

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 720**

21 Número de solicitud: 201930403

51 Int. Cl.:

F16B 31/02

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

09.04.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

28.10.2019

62 Número y fecha presentación solicitud inicial:

P 201830354 09.04.2018

71 Solicitantes:

**TURNASURE LLC. (100.0%)
340 East Maple Avenue, Suite 206
19047 Langhorne Pennsylvania US**

72 Inventor/es:

**M. TURNER, F. Jonathan y
SHARP, David L.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **ARANDELA INDICADORA DE TENSIÓN DIRECTA**

57 Resumen:

Una arandela indicadora de tensión directa (DTI). La arandela DTI tiene un cuerpo anular y una o más protuberancias de herradura en forma de U. El cuerpo anular incluye un agujero central con una circunferencia, un borde exterior, una primera cara, y una segunda cara opuesta a la primera cara. Las protuberancias de herradura cada una tiene una altura, un vértice lo más próximo al agujero central, y una abertura dirigida hacia el borde exterior. Las protuberancias de herradura son integrales con el cuerpo anular y acunadas y cortadas parcialmente del cuerpo anular para sobresalir desde la primera cara del cuerpo anular y dejar una o más hendiduras correspondientes en la segunda cara del cuerpo anular. Las protuberancias de herradura pueden estar desfasadas radialmente de sus correspondientes hendiduras. Un material indicador está inicialmente encapsulado y tenido dentro del área en la primera cara definida por cada una de las protuberancias de herradura.

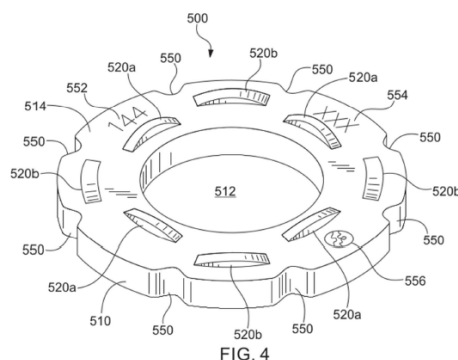


FIG. 4

DESCRIPCION

ARANDELA INDICADORA DE TENSION DIRECTA

Solicitud relacionada

- 5 Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad a la solicitud de patente provisional estadounidense con número de serie 62/484,017, presentada el 11 de abril de 2017, cuyo contenido se incorpora en esta solicitud por referencia.

Campo técnico

- 10 La presente invención se refiere en general a arandelas indicadoras de tensión directa, y en general a arandelas indicadoras de tensión directa que tienen uno o más pares de hendiduras y protuberancias útiles en instalaciones comerciales tales como estructuras de instalaciones, puentes de acero, raíles, transporte, equipo pesado, industriales pesadas, de construcción, agrícolas y aplicaciones estructurales generales de fijación de acero.

Antecedentes

- 15 En la construcción de estructuras de acero, tales como puentes y edificios, es común unir entre si dos o más miembros de unión (por ejemplo, una viga a una columna) formando aberturas en cada uno de los miembros de unión, formando aberturas coincidentes en placas de empalme que se extienden entre los miembros de junta, insertando pernos a través de las aberturas y asegurando los pernos en el lado opuesto de los miembros de unión con tuercas.
- 20 Los requisitos de instalación de sujeciones para estas aplicaciones estructurales son detallados en una serie de normas. Normas de fabricación de equipos originales, normas de construcción del Departamento de Transporte, y otras normas bien conocidas en la industria tal como las publicadas por el Consejo de investigación en conexiones estructurales (RCSC). Otras normas similares de diferentes organismos de consenso también existen en diferentes
- 25 mercados.

- La industria utiliza una serie de sujeciones diferentes, incluyendo (1) sujeciones de cabeza hexagonal y cabeza embreada (2); sujeciones de pasador y collar; 3) sujeciones de tipo rotura por torsión. Cada una de estas sujeciones se resume más abajo. Se conoce además en la técnica utilizada una arandela indicadora de tensión directa (DTI), también referida como una
- 30 arandela o sujeción indicadora de carga, para controlar el apriete de la unión sujeta desarrollando una indicación de la tensión en la sujeción. Es todavía más conocido incluir un

material indicador, tal como una silicona extruible, con la arandela DTI para proporcionar una indicación visual clara de que se ha logrado una tensión predeterminada en la sujeción.

Sujeciones de cabeza hexagonal se pueden instalar utilizando llaves de impacto de aire (neumáticas) convencionales y otras llaves que incluyen llaves accionadas a mano, accionadas eléctricamente e hidráulicamente. Estas sujeciones se instalan típicamente utilizando o bien técnicas de instalación basadas en par de torsión, basadas en compresión o basadas en grados. Las sujeciones de cabeza hexagonal pueden tener requisitos de uso de arandela complicados, dependiendo de la geometría del agujero, de los materiales de conexión, y del método de instalación. La instalación de cualquier sujeción de cabeza hexagonal puede requerir al menos dos instaladores para asegurar un giro de la tuerca apropiado con respecto al perno. En algunas instalaciones, el perno puede desplazarse o “rodar” en el agujero durante la instalación. Por esta razón muchas especificaciones de instalación requieren marcas coincidentes de los pernos y de las tuercas. Esta operación es a menudo inexacta, sujeta al conocimiento del operario o del inspector, y pueden incluso replicarse después de la instalación en sujeciones que no han sido tensadas.

Las sujeciones de pasador y collar (también conocidas como sistemas de pasador de bloqueo y collar) funcionan según un principio de tensión directa. Ejemplos de sujeciones de pasador y collar se pueden encontrar al menos en las patentes estadounidenses No. 2,531,048; No. 3,057,246; No. 3,915,053; No. 4,943,196; No. 5,049,016; y No. 5,562,379. Las sujeciones de pasador y collar tienen un pasador con una primera porción que incluye una primera pluralidad de anillos anulares (en oposición a las roscas helicoidales en el perno de la sujeción de rotura por torsión), una segunda porción con una segunda pluralidad de anillos anulares, y una porción de cuello entre la primera porción y la segunda porción. La primera porción del pasador está conectada a una cabeza de la sujeción, y la segunda porción del pasador define un extremo de la sujeción. Un collar está dispuesto alrededor del pasador para el acoplamiento con la primera porción. El collar es deformado con un trabajo en frío alrededor del pasador y la primera pluralidad de anillos anulares. El pasador se rompe de la porción de cuello cuando se excede la capacidad de tracción de la porción de cuello. Estas sujeciones no son desmontables y las herramientas requeridas para instalar estas sujeciones son caras y engorrosas. Aunque estas sujeciones tienen una capacidad demostrada para romper en el cuello, proporcionando un alto aseguramiento de las cargas de tracción directas, tienen un problema con conexiones que se ajustan correctamente, en particular aquellas que incluyen capas grandes. En un cierto punto de conformado en los anillos anulares, comienzan a ser aplicadas las cargas de tracción contra los anillos en el pasador, no de forma directa a la

superficie de soporte de la cabeza en el lado opuesto de la conexión. Estas sujeciones no son capaces de realizar operaciones de ajuste secuenciales eficientes.

Las sujeciones de rotura por torsión se basan en una instalación basada en un par de rotación. Ejemplos de sujeciones de rotura por torsión y herramientas relacionadas son descritas en las especificaciones estándar de la industria ASTM F1852 y F2280, y JSS S10T, y al menos en GB 834787 A y en las patentes estadounidenses Nos. 2,928,302; 4,637,764; 4,659,267; 4,836,063; y 5,108,238. Estas sujeciones son conocidas por otros diversos nombres, incluyendo pernos TC, pernos Tru-tension, pernos de control de tensión, pernos de control del par de torsión, pernos Tor-shear, pernos de LeJeune, entre otros. Las sujeciones de rotura por torsión tienen un perno con un vástago roscado y una tuerca en acoplamiento roscado con el vástago roscado. El perno además tiene una cabeza en un extremo del vástago y un extremo estriado en el otro extremo del vástago. De forma importante, hay una ranura cortante entre el extremo estriado y el vástago roscado, provocando una concentración de tensión en esa área. Una llave manual o una llave automática, que tiene un casquillo interior acoplado con la porción estriada y un casquillo exterior acoplado con una superficie exterior de la tuerca, aplica una fuerza de torsión sobre el perno y la tuerca. Cuando la carga de torsión de la tuerca excede una capacidad cortante en la ranura cortante, el extremo estriado es retirado del extremo del perno. En dichos conjuntos de sujeción, las tensiones de sujeción están relacionadas con coeficientes de fricción calculados, no con la carga de tracción real o de sujeción. Por lo tanto, este sistema de sujeción es altamente dependiente de un acoplamiento por fricción, y la efectividad de la sujeción (en otras palabras, la habilidad de la sujeción para lograr y mantener la carga de sujeción deseada) puede variar con la temperatura, la lubricación, la intemperie y otros factores medioambientales.

Independientemente del tipo de sujeción utilizada, una arandela DTI se puede combinar con la sujeción para controlar el apriete de una unión sujeta desarrollando una indicación de la tensión en la sujeción. Utilizar arandelas DTI para medir la tensión en la sujeción es preferible para medir la tensión basándose en el control del par de torsión debido a que las medidas del control de par de torsión pueden resultar en variaciones amplias en la tensión en la sujeción. Variaciones en la tensión pueden resultar de factores tales como variaciones en la lubricidad de la sujeción, rebabas en las roscas de la sujeciones roscadas, variaciones en la fricción en la superficie de apoyo entre los miembros de unión y la sujeción roscada, suciedad o corrosión en las roscas, temperatura, y similares.

Una arandela DTI típica incluye una pluralidad de protuberancias que son acuñadas y cortadas parcialmente de un cuerpo anular para dejar hendiduras en el cuerpo anular. Por

ejemplo, tal y como se representa en las figuras 1A, 1B, y 1C, una arandela 10 DTI de la técnica anterior incluye un cuerpo 20 anular que rodea a un agujero 22 central. La figura 1A representa una vista superior de la arandela 10 DTI de la técnica anterior, la figura 1B representa una vista inferior de la arandela 10 DTI de la técnica anterior, y la figura 1C representa una vista en sección transversal de la arandela 10 DTI de la técnica anterior a lo largo de la línea 1C-1C de la figura 1A. Una primera cara 24 del cuerpo 20 anular incluye una pluralidad de protuberancias 30 que rodean al agujero 22 central a lo largo de un círculo 32 concéntrico. Una segunda cara 26 del cuerpo 20 anular incluye una pluralidad de hendiduras 40. El área del cuerpo 20 anular entre la pluralidad de hendiduras 40 y el agujero 22 central se refiere como el alma 50. Arandelas DTI de este tipo son divulgadas en la patente estadounidense No. 5,015,132. Aunque son conocidas muchas variaciones de estas arandelas (por ejemplo, la patente estadounidense No. 5,667,346, da a conocer arandelas DTI que tienen protuberancias curvadas), las arandelas DTI de la técnica anterior comparten una característica común de las protuberancias 30 que son alineadas con y centrada sobre las hendiduras 40.

Con referencia las figuras 2A y 2B, la arandela 10 DTI de la técnica anterior puede ser utilizada para unir dos o más miembros 110 de unión en un conjunto 100 de unión de ejemplo. Tal y como se representa en la figura 2A, la arandela 10 DTI de la técnica anterior está colocada en un primer lado de los miembros 110 de unión. Un miembro roscado externamente, tal como un perno 120 que tiene una cabeza 122 y un vástago 124 roscado, es entonces insertado a través de los miembros 110 de unión y del agujero 22 central de la arandela 10 DTI de la técnica anterior de manera que una superficie 126 de apoyo del perno 120 hace contacto con las protuberancias 30 de la arandela 10 DTI de la técnica anterior. Después, un miembro roscado interiormente, tal como una tuerca 130, es fijado al vástago 124 del perno 120 en un segundo lado de los miembros 110 de unión opuestos a la cabeza 122 del perno 120. En algunos casos, una arandela 140 puede situarse entre el segundo lado de los miembros 110 de unión y la tuerca 130 para aislar el giro de la tuerca 130 de los miembros 110 de unión.

Tal y como se representa en la figura 2B, a medida que la tuerca 130 es girada y apretada en el vástago 124 roscado del perno 120, las protuberancias 30 se empujan dentro las hendiduras 40. El apriete se detiene una vez que el hueco entre la cabeza 122 del perno 120 y la arandela 10 DTI de la técnica anterior desaparece o se reduce a una distancia deseada que indica la cantidad deseada de tensión en el vástago 124 roscado. Las propiedades de dimensiones y de material de la arandela 10 DTI de la técnica anterior determinan cuánta tensión es requerida para empujar las protuberancias 30 de vuelta en las hendiduras 40. Las hendiduras 40 pueden ser al menos parcialmente llenadas como un resultado de que las protuberancias

30 son empujadas de vuelta en el cuerpo 20 anular, y realizar una función no útil en el funcionamiento de la arandela 10 DTI de la técnica anterior. Más bien, las hendiduras 40 son un resultado del desplazamiento del material durante la operación de conformado que crea protuberancias 30.

- 5 Independientemente del modo de realización, la arandela DTI puede incluir un material indicador para proporcionar una indicación visual clara de que una presión predeterminada ha sido lograda en la sujeción. La patente estadounidense No. 5,931,618 titulada "Arandelas indicadoras de tensión directa" describe dicho material, y la arandela DTI con el material es vendida comercialmente bajo la marca registrada Squirter®. La arandela DTI tiene una
- 10 primera superficie con al menos una protuberancia formada en esa primera superficie y una segunda superficie con al menos una hendidura formada en la segunda superficie opuesta a la protuberancia. El diámetro interior de la arandela DTI tiene una pared de diámetro interior que se encuentra con la segunda superficie en un borde de diámetro interior. El diámetro exterior tiene una pared de diámetro exterior que se encuentra con la segunda superficie en
- 15 un borde de diámetro exterior. El borde de diámetro interior y el borde de diámetro exterior se disponen en diferentes planos. Esta diferencia provoca que la arandela DTI aplanada ejerza fuerza contra un perno y mantenga la tensión del perno. La arandela DTI incluye un material indicador situado en la hendidura y un canal formado en la segunda superficie que va desde la hendidura al diámetro exterior de la arandela DTI.
- 20 La patente estadounidense No. 6,425,718 titulada "Arandela indicadora de tensión múltiple directa que tiene prominencias de una primera y segunda altura", da a conocer una alternativa a la arandela DTI divulgada en la patente estadounidense No. 5,931,618. La arandela DTI alternativa extruye el material indicador de un color variable dependiendo de la fuerza de compresión aplicada al mismo proporcionando una primera y una segunda superficies que
- 25 tienen respectivas protuberancias (es decir, prominencias) y hendiduras. La fuerza de compresión en la arandela es igual a la tensión de un perno que pasa a través de la arandela. Las hendiduras en la segunda superficies son llenadas con un material coloreado extruible sólido. Haciendo al menos una primera protuberancia más alta que al menos una segunda protuberancia, la primera protuberancia se comprimirá antes que la segunda protuberancia,
- 30 provocando que extruya el material de color en su hendidura correspondiente antes de que la segunda protuberancia haga lo mismo cuando la tensión en el perno se aumenta. Haciendo el material bajo la primera protuberancia de un color diferente que el material bajo la segunda protuberancia, un operario puede determinar cuál de las dos tensiones deseadas del perno se ha alcanzado. Durante el uso, un operario simplemente aprieta el perno pasándolo a través
- 35 de la arandela o una tuerca roscada en el perno hasta que el perno alcanza una primera

tensión deseada tal y como se indica por el material extruido del primer color, tal como verde. Se realiza una etapa de intervención en la primera tensión del perno, si se requiere. Después el operario continúa apretando el perno o la tuerca hasta que el perno alcanza una segunda tensión deseada tal y como se indica por el material extruido de segundo color, tal como rojo.

- 5 Cada una de las sujeciones diferentes existentes y de las arandelas DTI tiene deficiencias. Cuando los pernos de control de tensión del tipo de rotura por torsión son apretados completamente, por ejemplo, sus puntas se cortan para dar una indicación de que se ha logrado una carga previa total final. Por tanto, si sólo se requiere un ajuste apretado, la carga se presume adecuada. Estos tipos de pernos no ofrecen ninguna indicación de ajuste antes
10 del tensado total final. Los sistemas de sujeción que utilizan arandelas DTI tipo Squirter® tampoco proporcionan una indicación visual de ajuste. Además, estos sistemas no tienen un aplanamiento en dos etapas distintas de las protuberancias que permiten comprobar tanto el ajuste como el apriete total final. De hecho, no hay un sistema de la técnica anterior conocida que incluya una función indicadora de la carga tanto para la etapa de ajuste como para la
15 etapa de apriete final.

Tampoco hay una arandela DTI conocida con protuberancias de diferentes alturas para realizar diferentes funciones, o formas únicas para encapsular un material elastomérico que se va emitir en el momento adecuado indicando un perno adecuadamente ajustado o totalmente apretado. Las prácticas de utilización de perno de la técnica anterior, tal como el
20 uso de una llave calibrada o giro de tuerca, requieren una especie continua de las operaciones de apriete de manera que un operario pueda verificar que una operación de apriete inicial está siendo realizada. Esta inspección es una actividad continua, ya que no hay evidencia después del ajuste de que el trabajo se haya realizado. La inspección es una verificación o confirmación de que la realización de este trabajo está siendo observada.

- 25 Para superar las deficiencias de arandelas DTI existentes, un objeto es proporcionar una arandela DTI mejorada. Otro objeto es permitir a una arandela DTI realizar dos o más medidas de carga discretas de forma precisa. Un objeto relacionado es permitir a una arandela DTI realizar dos o más operaciones diferentes como una función de la deformación plástica de las protuberancias.

- 30 Es aun otro objeto más utilizar protuberancias de forma única y altura variable para permitir una indicación visual de que el conjunto de la sujeción se ha apretado de forma adecuada. Un objeto relacionado es superar las limitaciones de las arandelas DTI existentes, especialmente aquellas comercializadas como arandelas DTI Squirter®, que sufren del material indicador elastomérico que da indicaciones visuales prematuras de que un perno esté apretado

adecuadamente. Otro objeto relacionado es superar limitaciones geométricas de arandelas DTI estándar introduciendo formas de protuberancias que protegen el material indicador elastomérico durante el manejo, empaquetado, envío y almacenamiento de manera que el material elastomérico pueda indicar de forma visual cuando se ha alcanzado la tensión adecuada en el perno.

Un objeto adicional es retrasar, a través de una función geométrica, la emisión de un material elastomérico hasta que el conjunto de sujeción esté apretado adecuadamente. Otro objeto más es capturar el material elastomérico de manera que durante el uso esté contra una superficie relativamente lisa (por ejemplo, una arandela o tuerca) que asegure unos resultados precisos previsibles y repetibles. (Dicha configuración contrasta con los dispositivos de tipo squirt de la técnica anterior, para los cuales el material elastomérico es colocado contra la superficie impredecible de acero estructural que puede variar desde muy lisa a rugosa). Es aun otro objeto más proporcionar una prueba visual de que se ha logrado la condición de apriete “ajustado” para una sujeción y de que la sujeción están en contacto firme con el componente que se va a unir.

Resumen

Para lograr estos y otros objetos, y en vista de sus propósitos, se proporciona una arandela DTI mejorada. De acuerdo con un modo de realización, la arandela DTI tiene un cuerpo anular y una o más protuberancias de herradura en forma de U. El cuerpo anular incluye un agujero central, una circunferencia, un borde exterior, una primera cara, y una segunda cara opuesta a la primera cara. Las protuberancias de herradura cada una tiene una altura, un vértice más próximo al agujero central y una abertura dirigida hacia el borde exterior. Las protuberancias de herradura son integrales con el cuerpo anular y acuñadas y cortadas parcialmente desde el cuerpo anular para sobresalir desde la primera cara del cuerpo anular y dejar una o más hendiduras correspondientes en la segunda cara del cuerpo anular. Las protuberancias de herradura pueden estar desfasadas radialmente de sus hendiduras correspondientes. Un material indicador es encapsulado y contenido inicialmente dentro del área en la primera cara definida por cada una de las protuberancias de herradura. De acuerdo con otro modo de realización, la arandela DTI tiene una o más protuberancias adicionales que tienen una altura mayor que la altura de las protuberancias de herradura.

De acuerdo con un modo de realización adicional, un conjunto de unión se proporciona que incluye al menos un miembro de unión, una arandela DTI dispuesta adyacente al al menos un miembro de unión, un primer miembro de soporte en un primer lado del al menos un miembro de unión, y un segundo miembro de soporte en un segundo lado del al menos un miembro de

unión. La arandela DTI tiene un cuerpo anular y una o más protuberancias de herradura en forma de U. El cuerpo anular incluye un agujero central, una circunferencia, un borde exterior, una primera cara, y una segunda cara opuesta a la primera cara. Las protuberancias de herradura cada una tiene, una altura, un vértice lo más próximo al agujero central, y una
 5 abertura dirigida hacia el borde exterior. Las protuberancias de herradura son integrales con el cuerpo anular y acuñadas y cortadas parcialmente desde el cuerpo anular para sobresalir desde la primera cara del cuerpo anular y dejar una o más hendiduras correspondientes en la segunda cara del cuerpo anular. Las protuberancias de herradura pueden estar desfasadas radialmente de sus hendiduras correspondientes. Un material indicador es encapsulado y
 10 contenido inicialmente dentro de un área en la primera cara definida por cada una de las protuberancias de herradura. El primer y segundo miembros de soporte están fijados a o dispuestos de forma holgada alrededor de un vástago situado en una abertura de al menos un miembro de unión, y el agujero central el cuerpo anular, de manera que el primer miembro de soporte tiene una superficie de soporte en contacto con la una o más protuberancias de
 15 herradura de la arandela DTI y el segundo miembro de soporte tiene una superficie de soporte en contacto con el segundo lado del al menos un miembro de unión.

De acuerdo con otro modo de realización más, la arandela DTI incluye un cuerpo anular, un conjunto de primeras protuberancias, y un conjunto de segundas protuberancias. El cuerpo anular incluye un agujero central, una circunferencia, una primera cara, y una segunda cara
 20 opuesta a la primera cara. Las primeras protuberancias cada una tiene una primera altura y son integrales con el cuerpo anular y acuñadas y cortadas parcialmente desde el cuerpo anular para sobresalir desde la primera cara del grupo anular y dejar una o más primeras hendiduras correspondientes en la segunda cara del cuerpo anular. Las segundas protuberancias cada una tiene una altura menor que la primera altura y son integrales con el
 25 cuerpo anular y acuñadas y cortadas parcialmente desde el cuerpo anular para sobresalir desde la primera cara del cuerpo anular y dejar una o más segundas hendiduras correspondientes en la segunda cara del cuerpo anular. Al menos una de las primeras protuberancias o de las segundas protuberancias está desfasada radialmente de sus hendiduras correspondientes.

De acuerdo con un modo de realización adicional, un conjunto de unión es proporcionado incluyendo al menos un miembro de unión, una arandela DTI dispuesta adyacente al al menos un miembro de unión, un primer miembro de soporte en un primer lado del al menos un primer miembro de unión, y un segundo miembro de soporte en un segundo lado del al menos un primer miembro de unión. La arandela DTI tiene un cuerpo anular, un conjunto de primeras
 30 protuberancias, y un conjunto de segundas protuberancias. El cuerpo anular incluye un

agujero central, una circunferencia, una primera cara y una segunda cara opuesta a la primera cara. Las primeras protuberancias cada una tiene una primera altura y son integrales con el cuerpo anular y acuñadas y cortadas parcialmente desde el cuerpo anular para sobresalir desde la primera cara del cuerpo anular y dejar una o más primeras hendiduras correspondientes en la segunda cara del cuerpo anular. Las segundas protuberancias cada una tiene, una segunda altura más pequeña que la primera altura y son integrales con el cuerpo anular y acuñadas y cortadas parcialmente desde el cuerpo anular para sobresalir desde la primera cara del cuerpo anular y dejar una o más segundas hendiduras correspondientes en la segunda cara del cuerpo anular. Al menos una de las primeras protuberancias o las segundas protuberancias están desfasadas radialmente de sus hendiduras correspondientes. Los primeros y segundos miembros de soporte están fijados o dispuestos de forma holgada alrededor de un eje situado en una abertura del al menos un miembro de unión y del agujero central del cuerpo anular, de tal manera que el primer miembro de soporte tiene una superficie de soporte en contacto con al menos las primeras protuberancias de la arandela DTI y el segundo miembro de soporte tiene una superficie de soporte en contacto con el segundo lado del al menos un miembro de unión.

Se entenderá que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada siguiente son a modo de ejemplo, pero no son restrictivas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La invención entiende mejor a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee en conjunción con los dibujos que acompañan. Se enfatiza que, de acuerdo con una práctica común, las diversas características de los dibujos no están a escala. Por el contrario, las diversas características se expanden o se reducen de forma arbitraria por claridad. Incluidas en los dibujos están las siguientes figuras:

La figura 1A es una vista superior de una arandela indicadora de tensión directa (DTI) de la técnica anterior;

La figura 1B es una vista inferior de la arandela DTI de la técnica anterior de la figura 1A;

La figura 1C es una vista en sección transversal de la arandela DTI de la técnica anterior de la figura 1A;

La figura 2A es una vista lateral de un conjunto de unión que incluye la arandela DTI de la técnica anterior de la figura 1A;

La figura 2B es una vista lateral del conjunto de unión de la figura 2A, después de que el conjunto de unión haya sido apretado para colapsar las protuberancias de la arandela DTI de la técnica anterior;

5 La figura 3 es una vista en sección transversal de la arandela DTI que tiene protuberancias y hendiduras desfasadas;

La figura 4 ilustra, en una vista en perspectiva, el concepto de arandela DTI de “2 etapas” con protuberancias configuradas a propósito a más de una altura estándar;

La figura 4A es una vista superior de la arandela DTI mostrada en la figura 4;

10 La figura 4B es una vista en sección transversal de la arandela DTI tomada a lo largo de la línea 4B-4B de la figura 4A;

La figura 4C es una vista en sección transversal de arandela DTI tomada a lo largo de la línea 4C-4C de la figura 4A;

La figura 4D es una vista de borde de la arandela DTI mostrada en la figura 4A;

La figura 4E es un vista en detalle resaltada por el círculo 4E de la figura 4C;

15 La figura 5 ilustra, en una vista en perspectiva, un modo de realización alternativo de la arandela DTI de dos etapas con protuberancias en forma de herradura;

La figura 5A es una vista superior de la arandela DTI mostrada en la figura 5;

La figura 5B es una vista en sección transversal de la arandela DTI tomada a lo largo de la línea 5B-5B de la figura 5A;

20 La figura 5C es una vista detallada resaltada por el círculo 5C de la figura 5B

La figura 5D es una vista detallada resaltada por el círculo 5D de la figura 5A;

La figura 5E es una vista detallada resaltada por el círculo 5E de la figura 5A;

La figura 5F es una vista en sección transversal de las protuberancias de herradura de la arandela DTI tomada a lo largo de la línea 5F-5F de la figura 5E;

25 La figura 5G es una vista de borde de la arandela DTI mostrada en la figura 5A;

La figura 6 ilustra un punzón utilizado para formar las protuberancias de herradura en el cuerpo anular de la arandela DTI mostrada en la figura 5;

La figura 7 ilustra un material indicador capturado dentro de las protuberancias de herradura de la arandela DTI mostrada en la figura 5;

La figura 8 ilustra un material indicador depositado completamente dentro del área definida por las protuberancias de herradura de la arandela DTI mostrada en la figura 5;

- 5 La figura 9A es una vista superior de otro modo de realización alternativo de la arandela DTI con sólo un conjunto de protuberancias, en particular protuberancias en forma de herradura;

La figura 9B es una vista en detalle resaltada por el círculo 9B de la figura 9A;

La figura 9C es una vista en sección transversal de la protuberancia de herradura de la arandela DTI tomada a lo largo de la línea 9C- 9C de la figura 9B;

- 10 La figura 9D es una vista en sección transversal de la arandela DTI tomada a lo largo de la línea 9D-9D de la figura 9A;

La figura 9E es una vista de borde de la arandela DTI mostrada en la figura 9A;

- La figura 10 muestra el apilamiento de componentes utilizados para unir dos o más miembros de unión en un conjunto de unión de ejemplo que utiliza uno de los modos de realización de la arandela DTI ilustrada en las figuras 4, 5 y 9A;
- 15

La figura 11 ilustra, en una vista en perspectiva, un modo de realización alternativo de una arandela DTI en dos etapas con protuberancias en forma de herradura y una pluralidad de lóbulos; y

La figura 11A es una vista superior de la arandela DTI mostrada en la figura 11.

- 20 Descripción detallada

Los problemas industriales comunes entre varios tipos de conexiones están relacionados con el establecimiento de dos criterios de instalación importantes. Estos dos criterios son el tensado de ajuste y el tensado final (a menudo referido como la carga de sujeción). El tensado de ajuste de una conexión dada, antes del tensado total, asegurará que todas las capas conectadas están en un contacto firme y continuo, y donde la aplicación de un par de torsión o tensión adicionales a sujeciones adyacentes no disminuirá la tensión en las sujeciones ya instaladas. El Consejo de investigación de conexiones estructurales ("RCSC"), en la sección 8.1 de su memoria descriptiva para uniones estructurales que utilizan pernos de alta resistencia (1 de agosto de 2014) define "ajuste apretado" como "la condición que existe

25

30 cuando todas las capas en una conexión han sido puestas en contacto directo por los pernos

en la unión y todos los pernos en la unión han sido apretado suficientemente para evitar la retirada de las tuercas sin el uso de una llave”.

La tensión de ajuste debería ser suficiente para poner las capas en contacto continuo, o lo más cerca en contacto continuo como sea posible, pero preferiblemente se hace por debajo del límite elástico de la sujeción. En conexiones que requieren un tensado total, se puede lograr una tensión de instalación final a través de diversos métodos. Sin un buen control de la operación de ajuste muchas sujeciones son sobre-tensadas y en algunos casos las capas de conexión no se ponen en un contacto continuo y firme. En muchos casos, los lubricantes son tan efectivos y se realizan tan pocas pruebas en conjuntos coincidentes de campo, que la tensión de ajuste excede por error la tensión de instalación final requerida. La aplicación de un giro adicional a sujeciones ya altamente tensadas aumenta el riesgo de fallos críticos de las sujeciones estresadas más allá de la resistencia a la tracción máxima. Pueden producirse estrechamientos y roturas severos.

La tensión de instalación final es la tensión que excede la tensión de diseño mínima para cumplir el requerimiento de una aplicación particular, especificación o norma. En conexiones que utilizan sistemas de sujeción sujetos a un tensado final que utilizan un par de torsión hay una serie de preocupaciones bien documentadas que se refieren a la repetibilidad y variabilidad de los métodos de instalación basados en el par de torsión, incluyendo la variabilidad en el par de torsión aplicado, cambios en las condiciones medioambientales, el paso del tiempo, la repetibilidad del equipo, el mantenimiento del equipo y diversos otros problemas potenciales. En conexiones que utilizan sistemas de sujeción sujetos a un tensado final que utiliza una compresión o un ángulo, hay una serie de preocupaciones bien documentadas con respecto al establecimiento de una condición de ajuste apropiada.

Las arandelas DTI existentes y el enfoque de toda la industria de sujeciones se ha dirigido a asegurar que las sujeciones se hayan apretado de forma adecuada tras la instalación final. No ha habido ningún dispositivo que se centre en asegurar que la unión sujeta a sido ajustada, o compactada de forma apropiada en un contacto firme, antes del apriete final. Sin embargo, los ingenieros reconocen que el punto de ajuste es crítico para cualquier método de grupos de apriete de pernos para altos niveles de tensión necesarios. La RCSC en su memoria descriptiva para uniones estructurales que utilizan pernos de alta resistencia (1 de agosto de 2014), declaró: “con todos los métodos, es importante instalar primero pernos en todos los agujeros de la unión y compactar la unión hasta que las capas conectadas estén en contacto firme. Sólo después de la finalización de esta operación se puede pretensar la junta de forma fiable”.

- Aunque la etapa de ajuste del apriete del perno se reconoce como crítica para lograr resultados aceptables después del apriete final, no hay una herramienta visual práctica disponible para indicar el logro de una unión compacta de ajuste. Los métodos de sujeción de la técnica anterior tales como una llave calibrada (dinamométrica), los pernos del tipo de rotura por torsión y las arandelas DTI no dan una evidencia o prueba visual de que la condición de ajuste haya sido lograda antes del apriete final a una carga previa requerida mínima. Además, un número significativo de uniones por perno no necesitan ser totalmente apretadas, debido a que el ajuste apretado es adecuado para una función apropiada. En estos últimos casos, hay un método para determinar visualmente si la condición de ajuste ha sido lograda.
- 5 Hasta ahora no ha habido una manera práctica de discernir visualmente si se ha realizado el ajuste. Las arandelas DTI tradicionales permiten, tras una inspección próxima, una señal visual de que se ha realizado el ajuste cuando las protuberancias muestran alguna cantidad de deformación inicial muy incremental y pequeña. Se requiere una fuerza considerable para lograr esta compresión pequeña, del orden del 50% de la tensión mínima final.
- 10 En casi todos los casos se logra un ajuste adecuado en una carga considerablemente menor que la carga que provoca la deformación de la protuberancia. Las arandelas DTI de la técnica anterior no permiten una deformación (obvia) mayor en el ajuste, sin embargo, ya que si se fabricaron para ser lo suficientemente débiles para deformarse en un cambio obvio de sus dimensiones (aplanamiento de la protuberancia reducción del hueco) serían demasiado débiles para indicar el alcance de una carga previa especificada mínima antes de colapsarse totalmente a una condición sin hueco. Dicho de otra manera, si las arandelas DTI convencionales fueron hechas lo suficientemente débiles para proporcionar una indicación visual y obvia de ajuste, deberían ser demasiado débiles para indicar la tensión final. Y la tensión final es el enfoque principal de los ingenieros y contratistas en las uniones que
- 15 requieren una carga previa.
- 20 Con referencia ahora a los dibujos, en los cuales números de referencia similares se refieren a elementos similares, a través de las diversas figuras que comprenden los dibujos, la figura 3 es una vista en sección transversal de un modo de realización de ejemplo de una arandela 400 indicadora de tensión directa (DTI) que tiene protuberancias y hendiduras desfasadas radialmente. El desfase de las protuberancias y de las hendiduras mejora la resistencia mecánica de la arandela 400 DTI, en particular cuando se utiliza alrededor de un perno insertado en una abertura agrandada en uno o más miembros de unión. La arandela 400 DTI incluye un cuerpo 410 anular que rodea un agujero 412 central. La arandela 400 DTI además comprende una pluralidad de protuberancias 420 integrales con el cuerpo 410 anular. Las
- 25

protuberancias 420 están acuñadas y cortadas desde el cuerpo 410 anular para sobresalir desde una primera cara 414 del cuerpo 410 anular y dejar una pluralidad de hendiduras 430 correspondientes en una segunda cara 416 del cuerpo 410 anular opuesta a la primera cara 414. Mediante integral, se quiere decir que el cuerpo 410 anular y las protuberancias 420

5 están hechos de una sola pieza o de una sola parte unitaria sin piezas adicionales. Cada protuberancia 420 es definida por un par de paredes 422 laterales exteriores que se extienden en contra de la primera cara 414 del cuerpo 410 anular y una superficie 424 exterior que se extiende entre el par de paredes 422 laterales exteriores y entre dos regiones separadas de la primera cara 414. Cada hendidura 430 está definida por un par de paredes 432 laterales

10 interiores que se extienden parcialmente a través del cuerpo 410 anular desde la segunda cara 416, y desde las cuales han sido cortadas el par de paredes 422 laterales exteriores, y una superficie 434 interior que se extiende entre el par de paredes 432 laterales interiores y entre dos regiones separadas de la segunda cara 416. La región del cuerpo 410 anular entre las hendiduras 430 y el agujero 412 central se definen como el alma 440.

15 En el modo de realización representado en la figura 3, las protuberancias 420 y las hendiduras 430 pueden ser rectangulares y de contorno recto, con paredes 422 laterales exteriores y paredes 432 laterales interiores sustancialmente tangenciales a círculos concéntricos con el agujero 412 central y sustancialmente perpendiculares a la primera cara 414 y a la segunda cara 416, respectivamente. Otros modos de realización pueden incluir protuberancias 420 y

20 hendiduras 430 que tienen una forma y tamaño adecuados. Típicamente, las protuberancias 420 y las hendiduras 430 están separadas a intervalos regulares alrededor del agujero 412 central. No hay límite en el número de protuberancias 420 y hendiduras 430 correspondientes que se pueden incluir en la arandela 400 DTI.

Tal y como se representa en la figura 3, la arandela 400 DTI está definida además por las

25 hendiduras 430 que están desfasadas de las protuberancias 420 y que están situadas más lejos del agujero 412 central. La cantidad de desfase es definida por la distancia D1 que es igual a la distancia entre una línea central de una protuberancia 420 y una línea central de una hendidura 430 correspondiente. La distancia variará con el tamaño y el espesor total de la arandela 400 DTI, así como la aplicación específica para la que esté destinada. El “desfase”

30 de la arandela 400 DTI es el objeto de la patente estadounidense No. 9,863,457 propiedad de TurnaSure, LLC, el cesionario de la solicitud de patente en cuestión, y se incorpora en este documento por referencia en su totalidad.

De forma preferible, la arandela 400 DTI está fabricada mediante un proceso de extrusión desfasado en el cual el punzón que forma las hendiduras 430 no está alineado de forma

intencionada con el troquel que forma las protuberancias 420. El uso de dicho proceso de extrusión desfasado no es deseable tradicionalmente debido a que una extrusión desfasada del centro provoca fuerzas no iguales en el equipo de fabricación, lo cual está asociado con una vida de las herramientas reducida, un desgaste de las herramientas excesivo, y un fallo de las herramientas. Se ha descubierto que desfasando las hendiduras 430 de las protuberancias 420 se mejora el rendimiento de la arandela 400 DTI en al menos tres maneras: (1) reduciendo la probabilidad de una deformación impredecible e indeseable del cuerpo 410 anular, (2) cambiando la dirección en la cual las protuberancias 420 son comprimidas durante el apriete, y (3) evitando el anidado.

La figura 4, ilustra en una vista en perspectiva, el concepto de una arandela 500 DTI de “dos etapas” con protuberancias establecidas a propósito a más de en una altura estándar. La arandela 500 DTI de dos etapas tiene un anillo de primeras protuberancias 520a más altas y un segundo anillo de segundas protuberancias 520b más cortas. Las primeras protuberancias 520a se aplanan durante el ajuste o la operación de apriete inicial y las segundas protuberancias 520b se aplanan o se aplastan cuando la tensión del perno final mínima especificada ha sido lograda. Por tanto, el primer conjunto de primeras protuberancias 520a demuestran visualmente cuando se han realizado operaciones de ajuste, y el segundo conjunto de segundas protuberancias 520b indican visualmente que el apriete final ha sido logrado. La arandela 500 DTI puede que no incluya un material indicador elastomérico.

Las hendiduras (no mostradas) correspondientes a las primeras protuberancias 520a y a las segundas protuberancias 520b, podrían dimensionarse y conformarse de acuerdo con cualquier modo de realización divulgado. Por ejemplo, las hendiduras podrían estar directamente por debajo de sus protuberancias 520a y 520b respectivas, rectangulares y de contorno recto. Las hendiduras podrían estar desfasadas de sus respectivas protuberancias 520a y 50b, o las hendiduras y las protuberancias 520a y 520b podrían ser cónicas.

La arandela 500 DTI incluye un cuerpo 510 anular que rodea a un agujero 512 central. Las protuberancias 520a y 520b son integrales con el cuerpo 510 anular. Las protuberancias 520a y 520b son acuñadas y cortadas del cuerpo 510 anular para sobresalir de una primera cara 514 del cuerpo 510 anular y dejar una pluralidad de hendiduras correspondiente en una segunda cara 516 del cuerpo 510 anular opuesta a la primera cara 514. Mediante integral, se quiere decir que el cuerpo 510 anular y las protuberancias 520a y 520b están hechos de una sola pieza o de una sola parte unitaria sin piezas adicionales.

Las protuberancias 520a y 520b (y sus respectivas hendiduras) están separadas a intervalos regulares a lo largo de círculos imaginarios respectivos alrededor del agujero 512 central. De

forma preferible, aunque no necesariamente, el primer conjunto de primeras protuberancias 520a está ubicado más cerca del agujero 512 central y las segundas protuberancias 520b están ubicadas más lejos del agujero 512 central. No hay límite en el número de protuberancias 520a y 520b (y las correspondientes hendiduras) que se pueden incluir en la arandela 500 DTI.

La figura 4 ilustra que la arandela 500 DTI tiene una serie de muescas 550 formadas alrededor de la circunferencia del cuerpo 510 anular. Las muescas 550 pueden estar agrupadas en pares alrededor de cada una de las segundas protuberancias 520b, tal y como se ha ilustrado; de forma alternativa, las muescas 550 podrían estar ubicadas equidistantes alrededor de la periferia de la arandela 500 DTI. Las muescas 550 funcionan para distinguir la arandela 500 DTI de arandelas convencionales y para proporcionar una ubicación para un operario para colocar una herramienta tal como una galga de espesor. Aunque se muestran ocho muescas 550 en la figura 4, podría estar previsto cualquier número de muescas 550 adecuado para lograr estas funciones.

La arandela 500 DTI también puede tener, típicamente pero no necesariamente, en su primera cara 514, un número de indicios diferentes. Por ejemplo, unos primeros indicios 552 puede indicar el tipo de arandela 500 DTI, unos segundos indicios 554 pueden indicar el número de lote de la arandela 500 DTI, y unos terceros indicios 556 pueden ser el logotipo u otra información que indique la procedencia (es decir, el fabricante o distribuidor) de la arandela 500 DTI. Dichos indicios 552, 554 y 556 pueden ser útiles para el operario, entre otros.

La figura 4A es una vista superior de la arandela 500 DTI mostrada en la figura 4. La figura 4B es una vista en sección transversal de arandela 500 DTI tomada a lo largo de la línea 4B-4B de la figura 4A. La figura 4C es una vista en sección transversal de la arandela 500 DTI tomada a lo largo de la línea 4C-4C de la figura 4A. La figura 4D es una vista de borde de la arandela 500 DTI mostrada en la figura 4A. Y la figura 4E es una vista en detalle resaltada por el círculo 4E en la figura 4C.

Las siguientes dimensiones de ejemplo son incluidas para demostrar claramente la naturaleza general de la arandela 500 DTI. Estas dimensiones de ejemplo son ejemplares, no restrictivas, de la arandela 500 DTI. Con referencia a la figura 4A, para una arandela 500 DTI de 7/8 de pulgada (2,22 cm) del tipo de 144 ksi, el diámetro 560 interior es de aproximadamente 0,938 pulgadas (2,38 cm) y el diámetro 562 de soporte exterior es de aproximadamente 1,600 pulgadas (4,06 cm). La longitud 564 de las primeras protuberancias 520A es de aproximadamente 0,250 pulgadas (0,635 cm) y típicamente cae en el rango de 0,245 a 0,255 pulgadas (0,622 a 0,648 cm). La longitud 566 de las segundas protuberancias 520b es de

aproximadamente 0,380 pulgadas (0,965 cm) y típicamente cae en el rango de 0,375 a 0,385 pulgadas (0,953 a 0,978cm). El diámetro del círculo exterior a lo largo del cual se disponen las segundas protuberancias 520b es de aproximadamente 1,535 pulgadas (3,899 cm); este diámetro es denominado el “diámetro tangencial de protuberancia” o “PTD”. El radio 558 de las muescas 550 es de aproximadamente 0,060 pulgadas (0,152cm).

Con referencia la figura 4B, la altura 568 de las segundas protuberancias 520b está en el rango de aproximadamente 0,025 a 0,035 pulgadas (0,064 a 0,089 cm). La anchura 570 de las segundas protuberancias 520b es de aproximadamente 0,080 pulgadas (0,203 cm), y típicamente cae en el rango de aproximadamente 0,075 a 0,085 pulgadas (0,191 a 0,216 cm).

Con referencia la figura 4C, la altura 572 de las primeras protuberancias 520a está en el rango de aproximadamente 0,045 a 0,055 pulgadas (0,114 a 0,140cm). La anchura 574 de las primeras protuberancias 520a es de aproximadamente 0,055 pulgadas (0,140), y típicamente cae en el rango de aproximadamente 0,050 a 0,060 pulgadas (0,127 a 0,152 cm). El diámetro 576 exterior de la DTI 500 es de aproximadamente 1,730 pulgadas (4,394 cm), y típicamente cae en el rango de aproximadamente 1,720 a 1,750 pulgadas (4,369 a 4,445 cm).

Con referencia la figura 4D, la altura 578 de la arandela 500 DTI es un mínimo de aproximadamente 0,158 pulgadas (0,401 cm) y la distancia 580 desde la segunda cara 516 a la parte superior de las primeras protuberancias 520a es un máximo de aproximadamente 0,260 pulgadas (0,660 cm). Finalmente, con referencia la figura 4E, la distancia 582 mediante la cual las primeras protuberancias 520a están desfasadas de sus respectivas hendiduras (es decir, la distancia de extrusión de desfase del centro) es de aproximadamente 0,030 pulgadas (0,076 cm).

La figura 5 ilustra, en una vista en perspectiva, un modo de realización alternativo de una arandela 600 DTI en dos etapas con dos conjuntos de protuberancias que tienen más de una altura estándar. La arandela 600 DTI es similar a la arandela 500 DTI, excepto en que el segundo anillo de segundas protuberancias 520b más cortas es reemplazado por un segundo anillo de protuberancias 620 en forma de “herradura” o en forma de U más cortas. Las primeras protuberancias 520a aplanadas durante el ajuste o la operación de apriete inicial y, como las segundas protuberancias 520b, las protuberancias 620 de herradura se aplanan o se aplastan cuando se ha logrado la tensión del perno final especificada mínima. La función principal de las protuberancias 620 de herradura no es la resistencia; más bien, tal y como se describe más abajo, la función principal de las protuberancias 620 de herradura es contener y controlar el flujo de un material 690 indicador.

Como se señaló, la arandela 600 DTI es similar a la arandela 500 DTI. La arandela 600 DTI incluye un cuerpo 510 anular que rodea a un agujero 512 central. Las primeras protuberancias 520a y las protuberancias 620 de herradura son integrales con el cuerpo 510 anular. Las primeras protuberancias 520a y las protuberancias 620 de herradura son acuñadas y cortadas del cuerpo 510 anular para sobresalir de una primera cara 514 del cuerpo 510 anular y dejar una pluralidad de hendiduras correspondientes en una segunda cara 516 del cuerpo 510 anular opuesta a la primera cara 514. Mediante integral, se quiere decir que el cuerpo 510 anular y las protuberancias 520a y 620 están hechos de una sola pieza o de una sola parte unitaria sin piezas adicionales.

Las protuberancias 520a y 620 (y sus respectivas hendiduras) están separadas a intervalos regulares a lo largo de círculos imaginarios respectivos alrededor del agujero 512 central. De forma preferible, aunque no necesariamente, el primer conjunto de primeras protuberancias 520a está situado más cerca del agujero 512 central y las protuberancias 620 de herradura están situadas más lejos del agujero 512 central. Tal y como se ilustra en la figura 5A, que es una vista superior de la arandela 600 DTI mostrada en la figura 5, el primer conjunto de primeras protuberancias 520a está separado a intervalos regulares a lo largo del círculo 622 imaginario y las protuberancias 620 de herradura están separadas a intervalos regulares a lo largo del círculo 624 imaginario. No hay límite en el número de protuberancias 520a y 620 (y correspondientes hendiduras) que se puede incluir en la arandela 600 DTI.

La figura 5 también ilustra que la arandela 600 DTI tiene una serie de muescas 550 formadas alrededor de la circunferencia del cuerpo 510 anular. Las muescas 550 funcionan para distinguir la arandela 600 DTI de arandelas convencionales y para proporcionar una ubicación para un operario para colocar una herramienta tal como una galga de espesor. Aunque se muestran en la figura 5 ocho muescas 550 se puede proporcionar cualquier número de muescas 550 adecuadas para lograr estas funciones.

La arandela 600 DTI también puede tener, típicamente pero no necesariamente, en su primera cara 514, un número de indicios diferentes. Por ejemplo, unos primeros indicios 552 puede indicar el tipo de arandela 600 DTI, unos segundos indicios 554 puede indicar el número de lote de la arandela 600 DTI, y unos terceros indicios 556 puede ser el logotipo u otra información que indique la procedencia (es decir, fabricante o distribuidor) de la arandela 600 DTI. Dichos indicios 552, 554 y 556 pueden ser útiles para el operario, entre otros.

La figura 5B es una vista en sección transversal de la arandela 600 DTI tomada a lo largo de la línea 5B-5B de la figura 5A. La figura 5C es la vista en detalle resaltada por el círculo 5C de la figura 5B. La figura 5D es la vista de detalle resaltada por el círculo 5D de la figura 5A. La

figura 5E es la vista en detalle resaltada por el círculo 5E de la figura 5A. La figura 5F es una vista en sección transversal de la protuberancias 620 de herradura de la arandela 600 DTI tomada a lo largo de la línea 5F-5F de la figura 5E. Y la figura 5G es una vista de borde de la arandela 600 DTI mostrada en la figura 5A.

5 Las siguientes dimensiones de ejemplo son incluidas para demostrar más claramente la naturaleza general de la arandela 600 DTI. Estas dimensiones de ejemplo son ejemplares, no restrictivas, de la arandela 600 DTI. Con referencia la figura 5A, para una arandela 600 DTI de 3/4 de pulgada (1,91cm) de tipo 325 ksi, el diámetro 560 interior es de aproximadamente 0,813 pulgadas (2,07 cm), y el diámetro 562 de soporte exterior es aproximadamente 1,555
10 pulgadas (3,95 cm). La longitud 564 de las primeras protuberancias 520a es aproximadamente 0,315 pulgadas (0,800 cm), y típicamente cae en el rango de 0,310 a 0,320 pulgadas (0,787 a 0,813 cm). El diámetro del círculo 622 imaginario a lo largo del cual se disponen las primeras protuberancias 520a es aproximadamente 1,125 pulgadas (2,858 cm); el diámetro es denominado el “diámetro tangencial de protuberancias” o “PTD”. El diámetro
15 del círculo 624 imaginario a lo largo del cual se disponen las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 1,441 pulgadas (3,660 cm). En radio 558 de las muescas 550 es aproximadamente 0,060 pulgadas (0,152cm).

Con referencia la figura 5B, la altura 572 de las primeras protuberancias 520a está en el rango de aproximadamente 0,045 a 0,055 pulgadas (0,114 a 0,140 cm). La anchura 574 de las
20 primeras protuberancias 520a es aproximadamente $0,080 \pm 0,002$ pulgadas ($0,203 \pm 0,005$ cm). El diámetro 576 exterior de la DTI 600 es aproximadamente 1,615 pulgadas (4,102 cm), y típicamente cae en el rango de aproximadamente 1,605 a 1,625 pulgadas (4,077 a 4,128 cm). También ilustradas en la figura 5B hay hendiduras 640 en la segunda cara 516 que se corresponden a las primeras protuberancias 520a. Con referencia la figura 5C, la distancia
25 582 por la cual las primeras protuberancias 520a están desfasadas de sus respectivas hendiduras 640 es aproximadamente 0,030 pulgadas (0,076 cm).

Con referencia la figura 5D, la longitud 666 de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,210 pulgadas (0,533 cm). La anchura 670 de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,150 pulgadas (0,381 cm). El espesor 669 de las paredes de
30 las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,035 pulgadas (0,089 cm). Con referencia la figura 5F, la altura 668 máxima de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,040 pulgadas (0,102 cm) y el vértice de las protuberancias 620 de herradura situado lo más próximo al agujero 512 central. La altura de las protuberancias 620 de herradura disminuye gradualmente como una conicidad 667 a lo largo de la anchura 670

de las protuberancias 620 de herradura hasta que la altura es cero donde las protuberancias 620 de herradura se encuentran con la primera cara 514 en el círculo 624 imaginario. También mostradas en la figura 5F hay hendiduras 630 correspondientes a las protuberancias 620 de herradura. Se ha de señalar, tal y como se muestra en la figura 5F, que no hay desfase entre las hendiduras 630 y las protuberancias 620 de herradura.

Finalmente, con referencia la figura 5G, la altura 578 de la arandela 600 DTI es un mínimo de aproximadamente 0,158 pulgadas (0,401 cm) y un máximo de aproximadamente 0,169 pulgadas (0,429 cm). La distancia 580 desde la segunda cara 516 a la parte superior de las primeras protuberancias 520a es un máximo de aproximadamente 0,208 pulgadas (0,528 cm).

Las arandelas 500, 600 DTI son fabricadas utilizando una herramienta (tal como un punzón) y un troquel. La herramienta y el troquel son utilizados para estampar las diversas protuberancias y hendiduras en una arandela en bruto. La figura 6 ilustra un punzón 800 utilizado para formar las protuberancias 620 de herradura en el cuerpo 510 anular de la arandela 600 DTI. El punzón 800 tiene porciones 620a en forma de "pala", cada una de las cuales forma una protuberancia 620 de herradura individual. Aunque un punzón que tiene porciones en forma de U se puede utilizar para formar las protuberancias 620 de herradura, los ensayos han probado que dicho punzón no es duradero como el punzón 800 que tenga porciones 620a en forma de pala. Porciones 620a en forma de pala más romas mejoran la vida de la herramienta y son superiores en el conformado de protuberancias 620 de herradura en el lado del troquel de la operación de conformado. Se pueden utilizar otros procesos para conformar las arandelas 500, 600 DTI, tales como un mecanizado de metal o una fundición de metal. En todos los casos, el producto de metal será tratado térmicamente mediante templado y recocido después del conformado para producir la carga similar a un resorte y las propiedades de deformación.

Tal y como se ha ilustrado en la figura 7, una función importante de las protuberancias 620 de herradura es capturar el material 690 indicador. Las protuberancias 620 de herradura deben estar ubicadas en la primera cara 514 de la arandela 600 DTI próxima al borde 692 exterior de la arandela 600 DTI, y a lo largo del círculo 624 imaginario, para asegurar que el material 690 indicadores visible cuando una arandela 140 plana es colocada sobre la arandela 600 DTI. La ubicación de las protuberancias 620 de herradura podría ajustarse pero debe ser tan próxima al borde 692 exterior como sea posible sin dejar de proporcionar una superficie plana sobre la cual el material 690 indicador aparecerá cuando el perno 120 es apretado. El material 690 indicador es un material sólido elastomérico extruible tal como silicona, y puede estar coloreado para mejorar la visibilidad y para proporcionar una información adicional al operario.

Un número de formas y dimensiones fueron investigadas para las protuberancias 620 de herradura. Entre las formas hubo una variación en el tipo anular continuo de protuberancias representado en la patente estadounidense No. 9,863,457; una forma de V y un círculo de extremo abierto o protuberancia en forma de C. La investigación reveló que las protuberancias 620 de herradura en “forma de U” proporcionaban la forma más fiable para contener el material 690 indicador, y también fueron capaces de ser formadas sin un excesivo desgaste o rotura de la herramienta. Además, proporcionando la conicidad 667 a las protuberancias 620 de herradura dirigida hacia el borde 692 exterior de la arandela 600 DTI se asegura tanto (i) una excelente delineación entre dos puntos de ajuste y de tensión final, y (ii) el beneficio de dirigir el material 690 indicador hacia el borde 692 exterior donde el material 690 indicador da la información visual al operario. El material 690 indicador proporciona una indicación visual clara de que se ha logrado una tensión predeterminada en la sujeción. Mediante “predeterminada” se quiere decir determinada de antemano, de manera que las características predeterminadas (en este caso, la tensión en la sujeción o la fuerza contra la arandela 600 DTI) deben ser determinadas; es decir, elegidas o al menos conocidas, antes de algún evento (en este caso, el apriete de la sujeción).

Los ensayos de prototipo han confirmado que la aplicación, retención y flujo dirigido del material 690 indicador son mejorados por la forma de las protuberancias 620 de herradura. Tal y como se ilustra en la figura 7, el material 690 indicador es depositado en las protuberancias 620 de herradura, donde el material 690 indicador es protegido por las paredes de las protuberancias 620 de herradura. Tras aplanar las protuberancias 620 de herradura, el material 690 indicador es empujado hacia los extremos abiertos de las protuberancias 620 de herradura, lo que resulta en una indicación visual de carga previa ya que el material 690 indicador se emite más allá del diámetro exterior de la arandela 140 plana estándar que está colocada sobre la arandela 600 DTI como una parte del conjunto 100 de unión. La conicidad 667 de las protuberancias 620 de herradura (i) ayuda a empujar el material 690 indicador al borde 692 exterior, y (ii) mejora la exactitud, previsibilidad, consistencia y precisión de cómo se emite el material 690 indicador cerca de la tensión de perno requerida.

Aunque las protuberancias 620 de herradura tienen la conicidad 667 en un modo de realización, no tienen la conicidad 667 en un modo de realización alternativo. Las protuberancias 620 de herradura del modo de realización alternativo tienen una altura uniforme. Las protuberancias 620 que no tienen (o menos) conicidad 667 maximizan (o aumentan) el volumen o cantidad del material 690 indicador es protegido por las paredes de las protuberancias 620 de herradura. Por tanto, la cantidad de la conicidad 667 dada a las

protuberancias 620 de herradura varía desde cero a un máximo dependiendo de la aplicación particular.

Otra característica de la arandela 600 DTI ilustrada en la figura 7 es notable. Se muestran cinco protuberancias 620 de herradura, en lugar de las cuatro mostradas en la figura 5. Esta diferencia ilustra el punto de que cualquier número adecuado de protuberancias 620 de herradura es posible para la arandela 600 DTI. Del mismo modo, aunque las protuberancias 620 de herradura (y las primeras protuberancias 520a, para ese caso) tal y como se ilustra tienen la misma forma y dimensiones, dicha uniformidad no es requerida. Por tanto, las protuberancias 620 de herradura pueden tener diferentes formas, dimensiones, o ambas dependiendo de la aplicación en la cual se utilizará la arandela 600 DTI.

Cómo la figura 7, la figura 8 ilustra el material 690 indicador capturado dentro de las protuberancias 620 de herradura de la arandela 600 DTI. La figura 7 ilustra el material 690 indicador depositado parcialmente dentro del área en la primera cara 514 definida por las protuberancias 620 de herradura. En contraste, la figura 8 ilustra el material 690 indicador depositado completamente dentro del área en la primera cara 514 definida por las protuberancias 620 de herradura. En contraste, la figura 8 ilustra el material 690 indicador depositado completamente dentro del área en la primera cara 514 definida por las protuberancias 620 de herradura. La forma del material 690 indicador puede ser totalmente paralela a la forma de las protuberancias 620 de herradura, incluyendo la altura, anchura y longitud.

La figura 9A es una vista superior de otro modo de realización alternativo de una arandela 700 DTI con sólo un conjunto de protuberancias, en particular protuberancias 620 de herradura. La arandela 700 DTI es similar a la arandela 600 DTI, excepto en que el primer anillo de primeras protuberancias 520a es eliminado dejando sólo el segundo anillo de protuberancias 620 de herradura. De nuevo, la función principal de las protuberancias 620 de herradura no es la resistencia; más bien, la función principal de las protuberancias 620 de herradura es contener y controlar el flujo del material 690 indicador.

Las primeras protuberancias 520a son eliminadas de la arandela 700 DTI debido a que no son necesarias en ciertas aplicaciones. La arandela 700 DTI es utilizada sólo para uniones de ajuste apretado que no requieren un tensado total. En comparación con las primeras protuberancias 520a, las protuberancias 620 de herradura pequeñas, cortas y no particularmente fuertes proporcionan algo de resistencia al aplanamiento. Las protuberancias 620 de herradura se colapsan, comparativamente de forma fácil, sin embargo, y por lo tanto emiten el material 690 indicador bajo una carga significativamente menor que la que requeriría

un perno apretado totalmente. La emisión comparativamente fácil del material 690 indicador es perfecta para pernos de ajuste apretado debido a que dichos pernos no se requiere que tengan una tensión significativa en los mismos. De hecho, la cantidad de tensión no es especificada en ningún código o norma. Ciertamente se necesitará algo de fuerza para aplanar las protuberancias 620 de herradura y emitir el material 690 indicador. Sea cual sea la cantidad de esa fuerza, sin embargo, la fuerza será indudablemente suficiente para exceder los requerimientos para un ajuste apretado debido a que el ajuste apretado es definido como la tensión suficiente para impedir la retirada de la tuerca a mano. Más importante, el operario será capaz de verificar la condición de ajuste visualmente desde el primer momento.

10 La figura 9B es la vista detallada resaltada por el círculo 9B de la figura 9A. La figura 9C es una vista en sección transversal de la protuberancia 620 de herradura de la arandela 700 DTI tomada a lo largo de la línea 9C-9C de la figura 9B. La figura 9D es una vista en sección transversal de la arandela 700 DTI tomada a lo largo de la línea 9D-9D de la figura 9A. Y la figura 9E es una vista de borde de la arandela 700 DTI mostrada en la figura 9A.

15 Las siguientes dimensiones de ejemplo son incluidas para demostrar más claramente la naturaleza general de la arandela 700 DTI. Estas dimensiones de ejemplo son ejemplares, no restrictivas, de la arandela 700 DTI. Con referencia la figura 9A, para una arandela 700 DTI de 3/4 de pulgada (1,91 cm) de tipo "ajuste R", el diámetro 560 interior es aproximadamente 0,813 pulgadas (2,07 cm) y el diámetro 562 de soporte exterior es aproximadamente 1,555 pulgadas (3,95 cm). El diámetro del círculo 624 imaginario a lo largo del cual se disponen las protuberancias (620) de herradura es aproximadamente 1,441 pulgadas (3,660 cm). El radio 558 de las muescas 550 es aproximadamente 0,060 pulgadas (0,152 cm).

Con referencia la figura 9C, la altura 668 máxima de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,040 pulgadas (0,102 cm) en el vértice de las protuberancias 620 de herradura ubicado lo más próximo al agujero 512 central. La altura de las protuberancias 620 de herradura disminuyen gradualmente como una conicidad 667 a lo largo de la anchura 670 de las protuberancias 620 de herradura hasta que la altura es cero, donde las protuberancias 620 de herradura se encuentran con la primera cara 514 en el círculo 624 imaginario. También mostradas en la figura 9C hay hendiduras 630 correspondientes a las protuberancias 620 de herradura. Cabe señalar, tal y como se muestra en la figura 9C, que no hay desfase entre las hendiduras 630 y las protuberancias 620 de herradura.

Con referencia la figura 9D, el diámetro 576 exterior de la arandela 700 DTI es aproximadamente 1,615 pulgadas (4,102 cm) y típicamente cae en el rango de aproximadamente 1,605 a 1,625 pulgadas (4,077 a 4,128 cm). Finalmente, con referencia la

figura 9E, la altura 578 de la arandela 700 DTI es un mínimo de aproximadamente 0,126 pulgadas (0,320 cm).

Las arandelas 500, 600, 700 DTI están típicamente hechas de aleación de acero al carbono según ASTM F 2437-06. Los aceros al carbono contienen carbono como el principal elemento de aleación. Son designados por cuatro números AISI, y tienen un 0,4% de silicio y un 1,2% de manganeso. Molibdeno, cromo, níquel, cobre y aluminio están presentes en pequeñas cantidades. Impurezas tales como azufre y fósforo también se encuentran en estos aceros. Los aceros al carbono AISI 1040 y AISI 1050 tienen un alto contenido de carbono y pueden endurecerse mediante un tratamiento térmico seguido de un templeado y un recocido para lograr una resistencia a la tracción de 150 a 250 ksi. Aunque el acero al carbono es preferido, las arandelas 500, 600, 700 DTI pueden estar hechas de acero inoxidable, materiales no ferrosos, y otros materiales de aleación.

El uso de arandelas 500, 600, 700 DTI construidas de acuerdo con los modos de realización descritos anteriormente es ilustrado en la figura 10 con referencia a las figuras 2A y 2B. La figura 10 muestra el apilamiento de componentes utilizados para la unión de dos o más miembros 110 de unión en un conjunto 100 de unión de ejemplo. La tuerca 130, la arandela 140 plana convencional, y la arandela 500, 600, 700 DTI todas ellas rodean al perno 120.

La figura 11 ilustra, en una vista en perspectiva, un modo de realización alternativo de una arandela 600a DTI en dos etapas con dos conjuntos de protuberancias que tienen más de una altura estándar. La arandela 600a DTI es similar a la arandela 600 DTI, excepto en que (i) la arandela 600a DTI no tiene ninguna muesca 550, y (ii) la arandela 600a DTI añade una pluralidad de lóbulos 650. Aunque podría ser adecuado otro número de lóbulos 650, se ilustran cuatro lóbulos 650 de ejemplo. Y, aunque otras configuraciones serían adecuadas, se disponen cuatro lóbulos 650 simétricamente en cada lado de un eje A central de manera que los puntos centrales de los lóbulos 650 están separados noventa grados. Cada lóbulo 650 tiene un radio 652 interior entre el diámetro 576 exterior de la arandela 600a DTI y el lóbulo 650, una periferia 656, y un radio 654 exterior entre el radio 652 interior y la periferia 656.

Tal como se ha ilustrado en la figura 11A, que es una vista superior de la arandela 600a DTI mostrada en la figura 11, y como la arandela 600 DTI, la arandela 600a DTI incluye un primer conjunto de primeras protuberancias 520a separadas a intervalos regulares a lo largo del círculo 622 imaginario y las protuberancias 620 de herradura separadas a intervalos regulares a lo largo del círculo 624 imaginario. Las hendiduras (no mostradas) correspondientes a las primeras protuberancias 520a y a las segundas protuberancias 520b podrían estar dimensionadas y formadas de acuerdo con cualquier modo de realización divulgado.

Los lóbulos 650 abordan la necesidad identificada por el solicitante de incrementar la distancia entre las porciones 620a en forma de pala del punzón 800 para formar las protuberancias 620 de herradura y el diámetro 576 exterior de la arandela 600a DTI. La ubicación de las protuberancias 620 de herradura en la arandela 600a DTI está limitada debido a que las protuberancias 620 de herradura necesitan (i) montarse apropiadamente bajo y ser cubiertas por la arandela 140 endurecida estándar donde pueden ser reformadas, pero (ii) permitir al usuario ver el material 690 indicador a medida que el material 690 indicador es empujado fuera de las protuberancias 620 de herradura. Por tanto, tal y como se indicó anteriormente, la ubicación de las protuberancias 620 de herradura podría ajustarse pero debe estar tan próxima como sea posible al borde 692 exterior de la arandelas 600a DTI sin dejar de proporcionar una superficie plana sobre la cual aparecerá el material 690 indicador cuando se aprieta el perno 120. Dicha ubicación aceptable de las protuberancias 620 de herradura está demasiado cerca del diámetro 576 exterior de la arandela 600a DTI, sin embargo, para un conformado y especialmente una manipulación fácil es utilizando el punzón 800. De forma específica, la distancia pequeña debilita el punzón 800 debido a que las porciones 620a en forma de pala están demasiado cerca del borde exterior del punzón cuando las protuberancias 620 de herradura correspondiente están cerca al borde 692 exterior de la arandela 600a DTI. Esta desventaja se agrava cuando las alturas de pared de las protuberancias 620 de herradura deben ajustarse durante el conformado. Por otra parte, tampoco es deseable, aumentar el diámetro 576 exterior de la arandela 600a DTI.

Tal y como se refleja en la arandela 600a DTI, los lóbulos 650 proporcionan una solución a la desventaja identificada incrementando la cantidad de material que rodea a las protuberancias 620 de herradura. Dicho incremento se logra extendiendo el cuerpo 510 anular más allá del borde 692 exterior en el área próxima a las protuberancias 620 de herradura. Los lóbulos 650 ayudan a reducir el volumen de existencia de materia prima necesaria, debido a que algo del material utilizado para formar los lóbulos 650 puede encontrarse dentro de las separaciones circunferencial es alrededor de las que se estampa el diámetro 576 exterior de la arandela 600a DTI. Los lóbulos 650 también mejoran la efectividad de la arandela 600a DTI, debido a que los lóbulos 650 crean una "plataforma" o una "cubierta" sobre la cual puede fluir el material 690 indicador. Por tanto, los lóbulos 650 mejoran la visibilidad del material 690 indicador cuando se extruye y está dispuesto en la superficie sobresaliente plana de los lóbulos 650. El usuario o instalador puede ver más fácilmente que se ha completado el tensado del perno 120.

Las siguientes dimensiones de ejemplo son incluidas para demostrar más claramente la naturaleza general de la arandela 600a DTI. Estas dimensiones de ejemplo son ejemplares,

no restrictivas, de la arandela 600a DTI. Con referencia la figura 11A, para una arandela 600a DTI de 3/4 de pulgada (1,91 cm) del tipo 325 ksi, el diámetro 560 interior es aproximadamente 0,813 pulgadas (2,07 cm) y el diámetro 562 de soporte exterior es aproximadamente 1,555 pulgadas (3,95 cm). La longitud 564 de las primeras protuberancias 520a es aproximadamente 0,375 pulgadas (0,953 cm) y típicamente cae en el rango de 0,370 a 0,380 pulgadas (0,940 a 0,965 cm). El diámetro del círculo 622 imaginario a lo largo del cual se disponen las primeras protuberancias 520a es aproximadamente 1,125 pulgadas (2,858 cm); este diámetro es denominado el “diámetro tangencial de protuberancia” o “PTD”. El diámetro del círculo 624 imaginario a lo largo del cual se disponen las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 1,441 pulgadas (3,660 cm). El radio 652 interior de los lóbulos 650 es aproximadamente 0,125 pulgadas (0,318 cm), el radio 656 exterior de los lóbulos 650 es aproximadamente 0,063 pulgadas (0,160 cm) y la periferia 656 de los lóbulos 650 define un diámetro de aproximadamente 1,750 pulgadas (4,445 cm).

La altura 572 de las primeras protuberancias 520a está en el rango de aproximadamente 0,035 a 0,055 pulgadas (0,114 a 0,140 cm). La anchura 574 de las primeras protuberancias 520a es aproximadamente $0,090 \pm 0,002$ pulgadas ($0,229 \pm 0,005$ cm). El diámetro 576 exterior de la DTI 600 es aproximadamente 1,620 pulgadas (4,114 cm), y típicamente cae en el rango de aproximadamente 1,436 a 1,625 pulgadas (3,647 a 4,128 cm). La distancia 582 por la cual las primeras protuberancias 520a están desfasadas de sus respectivas hendiduras 640 es aproximadamente 0,025 pulgadas (0,064 cm).

La longitud 666 de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,240 pulgadas (0,609 cm). La anchura 670 de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,165 pulgadas (0,419 cm). El espesor 669 de las paredes de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,050 pulgadas (0,127 cm). La altura 668 máxima de las protuberancias 620 de herradura es aproximadamente 0,040 pulgadas (0,102 cm) en el vértice de las protuberancias 620 de herradura situadas lo más próximas al agujero 512 central. Finalmente, la altura 578 de la arandela 600a DTI es un máximo de aproximadamente 0,126 pulgadas (0,320 cm). La distancia 580 desde la segunda cara 516 a la parte superior de las primeras protuberancias 520a es un máximo de aproximadamente 0,240 pulgadas (0,610 cm).

Con referencia a las figuras 2A y 2B, la arandela 10 DTI de la técnica anterior puede ser reemplazada por cualquiera de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI y utilizada para unir dos o más miembros 110 de unión en el conjunto 100 de unión de ejemplo. La arandela 500, 600, 600a, 700 es ubicada en un primer lado del miembro 110 de unión. Un miembro roscado externamente, tal como el perno 120 que tiene la cabeza 122 y el vástago 124 roscado, es

entonces insertado a través de los miembros 110 de unión y el agujero 512 central de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI de manera que la superficie 126 de soporte del perno 120 hace contacto con al menos algunas de las protuberancias de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI. Después, un miembro roscado interiormente, tal como la tuerca 130, es fijado al vástago 124 del perno 120 en un segundo lado de los miembros 110 de unión opuesto a la cabeza 122 del perno 120. En algunos casos, la arandela 140 puede estar situada entre el segundo lado de los miembros 110 de unión y la tuerca 130 para aislar el giro de la tuerca 130 de los miembros 110 de unión.

A medida que la tuerca 130 es girada y apretada sobre el vástago 124 roscado del perno 120, al menos algunas de las protuberancias de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI son empujadas en sus respectivas hendiduras. Para la arandela 500, 600 y 600a DTI, las primeras protuberancias 520a desaparecen y son reducidas a una distancia deseada que indica la cantidad deseada de tensión de ajuste en el vástago 124 roscado. Para la arandela 700 DTI, las protuberancias 620 de herradura desaparecen o son reducidas a una distancia deseada y el material 690 indicador es emitido en la interfaz entre la arandela 140 y la parte superior de la primera cara 514 de la arandela 700 DTI. Ambas de las cuales indican el logro de la cantidad deseada de tensión de ajuste en el vástago 124 roscado. El uso de la arandela 700 DTI es entonces completado, habiendo cumplido su función en una aplicación de ajuste apretado.

Para la arandela 500, 600 y 600a DTI, sin embargo, el apriete continuará más allá del logro de la tensión de ajuste apretado. Tal y como se ha representado en la figura 2B, el apriete es detenido una vez que el hueco entre la cabeza 122 del perno 120 y la arandela 500, 600 y 600a DTI desaparece o es reducido a una distancia deseada que indica la cantidad deseada de tensión final en el vástago 124 roscado. De forma más específica, el apriete es detenido para la arandela 500 DTI cuando las segundas protuberancias 520b desaparecen o son reducidas a una distancia deseada que indica la cantidad deseada de tensión final en el vástago 124 roscado. El apriete se detiene para la arandela 600, 600a DTI cuando las protuberancias 620 de herradura desaparece no son reducidas a una distancia deseada y el material 690 indicadores emitido en la interfaz entre la arandela 140 y la parte superior o primera cara 514 de la arandela 600, 600a DTI, ambas de las cuales indican el logro de la cantidad deseada de tensión final en el vástago 124 roscado.

Las propiedades de dimensiones y material de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI (y para la arandela 600, 600a, 700 DTI, las propiedades de dimensiones y material del material 690 indicador) determinan cuánta tensión es requerida para empujar las protuberancias 520a, 520b, 620 de vuelta a sus respectivas hendiduras 630, 640 (y para la arandela 600, 600a, 700

DTI, para emitir el material 690 indicador). Las hendiduras 630, 640 pueden estar al menos parcialmente llenas como un resultado de que las protuberancias 520a, 520b, 620 sean empujadas de vuelta en el cuerpo 510 anular, y no realizan ninguna función útil en el funcionamiento de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI. Más bien, las hendiduras 630, 640 son un resultado del desplazamiento de material durante la operación de conformado que crea las protuberancias.

Tal y como se representa en las figuras 2A y 2B, el conjunto 100 de unión incluye uno o más miembros de unión adyacentes, por ejemplo el primer (o superior) miembro 110 de unión adyacente a un segundo (o inferior) miembro 110 de unión. Se entenderá que “adyacente” tal y como se utiliza en este documento no significa directamente adyacente. En otras palabras, uno o más componentes adicionales se pueden disponer entre el primer miembro 110 de unión y el segundo miembro 110 de unión, por ejemplo un tercer miembro de unión, un espacio, etcétera. El conjunto 100 de unión además incluye una abertura formada a través del primer miembro 110 de unión, y del segundo miembro 110 de unión. La abertura puede estar formada en el primer miembro 110 de unión y en el segundo miembro 110 de unión independientemente o de forma simultánea, y la abertura puede tener un diámetro uniforme o no uniforme. Por ejemplo, la abertura puede tener un diámetro más grande o más pequeño en el primer miembro 110 de unión que en el segundo miembro 110 de unión. Un modo de realización de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI descrito anteriormente es colocado en el primer miembro 110 de unión con la segunda cara 516 de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI adyacente a una superficie de soporte del primer miembro 110 de unión. La superficie de soporte es la superficie del primer miembro 110 de unión opuesta a la segunda superficie adyacente al segundo miembro 110 de unión. El agujero 512 central de la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI es alineado con la abertura. Se entenderá que una o más arandelas, placas, u otros elementos también se pueden colocar entre el primer miembro 110 de unión y la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI, pero no es requerido.

Tal y como se indicó anteriormente, las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI pueden incluir cualquier número de protuberancias 520a, 520b, 620 y hendiduras 630, 640, y las protuberancias 520a, 520b, 620 y las hendiduras 630, 640 pueden tener cualquier tamaño y forma adecuados. Típicamente, las protuberancias 520a, 520b, 620 y sus correspondientes hendiduras 630, 640 serán de una forma y dimensión aproximadamente iguales. En otros modos de realización las protuberancias 520a, 520b, 620 pueden ser más pequeñas que sus correspondientes hendiduras 630, 640. En otro modo de realización de ejemplo, la arandela 500, 600, 600a, 700 DTI incluye protuberancias 520a, 520b, 620 que son cónicas de tal manera que la masa es concentrada a lo largo de una región central entre las paredes

laterales exteriores de las protuberancias 520a, 520b, 620. Las protuberancias 520a, 520b, 620 y sus correspondientes hendiduras 630, 640 pueden estar alineadas, o desfasadas, tal y como se desee para una aplicación particular.

5 Las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI ofrecen nuevos dispositivos para hacer posible la adaptación de un dispositivo existente para usos nunca considerados previamente. Las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI incorporan formas geométricas beneficiosas o necesarias para medir la tensión del perno de forma más precisa que técnicas alternativas resistentes. Las arandelas 600, 600a, 700 DTI permiten la en caso la acción del material 690 indicador y la liberación del material 690 indicador cuando una sujeción es apretada apropiadamente, 10 proporcionando una indicación visual y permanente de que el conjunto 100 de unión ha sido apretado apropiadamente.

Los procesos de fabricación de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI incluyen procesos nunca utilizados previamente para fabricar arandelas DTI. Los procesos permiten a las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI incorporar formas geométricas que no podrían haberse 15 fabricado previamente. Los métodos de uso de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI incluyen métodos nunca utilizados previamente.

Los diversos modos de realización reflejados en las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI ofrecen muchas ventajas sobre las arandelas DTI existentes. Por ejemplo y tal como se ha resumido anteriormente, la arandela DTI Squirter® existente (divulgada en la patente 20 estadounidense No. 5,931,618) tiene un material indicador situado en hendiduras y canales formados en la superficie inferior o segunda (opuesta a la superficie superior o primera desde la que sobresalen protuberancias). Los canales conducen desde las hendiduras al diámetro exterior de la arandela DTI. La arandela DTI Squirter® existente adolece de importantes defectos de diseño.

25 Un problema principal con el diseño es que el material indicador está colocado en las hendiduras en la superficie inferior de la DTI y es canalizado desde las hendiduras al diámetro exterior. La condición superficial del miembro 110 de unión (típicamente acero) o componente que interviene) tras el cual la arandela DTI es colocada durante la instalación puede variar bastante dramáticamente desde una superficie pulida muy lisa a una superficie basta, rugosa 30 y no uniforme. La variabilidad en la rugosidad superficial del miembro 110 de unión (o el componente que interviene) se iguala a la variabilidad en el punto en el cual el material indicador se emite desde la arandela DTI. Esta variabilidad da una información incorrecta al operario, debido a que el material indicador puede emitirse demasiado pronto para ser de mucha ayuda en algunas aplicaciones, mientras que en otras aplicaciones el material

indicador puede que no se emita en absoluto o puede que se emita de forma incompleta incluso en un perno apretado justo antes de romperse.

En contraste, las arandelas 600, 600a, 700 DTI colocan el material 690 indicador en la primera cara 514 (es decir la parte superior) del cuerpo 510 anular desde la cual se extienden las protuberancias 620 de herradura. La primera cara 514 de las arandelas 600, 600a, 700 DTI está siempre colocada contra una superficie predecible dura y lisa; típicamente, la cara inferior de la cabeza 122 de un perno 120 o de un arandela 140 convencional. Por lo tanto, la ubicación del material 690 indicador sobre la primera cara 514 mejora sustancialmente la precisión y capacidad de repetición de la información proporcionada a los operarios por las arandelas 600, 600a, 700 DTI. Ninguna arandela DTI conocida hasta la fecha ofrece una característica en la superficie superior que pueda actuar como un “pozo” y contener o confinar el material indicador para una extrusión o emisión posterior una vez que la arandela DTI es colocada bajo carga y aplanada.

Varias formas de las protuberancias 620 de herradura fueron consideradas. La forma específica de la protuberancia 620 de herradura fue seleccionada como un balance ideal entre la resistencia y la durabilidad requeridas de las herramientas que producen las arandelas 600, 600a, 700 DTI, mientras que dirigen y limitan de forma simultánea el flujo del material 690 indicador de la manera más beneficiosa y controlada. Las protuberancias 620 de herradura ubicadas en la primera cara 514 de las arandelas 600, 600a, 700 DTI son protuberancias, similares a las protuberancias que miden la carga del perno. Pero la función principal de las protuberancias 620 herradura no es la resistencia; más bien, la función principal de las protuberancias 620 de herradura es contener el material 690 indicador y dirigir el material 690 indicador hacia el diámetro exterior como una señal visual de que el perno ha sido apretado.

Tal y como se señaló anteriormente, existe otro problema para las arandelas DTI convencionales. Las arandelas DTI existentes buscan asegurar que las sujeciones hayan sido apretadas de forma adecuada tras la instalación final. No ha habido ningún dispositivo que se centre primero en asegurarse de que una unión sujeta haya sido ajustada, o compactada de forma apropiada en un contacto firme, antes del apriete final. Las arandelas 500, 600, 600a DTI presentan una solución, sin embargo, a esta limitación asociada con las arandelas DTI existentes. Las arandelas 500, 600, 600a DTI usan protuberancias 520a, 520b, 620 de diferentes alturas y resistencias para permitir una funcionalidad en dos etapas. El primer conjunto de protuberancias 520a más débiles y más altas se deforman y se aplanan notablemente tras la aplicación de la carga comparativamente pequeña necesaria para apretar un conjunto 100 de unión en contacto firme. Posteriormente, el segundo conjunto de

protuberancias 520b, 620 más fuertes y más cortas proporcionan la resistencia adicional necesaria para permitir a la arandela 500, 600, 600a DTI indicar el logro de la carga previa final especificada mínima antes del colapso total de las protuberancias 520b, 620.

5 Las protuberancias 620 de herradura de la arandelas 600, 600a DTI trabajan en conjunción con las primeras protuberancias 520a más altas. Una característica importante de las protuberancias 620 de herradura es que, aunque son protuberancias, no son tan altas como las primeras (principales) protuberancias 520a que funcionan para medir la carga del perno. A medida que la carga del perno aumenta durante el apriete, las primeras protuberancias 520a se comprimen. Durante esta etapa de apriete del perno, las protuberancias 620 de herradura
10 no hacen nada debido a que son más cortas y no contactan con otra estructura. Una vez que el apriete de tornillos ha aproximado el punto en el que el perno 120 se está acercando a la tensión especificada mínima objetivo, sin embargo, las primeras protuberancias 520a se han comprimido suficientemente para permitir el contacto de las protuberancias 620 de herradura con la superficie endurecida plana de la parte inferior de la cabeza 122 del perno 120 o la
15 arandela 140 convencional. Este contacto y la forma de las protuberancias 620 de herradura resulta en una emisión forzada del material 690 indicador hacia el lado abierto de la herradura. Por tanto, a medida que el apriete del perno se aproxima a las cargas especificadas finales, sólo entonces el material 690 indicador se emite e indica que ha tenido lugar el apriete del perno.

20 Una aplicación para las arandelas 500, 600, 600a DTI es superar una limitación relacionada con el sistema de apriete por perno estructural introducida por la LeJeune Bolt Company y conocido como el "sistema de sujeción TNA". El sistema de sujeción TNA utiliza un proceso de apriete en dos etapas, la primera etapa de las cuales realiza una operación de ajuste apretado controlado por par de torsión. La segunda etapa realiza la operación de apriete final
25 controlada por ángulo. Ver la publicación de solicitud de patente estadounidense No. 2014/0048299 titulada "Sistema de sujeción estructural par de torsión-ángulo" presentada por Chad M. Larson de la LeJeune Bolt Company.

En ninguna de las dos etapas el sistema de sujeción TNA proporciona una indicación visual de que la operación se ha completado. Las arandelas 500, 600, 600a DTI se ocupan tanto del
30 ajuste como del apriete final para proporcionar una clara reducción visual y mensurable de la separación entre las protuberancias 520a, 520b, 620 y la cabeza 122 del perno 120 tanto en las etapas de ajuste como en la de apriete final. Por tanto, las arandelas 500, 600, 600a DTI pueden ser utilizadas con el sistema de sujeción TNA para mejorar el funcionamiento del sistema de sujeción TNA. De forma específica, la indicación visual de ajuste apretado de las

arandelas 500, 600, 600a DTI el beneficioso ya que proporciona una evidencia visual de que la primera etapa de apriete ha sido realizada y la herramienta de apriete del sistema de sujeción TNA puede cambiarse según el ángulo de configuración para el apriete final. Además, tras la finalización del apriete final por el sistema de sujeción TNA, las arandelas 500, 600, 600a DTI demuestran que el conjunto 100 de unión ha sido apretado totalmente.

En resumen, una o más de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI divulgadas anteriormente ofrecen alguna o todas las siguientes ventajas enumeradas:

(1) Las protuberancias 520a, 520b y 620 tienen diferentes alturas, resistencias y formas permitiendo las realizar funciones diferentes.

(2) Las protuberancias 620 de herradura de forma única encapsulan y dirigen de forma precisa el material 690 indicador.

(3) Las protuberancias 620 emite en el material 690 indicador justo a medida que el perno 120 se aproxima a la tensión apropiada, y no de forma continua y de forma prematura como en las arandelas DTI existentes.

(4) Cada una de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI proporciona una indicación visual clara de un ajuste apretado.

(5) Las arandelas 500, 600, 600a DTI proporcionan una indicación visual clara de la tensión final.

(6) Las protuberancias 520a, 520b y 620 tienen formas geométricas y dimensiones que mejoran su función.

(7) Cada una de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI muestran durabilidad durante el empaquetado, envío y almacenamiento.

En un resumen adicional, una o más de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI divulgadas anteriormente tienen uno o todos los siguientes usos y aplicaciones. Primero, las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI proporcionan una prueba visual de que se ha logrado el ajuste. Segundo, las arandelas 500, 600, 600a DTI proporcionan una prueba visual de que el ajuste se ha logrado, y posteriormente y de forma separada de que se ha logrado la tensión final. Tercero, las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI se pueden utilizar en combinación con el sistema de sujeción TNA. Cuarto, las arandelas 500, 600, 600a DTI proporcionan una señal visual clara de que las arandelas 500, 600, 600a DTI han sido aplanadas de forma adecuada, y por lo tanto, el conjunto 100 de unión está apretado de forma apropiada y adecuada para

aplicaciones de apriete completo. Finalmente, la arandela 700 DTI se puede utilizar para proporcionar una indicación visual clara de que se ha logrado un ajuste en conjuntos 100 de unión para los cuales sólo se requiere un ajuste apretado.

5 En un resumen más adicional, una o más de las arandelas 500, 600, 600a, 700 DTI divulgadas anteriormente logran algunos o todos los siguientes propósitos y funciones listados:

- (a) permitir a una arandela DTI realizar dos o más medidas de carga de forma precisa;
- (b) permitir a una arandela DTI realizar dos o más operaciones diferentes como una función de la deformación plástica de las protuberancias;
- (c) utilizar protuberancias de una forma única y de una altura variable para permitir la
10 indicación visual de que el conjunto 100 de unión se ha apretado de forma adecuada;
- (d) superar las limitaciones geométricas de las arandelas DTI estándar a través de formas de protuberancias que protegen el material 690 indicador durante el manejo, empaquetado, envío y almacenamiento de manera que el material 690 indicador puede indicar visualmente cuando se ha logrado la tensión del perno adecuada;
- 15 (e) superar otras limitaciones de las arandelas DTI existentes;
- (f) superar los defectos de diseño de las arandelas DTI Squirter® convencionales que sufren de que el material indicador da indicaciones visuales prematuras o de otro modo imprecisas de que un perno es apretado de forma adecuada;
- (g) a través de un diseño geométrico, el retraso en la emisión del material 690 indicador hasta
20 que el conjunto 100 de unión se ha apretado de forma adecuada;
- (h) capturar el material 690 indicador de manera que durante el uso, el material 690 indicador está ubicado contra una superficie relativamente lisa (por ejemplo, la arandela 140 o la cabeza 122 del perno 120) que asegura resultados predecibles, repetibles y precisos; y
- (i) proporcionar una prueba visual de que se ha logrado la condición de ajuste apretado en el
25 conjunto 100 de unión y que la conexión está en contacto firme.

Aunque se ha ilustrado y descrito anteriormente con referencia a ciertos modos de realización y ejemplos específicos, la presente invención sin embargo no pretende estar limitada a los detalles mostrados. Más bien, se pueden hacer varias modificaciones en los detalles dentro del alcance y el rango de equivalentes de las reivindicaciones y sin alejarse del espíritu de la
30 invención. Se pretende de forma expresa, por ejemplo, que todos los rangos enumerados de

forma amplia en este documento incluyan dentro de su alcance todos los rangos más limitados que caigan dentro de rangos más amplios. También se pretende de forma expresa que las etapas de los métodos de utilización de varios dispositivos divulgados anteriormente no estén restringidas a ningún orden particular.

REIVINDICACIONES

1. Una arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a) que comprende:

un cuerpo anular (510) incluye un agujero central (512), una primera cara (514), y una segunda cara (516) opuesta a la primera cara (514);

5 caracterizada por que además comprende:

un conjunto de primeras protuberancias (520a) que tienen una primera altura y que son integrales con el cuerpo anular (510) y acuñadas y cortadas parcialmente del cuerpo anular (510) para sobresalir desde la primera cara (514) del cuerpo anular (510) y dejar una o más primeras hendiduras (640) correspondientes en la segunda cara (516) del cuerpo anular (510);

10 y

un conjunto de segundas protuberancias (520b, 620) que tienen una segunda altura más pequeña que la primera altura y que son integrales con el cuerpo anular (510) y acuñadas y cortadas parcialmente del cuerpo anular (510) para sobresalir desde la primera cara (514) del cuerpo anular (510) y dejar una o más segundas hendiduras (630) correspondientes en la

15 segunda cara (516) del cuerpo anular (510),

en donde al menos una de las primeras protuberancias (520a) o las segundas protuberancias (520b, 620) están desfasadas radialmente de sus correspondientes hendiduras (630, 640).

2. La arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a) de la reivindicación 1, en donde las primeras protuberancias (520a) están ubicadas más cerca del agujero central (512) y las

20 segundas protuberancias (520b, 620) están ubicadas más lejos del agujero central (512).

3. La arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a) de la reivindicación 1, en donde las primeras protuberancias (520a) están adaptadas para indicar que se ha logrado ese ajuste apretado de un conjunto de unión (100) y las segundas protuberancias (520b, 620) están adaptadas para indicar que se ha logrado ese apriete final del conjunto de unión (100).

25 4. La arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a) de la reivindicación 1 que además comprende muescas (550) dispuestas alrededor del cuerpo anular (510), las muescas (550) que distinguen la arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a) de otras arandelas y que proporcionan una ubicación para que un operario coloque una herramienta.

30 5. Un conjunto de unión (100) caracterizado por que comprende:

al menos un miembro de unión (110) que tiene una abertura;

una arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a) dispuesta adyacente al al menos un miembro de unión (110), la arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a) que tiene:

- 5 (a) un cuerpo anular (510) que incluye un agujero central (512), alineado con la abertura del al menos un miembro de unión (110), una primera cara (514), y una segunda cara (516) opuesta a la primera cara (514),
 - (b) un conjunto de primeras protuberancias (520a) que tienen una primera altura y que son integrales con el cuerpo anular (510) y acunadas y cortadas parcialmente del cuerpo anular
10 (510) para sobresalir desde la primera cara (514) del cuerpo anular (510) y dejar una o más primeras hendiduras (640) correspondientes en la segunda cara (516) del cuerpo anular (510), y
 - (c) un conjunto de segundas protuberancias (520b, 620) que tiene una segunda altura menor que la primera altura y que son integrales con el cuerpo anular (510) y acunadas y cortadas
15 parcialmente del cuerpo anular (510) para sobresalir desde la primera cara (514) del cuerpo anular (510) y dejar una o más segundas hendiduras (630) correspondientes en la segunda cara (516) del cuerpo anular (510), en donde al menos una de las primeras protuberancias (520a) o de las segundas protuberancias (520b, 620) están desfasadas radialmente de sus hendiduras (630, 640) correspondientes;
- 20 un vástago (124) en la abertura del al menos un miembro de unión (110) y el agujero central (512) del cuerpo anular (510);

un primer miembro de soporte (120) o bien fijado al vástago (124) o dispuesto de forma holgada alrededor del vástago (124) en un primer lado del al menos un miembro del unión (110), en donde el primer miembro de soporte (120) tiene una superficie de soporte (126) en
25 contacto con al menos las primeras protuberancias (520a) de la arandela indicadora de tensión directa (500, 600, 600a); y

un segundo miembro de soporte (130, 140) o bien fijado al vástago (124) o dispuesto de forma holgada alrededor del vástago (124) en un segundo lado del al menos un miembro de unión (110) opuesta al primer lado, en donde el segundo miembro de soporte (130, 140) tiene una
30 superficie de soporte en contacto con el segundo lado del al menos un miembro de unión (110).

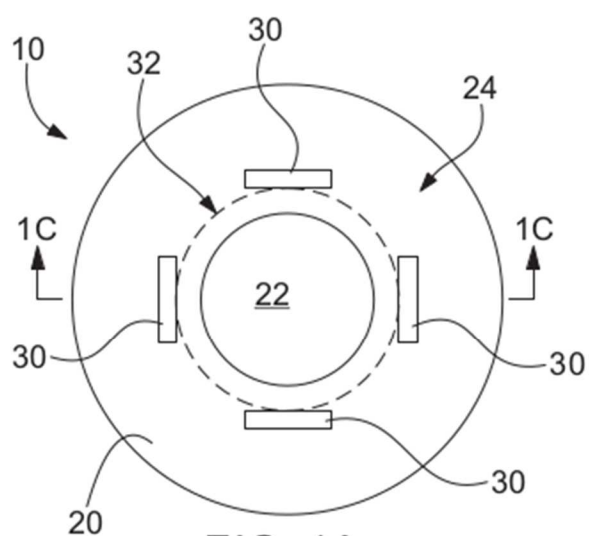


FIG. 1A
(TÉCNICA ANTERIOR)

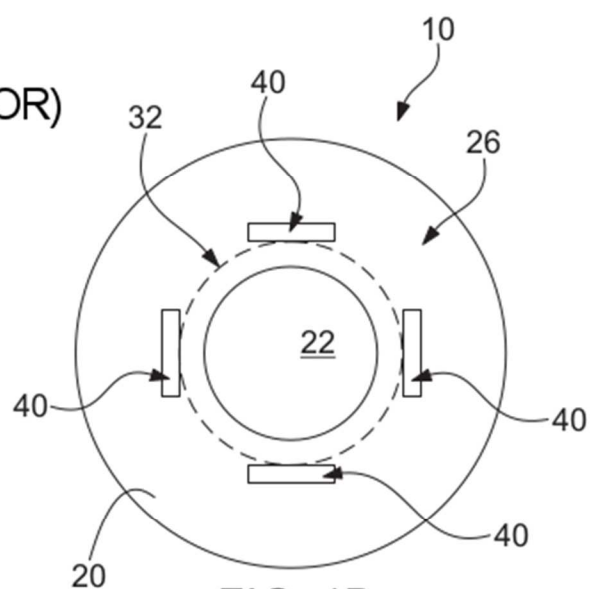


FIG. 1B
(TÉCNICA ANTERIOR)

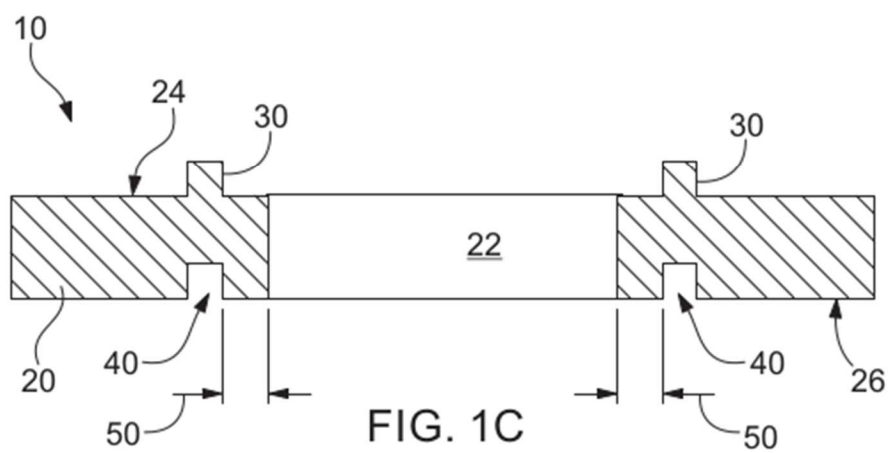
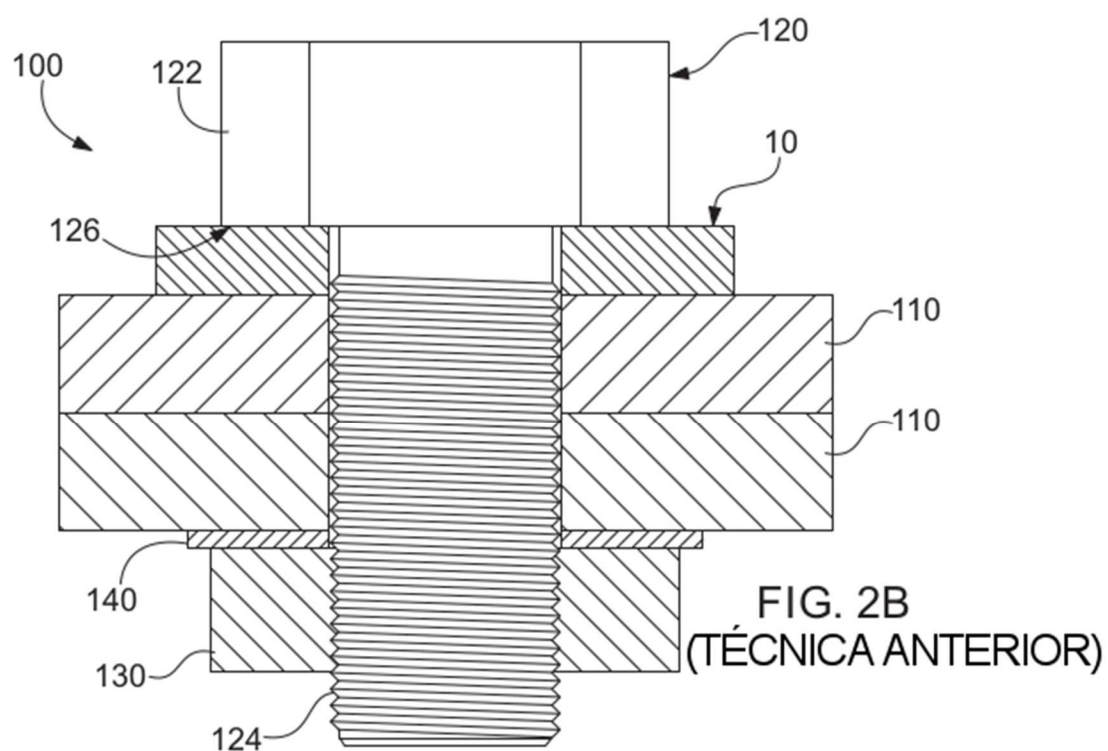
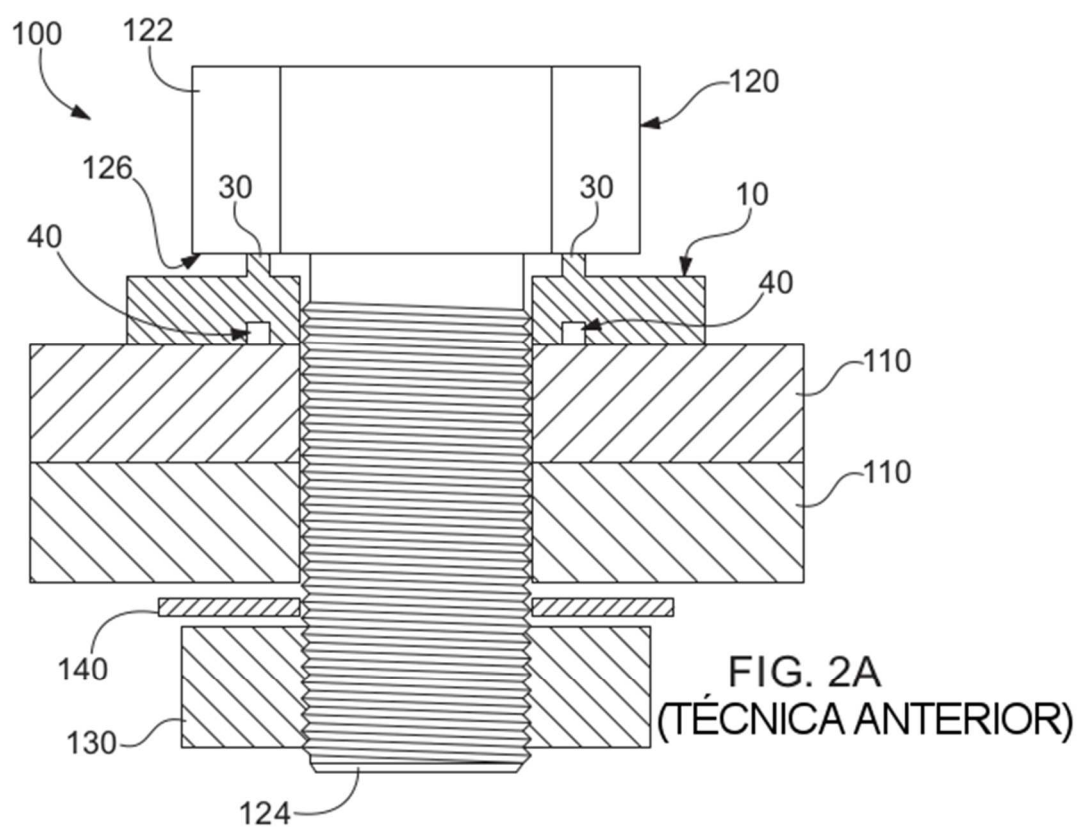
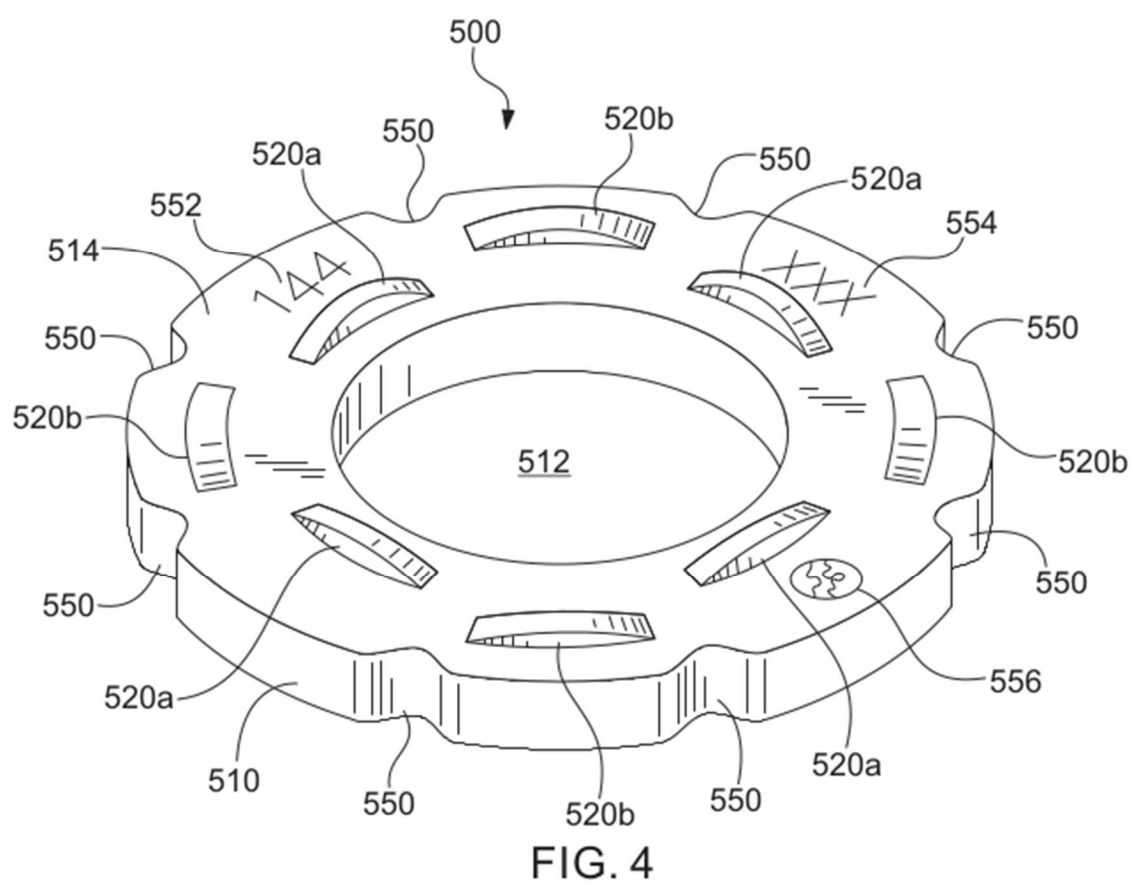
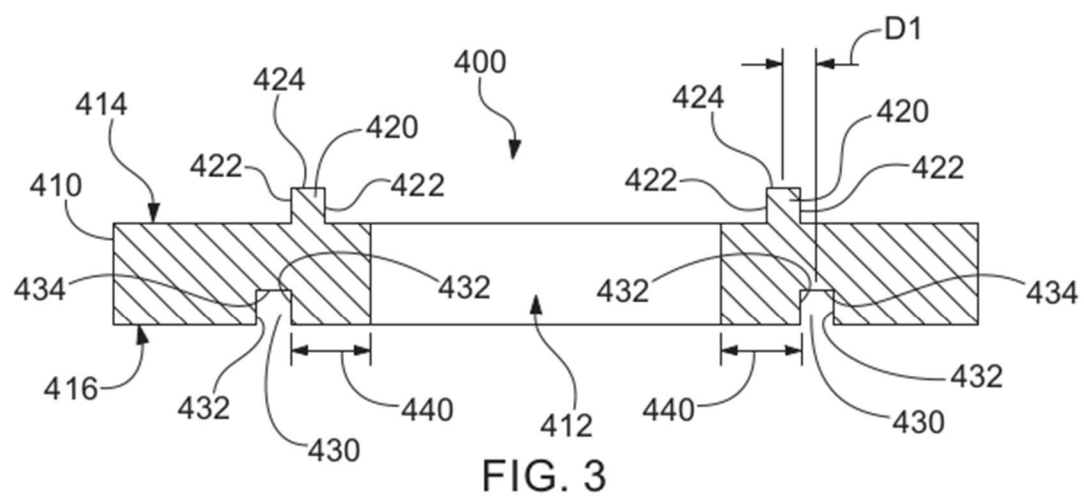


FIG. 1C
(TÉCNICA ANTERIOR)





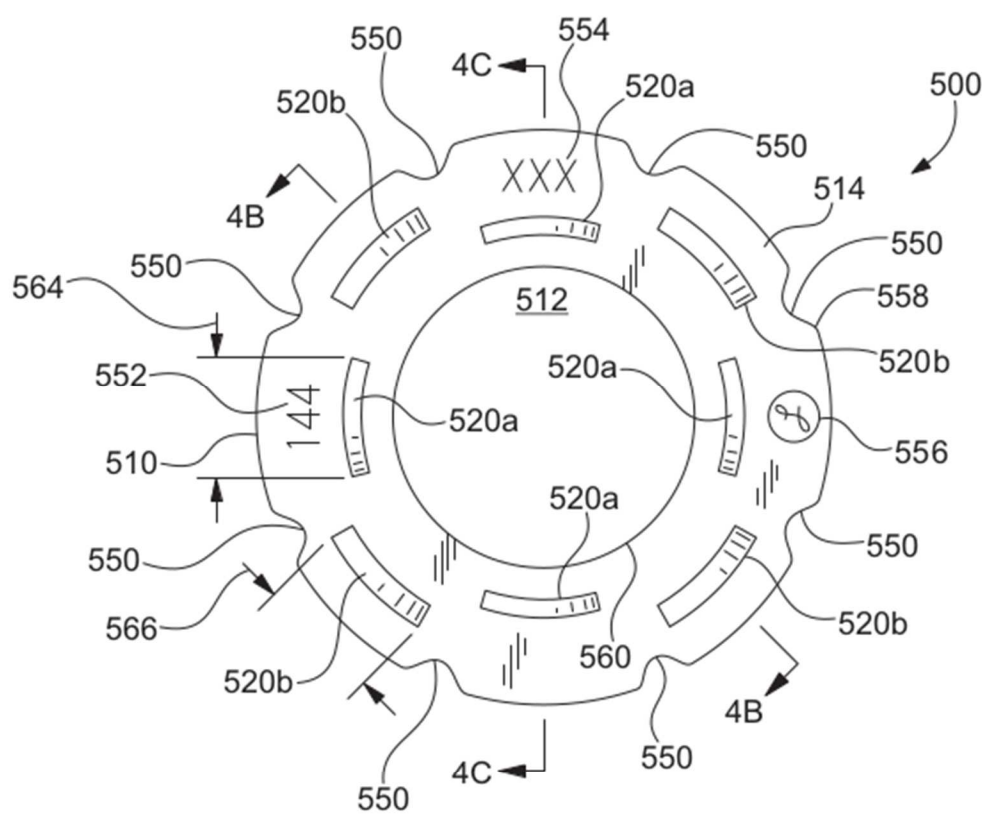
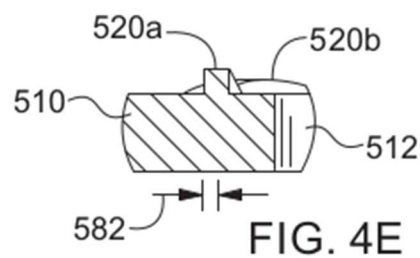
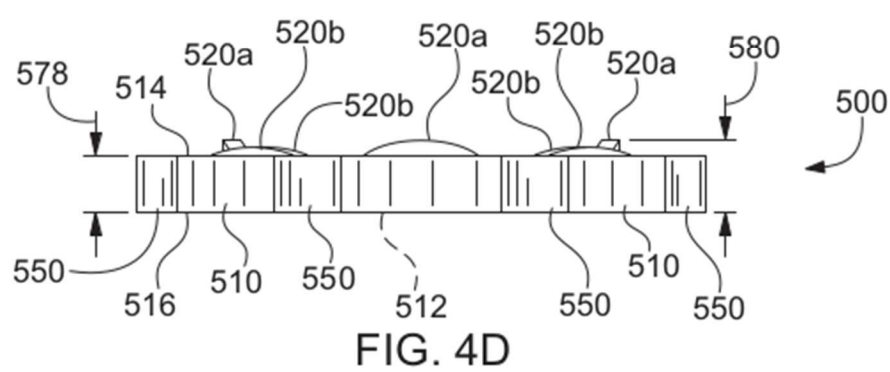
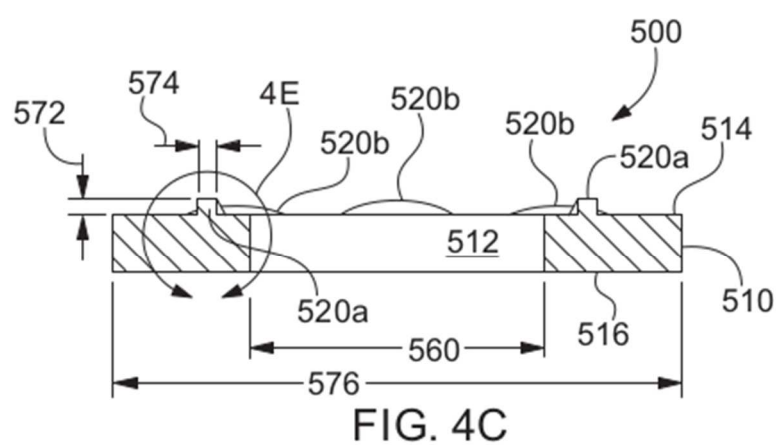
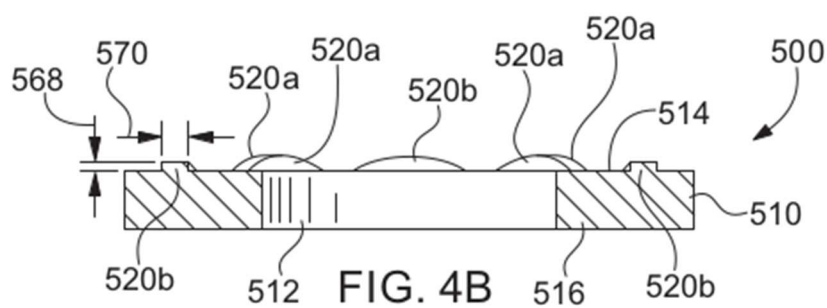
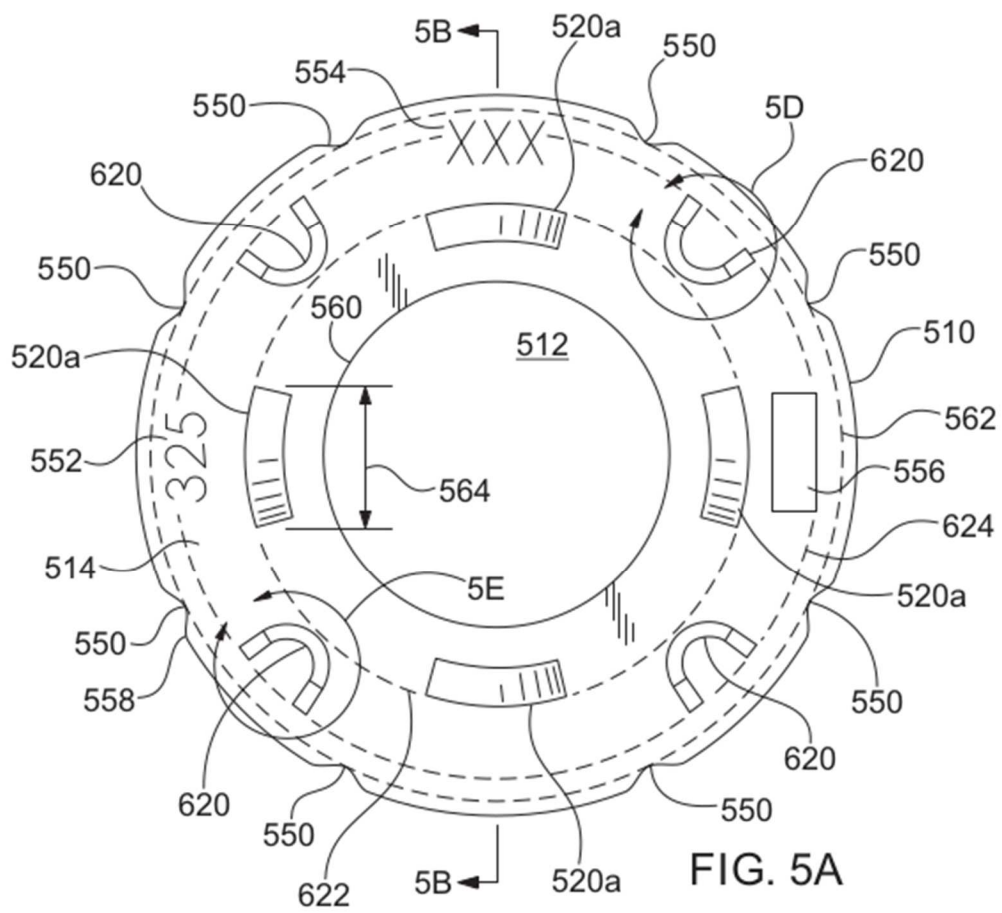
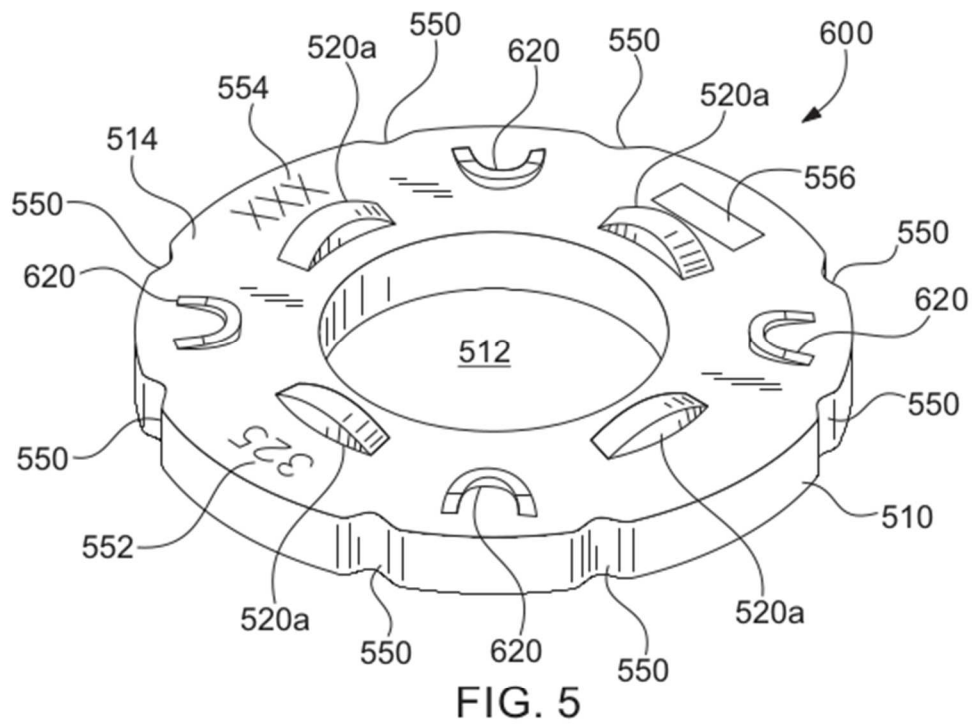


FIG. 4A





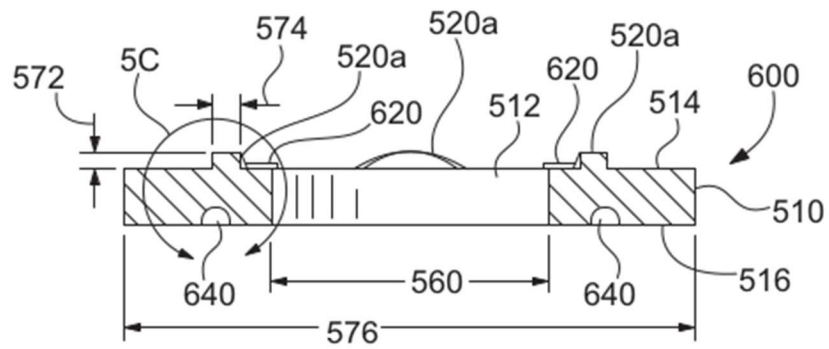


FIG. 5B

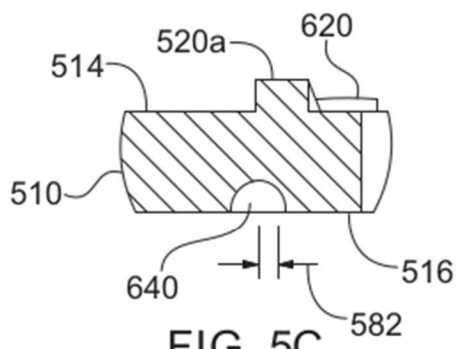


FIG. 5C

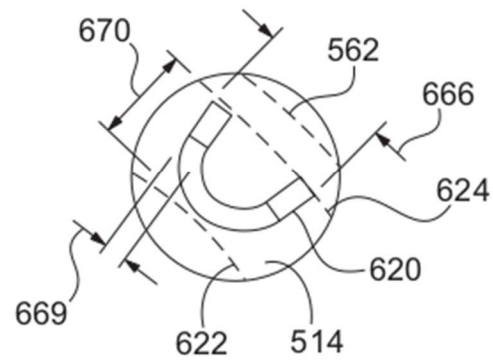


FIG. 5D

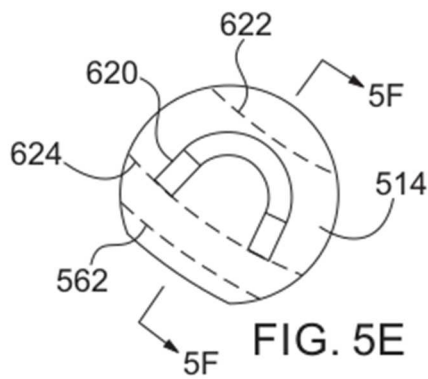


FIG. 5E

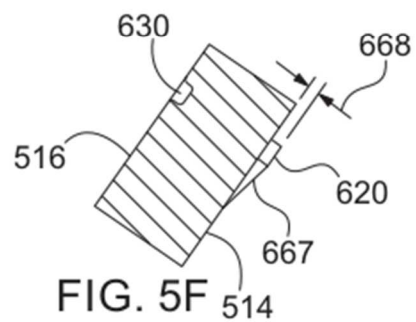


FIG. 5F 514

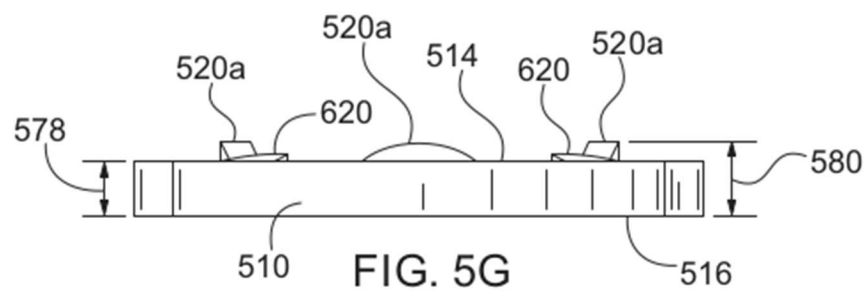
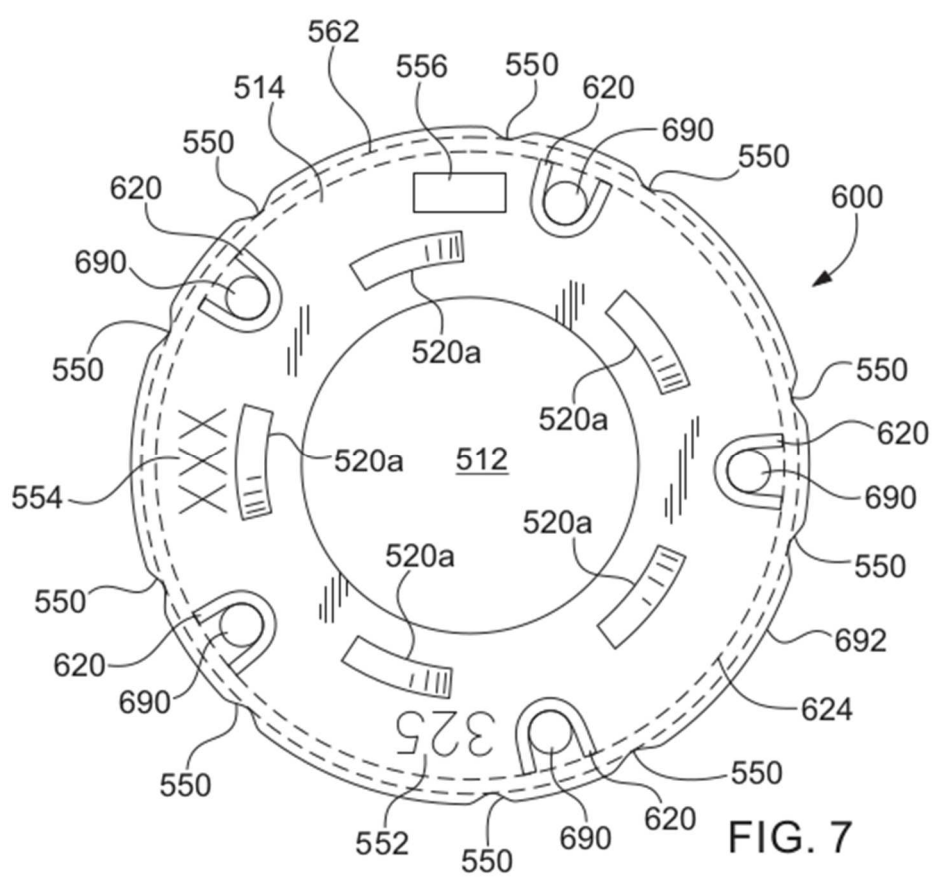
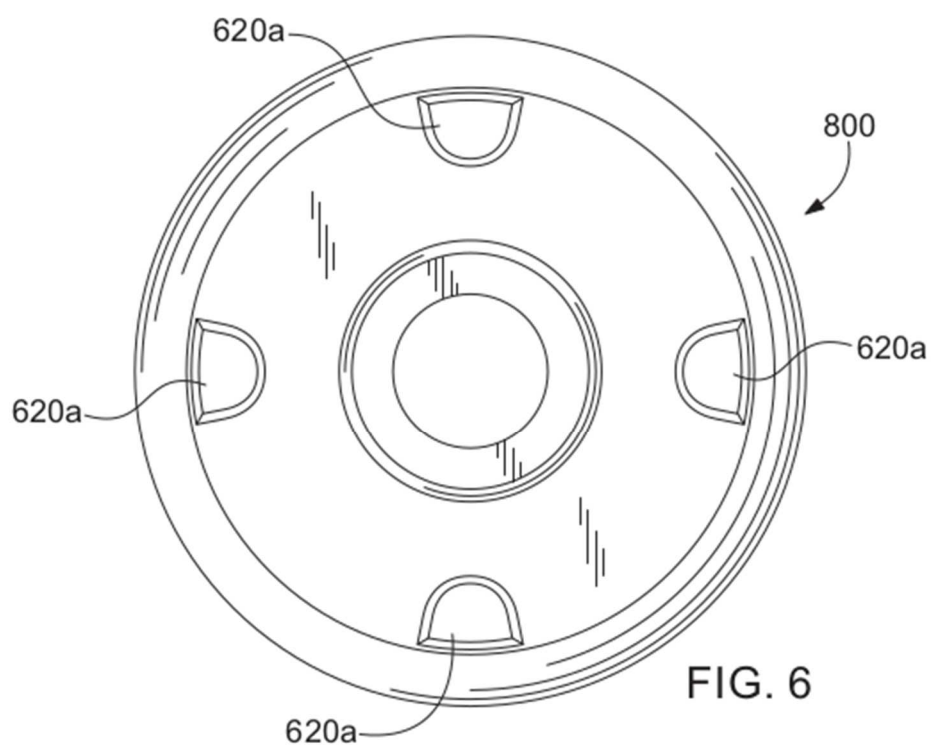
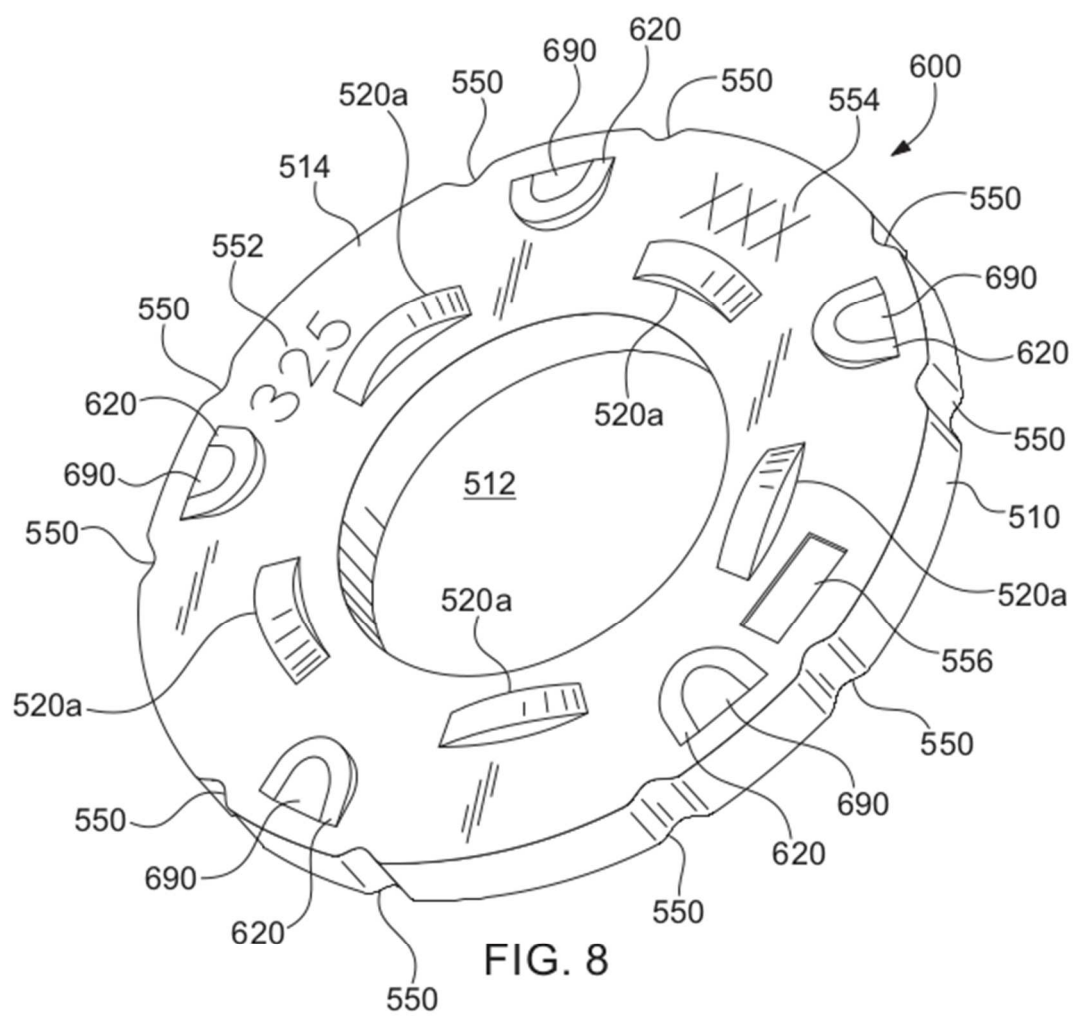
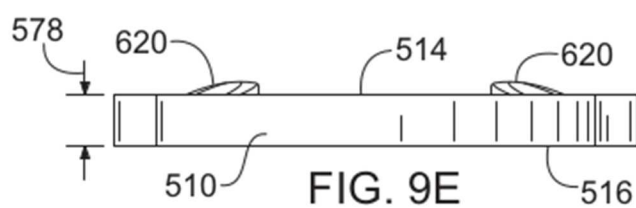
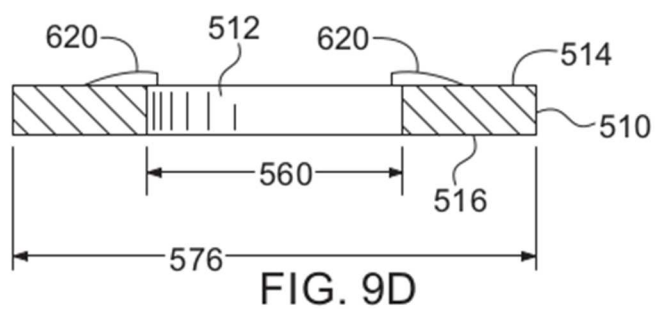
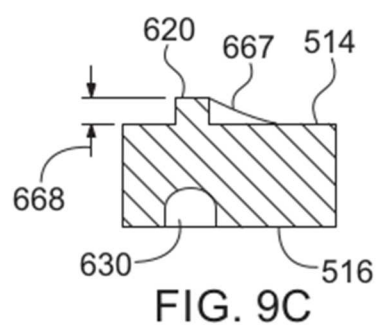
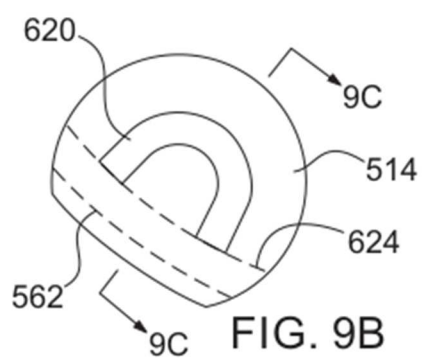
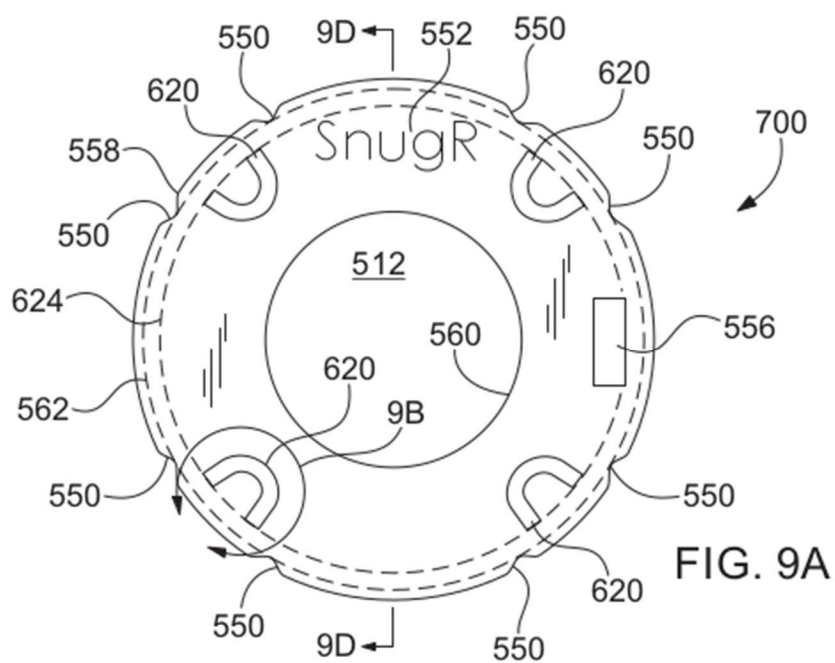
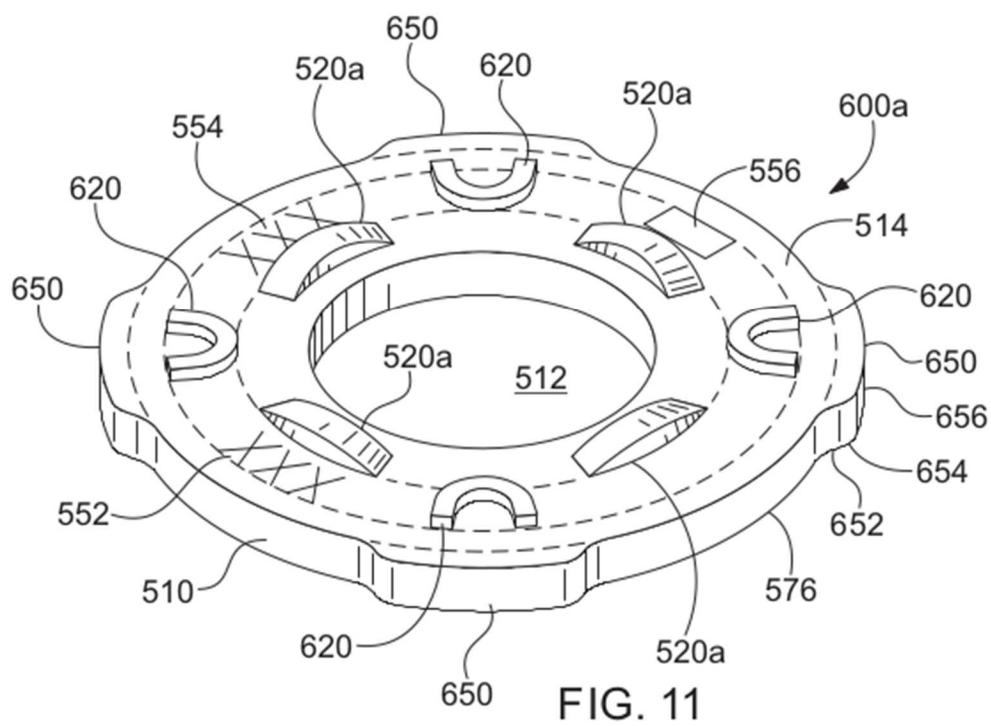
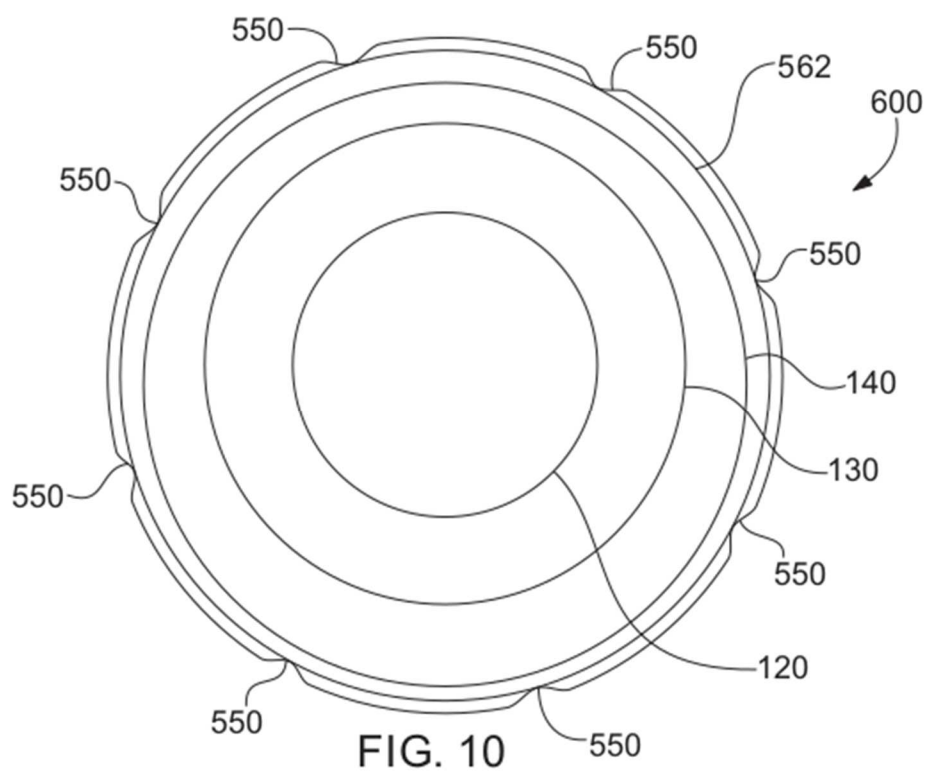


FIG. 5G









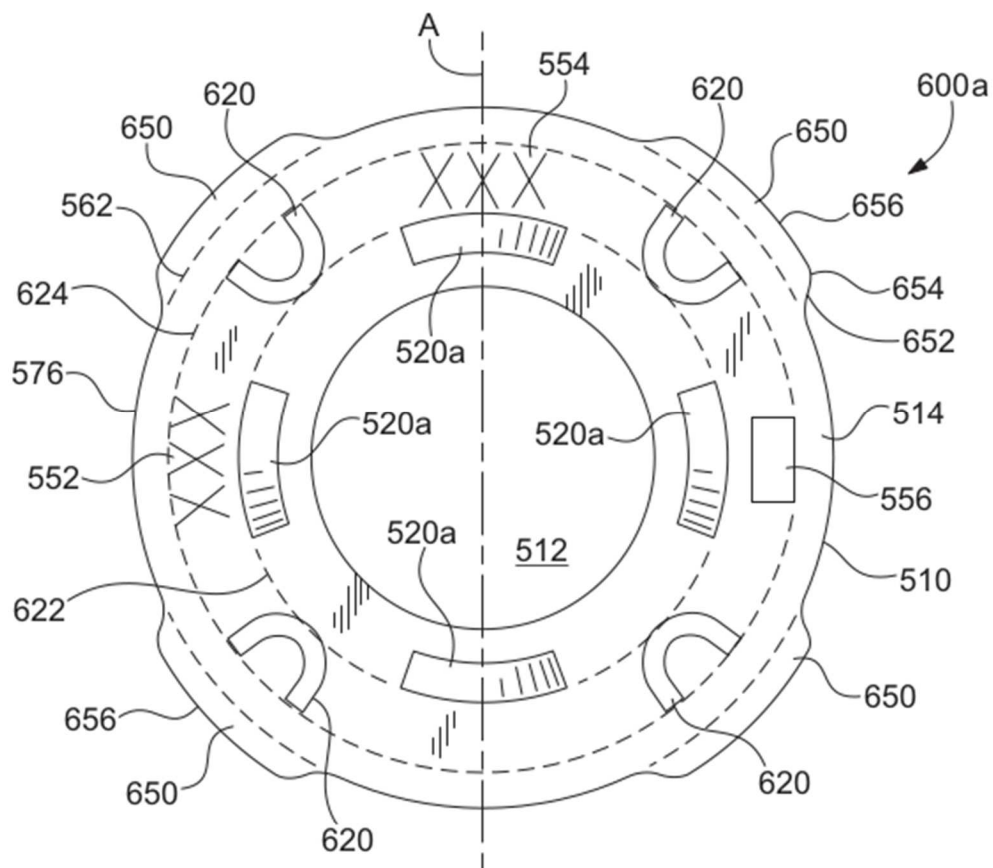


FIG. 11A