

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 874 666**

51 Int. Cl.:

**B21J 15/02** (2006.01)

**B21J 15/36** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2017** **E 17204329 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021** **EP 3326730**

54 Título: **Utillaje con recubrimiento permanente de baja fricción para colocar sujetadores con ajuste de interferencia**

30 Prioridad:

**29.11.2016 US 201615364208**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.11.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HAWORTH, PAUL MICHAEL;  
PETERSON, DONALD BRIAN;  
HOOD, WILLIAM DONALD;  
KUMLEY, TYLER JAMES y  
HAYES, CURTIS LEON**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 874 666 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Utillaje con recubrimiento permanente de baja fricción para colocar sujetadores con ajuste de interferencia

Campo

La divulgación se relaciona con el campo de sujetadores mecánicos.

### 5 Antecedentes

Los sujetadores se usan en la industria aeroespacial para unir mecánicamente diversos componentes estructurales de una aeronave. Por ejemplo, los paneles de metal que forman una porción de un revestimiento de un ala de aeronave pueden unirse a otras partes metálicas a través de pernos o remaches. En las estructuras de aeronaves, a menudo es deseable instalar remaches en interferencia, lo que significa que el diámetro de remache después de la instalación es mayor que el diámetro del orificio que lo recibe. La instalación con ajuste de interferencia de remaches puede facilitar las operaciones de ensamblaje de aeronave y mejorar el rendimiento de juntas, particularmente el rendimiento de fatiga. Dado que los sujetadores están previstos para mejorar la fuerza estructural de una aeronave, permanece deseable asegurar que el acto de instalar un sujetador no dañe los componentes estructurales subyacentes de la aeronave. Específicamente, es indeseable demasiada interferencia radial en extremos de los remaches.

15 El proceso de comprimir remaches puede complicarse además cuando se usa el remache para unir diferentes componentes en conjunto, tal como un revestimiento de ala de una aeronave y un larguero subyacente. En tales entornos, puede ser deseable controlar la cantidad de interferencia radial que logran los remaches a lo largo de la longitud axial del remache en todo el orificio en el cual está instalado. Es indeseable una interferencia radial demasiado pequeña en una ubicación axial.

20 El documento US 2002/0038566 A1, de acuerdo con su resumen, establece un aparato para unir láminas de metal mediante remachado con punzón o clavado por penetración (entalingar) con el troquel, en donde el troquel se ha recubierto al menos parcialmente con una capa de carbono, preferiblemente un recubrimiento de carbono similar a diamante (DLC) o una capa de carbono aplicada mediante recubrimiento de plasma o rociado.

25 El documento EP3045237 A1, de acuerdo con su resumen, establece una herramienta de estampación en la cual la cabeza de pasador de un pasador de sujeción se posiciona en una placa de un par de placas a través de las cuales se pasa el pasador de sujeción, la cola de pasador del pasador de sujeción se posiciona en la otra placa, un collar montado en el lado de cola de pasador del pasador de sujeción se mueve hacia el lado de cabeza de pasador de tal manera que sea puesto en contacto con la placa, el collar se estampa al pasador de sujeción en el estado de contacto con la placa, y se aplica una carga de tracción a la cola de pasador para romper y retirar la cola de pasador, por lo que se sujeta el par de placas; en donde la herramienta está provista de un troquel de estampación en el cual se forma un orificio de estampación que se pone en contacto con el collar para estampar el collar, siendo una película de recubrimiento de baja fricción formada en la superficie periférica interior del orificio de estampación.

30 El documento DE727551C establece un yunque caracterizado porque el árbol está hecho de acero de endurecimiento por agua; y la cabeza está provista de una tapa hecha de acero de endurecimiento por aceite y ambas partes están soldadas a tope en conjunto.

35 El documento US 2654272, de acuerdo con sus reivindicaciones, establece un proceso de remachado que comprende formar, en el extremo de la espiga de remache remota de la cabeza; una cavidad central receptora de punzón que tiene una porción interior cónica que se ahúsa hasta un punto en la dirección de la cabeza del remache, una porción cilíndrica intermedia y una porción cónica exterior que se ensancha externamente desde dicha porción intermedia; estando la profundidad de dicha cavidad predeterminada con referencia al espesor del trabajo de tal manera que, cuando el remache se pase a través de la abertura receptora de remache en el trabajo con la cabeza del remache apoyado contra un lado del trabajo, una porción de la espiga de remache que yace hacia adentro del extremo interior de la cavidad se proyectará más allá del lado opuesto del trabajo, pasando el remache a través del dicho trabajo hasta que la cabeza del remache se apoye contra un lado del trabajo y luego dirigiendo la cavidad que contiene el extremo de la espiga de remache forzándola contra un troquel de cabeza que presenta un punzón central que se ahúsa en un punto y rodeado por una cara de trabajo anular que se inclina hacia afuera y hacia arriba desde la base del punzón; siendo dicho punzón una longitud menor que la longitud total de dicha cavidad y que tiene un diámetro base mayor que el diámetro del extremo interior de la porción cónica exterior de la cavidad; estando dicho troquel inicialmente dispuesto con el punzón colocado en la porción cónica exterior de la cavidad y con la cara de trabajo del troquel apoyándose contra la superficie de extremo de la espiga que bordea la cavidad, y forzando el troquel contra el extremo que contiene la cavidad de la espiga hasta que el material de la espiga en el extremo interior de dicha cavidad sea perforado por el punzón.

Resumen

55 En resumen, se proporciona un método que comprende: seleccionar un troquel que aplica una fuerza que deforma plásticamente un sujetador con el fin de expandir el sujetador en interferencia con un orificio; seleccionar un recubrimiento que tenga un coeficiente estático de fricción de menos de 0.2; y aplicar permanentemente el

recubrimiento al troquel en una superficie que entrará en contacto con el sujetador, asegurando de esa manera que la deformación plástica del sujetador a través de la fuerza del troquel provocará una cantidad de interferencia, entre el sujetador y el orificio a lo largo de la longitud del sujetador en todo el orificio, entre 38 micrómetros (una milésima y media de una pulgada) y 510 micrómetros (veinte milésimas de una pulgada). También se proporciona un sistema que comprende un sujetador; múltiples troqueles que aseguran el sujetador en un orificio, comprendiendo los troqueles: un primer troquel adaptado para entrar en contacto con el primer extremo del sujetador; y un segundo troquel adaptado para entrar en contacto con un segundo extremo del sujetador, el segundo troquel incluye un recubrimiento permanente que tiene un coeficiente de fricción estático de menos de 0.2 en una superficie que entra en contacto con el sujetador; y medios de aplicación de fuerza para deformar plásticamente el sujetador, expandiendo de esa manera el sujetador en interferencia con el orificio a lo largo de la longitud del sujetador en todo el orificio, entre 38 micrómetros (una milésima y media de una pulgada) y 510 micrómetros (veinte milésimas de una pulgada).

El sistema descrito en este documento incluye un recubrimiento permanente con un bajo coeficiente de fricción. El bajo coeficiente de fricción asegura que la deformación plástica de un remache durante la instalación da como resultado un rango deseado de interferencia entre el sujetador y el orificio en toda la longitud del orificio (o profundidad de orificio).

El método incluye insertar un sujetador en un orificio, y agarrar extremos del sujetador a través de troqueles. Al menos uno de los troqueles incluye un recubrimiento permanente que tiene un coeficiente de fricción estático de menos de 0.2 en una superficie que entra en contacto con el sujetador. El método incluye además deformar plásticamente el sujetador a través de la fuerza de los troqueles, expandiendo de esa manera el sujetador en interferencia con el orificio a lo largo de una longitud del sujetador de tal manera que una cantidad de interferencia entre el sujetador y el orificio a lo largo de la longitud del sujetador es mayor que 38 micrómetros (una milésima y media de una pulgada) y menos de 510 micrómetros (veinte milésimas de una pulgada).

El método incluye además deformar plásticamente el sujetador a través de la fuerza de los troqueles, lo cual da como resultado un abombado columnar que provoca interferencia entre el sujetador y el orificio a lo largo de una longitud del sujetador de tal manera que una relación de una cantidad máxima de interferencia a una cantidad mínima de interferencia a lo largo de toda la longitud del sujetador es menor que cuatro.

Una realización adicional es un aparato que incluye una primera parte, una segunda parte, y un sujetador colocado dentro de un orificio que puentea la primera parte y la segunda parte, asegurando el sujetador la primera parte y segunda parte en conjunto. El sujetador ha sido deformado plásticamente, expandiendo de esa manera el sujetador en interferencia con el orificio a lo largo de toda una longitud del sujetador, de tal manera que una relación de una cantidad máxima de interferencia a una cantidad mínima de interferencia a lo largo de toda la longitud del sujetador es menor que cuatro.

Otras realizaciones de ejemplo (por ejemplo, métodos y medios legibles por ordenador relacionados con las realizaciones anteriores) se pueden describir a continuación. Las características, funciones, y ventajas que han sido discutidas pueden lograrse independientemente en diversas realizaciones o pueden combinarse en aún otras realizaciones cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

#### Descripción de los dibujos

Algunas realizaciones de la presente divulgación se describen ahora, sólo a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos acompañantes. El mismo número de referencia representa el mismo elemento o el mismo tipo de elemento en todos los dibujos.

La figura 1 es un diagrama de una aeronave una realización de ejemplo.

La figura 2 es una vista en sección parcial en corte de una sección de estructura de un ala en una realización de ejemplo.

La figura 3 es una vista ampliada de una sección de estructura de ala que incluye un sujetador en una realización de ejemplo.

La figura 4 es una vista de un sujetador antes de la instalación en una realización de ejemplo.

La figura 5 es una vista ampliada de instalación de un sujetador en un orificio en una realización de ejemplo.

Las figuras 6-7 son vistas ampliadas de un troquel que incluye un recubrimiento permanente con un bajo coeficiente de fricción en una realización de ejemplo.

Las figuras 8-9 son vistas ampliadas de un troquel que deforma plásticamente un extremo de cola de un sujetador en una realización de ejemplo.

La figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un método para instalar un sujetador en una realización de ejemplo.

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método para fabricar un troquel para instalar un sujetador en una realización de ejemplo.

La figura 12 es un diagrama de bloques de un sistema de instalación de sujetadores en una realización de ejemplo.

5 La figura 13 es un diagrama de flujo de metodología de producción y servicio de aeronaves en una realización de ejemplo.

La figura 14 es un diagrama de bloques de una aeronave en una realización de ejemplo.

#### Descripción

10 Las figuras y la siguiente descripción ilustran realizaciones de ejemplo específicas de la divulgación. De este modo se apreciará que los expertos en la técnica podrán concebir diversas disposiciones que, aunque no se describen o muestran explícitamente en este documento, incorporan los principios de la divulgación y se incluyen dentro del alcance de la divulgación. Adicionalmente, cualquier ejemplo descrito en este documento está previsto para ayudar a entender los principios de la divulgación, y debe interpretarse como sin limitación a tales ejemplos y condiciones específicamente enumerados. Como resultado, la divulgación no está limitada a las realizaciones o ejemplos específicos que se describen a continuación, sino por las reivindicaciones anexas.

15 Las figuras 1-3 ilustran entornos de ejemplo en los cuales se puede instalar un sujetador, mientras que las figuras 4-5 ilustran una instalación de ejemplo de un sujetador, y las figuras 6-9 ilustran las operaciones de ejemplo de utillaje diseñado para instalar un sujetador.

20 La figura 1 ilustra la estructura de una aeronave de ejemplo que puede usar sujetadores mejorados. Específicamente, la figura 1 es un diagrama de una aeronave 100 en una realización de ejemplo. La aeronave 100 incluye nariz 110, alas 120, fuselaje 130, y cola 140.

25 La figura 2 es una vista en sección parcial en corte de una sección de ala 120 de aeronave 100 indicada por las flechas 2 de vista en la figura 1. Como se muestra en la figura 2, el revestimiento 200 de ala comprende múltiples partes (210, 220) compuestas o de metal. Las partes compuestas pueden comprender compuestos de fibra de carbono y resina. Por ejemplo, las partes 210 y 220 pueden comprender componentes de aluminio que tienen un espesor T1 y un espesor T2, respectivamente. Los orificios 230 puentean las partes 210 y 220. Los sujetadores 250 se impulsan a través de orificios 230 y se instalan en interferencia con orificios 230. El extremo 260 de cabeza está avellanado en el orificio 230. En algunas realizaciones, el extremo 260 de cabeza se puede afeitar al ras con la parte 210. Los sujetadores 250 son deformados plásticamente para asegurar las partes 210 y 220 en conjunto. En esta realización, los sujetadores 250 son remaches de aluminio que se aseguran cada uno deformando plásticamente el remache, expandiendo el remache en el orificio, llenando un avellanado y formando un botón 242. En realizaciones adicionales, los sujetadores 250 pueden comprender cualquier tipo adecuado de remaches (por ejemplo, cabeza de índice, cabeza sobresaliente (corona), aglomerado) o incluso pernos que tienen una cola deformable.

30 La figura 3 es una vista ampliada de una sección de una estructura de ala que incluye un sujetador 250 en una realización de ejemplo. La figura 3 corresponde con la región 3 de la figura 2. La figura 3 ilustra que las partes 210 y 220 pueden cada una ser una parte de aluminio. La figura 3 ilustra además que el sujetador 250 incluye un avellanado 320 y árbol 360. Después del aseguramiento, la superficie 330 de árbol 360 se coloca en interferencia con la superficie 340 de orificio 230. El botón 240 también se detalla además con un diámetro de botón BD y una altura de botón BH. BD es mayor que un diámetro (HD) de orificio 230. En una realización, HD es menor que una pulgada, tal como 9.52 mm (tres octavos de una pulgada).

35 La figura 3 ilustra que las partes 210 y 220 pueden cada una ser una parte de aluminio. La figura 3 ilustra además que el sujetador 250 incluye un avellanado 320 y árbol 360. Después del aseguramiento, la superficie 330 de árbol 360 se coloca en interferencia con la superficie 340 de orificio 230. El botón 240 también se detalla además con un diámetro de botón BD y una altura de botón BH. BD es mayor que un diámetro (HD) de orificio 230. En una realización, HD es menor que una pulgada, tal como 9.52 mm (tres octavos de una pulgada).

40 Cuando se instala, el sujetador 250 se coloca en interferencia con las partes 210 y 220 a lo largo de toda la longitud (LH) de orificio 230. Como se puede ver de la figura 2, esta longitud corresponde a la profundidad del orificio 230 a través de las partes 210 y 220. Por ejemplo, la interferencia se logra en una primera ubicación 321 que tiene un diámetro CSK donde el avellanado 320 se encuentra con una superficie 212 de parte 210, en una segunda ubicación 361 que tiene un diámetro D1 justo después de que termina el avellanado 320 (por ejemplo, 510 micrómetros, es decir veinte milésimas de una pulgada en la dirección Z negativa desde la ubicación 322), en una tercera ubicación 362 que tiene un diámetro D2 justo antes de que termine la parte 210 (por ejemplo, 510 micrómetros, es decir veinte milésimas de una pulgada en la dirección Z positiva desde la ubicación 365), en una cuarta ubicación 363 que tiene un diámetro D3 justo después de que se inicia la parte 220 (por ejemplo, 510 micrómetros, es decir veinte milésimas de una pulgada en la dirección Z negativa desde la ubicación 365), y en una quinta ubicación 364 que tiene un diámetro D4 justo antes de que termine la parte 220 (por ejemplo, 510 micrómetros, es decir veinte milésimas de una pulgada en la dirección Z positiva desde la ubicación 367). En una realización donde HD es 9.52 mm (tres octavos de una pulgada), el sujetador 250 que se deforma plásticamente genera interferencia entre el orificio y el sujetador en cada una de las ubicaciones 321 y 361-364 en una cantidad menor que 510 micrómetros (veinte milésimas de una pulgada). Como se usa en este documento, la ubicación 365 también puede denominarse como la interfaz entre parte 210 y parte 220.

55 La figura 4 es una vista de sujetador 250 antes de la instalación dentro del orificio 230 en una realización de ejemplo. La figura 4 ilustra uno de los numerosos tipos diferentes de remaches u otros sujetadores que pueden usarse (por ejemplo, remaches de cabeza sobresaliente). Como se muestra en la figura 4, el extremo 242 de cola de sujetador

250 aún no ha sido deformado plásticamente en botón 240, y el extremo 260 de cabeza tampoco ha sido deformado aún. También se ilustra la longitud (LF) de sujetador 250.

La figura 5 es una vista ampliada de instalación de un sujetador 250 en un orificio 230 en una realización de ejemplo. La figura 5, al igual que la figura 3, corresponde con la región 3 de la figura 2. La figura 5 ilustra que el sujetador 250 es deformado plásticamente por los troqueles 510 y 520 que aplican fuerza (F) en las direcciones 512 y 522, respectivamente. En realizaciones adicionales, uno o ambos de los troqueles son accionados para aplicar fuerza. Esta fuerza es mayor que la fluencia del material de remache (por ejemplo, aluminio), provocando que el remache se deforme plásticamente (es decir, reconformar permanentemente). La figura 5 ilustra además que una superficie 530 (conformada como una copa 532) de troquel 520 entra en contacto con el extremo 242 de cola y deforma plásticamente el extremo 242 de cola en el botón 240. De manera similar, la superficie 514 de troquel 510 entra en contacto con el extremo 260 de cabeza de sujetador 250.

Las figuras 6-7 son vistas ampliadas del troquel 520 en una realización de ejemplo. La figura 6 corresponde con la región 6 de la figura 5, y la figura 7 corresponde con flechas 7 de vista de la figura 6. Las figuras 6-7 ilustran que el troquel 520 incluye un recubrimiento 600 permanente en la copa 532. El recubrimiento 600 tiene un bajo coeficiente de fricción. El coeficiente de fricción (por ejemplo, el coeficiente estático de fricción) para el recubrimiento 600 es menor que 0.2, puede estar en el rango de 0.05 a 0.15, y preferiblemente puede estar en el rango de 0.05 a 0.10. Adicionalmente, el recubrimiento 600 es permanente ya que tiene una vida útil a la par del troquel 520. Por ejemplo, el recubrimiento 600 puede ser usado durante decenas o cientos de miles de ciclos instalando sujetadores, a diferencia de un lubricante de sacrificio que se desgasta regularmente después de unos pocos ciclos instalando sujetadores (por ejemplo, menos de cien ciclos). El recubrimiento 600 puede ser aplicado a la superficie 530 solamente, o puede ser aplicado a lo largo de todo el exterior de troquel 520, incluyendo borde 610. El recubrimiento 600 puede comprender Carbono Similar a Diamante (DLC). El DLC tiene una dureza Vickers deseable entre 5,000 y 10,000, está diseñado para soportar un desgaste sustancial, y tiene un bajo coeficiente de fricción  $\mu$  que oscila desde 0.05 a 0.10. En tales realizaciones, el recubrimiento 600 puede aumentar realmente la vida útil de un troquel 520 o 510 hasta tres veces en comparación con troqueles no recubiertos.

Adicionalmente, el DLC es un recubrimiento delgado (por ejemplo, que oscila desde 0.5 a 2.5 micrómetros), y por tanto aplicar el recubrimiento 600 al troquel 520 como un recubrimiento de DLC no cambia sustancialmente la conformación o dimensiones del troquel 520. En una realización adicional, las propiedades de un recubrimiento de DLC pueden ser personalizadas ajustando cuáles fases de carbono están presentes en el DLC (por ejemplo, ajustando cantidades de material de fase de grafito y material de fase de diamante presentes en el DLC). En ejemplos adicionales, el recubrimiento 600 puede comprender un recubrimiento de Diamante Poli-Cristalino (PCD) que tiene un espesor entre la mitad de un micrómetro y dos y medio micrómetros. En algunas realizaciones, es deseable que el recubrimiento 600 tenga una dureza Vickers mayor que cinco mil, tal como entre ochocientos y diez mil (por ejemplo, entre cinco mil y diez mil).

Las figuras 8-9 son vistas ampliadas de un troquel 520 que deforma plásticamente un extremo 242 de cola de un sujetador en una realización de ejemplo. Las figuras 8-9 ilustran que a medida que el troquel 520 procede en la dirección 522, la fuerza (F) de contacto aplicada desde la superficie 530 provoca que el material 812 experimente deformación. Esto también da como resultado alguna fricción con la superficie 530 en las direcciones indicadas por las flechas 810. La fuerza aplicada provoca que el material 812 (a partir del cual se forma el sujetador 250) fluya. A medida que fluye el material 812, la superficie 530 experimenta una fuerza de fricción correspondiente indicada por las flechas 820. Este proceso continúa hasta que el botón 240 está completamente formado. El flujo de material provocado por el troquel 520 y troquel 510 presionando uno hacia el otro también provoca que alguna cantidad de material 812 dentro del sujetador 250 fluya hacia el árbol 360, lo cual da como resultado un abombado 814 columnar que provoca interferencia (es decir, aumenta interferencia). De este modo, expandir el sujetador 250 comprende forzar el abombado 814 columnar en el sujetador. Si hay muy poca interferencia o demasiada interferencia entre el sujetador 250 y orificio 230, entonces la vida de fatiga es menor que la deseada. De este modo es deseable asegurar el sujetador 250 en su lugar logrando interferencia de tal manera que CSK, D1, D2, D3, y D4 estén todos dentro de un rango deseado. En una realización, este rango de interferencia es uniforme a lo largo de la longitud de sujetador 250 (por ejemplo, entre 38 y 510 micrómetros, es decir entre una y media y veinte milésimas de una pulgada, tal como entre 76 y 457 micrómetros, es decir entre tres y dieciocho milésimas de una pulgada). En realizaciones adicionales, el rango de interferencia aceptable puede variar dependiendo de la ubicación, de tal manera que las ubicaciones más cercanas al extremo 260 de cabeza o al extremo 242 de cola tienen valores mínimos y máximos más altos para interferencia que las ubicaciones más cercanas al centro del árbol 360. A medida que disminuye la dureza de las partes que se sujetan mediante el sujetador 250, también se vuelve más difícil evitar que los niveles de interferencia excedan un rango de tolerancia. El mismo efecto se produce cuando T2 (de figura 2) es menor que T1 (de figura 2).

La utilización de un troquel 520 recubierto ayuda a asegurar que la interferencia en el extremo 242 de cola de un remache caiga significativamente. Esto es beneficioso debido a que a menudo la interferencia de extremo de cola y/o extremo de cabeza en D4 y D1, respectivamente, puede ser sustancialmente mayor que la interferencia creada en el tramo medio entre el extremo 242 de cola y extremo 260 de cabeza, tal como en D2 y D3. La interferencia aumentada en D2 y D3 aumenta la resistencia a la fatiga de la junta, y cuando se combina con la interferencia reducida por debajo de niveles típicos en D1 y D4, aumenta significativamente la vida de fatiga de la junta. Cuando se desea una interferencia de cantidad uniforme a lo largo de la longitud del sujetador 250, una reducción significativa en la

interferencia de lado de cola proporciona por lo tanto un beneficio. La utilización de un troquel 520 recubierto también mejoró significativamente la repetibilidad de proceso, permite la aplicación de una mayor fuerza durante instalación, y asegura que el proceso es menos sensible a otras variables tales como variación de remache, variación en partes 210 y 210, y contaminación menor de lubricante. La reducción significativa en la interferencia de lado de cola y la repetibilidad mejorada han permitido por lo tanto cambios en el proceso que mejoran la interferencia de interfaz y avellanado, logrando de esa manera una vida de fatiga mejorada de la junta sujeta.

Las ventajosas características de interferencia de sujetador 250 como instalado por troqueles 510 y 520 resultan de que los troqueles 510 y 520 tienen coeficientes más pequeños de fricción que los troqueles no recubiertos. Cuando se usan troqueles de mayor fricción, se aplica más fuerza aplicada por los troqueles radialmente en el extremo 242 de cola (y/o extremo 260 de cabeza). Esto da como resultado que el material 812 fluya desde el botón 240 al árbol 360 próximo a D4, lo que significa que se fuerza más material 812 en la dirección radial. Por tanto, la interferencia se aumenta de manera indeseable en una cantidad mayor que la deseada en, por ejemplo, D4 que en D2 y D3. Esto significa que fluye más material hacia D4 a expensas del material que fluye hacia D2 o D3. Por el contrario, cuando se usan troqueles de menor fricción, se aplica y/o se transmite axialmente más fuerza hacia abajo del árbol 360 de sujetador 250, especialmente a la región donde las partes 210 y 220 se encuentran próximas a D2 y D3. Esto significa que la interferencia es provocada principalmente por el abombado columnar de árbol 360 (por ejemplo, deformación axial), en lugar de por el material 812 que fluye radialmente desde el botón 240 hacia el árbol 360 próximo a D4.

Expresado de otra manera, cuando hay un gran monto de fricción en el troquel 510 y/o 520, la fuerza aplicada hace fluir el material 812 previsto para el botón 240 hacia el árbol 360, dando como resultando una interferencia sustancialmente mayor en D4 que en D2 y D3. Por tanto, más fricción da como resultado más deformación radial a partir de fuerza aplicada. Por el contrario, cuando hay menos fricción en los troqueles 510 y/o 520, la expansión de árbol 360 es más uniforme, ya que la interferencia generada (por ejemplo, en D4) resulta principalmente del abombado columnar de árbol 360 en lugar de que el material fluya hacia el árbol 360 desde el botón 240. Por tanto, menos fricción da como resultado que se aplique/transmita más fuerza axial a lo largo del árbol 360.

Adicionalmente, permanece importante enfatizar que la mera lubricación del sujetador 250 en árbol 360 falla en lograr resultados beneficiosos con respecto a la interferencia, debido a que la lubricación de árbol 360 realmente aumenta la cantidad de interferencia experimentada en todo el orificio 230 cuando el sujetador 250 se deforma plásticamente en su lugar. El uso de cualquier lubricante de sacrificio (por ejemplo, alcohol cetílico) en el troquel 520 de extremo de cola presentaría una posibilidad sustancial de que el sujetador 250 se contamine con lubricante. Esto daría como resultado cantidades de interferencia que pueden llevar a una fatiga indeseable en el orificio 230. En resumen, la aplicación de un lubricante de sacrificio a corto plazo es en gran parte incontrolable y puede dar como resultado contaminación de sujetadores cuando el material de botón fluye durante la compresión.

Los detalles ilustrativos de la operación y fabricación de troqueles 510 y 520 se discutirán con respecto a las figuras 10-11. Suponer, para esta realización, que un técnico desea instalar un gran número de sujetadores 250 con el fin de asegurar dos partes diferentes.

La figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un método 1000 para instalar un sujetador 250 en una realización de ejemplo. Las etapas del método 1000 se describen con referencia a los troqueles 510 y 520 de la figura 5, pero los expertos en la técnica apreciarán que el método 1000 puede ser realizado en otros sistemas. Las etapas de los diagramas de flujo descritos en este documento no son todas inclusivas y pueden incluir otras etapas no mostradas. Las etapas descritas en este documento también pueden ser realizadas en un orden alternativo.

Como un proceso inicial, el técnico puede participar en perforar y avellanar el orificio 230, o una máquina automatizada puede perforar y avellanar los orificios 230 de acuerdo con un programa de Control Numérico (NC) almacenado en la memoria. De acuerdo con la figura 10, se inserta el sujetador 250 en el orificio 230 (etapa 1002). En este punto en el tiempo, el sujetador 250 aún no ha sido deformado plásticamente y por tanto aparece como se muestra en la figura 4. El técnico puede entonces usar una herramienta que instala sujetadores, e incluye múltiples troqueles con el fin de entrar en contacto o agarrar un sujetador 250 en sus extremos. La herramienta entra en contacto o agarra el sujetador 250 a través de los troqueles 510 y 520 como se muestra en la figura 5 (etapa 1004). Como se discutió anteriormente, al menos uno de los troqueles (por ejemplo, troquel 520) incluye el recubrimiento 600 en una superficie que entra en contacto con el sujetador 250. Esta etapa puede ser realizada alternativamente por una máquina automatizada de acuerdo con un programa de NC almacenado en la memoria. Los troqueles 510 y 520 en el extremo 242 de cola y extremo 260 de cabeza se presionan entonces en conjunto mientras el sujetador 250 entra en contacto o se agarra. Esto puede comprender accionar el troquel 510 y/o troquel 520 uno hacia el otro. De este modo, la fuerza de los troqueles se logra accionando uno o más troqueles uno hacia el otro. Esta acción provoca que el material en el extremo 242 de cola fluya alrededor del orificio 230, formando el botón 240 que tiene un diámetro mayor que un diámetro del orificio 230. De esta manera, la fuerza del troquel 510 y/o troquel 520 deforma plásticamente el sujetador 250 para formar una interferencia con el orificio 230. Para reiterar, este proceso expande el sujetador 250 en interferencia con el orificio 230 a lo largo de toda la longitud del sujetador 250 (etapa 1006).

En una realización, una mayoría de la deformación plástica en el sujetador 250 a lo largo de toda una longitud axial del sujetador 250 da como resultado una interferencia provocada por el abombado columnar del árbol 350 en respuesta a la fuerza axial de los troqueles 510 y 520 y especialmente en la interfaz de los materiales que se unen. De este

modo, a diferencia de los sistemas que usan troqueles no recubiertos que provocan interferencia en D4 como resultado principalmente del flujo de material hacia el árbol 360 debido a fuerzas de fricción radiales, los troqueles 510 y 520 fuerzan a que una mayoría de la interferencia a lo largo de toda la longitud de árbol 360 (por ejemplo, incluyendo D4) sea provocada por abombado columnar. La etapa 1006 puede dar como resultado interferencia a lo largo de toda la longitud del sujetador 250 que está dentro de un rango predefinido, especialmente en la interfaz de los materiales que se unen (por ejemplo, entre 38 y 510 micrómetros, es decir entre una milésima y media de una pulgada y veinte milésimas de una pulgada), puede dar como resultado una relación de interferencia entre D1 y D2 (o entre D3 y D4) que está dentro de un rango predefinido (por ejemplo, dos a uno), etc. A medida que es más uniforme la cantidad de interferencia de sujetador 250 con orificio 230, se mejora la vida de fatiga de la junta. Por ejemplo, que una relación de una cantidad máxima de interferencia (por ejemplo, en D4 o D1) a una cantidad mínima de interferencia (por ejemplo, en D2 o D3) a lo largo de toda la longitud del sujetador puede ser menor que cuatro. Este proceso puede ser realizado a través de una máquina automatizada como se describe anteriormente para las etapas 1002-1004.

Los troqueles 510 y 520 aplican la fuerza sustancial a múltiples sujetadores sin desgaste excesivo o agrietamiento del troquel. Después de un período de tiempo, tal como después de decenas de miles de ciclos de instalación y aseguramiento de sujetadores, los troqueles 510 y 520 pueden experimentar desgaste suficiente para fallar. En tales casos, es deseable manufacturar un troquel de reemplazo.

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método 1100 para fabricar un troquel 520 para instalar un sujetador en una realización de ejemplo. Específicamente, la figura 11 ilustra un método 1100 para fabricar un troquel con un recubrimiento permanente de baja fricción que permite características mejoradas de flujo de material durante la instalación de sujetador.

De acuerdo con la figura 11, se selecciona un troquel no tratado, no recubierto (etapa 1102). El troquel es capaz de aplicar fuerza suficiente al sujetador 250 para deformar plásticamente el sujetador 250. Esto forma un ajuste de interferencia entre el sujetador 250 y un orificio 230. Seleccionar el troquel puede comprender fabricar el troquel, o elegir el troquel de uno de múltiples troqueles disponibles que ya han sido manufacturados.

Con un troquel seleccionado, el método 1100 continúa y se selecciona un recubrimiento que tiene un coeficiente de fricción estático de menos de 0.2 (etapa 1104). El recubrimiento puede ser seleccionado a través de cualquier técnica adecuada, en tanto que el recubrimiento 600 exhiba las características físicas deseadas. En una realización, el recubrimiento 600 es seleccionado además para que tenga un valor de dureza Vickers de más de cinco mil, tal como entre cinco mil y diez mil. Esto asegura que la vida útil del recubrimiento sea suficiente para uso en un entorno de manufacturación donde se instalan decenas de miles de sujetadores a diario (tal como en la industria aeroespacial).

Con un recubrimiento 600 seleccionado, el recubrimiento 600 es aplicado permanentemente al troquel en una superficie 530 que entrará en contacto con el sujetador 250. El recubrimiento 600 puede ser aplicado a la superficie 530 a través de cualquier proceso adecuado incluyendo Deposición por Vapor Físico (PVD), Deposición por Vapor Químico (CVD), deposición por rociado, deposición por haz de iones, deposición por arco catódico, etc. En cualquier caso, el recubrimiento 600 se adhiere firmemente al troquel 520, ya que se fusiona, hornea, o se adhiere firmemente de otro modo a/integral con el troquel 520. En una realización adicional, ambos troqueles 510 y 520 (por ejemplo, como se usan por una herramienta) incluyen el recubrimiento 600 en la compleción del método 1100. El recubrimiento 600 es "permanente" ya que el recubrimiento no se desprende del troquel durante el uso normal (por ejemplo, después de algunas aplicaciones, como sería común con un lubricante de sacrificio), sino que en vez falla después de un período mucho más largo de tiempo (por ejemplo, cuando el troquel mismo falla después de cien mil ciclos). Para reiterar, los troqueles 520 y 510 no incluyen un lubricante de sacrificio, sino en vez un recubrimiento 600 permanente.

## Ejemplos

En los siguientes ejemplos, se describen procesos, sistemas, y métodos adicionales en el contexto de sistemas que instalan sujetadores con el fin de asegurar componentes estructurales de una aeronave.

La figura 12 es un diagrama de bloques de un sistema 1200 de instalación de sujetadores en una realización de ejemplo. De acuerdo con la figura 12, el sistema 1200 incluye máquina 1210 automatizada, que instala automáticamente los sujetadores 1250 en orificios 1274 y asegura sujetadores 1250 en su lugar para asegurar las partes 1270 y 1272 en conjunto. En esta realización, la máquina 1210 automatizada incluye memoria 1212, que almacena el programa 1214 de NC que tiene instrucciones que indican ubicaciones en las cuales colocar los sujetadores 1250. Por ejemplo, las instrucciones pueden indicar controlar cómo aplicar una fuerza especificada, incluyendo el perfil comprimido, fuerza máxima, tiempo de permanencia, etc. La máquina 1210 automatizada mueve el efector 1222 de extremo a través de la cadena 1220 cinemática de acuerdo con las instrucciones en el programa 1214 de NC. En esta realización, el efector 1222 de extremo opera la herramienta 1226, que puede ser una pistola de remaches presurizada o hidráulica. La herramienta 1226 incluye múltiples troqueles, incluyendo el troquel 1230 de extremo de cabeza, que tiene una superficie 1233 (en la conformación de copa 1232) con recubrimiento 1234, y troquel 1240 de cola, que incluye su propia superficie 1243 (en la conformación de copa 1242) y recubrimiento 1244. Los troqueles 1230 y 1240 entran en conjunto en contacto o agarran el sujetador 1250, y aplican suficiente fuerza al sujetador 1250 para deformar plásticamente el extremo 1252 de cola, formar el botón 1254, y expandir el árbol 1264. El extremo 1262 de cabeza y el árbol 1264 también se ilustran.

- Con referencia más particularmente a los dibujos, realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método 1300 de manufacturación y servicio de aeronaves como se muestra en la figura 13 y una aeronave 1302 como se muestra en la figura 14. Durante la preproducción, el método 1300 de ejemplo puede incluir especificación y diseño 1304 de la aeronave 1302 y adquisición 1306 de material. Durante la producción, tiene lugar la manufacturación 1308 de componentes y subensamblajes e integración 1310 de sistema de la aeronave 1302. Después de esto, la aeronave 1302 puede pasar a través de la certificación y suministro 1312 con el fin de ser colocada en servicio 1314. Mientras esté en servicio por un cliente, la aeronave 1302 está programada para mantenimiento y servicio 1316 de rutina (que también puede incluir modificación, reconfiguración, renovación, y así sucesivamente). Aparatos y métodos incorporados en este documento pueden ser empleados durante una cualquiera o más etapas adecuadas del método 1300 de producción y servicio (por ejemplo, especificación y diseño 1304, adquisición 1306 de material, manufacturación 1308 de componentes y subensamblajes, integración 1310 de sistema, certificación y suministro 1312, servicio 1314, mantenimiento y servicio 1316) y/o cualquier componente adecuado de aeronave 1302 (por ejemplo, almacén 1318, sistemas 1320, interior 1322, propulsión 1324, eléctrico 1326, hidráulico 1328, ambiental 1330).
- Cada uno de los procesos de método 1300 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistema, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas, y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, empresa de arrendamiento, entidad militar, organización de servicios, y así sucesivamente.
- Como se muestra en la figura 14, la aeronave 1302 producida por el método 1300 de ejemplo puede incluir un almacén 1318 con una pluralidad de sistemas 1320 y un interior 1322. Ejemplos de sistemas 1320 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 1324 de propulsión, un sistema 1326 eléctrico, un sistema 1328 hidráulico, y un sistema 1330 ambiental. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden ser aplicados a otras industrias, tales como la industria para automóviles.
- Como ya se mencionó anteriormente, aparatos y métodos incorporados en este documento pueden ser empleados durante una cualquiera o más de las etapas del método 1300 de producción y servicio. Por ejemplo, componentes o subensamblajes que corresponden a la etapa 1308 de producción pueden fabricarse o manufacturarse de una manera similar a componentes o subensamblajes producidos mientras la aeronave 1302 está en servicio. También, se puede usar una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas durante las etapas 1308 y 1310 de producción, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje de o reduciendo el coste de una aeronave 1302. De manera similar, se puede usar una o más de realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas mientras la aeronave 1302 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 1316. Por ejemplo, las técnicas y sistemas descritos en este documento pueden usarse para las etapas 1306, 1308, 1310, 1314, y/o 1316, y/o pueden usarse para el almacén 1318 y/o interior 1322. Estas técnicas y sistemas pueden incluso usarse para sistemas 1320, que incluyen por ejemplo propulsión 1324, eléctrico 1326, hidráulico 1328, y/o ambiental 1330.
- En una realización, el troquel 520 es usado para instalar sujetadores en una porción del almacén 118, y opera durante la manufacturación 1108 de componentes y subensamblajes con el fin de asegurar los sujetadores 250. Estos sujetadores pueden facilitar la integración 1110 de sistema al mantener en conjunto partes dispares, y luego ser usados en servicio 1114 hasta que el desgaste haga inutilizable los sujetadores 250. Luego, en mantenimiento y servicio 1116, se puede desechar un sujetador 250 y reemplazarlo con una parte recién manufacturada a través de las operaciones de troquel 520. El troquel 520 puede ser usado en toda la manufacturación 1108 de componentes y subensamblajes con el fin de instalar diversos sujetadores 250.
- Cualquiera de los diversos elementos de control (por ejemplo, componentes eléctricos o electrónicos) mostrados en las figuras o descritos en este documento pueden implementarse como hardware, un procesador que implementa software, un procesador que implementa firmware, o alguna combinación de estos. Por ejemplo, un elemento puede ser implementado como hardware dedicado. Los elementos de hardware dedicados pueden denominarse como "procesadores", "controladores", o alguna terminología similar. Cuando se proporcionan por un procesador, las funciones pueden ser proporcionadas por un único procesador dedicado, por un único procesador compartido, o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos. Además, el uso explícito del término "procesador" o "controlador" no debe interpretarse para referirse exclusivamente al hardware capaz de ejecutar software, y puede incluir implícitamente, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), un procesador de red, circuito integrado de aplicación específica (ASIC) u otra circuitería, arreglo de puerta programable en campo (FPGA), memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, memoria de acceso aleatorio (RAM), almacenamiento no volátil, lógica, o algún otro componente o módulo de hardware físico.
- También, un elemento de control puede ser implementado como instrucciones ejecutables por un procesador o un ordenador para realizar las funciones del elemento. Algunos ejemplos de instrucciones son software, código de programa, y firmware. Las instrucciones son operativas cuando se ejecutan por el procesador para dirigir al procesador para realizar las funciones del elemento. Las instrucciones pueden ser almacenadas en dispositivos de almacenamiento que sean legibles por el procesador. Algunos ejemplos de los dispositivos de almacenamiento son

memorias digitales o de estado sólido, medios de almacenamiento magnéticos tales como discos magnéticos y cintas magnéticas, discos duros, o medios de almacenamiento de datos digitales legibles ópticamente.

Aunque se describen en este documento realizaciones específicas, el alcance de la divulgación no está limitado a esas realizaciones específicas. El alcance de la divulgación está definido por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método que comprende:  
seleccionar un troquel que aplica fuerza que deforma plásticamente un sujetador con el fin de expandir el sujetador en interferencia con un orificio;
- 5 seleccionar un recubrimiento que tenga un coeficiente estático de fricción de menos de 0.2; y  
aplicar permanentemente el recubrimiento al troquel en una superficie que entrará en contacto con el sujetador, asegurando de esa manera que la deformación plástica del sujetador a través de la fuerza del troquel provocará una cantidad de interferencia, entre el sujetador y el orificio a lo largo de la longitud del sujetador en todo el orificio, entre 38 micrómetros (una milésima y media de una pulgada) y 510 micrómetros (veinte milésimas de una pulgada).
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde:  
el recubrimiento tiene una dureza Vickers entre cinco mil y diez mil.
3. El método de la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde:  
el recubrimiento no es un lubricante de sacrificio.
4. El método de cualquier reivindicación precedente en donde:
- 15 el recubrimiento comprende Carbono Similar a Diamante (DLC) o Diamante Poli-Cristalino (PCD).
5. El método de cualquier reivindicación precedente en donde:  
aplicar permanente el recubrimiento comprende aplicar el recubrimiento a través de Deposición por Vapor Físico (PVD), deposición por arco catódico, deposición por rociado, o deposición por haz de iones.
6. El método de cualquier reivindicación precedente en donde:
- 20 el troquel provoca que el material en un extremo de cola del sujetador fluya alrededor del orificio.
7. El método de cualquier reivindicación precedente que comprende además:  
aplicar permanentemente el recubrimiento al troquel usado por la herramienta.
8. El método de cualquier reivindicación precedente que comprende además:  
aplicar el recubrimiento con un espesor entre 0.5 y 2.5 micrómetros.
- 25 9. Un sistema que comprende:  
un sujetador  
múltiples troqueles adaptados para asegurar el sujetador en un orificio, comprendiendo los troqueles:  
un primer troquel adaptado para entrar en contacto con un primer extremo del sujetador; y  
un segundo troquel adaptado para entrar en contacto con un segundo extremo del sujetador,
- 30 el segundo troquel incluye un recubrimiento permanente que tiene un coeficiente de fricción estático de menos de 0.2 en una superficie que entra en contacto con el sujetador; y  
medios de aplicación de fuerza para deformar plásticamente el sujetador, expandiendo de esa manera el sujetador en interferencia con el orificio a lo largo de la longitud del sujetador en todo el orificio, entre 38 micrómetros (una milésima y media de una pulgada) y 510 micrómetros (veinte milésimas de una pulgada).
- 35 10. El sistema de la reivindicación 9, en donde:  
el recubrimiento permanente tiene una dureza Vickers entre cinco mil y diez mil.
11. El sistema de la reivindicación 9 o 10 en donde:  
los troqueles no incluyen un lubricante de sacrificio.
12. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11 en donde:
- 40 el recubrimiento permanente comprende Carbono Similar a Diamante (DLC) o Diamante Poli-Cristalino (PCD).

13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 en donde:

el recubrimiento permanente comprende un recubrimiento aplicado a través de Deposición por Vapor Físico (CVD), deposición por arco catódico, deposición por rociado o deposición por haz de iones.

5 14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13 en donde el sistema está diseñado de tal manera que la deformación plásticamente del sujetador provoca además que el material en un extremo de cola del sujetador forme un botón que tiene un diámetro mayor que un diámetro del orificio.

15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13 en donde:

el recubrimiento tiene un espesor entre 0.5 y 2.5 micrómetros.

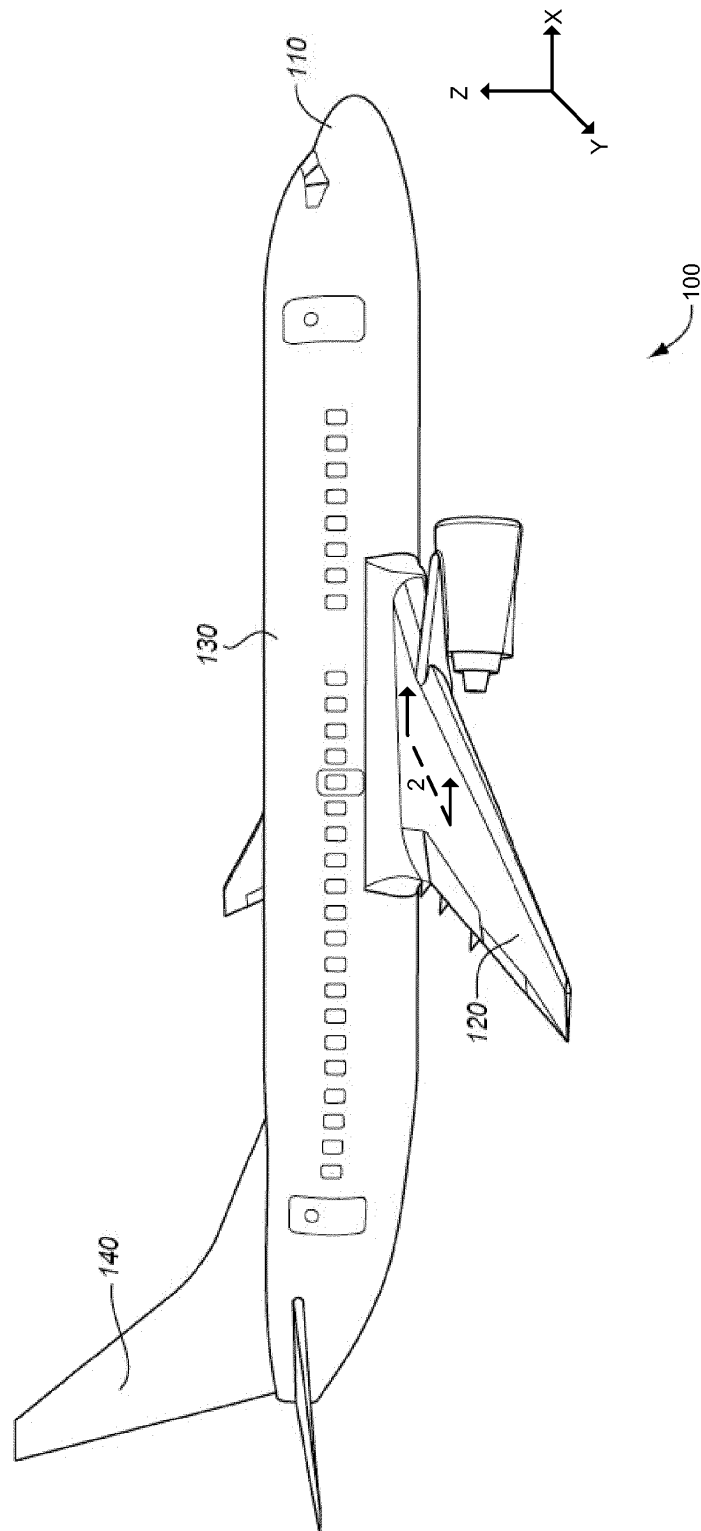
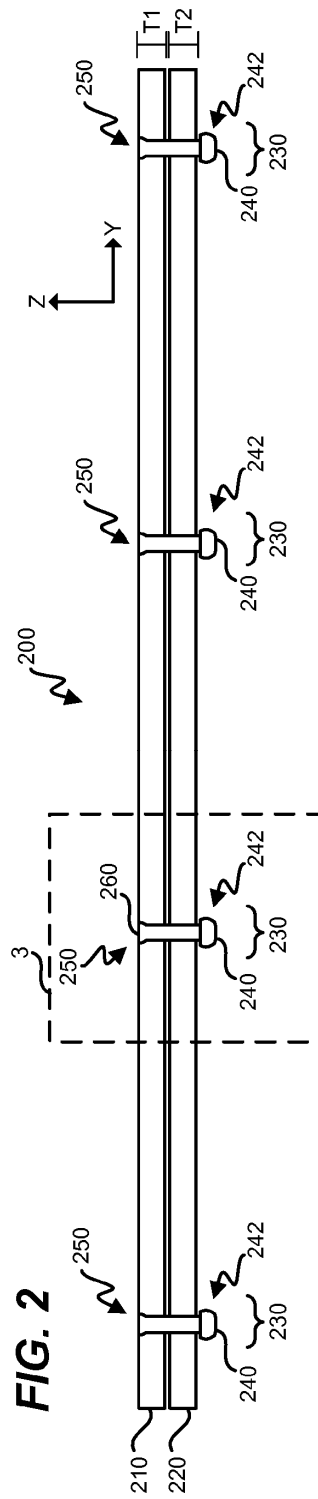
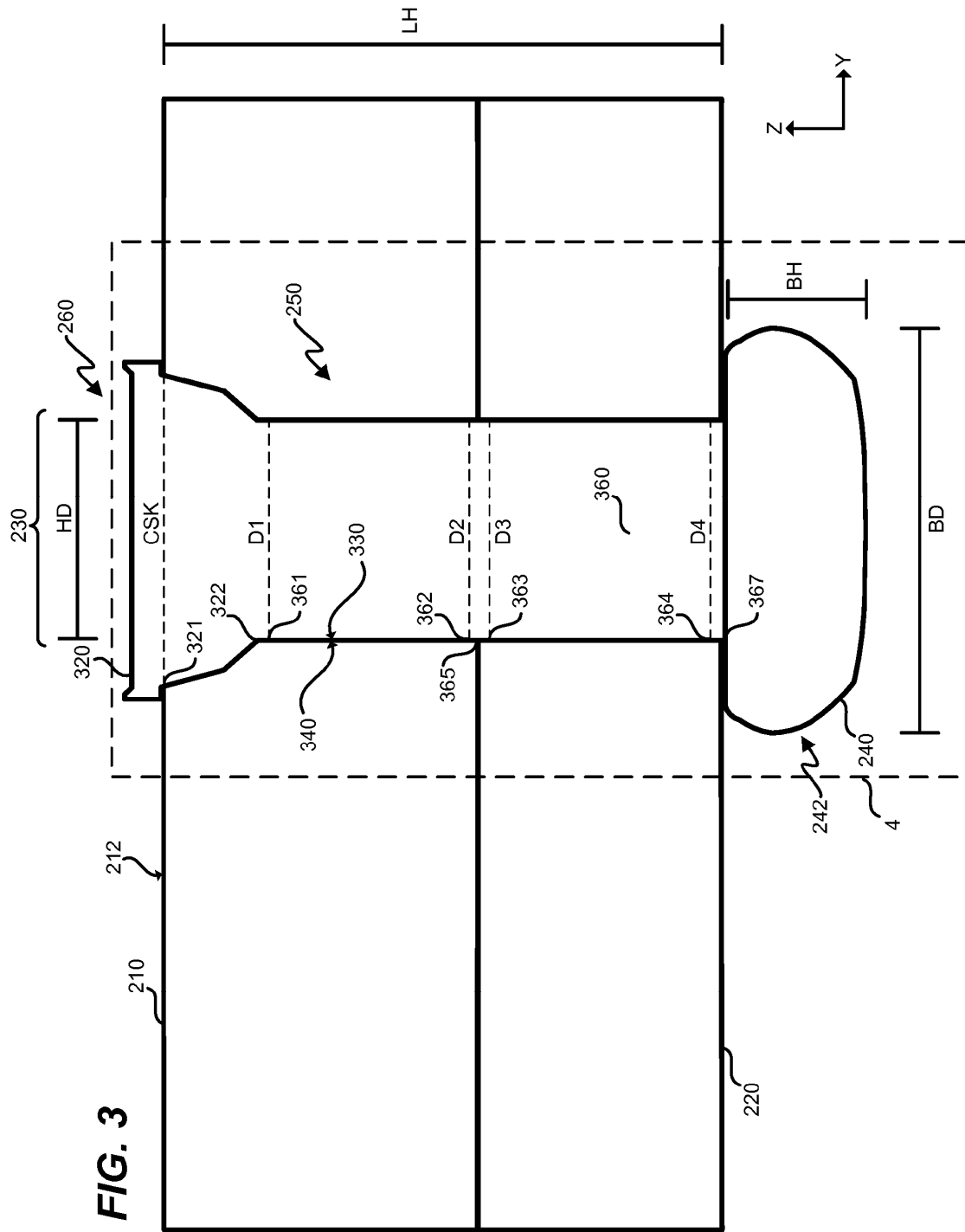
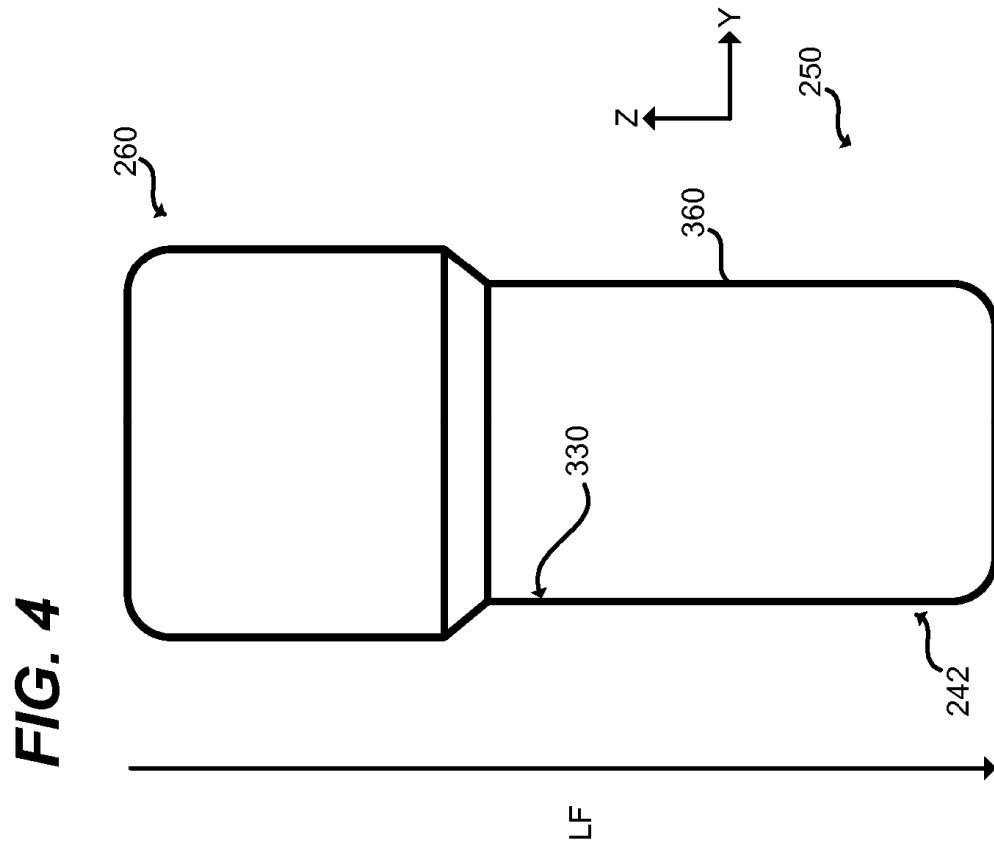
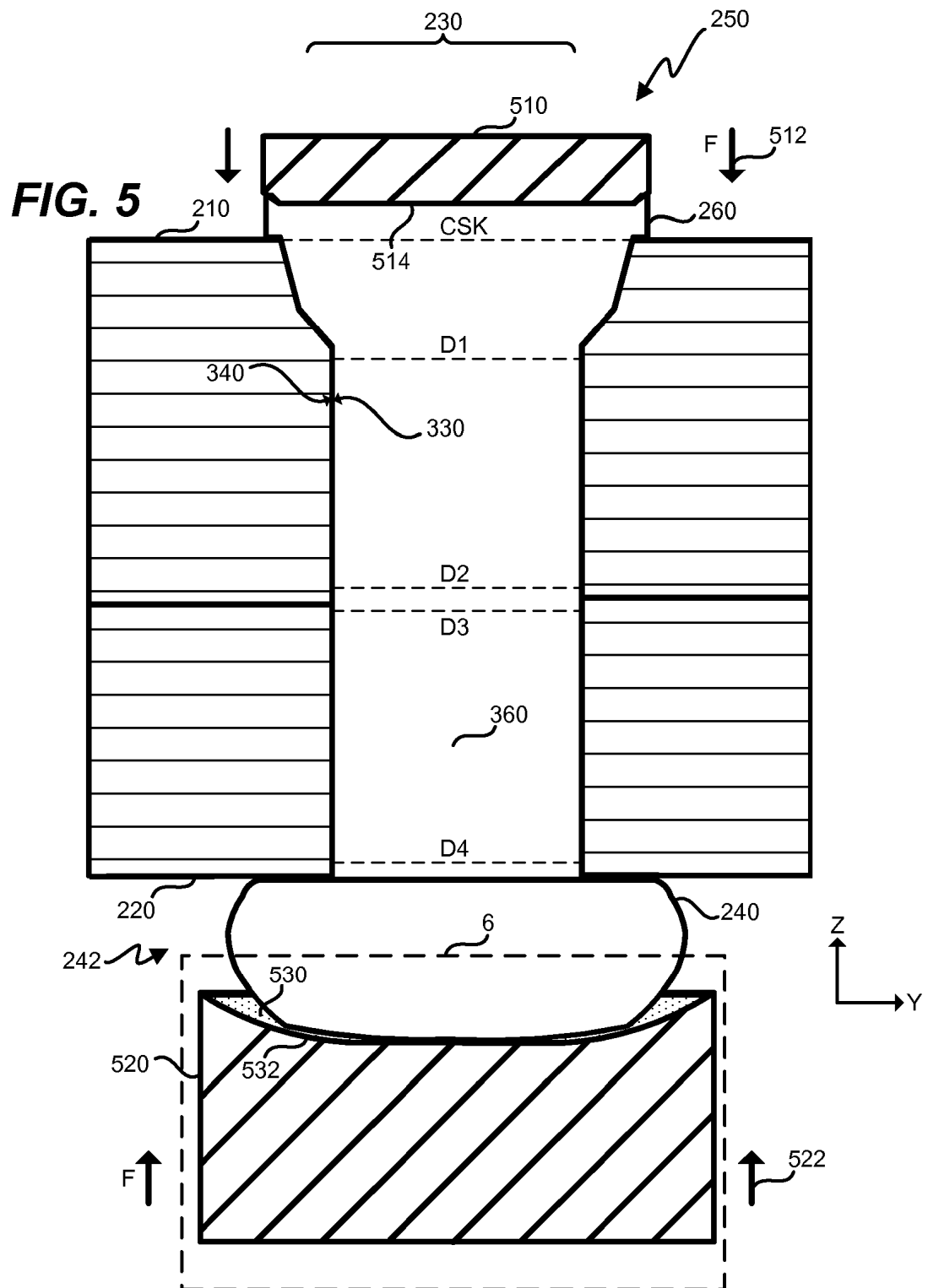


FIG. 1









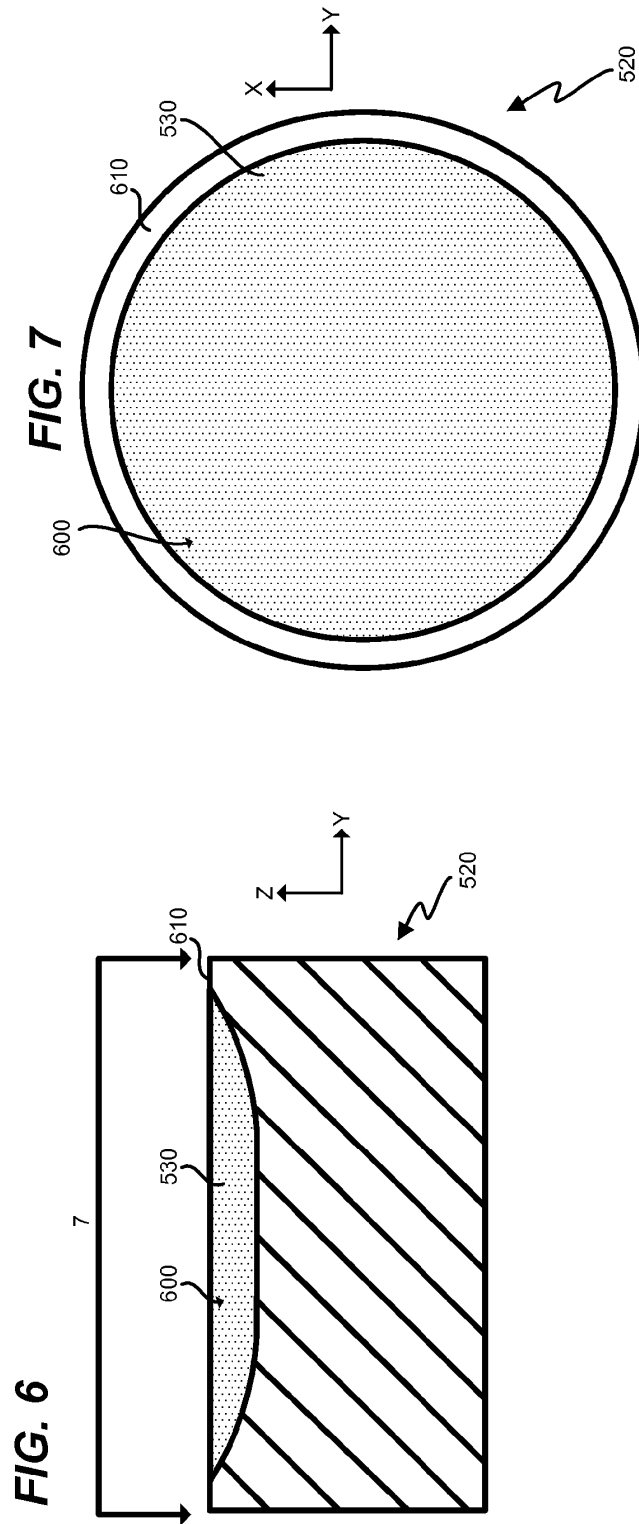


FIG. 9

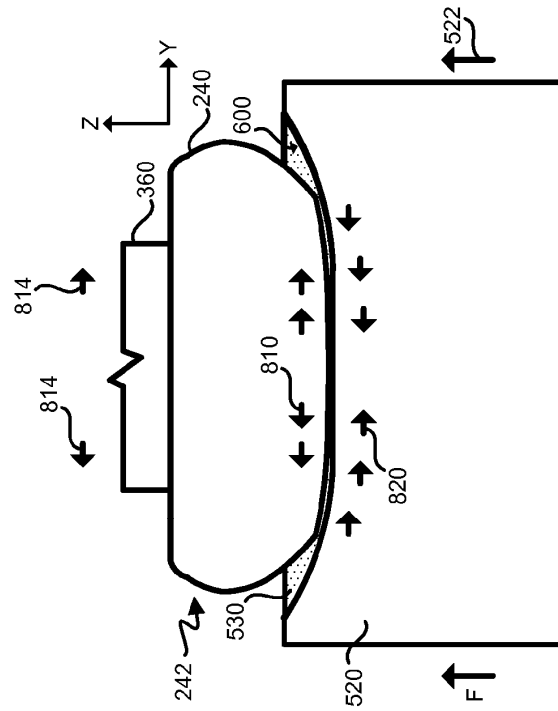
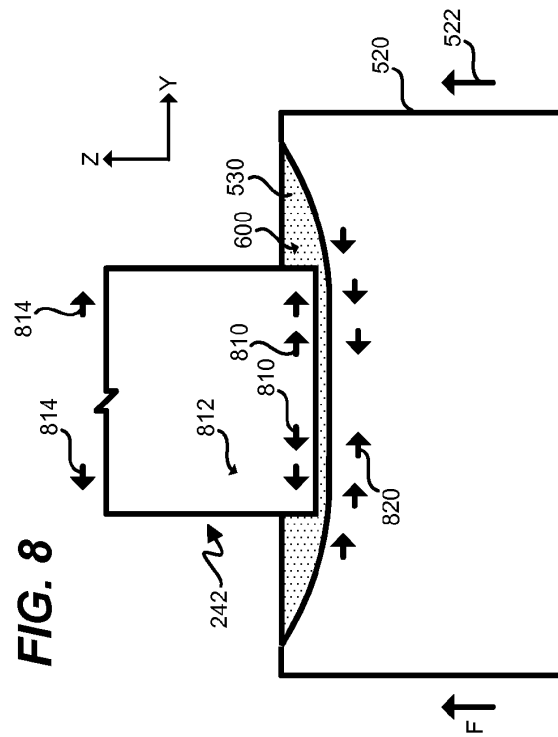
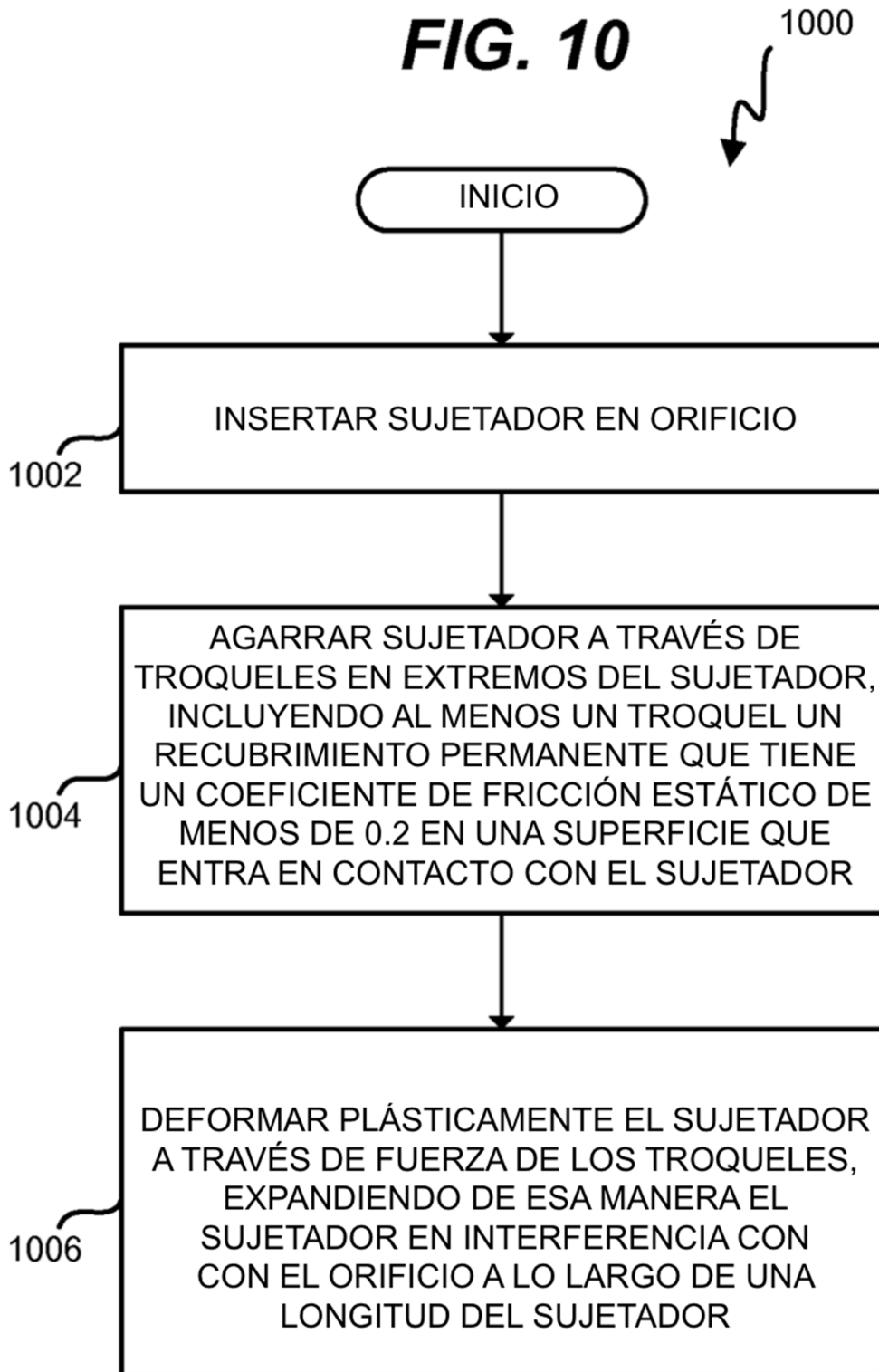


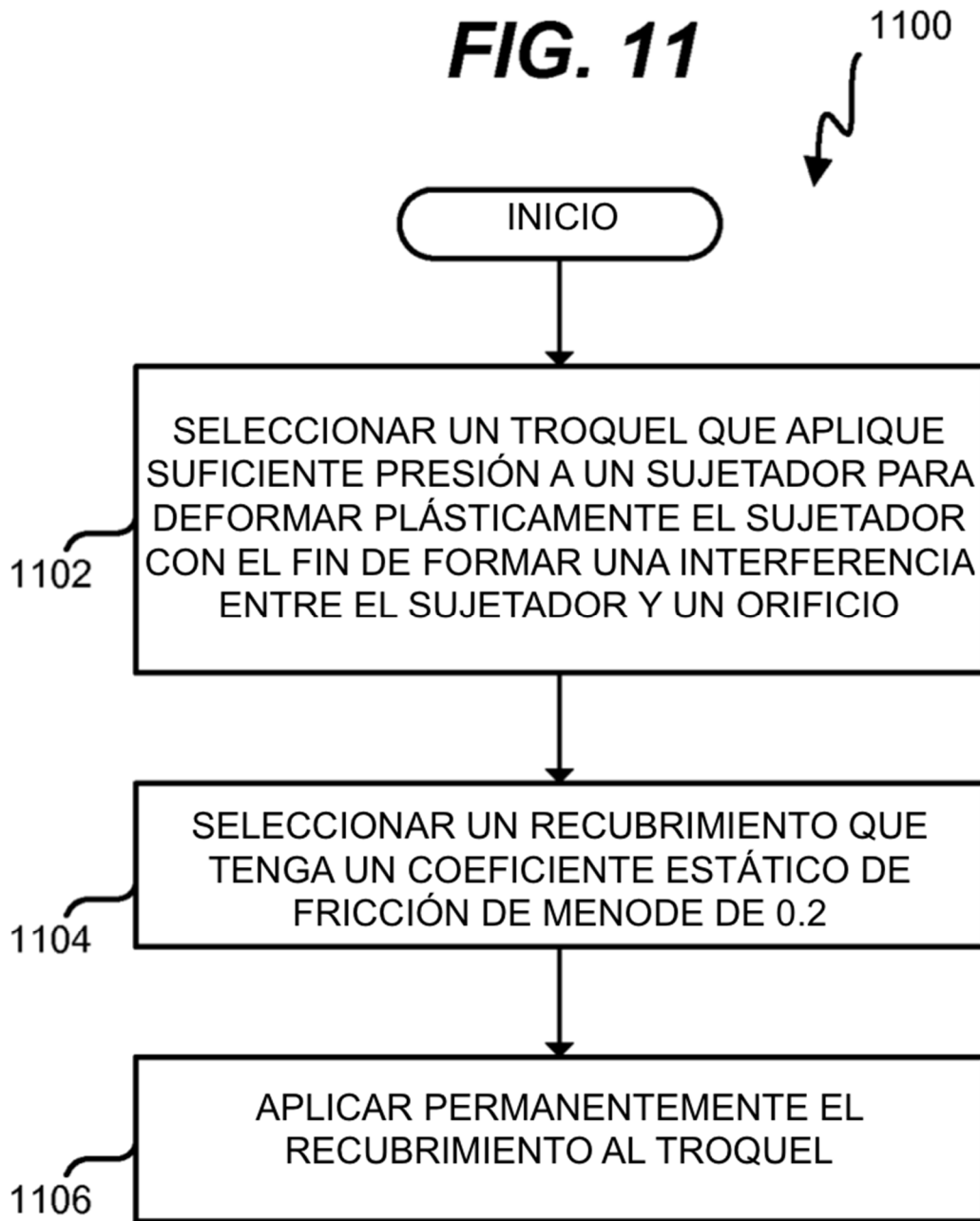
FIG. 8



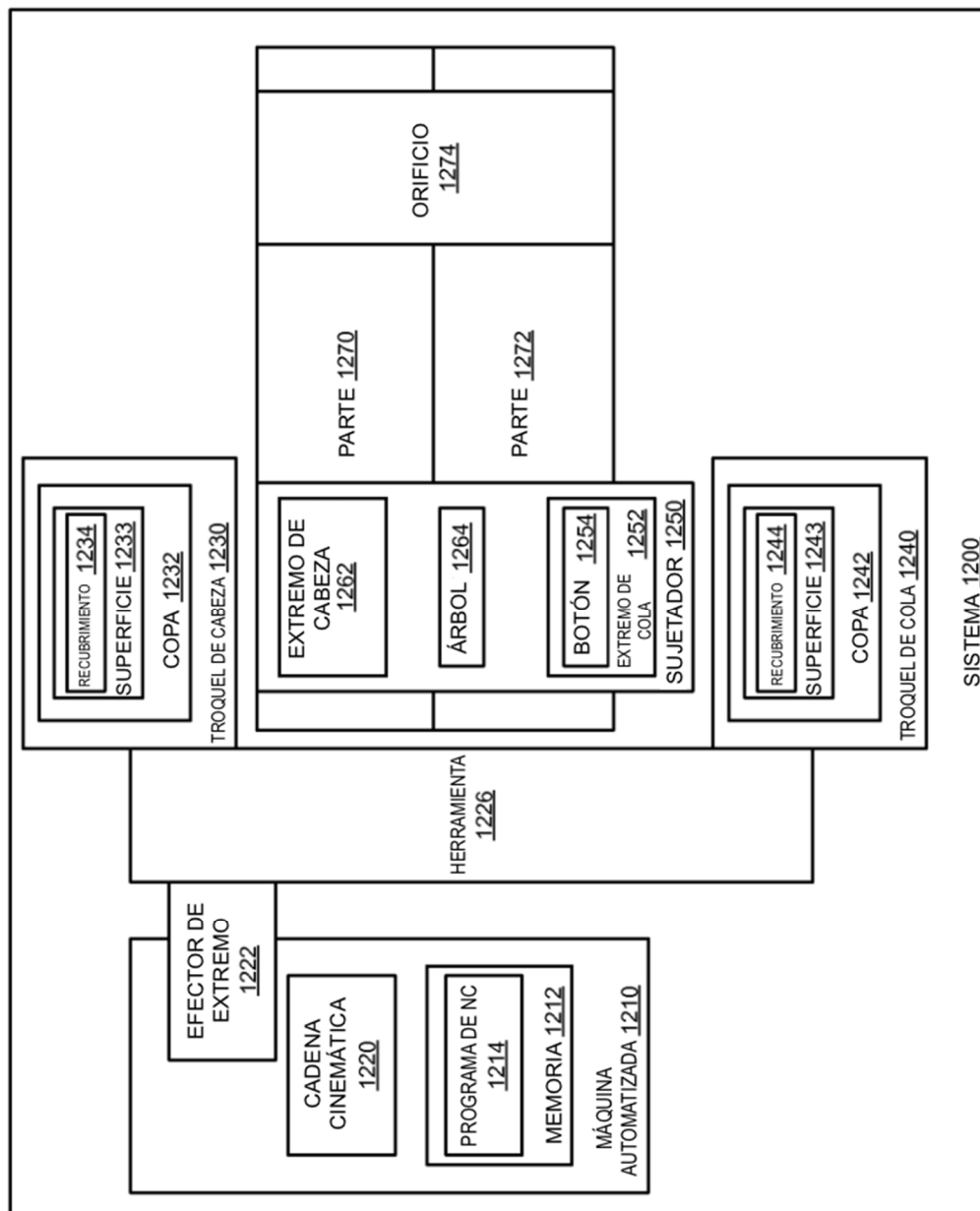
**FIG. 10**



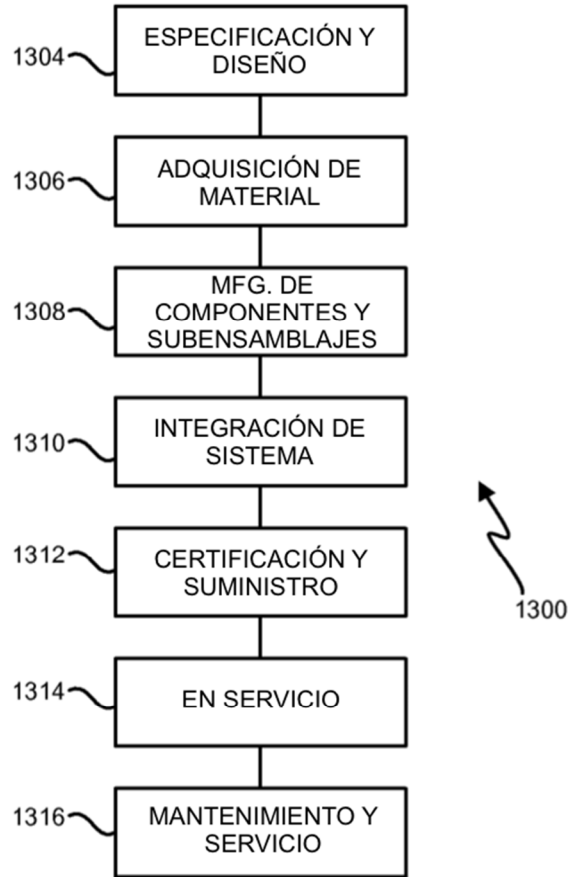
**FIG. 11**



**FIG. 12**



**FIG. 13**



**FIG. 14**

