forma un vástago de sujetador en el paso 1902 y se forma una conicidad en el vástago, paso 1904. Se crean roscas en un primer extremo del vástago, paso 1906, y se forma un cabezal que tiene una superficie de acoplamiento de área reducida en un segundo extremo del vástago, paso 1908. En el vástago se proporciona un contra-agujero con capacidad de ajuste con una herramienta de múltiples facetas o de múltiples lóbulos, como un orificio hexagonal, para contrarrestar el par y evitar la rotación del sujetador, paso 1910. El sujetador está provisto de un recubrimiento dieléctrico, paso 1912. Se forma una arandela con una garganta para recibir el vástago del sujetador, paso 1914 y provista de una superficie de contacto para recibir la superficie de acoplamiento del cabezal del sujetador, paso 1916, y se forma una superficie de acoplamiento de área reducida en la arandela para acoplar una superficie de contacto en la estructura, paso 1918. Al menos una cámara endotérmica que se extiende desde la superficie de acoplamiento se forma en el cabezal del sujetador, paso 1920. Al menos una cámara endotérmica que se extiende desde la superficie de acoplamiento se forma en la arandela, paso 1922. Se puede formar un relieve de cuña en el cabezal del sujetador, paso 1924 y se recibe un anillo de cuña en el relieve de cuña, paso 1926, proporcionando el área de acoplamiento reducida. Se forma un relieve de cuña en la superficie de acoplamiento de la arandela, paso 1928 y se recibe un anillo de cuña en el relieve de cuña, paso 1930, proporcionando el área de acoplamiento reducida. Se forma una tuerca con una superficie de acoplamiento que tiene una porción de área reducida, paso 1932. Se puede formar al menos una cámara endotérmica que se extiende desde la superficie de acoplamiento de la tuerca, paso 1934. Se puede formar un relieve de cuña en la superficie de acoplamiento de la tuerca, paso 1936, y recibir un anillo de cuña en el relieve de cuña, paso 1938. Se proporciona una manga que tiene un reborde y un cuerpo para insertarlo en un orificio estructural y para recibir el vástago del sujetador, paso 1940.
- Habiendo descrito ahora varias realizaciones de la divulgación en detalle según lo requerido por los estatutos de patentes, los expertos en la técnica reconocerán modificaciones y sustituciones a las realizaciones específicas descritas en este documento. Dichas modificaciones están dentro del alcance y la intención de la presente divulgación, tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto estructural de una aeronave que comprende:
 - 5 una estructura compuesta (20) que tiene una primera superficie (39) con una primera superficie de contacto, una segunda superficie (41) con una segunda superficie de contacto y un orificio (18); y un sistema de sujetador para la estructura compuesta (20) que proporciona protección de energía electromagnética que comprende:
 - 10 un sujetador (12) que tiene un cabezal con una superficie de acoplamiento (36) y un vástago recibido en el orificio (18) y que tiene un extremo roscado; una tuerca (28) recibida en el extremo roscado del sujetador, teniendo dicha tuerca una superficie de acoplamiento (56);
 - 15 donde la superficie de acoplamiento de la tuerca (56) incorpora una porción de área reducida que se acopla con la segunda superficie de contacto de la segunda superficie (41), donde el conjunto estructural de la aeronave comprende además una arandela (14) que tiene una superficie de acoplamiento (48) y una primera superficie de contacto para acoplar la superficie de acoplamiento (48) del cabezal del sujetador, donde la superficie de acoplamiento de la arandela (48) incorpora una porción de área reducida que se acopla con una tercera superficie de contacto,
 - 20 donde el conjunto estructural de la aeronave comprende además una manga (16) que recibe el sujetador (12) y que tiene un reborde y donde la tercera superficie de contacto está en el reborde.
 2. El conjunto estructural de una aeronave como se define en la reivindicación 1, donde al menos uno del cabezal del sujetador (12), la tuerca (28) y la arandela (14) incorpora además al menos una cámara endotérmica que se extiende desde la superficie de acoplamiento respectiva.
 - 25
 3. El conjunto estructural de una aeronave como se define en la reivindicación 2, donde al menos una cámara endotérmica incluye un vértice orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica y la superficie de acoplamiento.
 - 30
 4. El conjunto estructural de una aeronave como se define en la reivindicación 2 ó 3, donde la al menos una cámara endotérmica comprende una primera cámara endotérmica radialmente hacia adentro y una segunda cámara endotérmica radialmente hacia afuera.
 - 35
 5. El conjunto estructural de una aeronave como se define en la reivindicación 4, donde la primera cámara endotérmica radialmente hacia adentro y la segunda cámara endotérmica radialmente hacia afuera incluyen cada una un vértice orientado radialmente hacia adentro en una unión radialmente hacia afuera de la cámara concéntrica endotérmica y la superficie de acoplamiento.
 - 40
 6. El conjunto estructural de una aeronave como se define en la reivindicación 1, donde al menos uno del cabezal del sujetador (12), la tuerca (28) y la arandela (14) incorpora además un relieve de cuña (112) en la superficie de acoplamiento respectiva y comprende además un anillo de cuña (102) recibido en el relieve de cuña.
 - 45
 7. El conjunto estructural de una aeronave como se define en la reivindicación 6, que comprende además un anillo de sello radialmente hacia adentro desde el anillo de cuña (102), dicho anillo de sello se comprime hacia afuera para forzar al anillo de sello a entrar en contacto de sellado con el relieve de cuña.

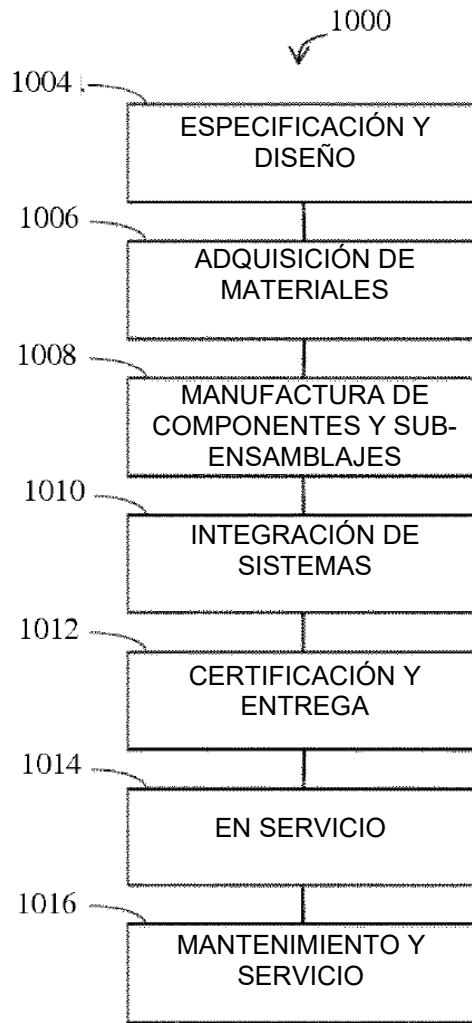


FIG. 1

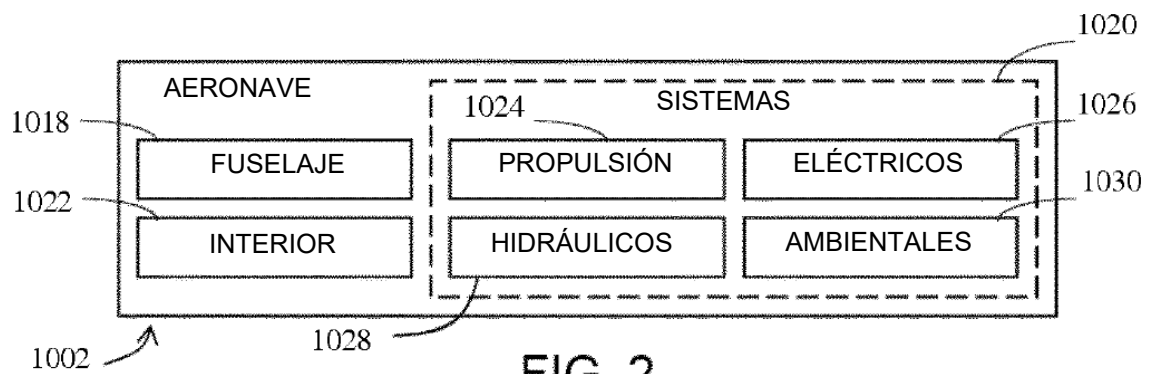


FIG. 2

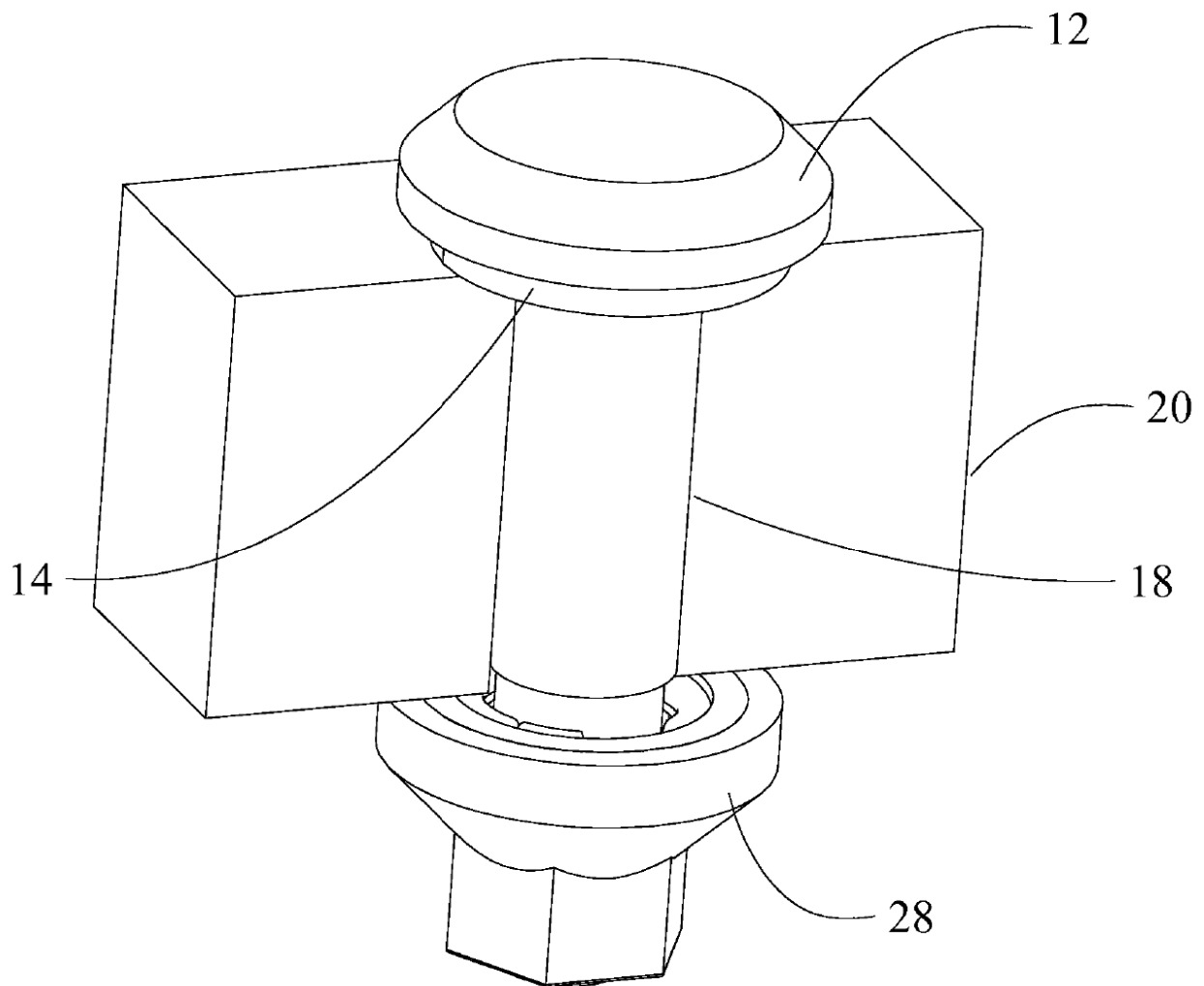


FIG. 3A

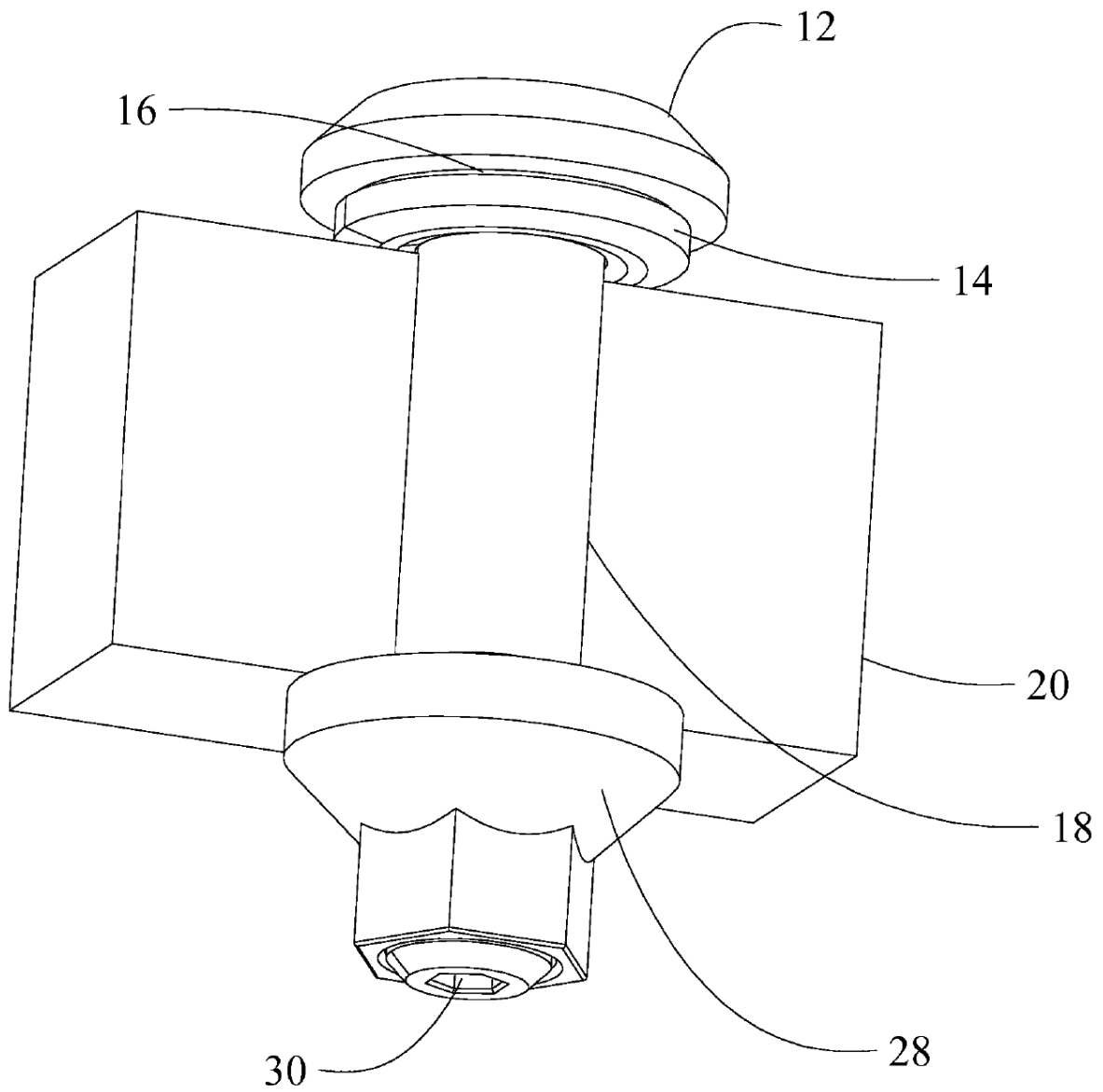


FIG. 3B

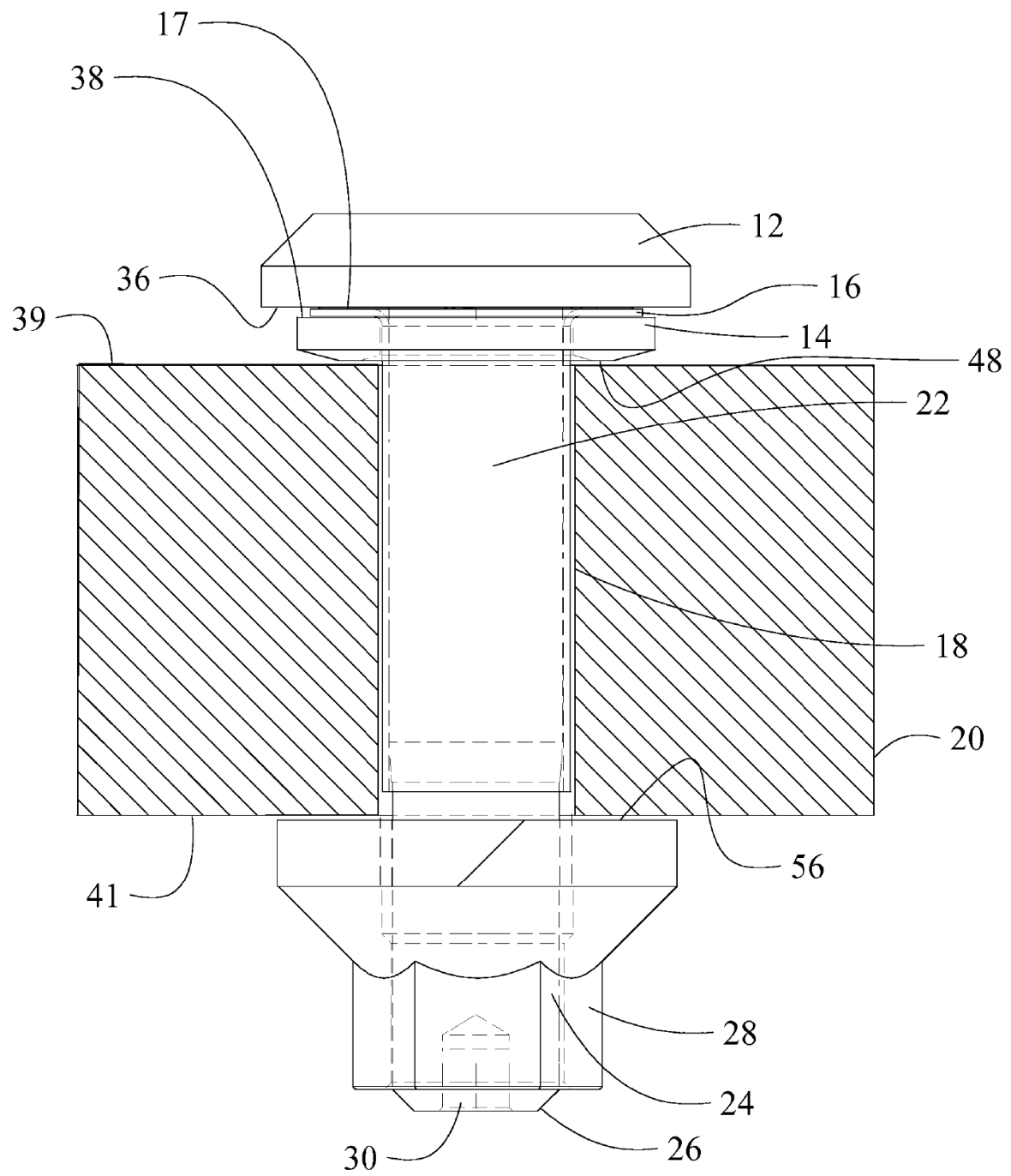


FIG. 3C

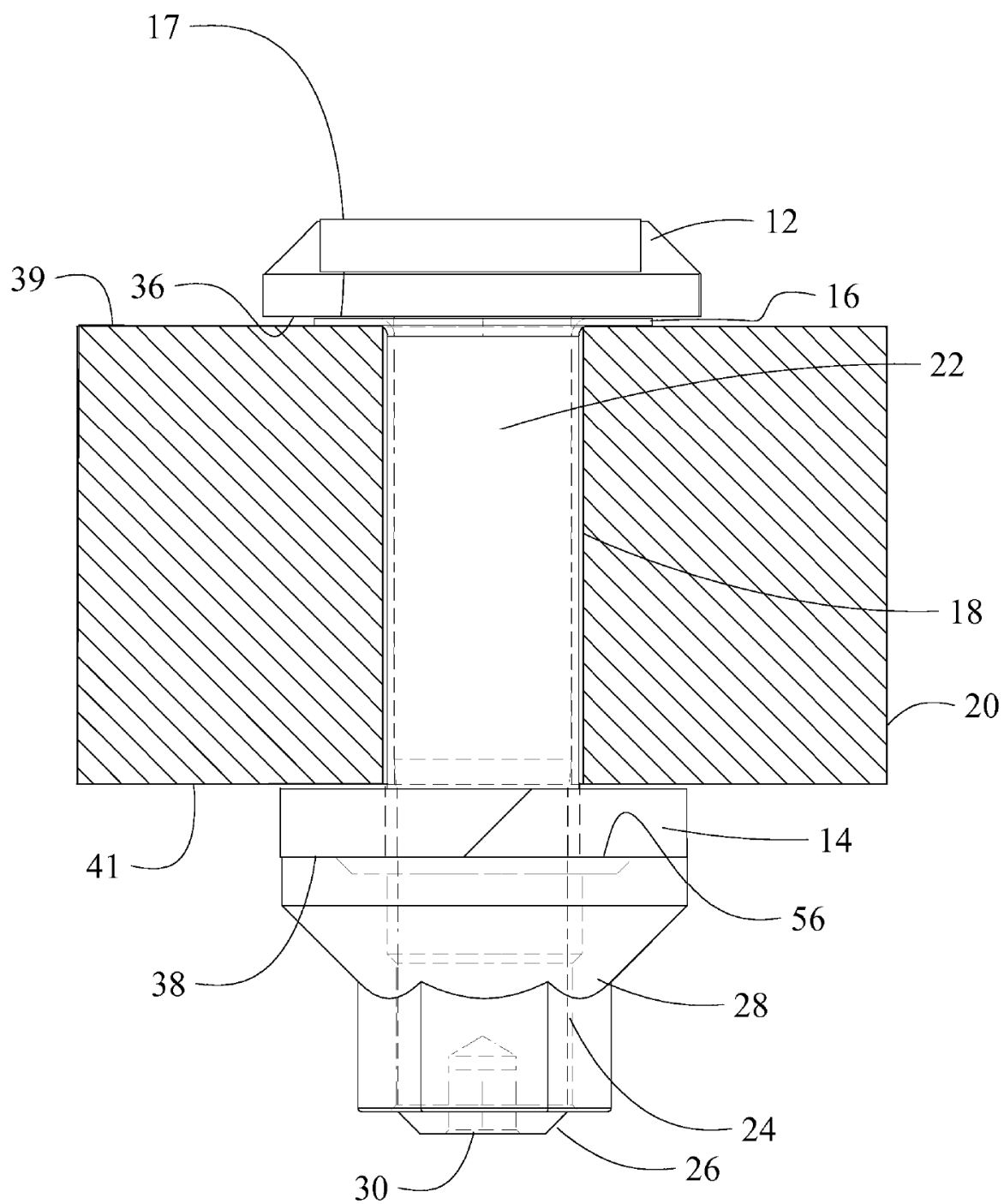
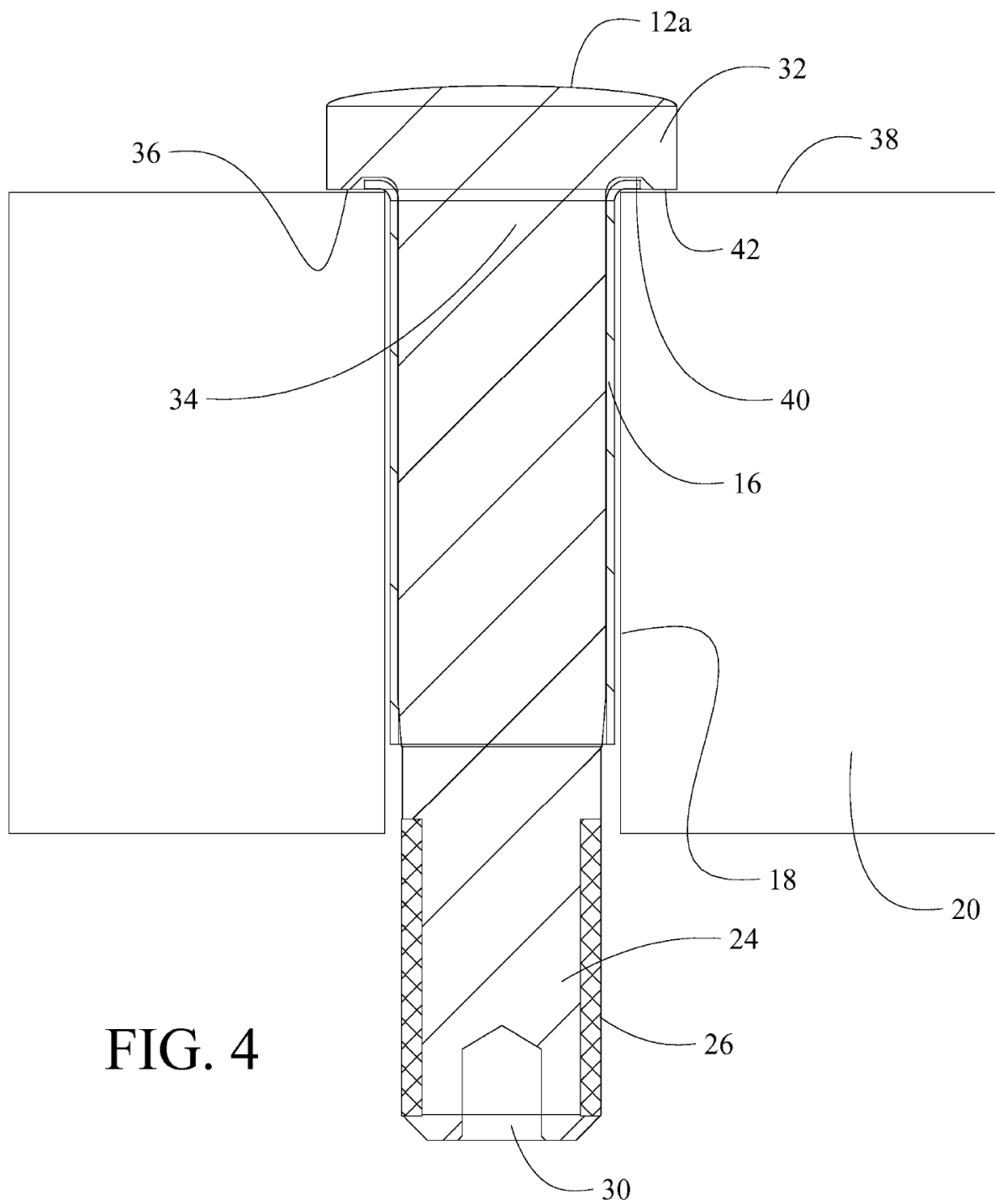
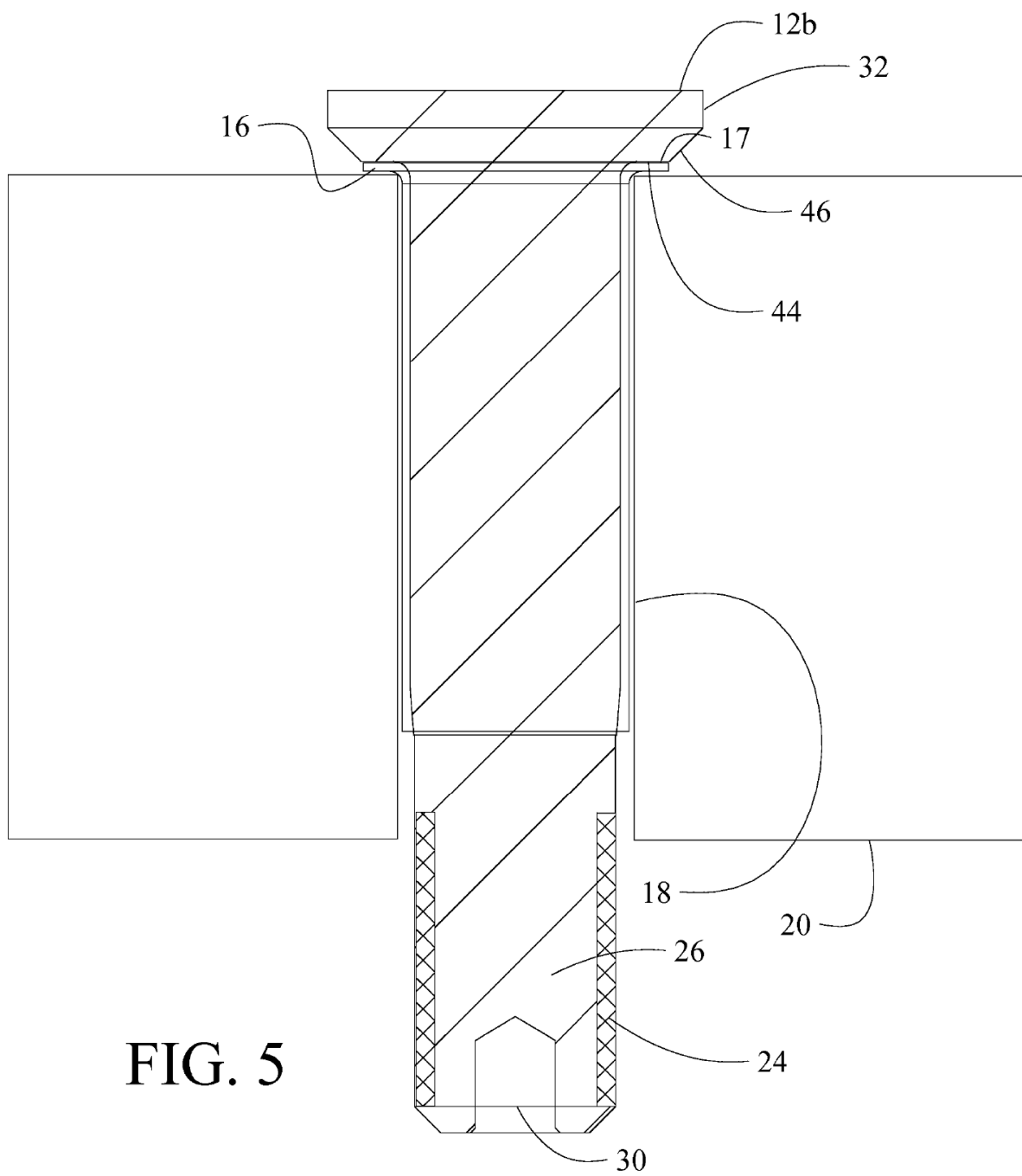


FIG. 3D





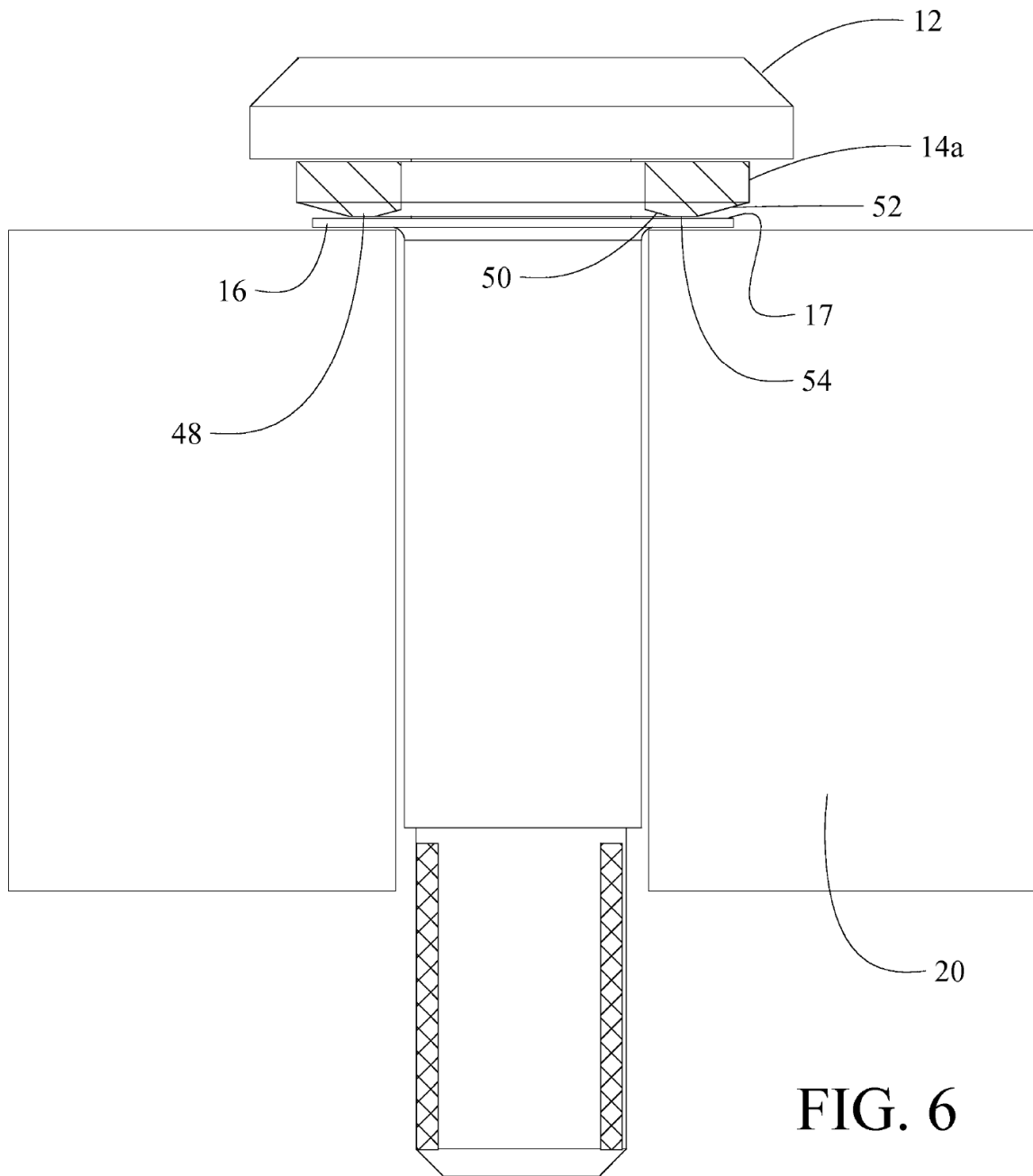
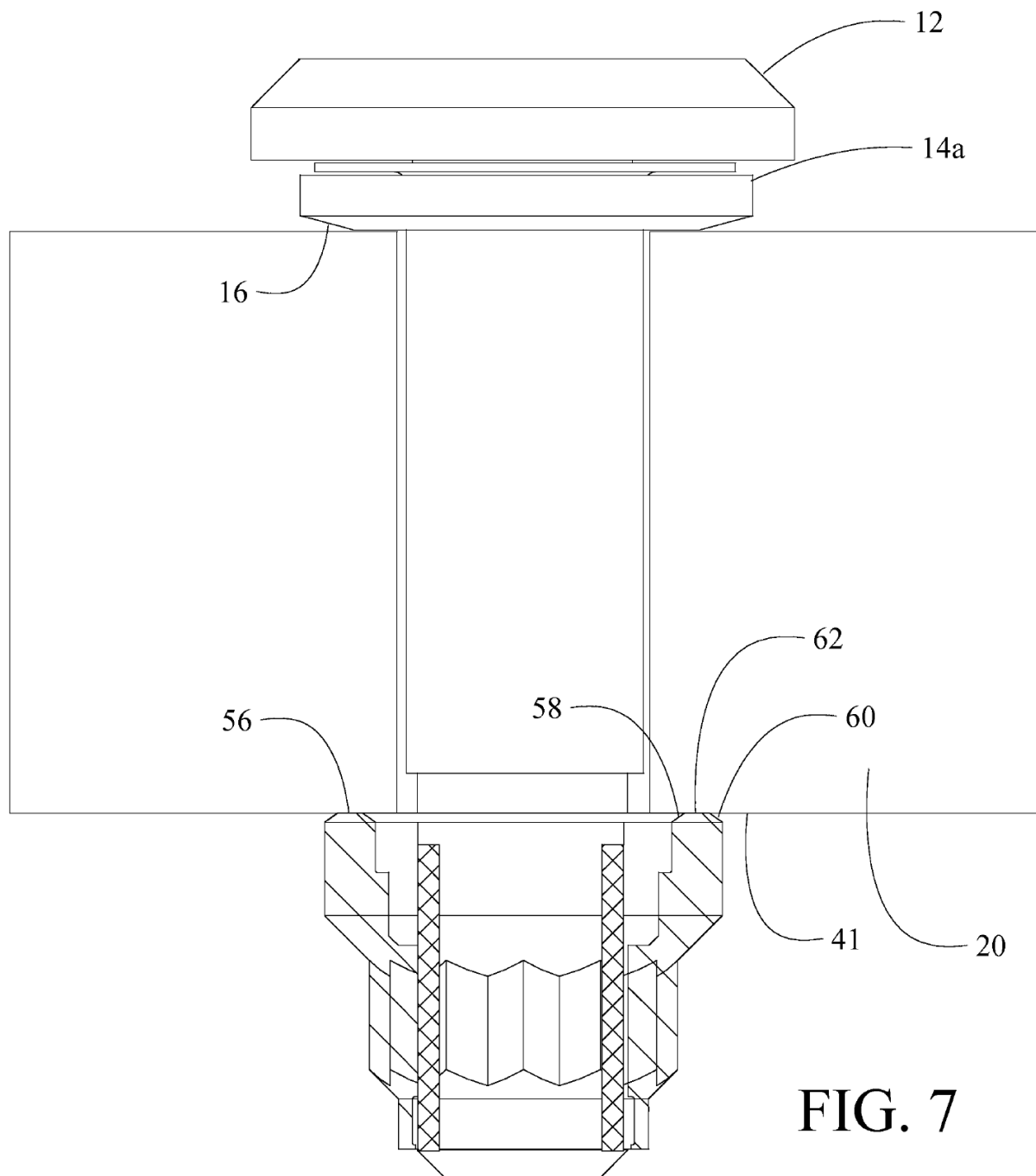


FIG. 6



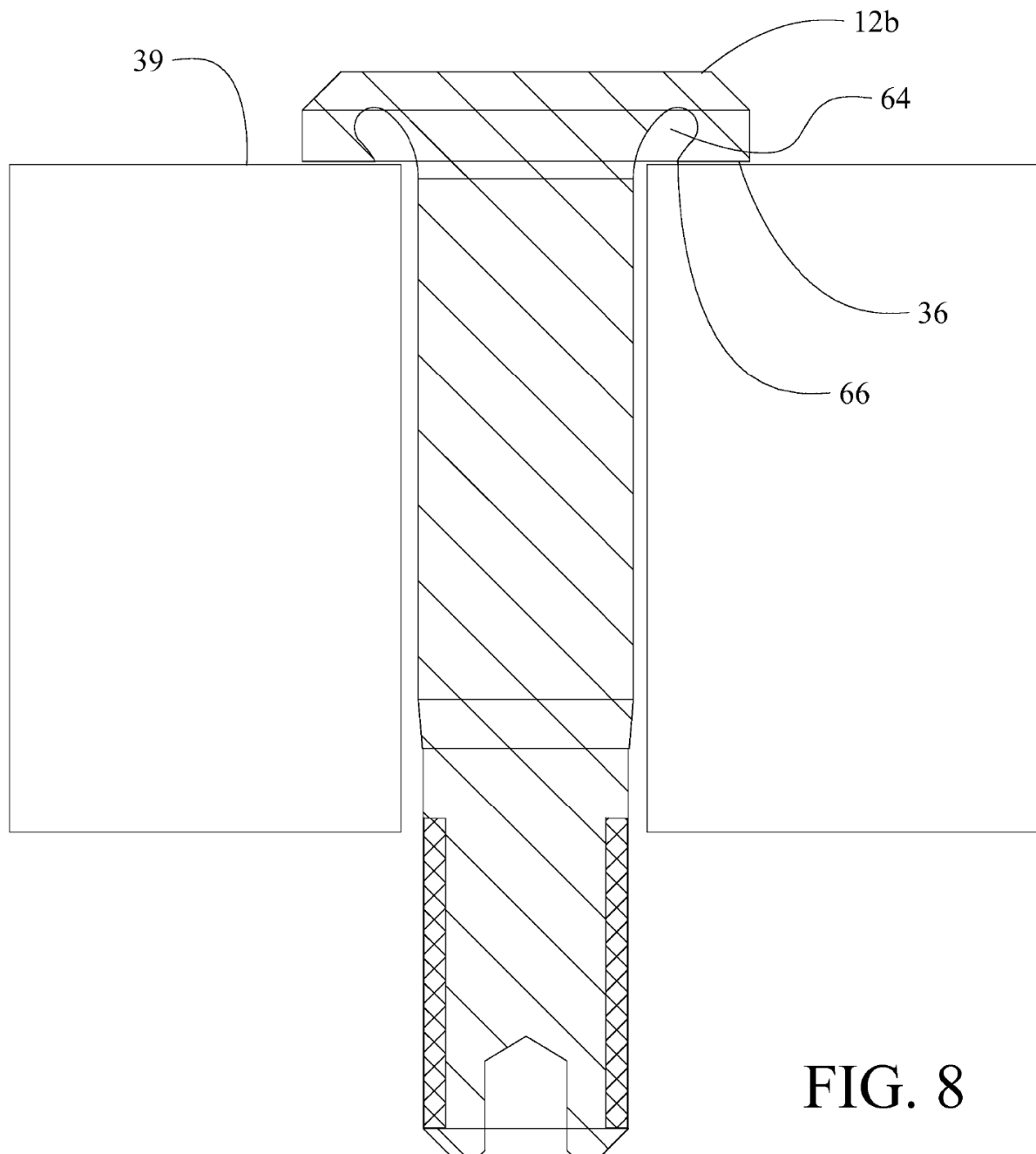
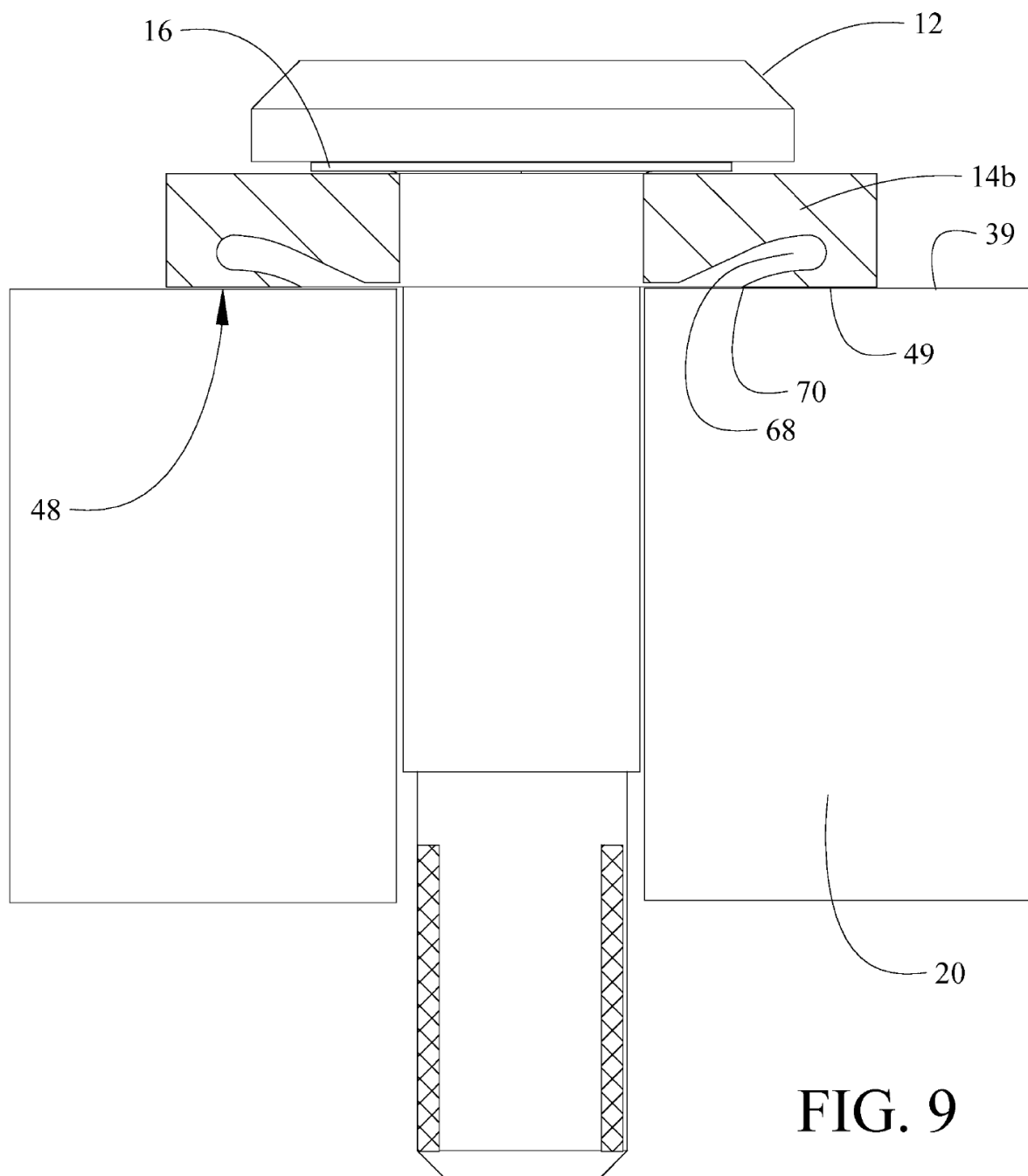


FIG. 8



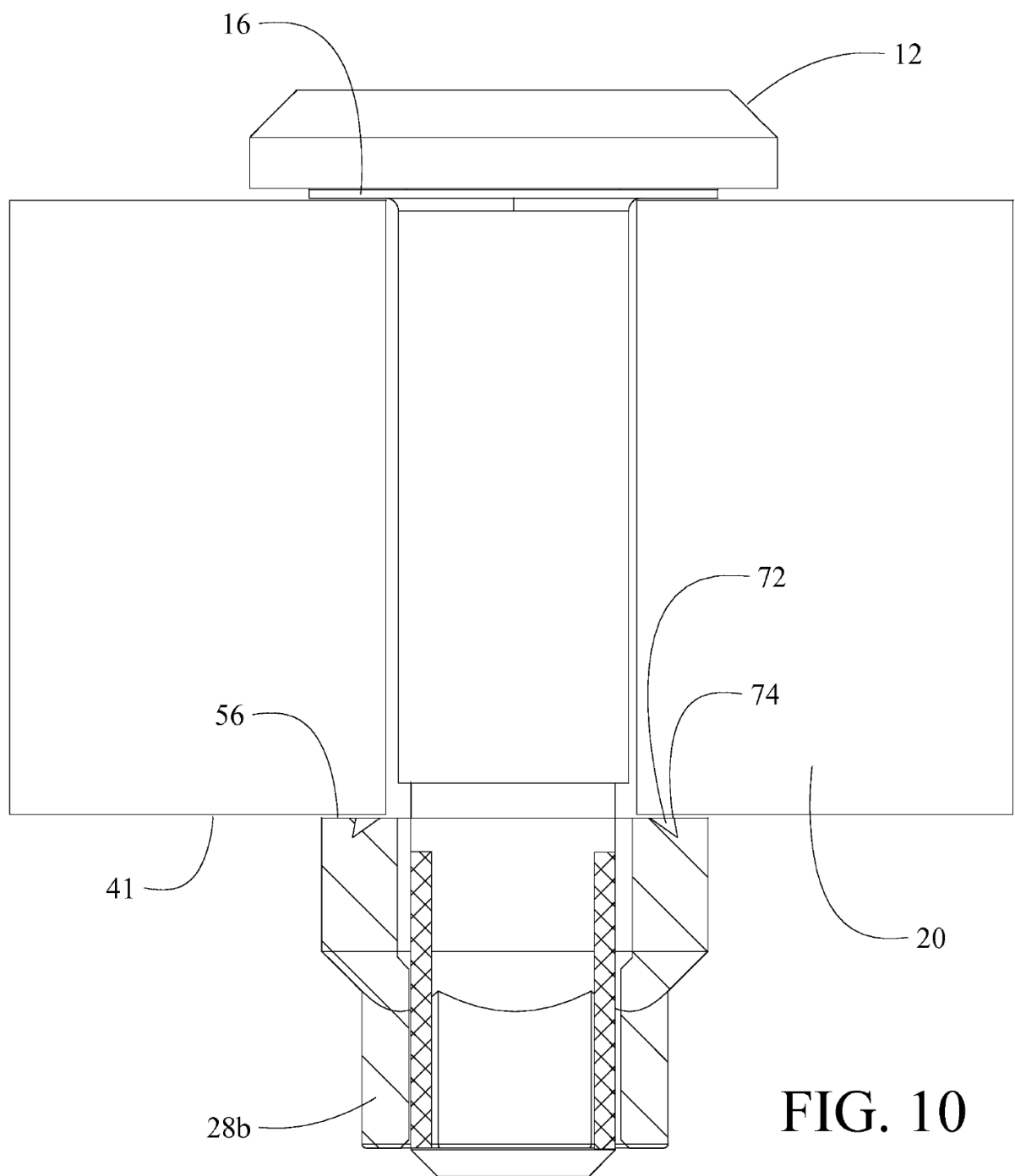
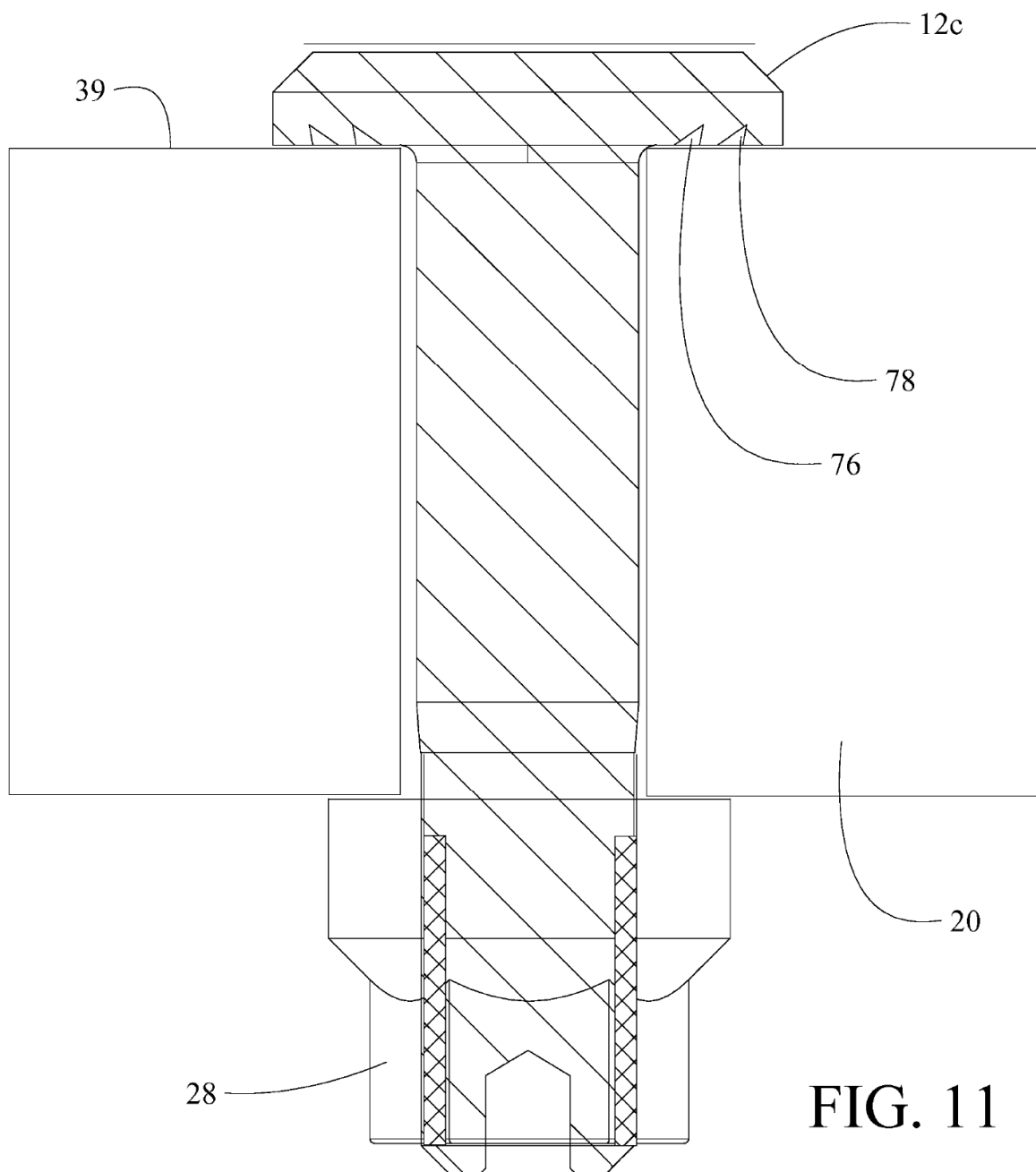
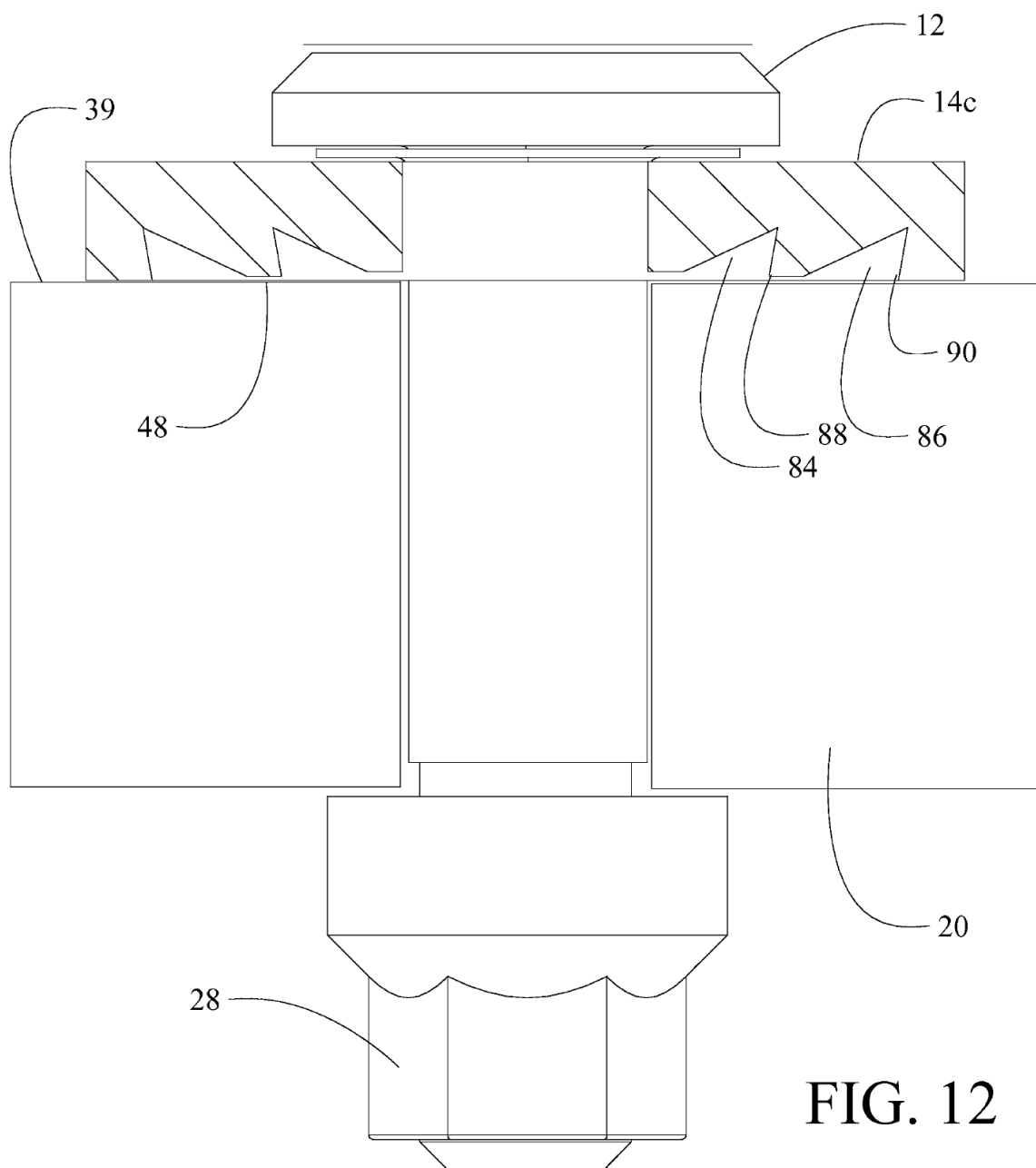
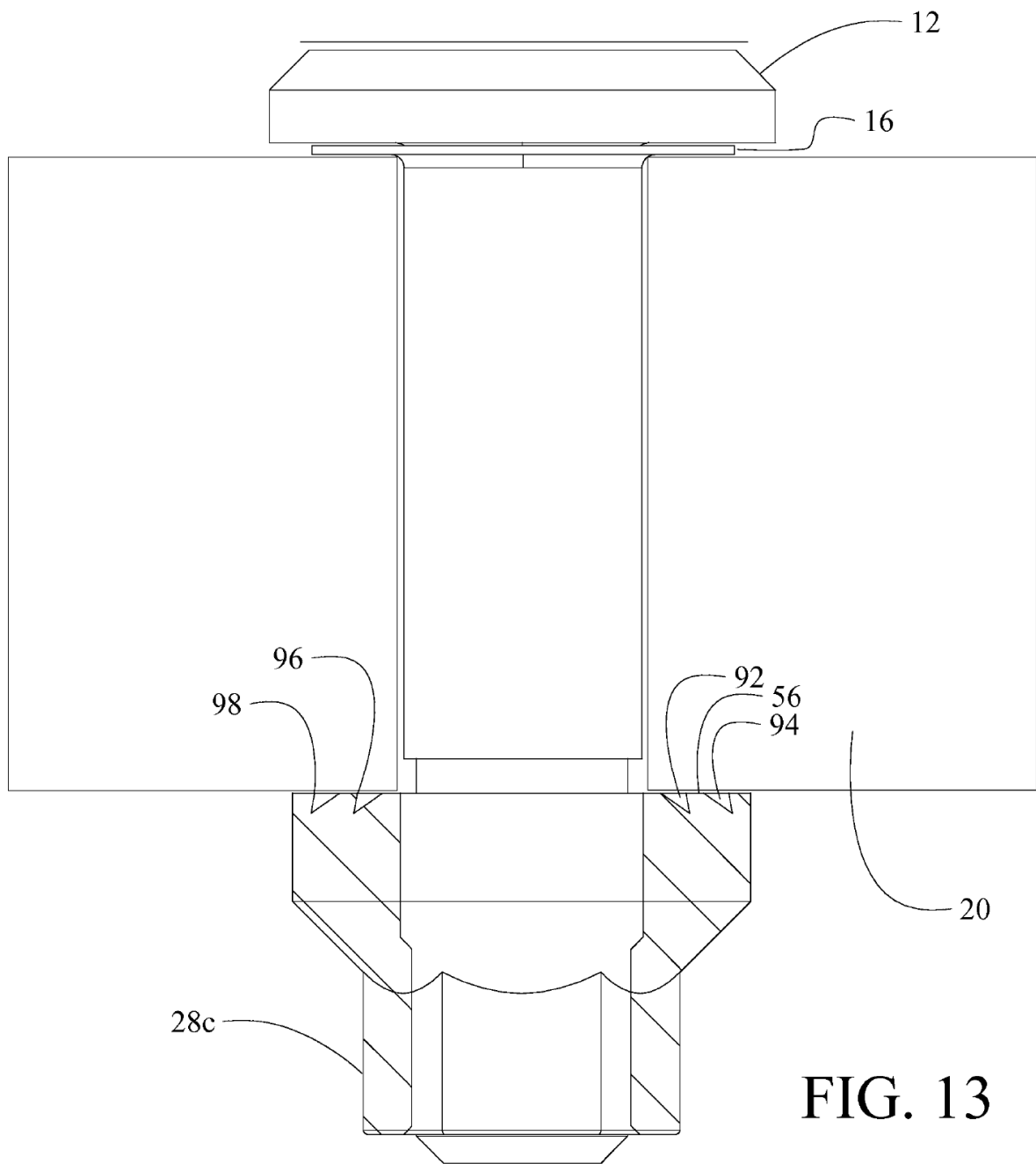
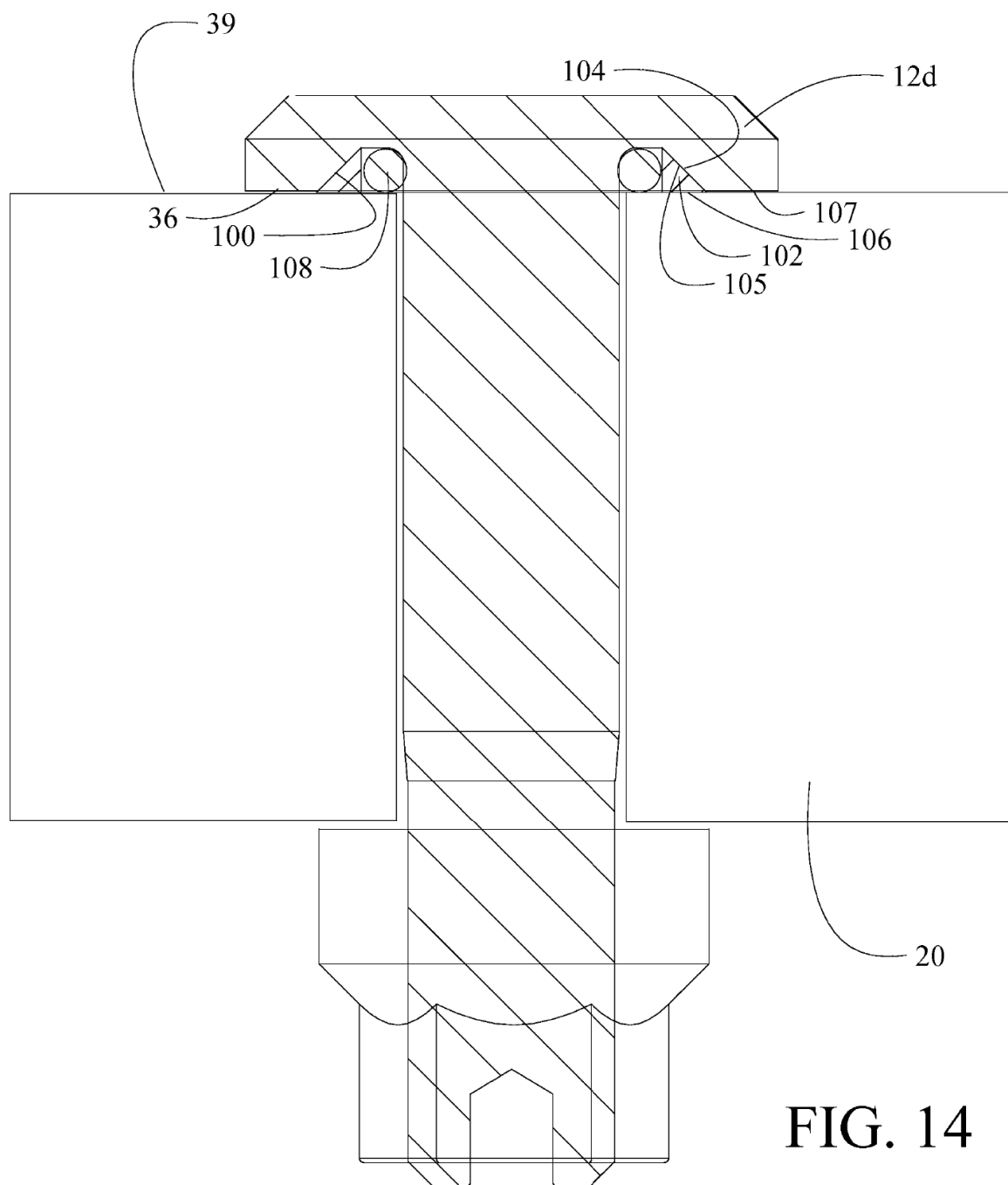


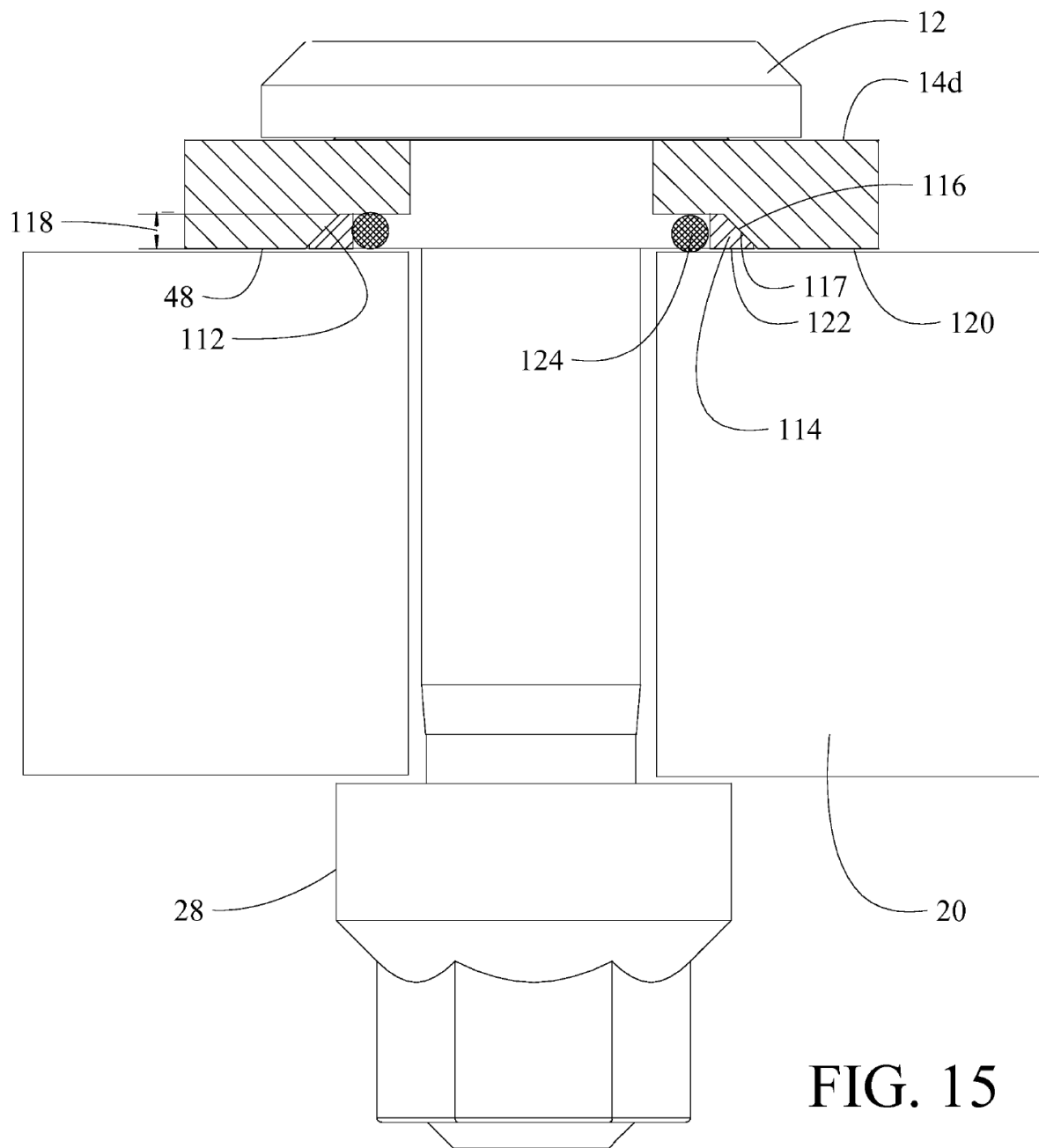
FIG. 10

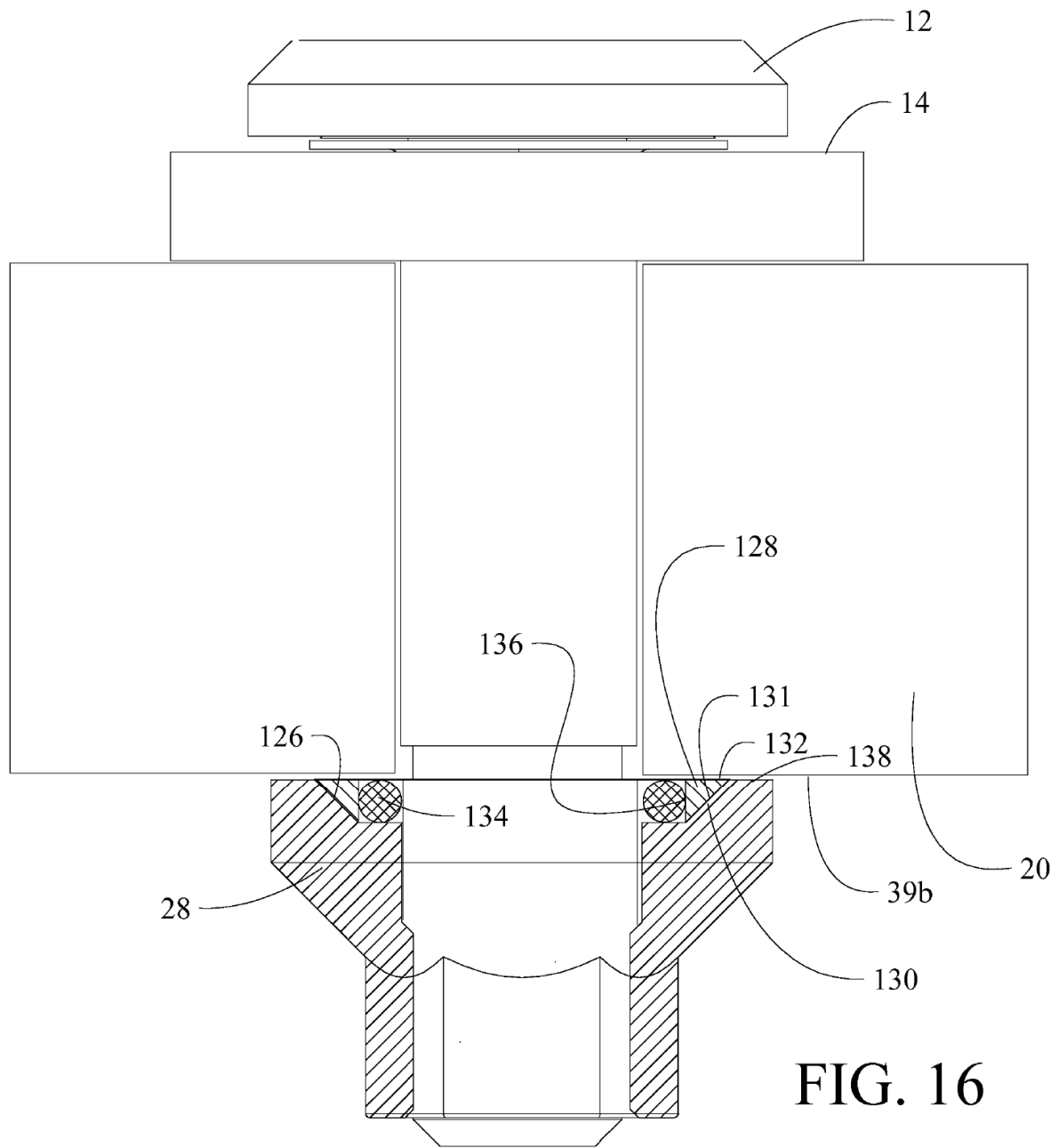


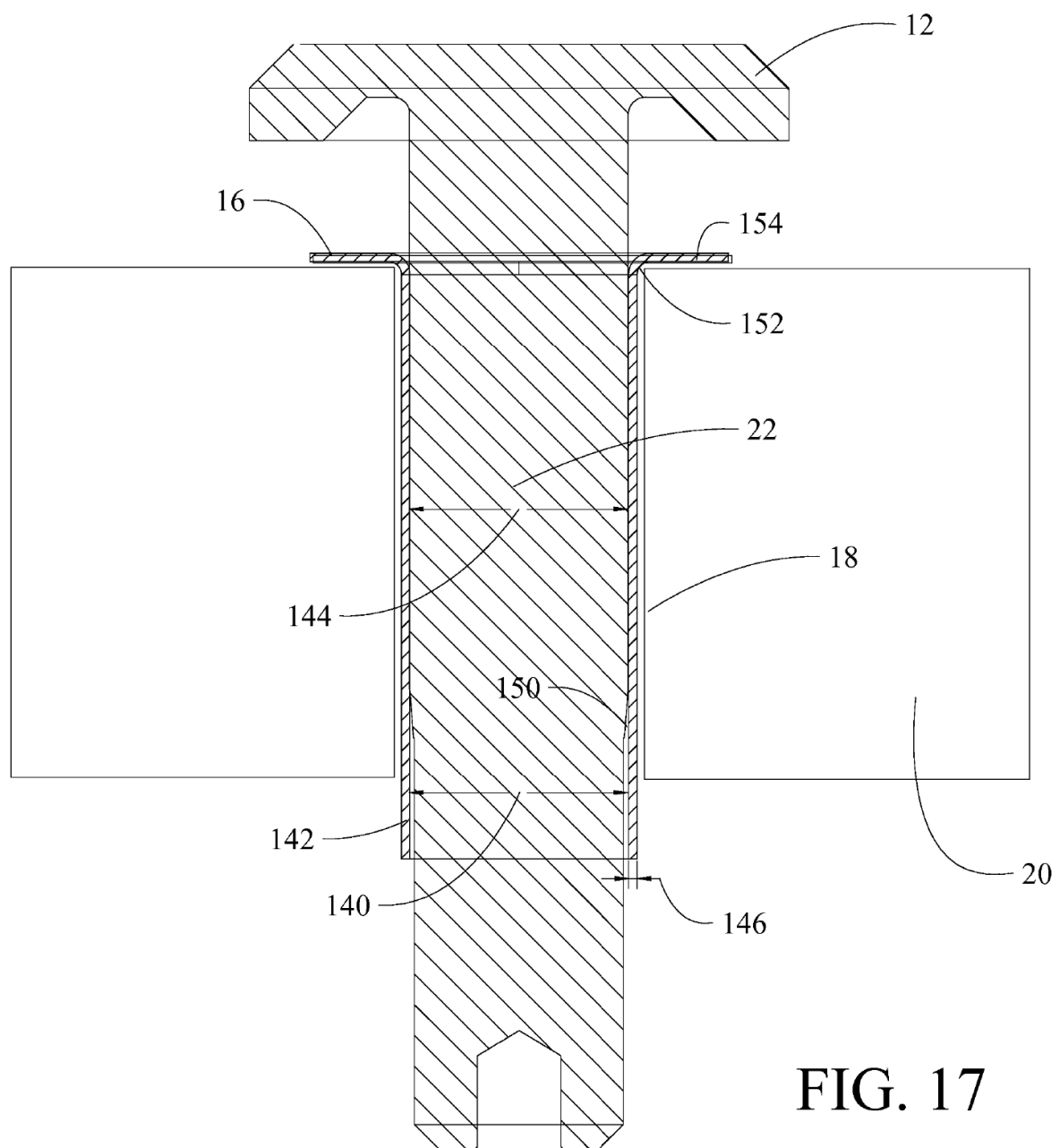












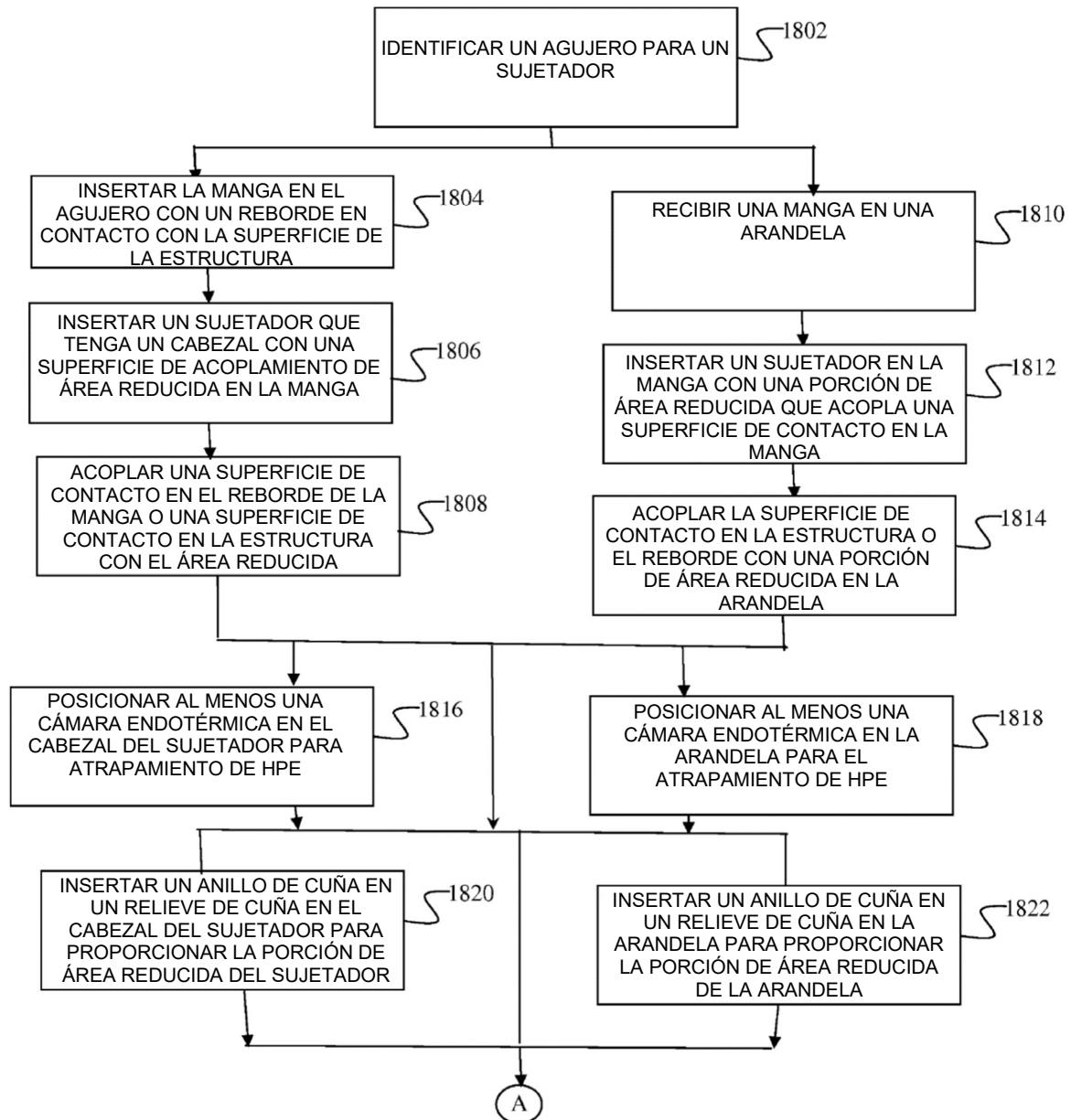


FIG. 18

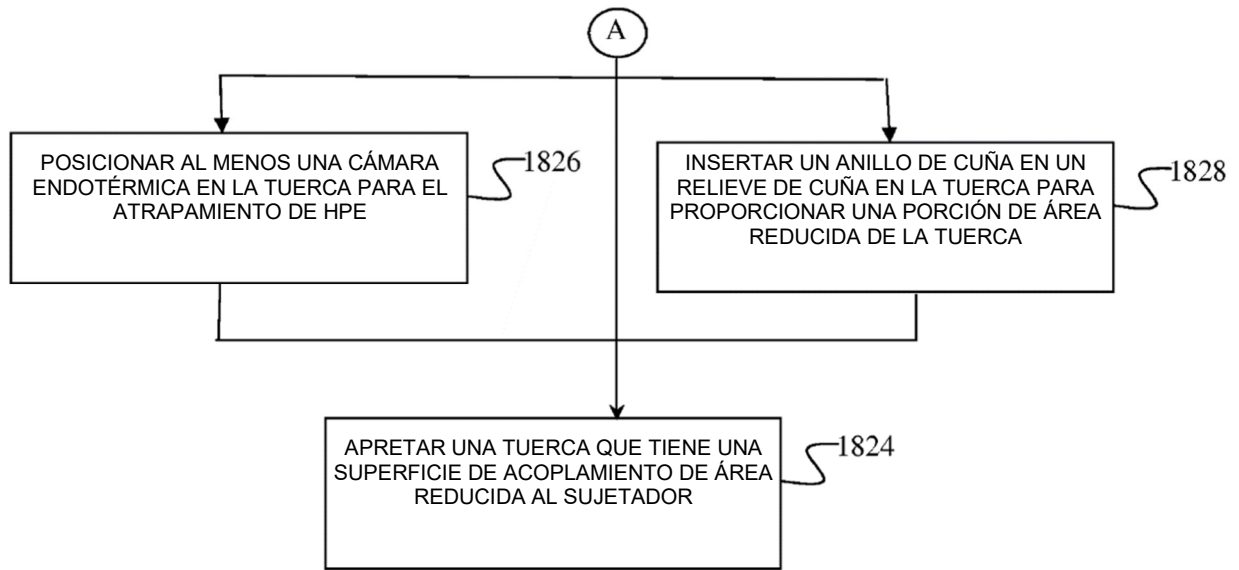


FIG. 18 CONTINUACIÓN

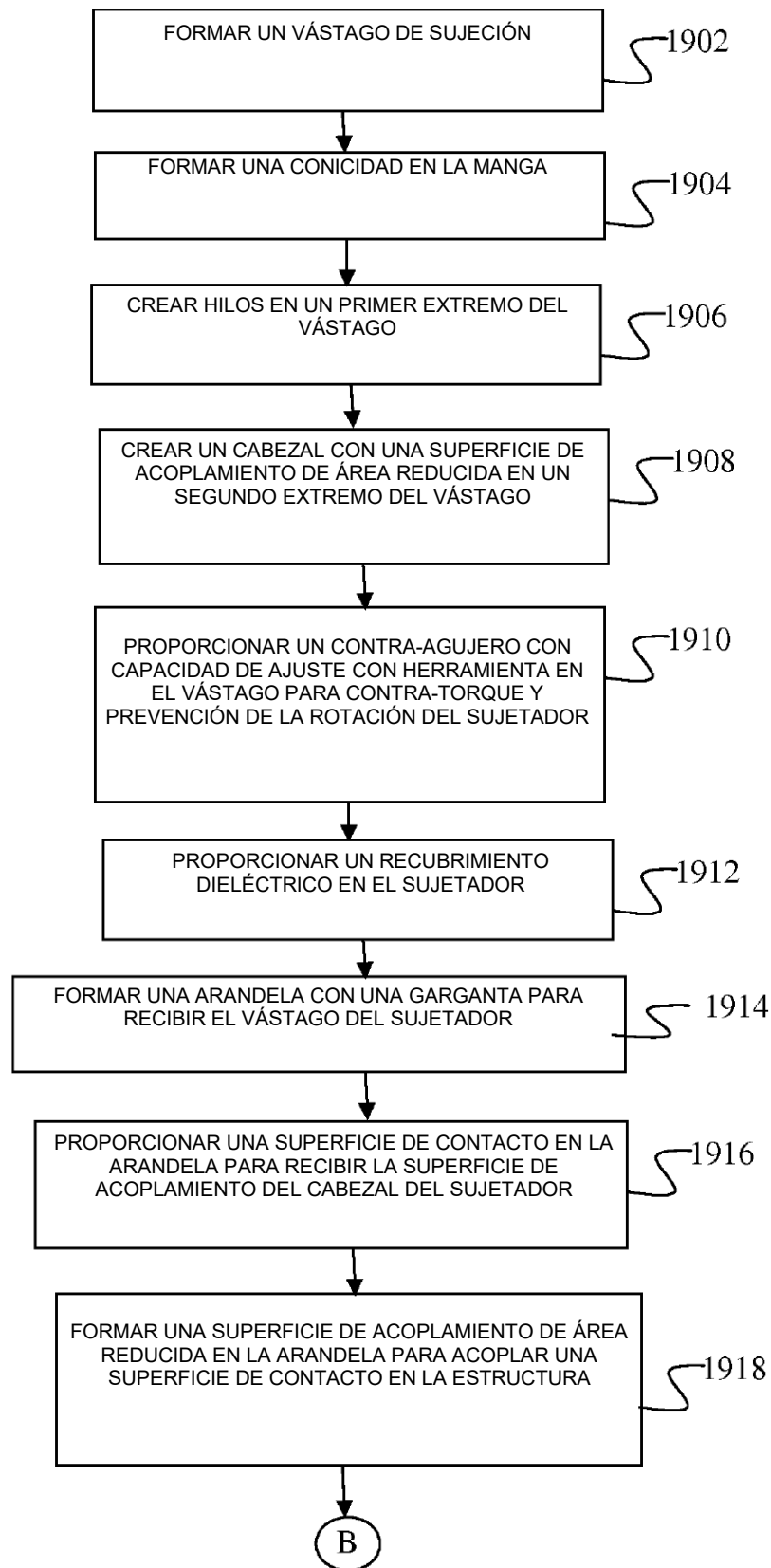


FIG. 19

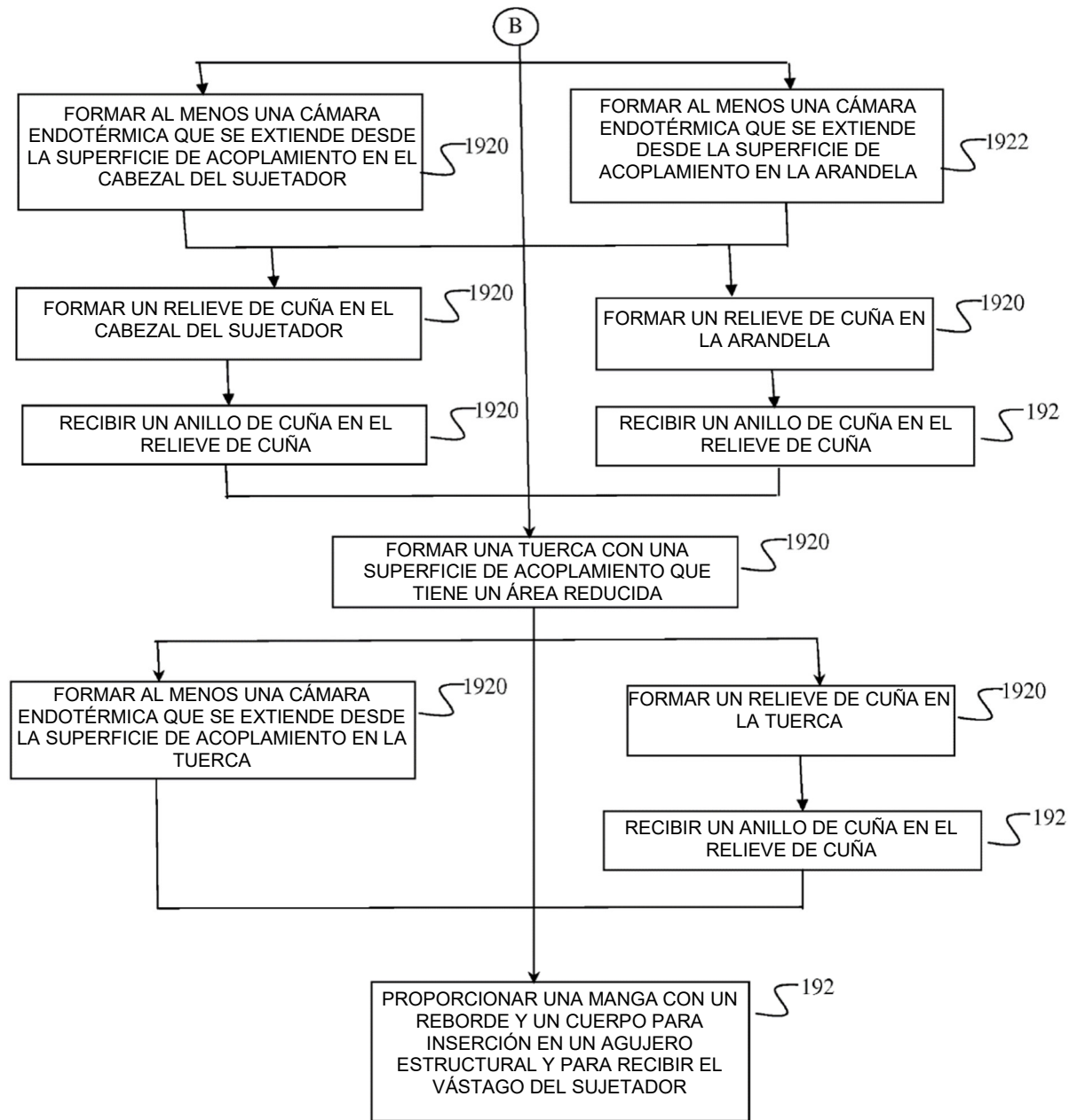


FIG. 19 CONTINUACIÓN