(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 709 752**

(51) Int. CI.:

B64C 1/12 (2006.01)
B64C 1/26 (2006.01)
B64C 3/48 (2006.01)
B64C 3/44 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.09.2010 PCT/US2010/049837**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2011 WO11059571**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2010 E 10760551 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2470422**

(54) Título: **Núcleo estructural adaptativo para estructuras de panel de transformación**

(30) Prioridad:

13.11.2009 US 260950 P
03.02.2010 US 699285

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.04.2019

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

HENRY, CHRISTOPHER, P.;
MCKNIGHT, GEOFFREY, P. y
SMITH, SLOAN, P.

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

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

Núcleo estructural adaptativo para estructuras de panel de transformación

Campo técnico

La divulgación se refiere a las estructuras de panel de transformación que son adecuadas para aplicaciones aerodinámicas. Más particularmente, la divulgación se refiere a un núcleo estructural adaptativo para estructuras de panel de transformación que son adecuadas para aplicaciones aeroespaciales y otras.

Antecedentes

Las estructuras de panel de transformación pueden ser útiles en aplicaciones aerodinámicas en las que se pueden aplicar grandes gradientes de presión y temperatura o cargas a una superficie de sustentación u otra superficie. La funcionalidad aerodinámica de las estructuras de panel de transformación puede requerir un delicado equilibrio entre la flexibilidad y las capacidades de soporte estructural de las estructuras. Por lo tanto, puede ser deseable que las estructuras de panel de transformación que son adecuadas para aplicaciones aeroespaciales sean resistentes a la flexión fuera del plano o a la deformación por flexión o mientras se mantengan susceptibles a la deformación en el plano.

El documento DE 197,09,917 divulga un dispositivo para la deformación controlada de una estructura laminar, en particular una superficie de sustentación de una aeronave, que comprende dos carcasas dispuestas separadas entre sí y firmemente conectadas entre sí en sus lados longitudinales. Cada una de las carcasas está provista de una pluralidad de costillas de pandeo en su lado orientado hacia el otro lado. Las costillas de pandeo están conectadas a la carcasa en toda su longitud a través de elementos estructurales elásticos, en donde un accionador está dispuesto entre cada dos costillas de pandeo dispuestas paralelas entre sí, el accionador está provisto de dos émbolos con dos caras opuestas insertables y retráctiles que están conectados a las costillas de pandeo asociadas.

El documento DE 10,2004,063,093 divulga una unidad de ala, en particular una caja de largueros para formar superficies aerodinámicas activas de aerodinos, en particular superficies de sustentación, unidades de cola horizontal o unidades de timón de una aeronave, con una carcasa superior y una carcasa inferior. Al menos un miembro de accionamiento está dispuesto en la región entre la carcasa superior y la carcasa inferior para alterar la geometría de la superficie de la superficie activa aerodinámica y/o las propiedades mecánicas de la unidad de ala. Por medio de la unidad de ala y el larguero formado con ella, se forman superficies aerodinámicas activas, por ejemplo, superficies de sustentación, unidades de cola horizontales, unidades de timón o similares para aerodinos, en particular aeronaves, que pueden adaptarse dinámicamente a diferentes condiciones de vuelo.

El documento US 2008/0035788 divulga un ensamblaje para controlar un vehículo, que incluye una superficie de contacto fluido construida y dispuesta para actuar contra un fluido que pasa sobre la superficie de contacto fluido; y una estructura de soporte acoplada a la superficie de contacto fluido. La estructura de soporte está construida y dispuesta para expandirse o contraerse entre una primera posición y una segunda posición, de modo que una primera dimensión de la estructura de soporte cambia durante el movimiento de la estructura de soporte entre la primera posición y la segunda posición, mientras que una segunda dimensión de la estructura de soporte permanece sustancialmente constante durante el movimiento de la estructura de soporte entre la primera posición y la segunda posición.

Se necesita un núcleo estructural adaptativo para una estructura de panel de transformación para facilitar la resistencia de la estructura a la flexión fuera de plano o a la deformación por flexión mientras se permite la deformación en el plano de la estructura.

Resumen

La divulgación se dirige generalmente a un núcleo estructural adaptativo para estructuras de panel de transformación de acuerdo con la reivindicación 1, que facilita la resistencia de la estructura a la deformación por pandeo o flexión fuera del plano al tiempo que permite la deformación en el plano de la estructura. Una realización ilustrativa del núcleo estructural adaptativo incluye una pluralidad de miembros de núcleo dispuestos en un patrón de repetición, una pluralidad de puntos de unión del accionador provistos en la pluralidad de miembros de núcleo y al menos un accionador que acopla la pluralidad de puntos de unión del accionador.

En algunas realizaciones, el núcleo estructural adaptativo puede incluir una pluralidad de miembros de núcleo dispuestos en un patrón repetitivo de celdas de núcleo, teniendo cada una un espacio de celda; una pluralidad de puntos de unión del accionador provistos en la pluralidad de miembros de núcleo en el espacio de la celda; un primer accionador provisto en el espacio de la celda y que acopla un primer par de la pluralidad de puntos de unión del accionador; y un segundo accionador provisto en el espacio de la celda y que acopla un segundo par de la pluralidad de puntos de unión del accionador.

La divulgación se dirige además de manera general a un método de núcleo estructural adaptativo de acuerdo con la reivindicación 11. Una realización ilustrativa del método incluye proporcionar una pluralidad de miembros de núcleo,

disponer la pluralidad de miembros de núcleo en un patrón repetitivo y proporcionar una pluralidad de puntos de unión del accionador en la pluralidad de miembros de núcleo.

En algunas realizaciones, el núcleo estructural adaptativo para estructuras de panel de transformación puede incluir la pluralidad de miembros de núcleo de intersección dispuestos en un patrón de **repetición** plano de celdas de núcleo, teniendo cada una un espacio de celda y una pluralidad de paredes de celda que se enfrentan al espacio de celda; una pluralidad de aberturas de unión del accionador provistas en la pluralidad de miembros de núcleo en el espacio de la celda; un primer accionador provisto diagonalmente en el espacio de la celda y que acopla un primer par de la pluralidad de puntos de unión del accionador; y un segundo accionador provisto diagonalmente en el espacio de la celda y que acopla un segundo par de la pluralidad de puntos de unión del accionador. Cada uno del primer accionador y el segundo accionador están adaptados para ejercer fuerzas sobre las paredes de celda de una manera seleccionada de una manera cooperativa y de una manera antagónica.

[0011] En algunas realizaciones, el método de núcleo estructural adaptativo puede incluir proporcionar una pluralidad de miembros de núcleo; formando un núcleo estructural adaptativo disponiendo la pluralidad de miembros de núcleo en un patrón repetitivo; proporcionando una pluralidad de puntos de unión del accionador en la pluralidad de miembros de núcleo; proporcionando una pluralidad de accionadores; uniendo los accionadores a los puntos de unión del accionador en los miembros de núcleo; proporcionando al menos una lámina compuesta en la pluralidad de miembros de núcleo; cambiando una forma del núcleo estructural adaptativo operando los accionadores de manera cooperativa; y poniendo rígido el núcleo estructural adaptativo operando los accionadores de manera antagónica.

Breve descripción de las ilustraciones.

La FIG. 1 es una ilustración de una vista en sección de una estructura de panel de transformación que utiliza una realización del núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 2 es una ilustración de una vista en perspectiva, parcialmente en sección, de una realización del núcleo estructural adaptativo, con puntos de unión del accionador provistos en cada una de múltiples celdas de núcleo en el núcleo.

La FIG. 3 es una ilustración de una vista superior de una sección de una realización del núcleo estructural adaptativo, que ilustra más particularmente una orientación de ejemplo de los accionadores, uno de los cuales se muestra en líneas continuas y el otro se muestra en líneas fantasma, en cada una de las múltiples celdas de núcleo del núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 4 es una ilustración de una vista superior de una celda de núcleo de una realización del núcleo estructural adaptativo, que ilustra más particularmente el funcionamiento de los accionadores de manera cooperativa para efectuar un cambio en la forma del núcleo.

La FIG. 5 es una ilustración de una vista superior de una celda de núcleo de una realización del núcleo estructural adaptativo, que ilustra más particularmente el funcionamiento de los accionadores de una manera antagónica para hacer rígido el núcleo.

La FIG. 6 es una ilustración de un diagrama esquemático que ilustra el esfuerzo y la deformación impartida a cada celda de núcleo de una realización del núcleo estructural adaptativo por los accionadores en cada celda de núcleo.

La FIG. 6A es un diagrama que ilustra una geometría de rombos de una estructura de repetición plana del núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 6B es un diagrama que ilustra una geometría de paralelogramo de una estructura de repetición plana del núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 6C es una ilustración de una vista superior en sección de un par de miembros de núcleo dispuestos en una configuración de caja de botella de vino.

La FIG. 6D es una ilustración de una vista superior en sección de un par de miembros de núcleo unidos entre sí en una configuración de interbloqueo.

La FIG. 6E es una ilustración de una vista superior en sección de un par de miembros de núcleo adheridos entre sí.

La FIG. 6F es una ilustración de una vista superior en sección de un par de miembros de núcleo unidos entre sí mediante soldadura.

La FIG. 6G es una ilustración de una vista superior en sección de un par de miembros de núcleo unidos entre sí mediante un acople.

La FIG. 6H es una ilustración de una vista superior en sección de un par de miembros de núcleo unidos entre sí mediante soldadura con bronce.

La FIG. 6I es una ilustración de un diagrama de bloques de una celda de núcleo de una realización del núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 7 es una ilustración de un diagrama esquemático que ilustra un sistema de control del accionador conectado a una realización del núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 8 es una ilustración de un gráfico de líneas que ilustra la presurización diferencial de un primer accionador a 125 psi frente a la presurización de un segundo accionador a 69kPa (~10 psi), lo que arroja una rigidez de 13.9 N/mm.

La FIG. 9 es una ilustración de un gráfico de líneas que ilustra la presurización diferencial de un primer accionador a 862 kPa (125 psi) en comparación con la presurización de un segundo accionador a 862 kPa (125 psi), lo que arroja una rigidez de 19,4 N/mm.

La FIG. 10 es una ilustración de un diagrama que ilustra la capacidad de deformación por torsión diferencial en el plano de una realización de una estructura de panel de transformación de la que forma parte el núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 11 es una ilustración de un diagrama que ilustra la capacidad de deformación por corte diferencial en el plano de una realización de una estructura de panel de transformación de la que forma parte el núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 12 es una ilustración de una vista en perspectiva de una aeronave de ejemplo con un revestimiento de aeronave que utiliza una realización del núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 13 es una ilustración de un diagrama de contorno de la rigidez torsional de semienvergadura efectiva, GJ, como una función del módulo elástico efectivo del revestimiento de la aeronave y el espesor del revestimiento de la aeronave.

La FIG. 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización de un método de núcleo estructural adaptativo.

La FIG. 14A es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de adaptación de un núcleo estructural de una estructura de panel de transformación.

La FIG. 15 es una ilustración de una vista en perspectiva de una estructura de panel de transformación.

La FIG. 16 es una ilustración de una vista en perspectiva, parcialmente en sección, de un núcleo estructural adaptativo que es adecuado para la estructura de panel de transformación que se muestra en la FIG. 15.

La FIG. 17 es una ilustración de una vista en perspectiva del núcleo estructural adaptativo con accionadores McKibben provistos en las celdas de núcleo del núcleo estructural adaptativo mostrado en la FIG. 16.

La FIG. 18 es una ilustración de un diagrama de flujo de una producción de aeronaves y una metodología de servicio.

La FIG. 19 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es meramente de naturaleza de ejemplo y no pretende limitar las realizaciones descritas o la aplicación y usos de las realizaciones descritas. Tal como se usa en el presente documento, la palabra "de ejemplo" o "ilustrativo" significa "que sirve como ejemplo, instancia o ilustración". Cualquier implementación descrita aquí como "de ejemplo" o "ilustrativa" no debe interpretarse necesariamente como preferida o ventajosa sobre otras implementaciones. Todas las implementaciones que se describen a continuación son implementaciones de ejemplos que se proporcionan para permitir que los expertos en la técnica puedan practicar la divulgación y no pretenden limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, no hay ninguna intención de obligarse por ninguna teoría expresa o implícita presentada en el campo técnico anterior, antecedentes, breve resumen o la siguiente descripción detallada.

Con referencia inicialmente a las Figs. 1-7, una realización ilustrativa del núcleo estructural adaptativo para estructuras de panel de transformación, en lo sucesivo núcleo estructural adaptativo, se indica generalmente con el numeral de referencia 1. Como se muestra en la FIG. 1, en algunas aplicaciones, el núcleo 1 estructural adaptativo puede ser parte de una estructura 28 de panel de transformación. Como se describirá más adelante, el núcleo 1 estructural adaptativo puede adaptarse para impartir rigidez o cambios en la forma a la estructura 28 de panel de transformación. Al menos se pueden proporcionar unas láminas 29 frontales compuestas en el núcleo 1 estructural adaptativo. En algunas realizaciones, el núcleo 1 estructural adaptativo puede estar intercalado entre un par de las láminas 29 frontales compuestas, como se muestra en la FIG. 1. La estructura 28 del panel de transformación puede adaptarse a una variedad de aplicaciones. En algunas aplicaciones, la estructura 28 del panel de transformación puede ser parte del recubrimiento 40 de un ala de una aeronave (FIG. 19) de una aeronave 94. La estructura 28 del panel de transformación puede ser susceptible de otras aplicaciones, que incluyen, pero no se limitan a las aletas, puertas de bahía, compartimientos de tamaño variable, estabilizadores, superficies de control y boquillas de entrada y salida de turbinas, así como aplicaciones no aeroespaciales.

Como se muestra en las Figs. 2 y 3, el núcleo 1 estructural adaptativo puede incluir múltiples miembros 3 de núcleo que pueden ser un material metálico o compuesto, por ejemplo y sin limitación. En algunas realizaciones, el núcleo 1 estructural adaptativo puede construirse en una configuración de red en la que los miembros 3 de núcleo se intersectan en las uniones 5 de miembros de núcleo (figura 3). Como se muestra en las Figs. 6A y 6B, el núcleo 1 estructural adaptativo puede incluir una estructura 42 de unidad de repetición plana en un rombo 42a (FIG. 6A) o un paralelogramo 42b (FIG. 6b). Se pueden definir múltiples celdas 2 de núcleo, cada una con un espacio 6 de celda, por y entre los miembros 3 de núcleo de intersección. Los miembros 3 de núcleo pueden tener paredes 4 de núcleo que enfrentan el espacio 6 de núcleo de cada celda 2 de núcleo.

Los miembros 3 de núcleo se pueden hacer con una serie de capas apiladas o incluso tejidas o como una serie de tiras expandidas que se unen en ubicaciones estrechas y periódicas a lo largo de las tiras. Como se muestra en la FIG. 6C, en algunas realizaciones, los miembros 3 de núcleo pueden construirse como una "partición de caja de vino" 44 (tiras intercaladas verticalmente). Los miembros 3 de núcleo pueden estar enclavados 46 (figura 6D), adheridos 47 (figura 6E), soldados 48 (figura 6F), enlazados 49 (figura 6G), con soldadura de bronce 50 (figura 6H) y/o unidos de otro modo el uno al otro. El núcleo 1 estructural adaptativo puede fabricarse como un monolito o en porciones ensamblables a partir de aleaciones metálicas o materiales compuestos, por ejemplo y sin limitación, mediante maquinado, corte por láser, corte por chorro de agua, EDM o grabado, por ejemplo y sin limitación. Para los miembros 3 de núcleo compuesto, se puede usar corte por láser o corte por chorro de agua para cortar las tiras o el monolito del núcleo. Se pueden utilizar diversas técnicas de colocación de tejidos y de infiltración de resina existentes para hacer bandas de núcleo en miniatura o partes ensamblables de la estructura del núcleo.

Como se muestra en las Figs. 2 y 6I, en algunas realizaciones, se pueden proporcionar puntos 8 de unión del accionador en los miembros 3 de núcleo para facilitar la unión de los accionadores 12, 12a y/o sensores, cableado eléctrico u otros componentes funcionales (no mostrados) a los miembros 3 de núcleo para proporcionar una conexión mecánica entre esos componentes y el núcleo 1 estructural adaptativo. En algunas realizaciones, los puntos 8 de unión del accionador pueden ser aberturas provistas en los miembros 3 de núcleo, como se muestra en la FIG. 2. En algunas realizaciones, un primer accionador 12 puede estar orientado en una primera orientación diagonal dentro del espacio 6 de celda de cada celda 2 de núcleo. Un segundo accionador 12a puede estar orientado en una segunda orientación diagonal dentro del espacio 6 de celda de cada celda 2 de núcleo en relación de intersección con respecto al primer accionador 12. En otras realizaciones, pueden ser posibles orientaciones alternativas para los accionadores 12, 12a.

En algunas realizaciones, los accionadores 12, 12a pueden ser, sin limitación, alambre de aleación NiTI con forma de memoria; varillas magnetostrictivas de Galfenol, accionadores McKibben neumáticos o hidráulicos miniaturizados, motores piezoeléctricos ultrasónicos miniaturizados o tiras de polímero PVDF electroestrictivo. Cada accionador 12, 12a puede ser discreto o continuo con respecto a la señal de control/fuerza motriz. Para ayudar en la construcción, reducir la complejidad del control y reducir la masa y el volumen, los accionadores 12, 12a son continuos a través de muchas celdas 2 de núcleo en el núcleo 1 estructural adaptativo. Por ejemplo, y sin limitación, los puntos 8 de unión del accionador (FIG. 2) pueden ser orificios o huecos hechos en las ubicaciones nodales u otras ubicaciones a lo largo de los miembros 3 de núcleo sin afectar la resistencia al corte del núcleo 1 estructural adaptativo para la inserción del accionador, sensores o cableado electrónico. En algunas realizaciones, los accionadores 12 McKibben se pueden ensamblar en los puntos 8 de unión del accionador en los nodos 5 del núcleo, de manera que se realice una conexión mecánica con el núcleo 1 estructural adaptativo pero el tubo (no mostrado) de cada accionador 12, 12a es continuo a través de los puntos 8 de unión del accionador de modo que el accionador 12, 12a pueda mover el fluido. Los accionadores 12, 12a McKibben neumáticos o hidráulicos o los accionadores 12, 12a no hidráulicos, por ejemplo y sin limitación, pueden ser fluídicamente continuos a lo largo de muchas celdas 2 de núcleo en una sola fila (u orientación del accionador), múltiples filas o incluso continuas entre filas y columnas del núcleo 1 estructural adaptativo (ambas orientaciones del accionador). Esto puede permitir la comunicación remota de la válvula de fluido (no se muestra) y el colector de distribución (no se muestra). Después de la instalación de los accionadores 12, 12a y/o otros componentes, las láminas 29 frontales compuestas se pueden acoplar al núcleo 1 estructural adaptativo mediante acople, soldadura, soldadura con bronce y/u otras técnicas de unión para fabricar la estructura 28 del panel de transformación (Figura 1).

Los accionadores 12, 12a pueden operarse a través de un gas o un fluido de trabajo hidráulico incompresible o sustancialmente incompresible. En algunas realizaciones, los sensores de deformación (no mostrados) se pueden incrustar en las láminas 29 frontales compuestas de la estructura 28 del panel de transformación (FIG. 1). Los sensores de tensión pueden retroalimentar el software de control del sistema de control del accionador 20 (FIG. 7) y pueden usarse para controlar la válvula y bombear los accionadores de control hidráulicos.

Los accionadores 12, 12a pueden distribuirse entre las celdas 2 de núcleo del núcleo 1 estructural adaptativo de tal manera que optimicen diferentes valores de rendimiento tales como rigidez, desplazamiento, masa, autoridad de control de energía, facilidad de fabricación, etc. Como se muestra en la fig. 7, en algunas realizaciones, un sistema 20 de control de accionador remoto puede conectarse a cada uno de los accionadores 12, 12a (FIG. 6). Al diseñar la conectividad adecuadamente desde el sistema de control del accionador 20 a los accionadores 12, 12a distribuidos, puede ser posible el control diferencial entre los accionadores 12, 12a. Este control diferencial puede incluir el funcionamiento de los accionadores 12, 12a en diferentes orientaciones, regiones espaciales (ubicaciones de ala interior versus exterior o ubicaciones de ala de borde de fuga versus borde de ataque) o diferentes estados de accionador (posición inicial, vida útil restante, etc.). Cuando los accionadores 12, 12a están conectados y operados

en diferentes orientaciones dentro de una celda 2 de núcleo, se puede realizar una configuración cooperativa para cambiar la forma de las celdas 2 de núcleo, como se muestra en la FIG. 4, en la que la forma original de una celda 2 de núcleo se muestra en líneas fantasma y la forma cambiada se muestra en líneas continuas. Alternativamente, los accionadores 12, 12a pueden operarse en una configuración antagónica para endurecer las celdas 2 de núcleo, como se muestra en la FIG. 5. Cuando los accionadores 12, 12a funcionan en la configuración antagónica mostrada en la FIG. 4, la forma de las celdas 2 de núcleo puede permanecer igual mientras que los miembros 3 de núcleo de cada celda 2 de núcleo pueden ponerse rígidos.

En la fig. 6, se muestra un diagrama esquemático que ilustra el esfuerzo 14 y la deformación 15 impartidos a cada celda 2 de núcleo de una realización ilustrativa del núcleo 1 estructural adaptativo por los accionadores 12, 12a en cada celda 2 de núcleo. La celda 2 de núcleo puede diseñarse de manera que los accionadores 12, 12a estén unidos en una posición para reforzar una dirección 14, 15 compatible del núcleo 1 estructural adaptativo. Cuando los accionadores 12, 12a en diferentes orientaciones se activan de manera 54 cooperativa (como movimiento 54 recíproco), como se muestra en la FIG. 4, el mecanismo 14, 15 de deformación puede hacer que las celdas 2 de núcleo y el núcleo 1 estructural adaptativo (FIG. 3) cambien de forma. A la inversa, cuando los accionadores 12, 12a se activan de manera 55 antagónica (tal como movimiento 55 recíproco), como se muestra en la FIG. 5, el mecanismo 14, 15 de deformación puede estar bloqueado debido a las acciones competitivas de los accionadores 12, 12a, poniendo rígido el núcleo 1 estructural adaptativo.

Definiciones de geometría de la geometría de celda unitaria activada de manera antagónica con cuatro miembros (C4) compresivos que forman un rombo 42a (Figura 6A) o un paralelogramo 42b (Figura 6B) y dos miembros (T2) accionadores de tracción que cruzan diagonalmente el paralelogramo pueden expresarse mediante la ecuación (I), la ecuación (II) y la ecuación (II) a continuación. En la nomenclatura de tensegridad, esta configuración se conoce como C4T2. Otras formas de tensegridad pueden ser apropiadas para esquemas de activación plana. La ecuación (I) es una ecuación de esfuerzo que representa la fuerza normalizada del área de la sección transversal generada por cada accionador 12, 12a de acuerdo con las variables de diseño del accionador. La ecuación (II) representa la deformación cinemática en la dirección 1 en función de las variables de diseño del núcleo.

$$\text{Ecuación 1:} \quad \sigma_{McKibben1} = (P+\delta P)\,[3/\tan^2(\alpha_{10})\,(1-\kappa\varepsilon)^2 - 1/\operatorname{sen}^2(\alpha_{10})]$$

$$\text{Ecuación 2:} \quad \varepsilon_1 = \Delta L_1/L_{10} = 2s\,[\operatorname{sen}(\pi/4-\Delta\theta_{\text{diseño}}/2+\delta\theta) - \operatorname{sen}(\pi/4-\Delta\theta_{\text{diseño}}/2)]/2s\,\operatorname{sen}(\pi/4-\Delta\theta_{\text{diseño}}/2)$$

Basado en la Ecuación (I) y la Ecuación (II) anteriores, los modelos de esfuerzo y deformación de los accionadores 12, 12a y las celdas 2 de núcleo se pueden usar para calcular la rigidez de la configuración antagónica y del accionador. Para una entrada δ, P y δP dada, se puede calcular el esfuerzo y la deformación resultantes que un accionador 12, 12a ejerce sobre una celda 2 de núcleo. Cuando el accionador 12, 12a se coloca en las celdas 2 de núcleo, la relación cinemática para el esfuerzo 14 y la deformación 15 generados por el accionador 12, 12a se pueden usar para calcular el módulo de activación efectiva que es una relación de esfuerzo 14 a deformación 15 cuando las celdas 2 de núcleo se someten a una perturbación angular a diferentes niveles de presurización del accionador 12, 12a de acuerdo con la Ecuación (III) a continuación:

$$\text{Ecuación 3:} \quad E_{McKibben,1} = \sigma_{McKibben,1}/\varepsilon_1,\ E_{McKibben,2} = \sigma_{McKibben,2}/\varepsilon_2$$

Si no se producen pérdidas de rigidez del núcleo adicionales, el módulo efectivo de la configuración de activación antagónica puede ser determinada por los dos accionadores 12, 12a que contribuyen en paralelo. Por lo tanto, el módulo efectivo total de ambos accionadores 12, 12a se puede expresar mediante la Ecuación 4:

$$\text{Ecuación 4:} \quad E_{\text{accionador}} = E_{McKibben,1} + E_{McKibben,2}$$

Los miembros 3 de núcleo de las celdas 2 de núcleo pueden estar tensados con una precarga. Durante la activación cooperativa, la contracción (y, por tanto, el aumento de la presurización, + δP) de un accionador 12, 12a puede ir acompañada de la extensión (y una ligera despresurización, -δP) del segundo accionador 12, 12a. Por lo tanto, mientras que la rigidez de cada accionador 12, 12a McKibben puede cambiar durante la activación simultánea, sus cambios de rigidez pueden compensarse entre sí y la rigidez efectiva puede permanecer relativamente constante dada una presurización de sesgo, P. Sin embargo, para aumentar ligeramente la rigidez para una presurización de sesgo dada, P, ambos accionadores 12, 12a pueden aumentar ligeramente la presurización, + δP, para mantener la posición existente. Esto puede bloquear de forma cinemática los nodos 5 en los cuales los accionadores 12, 12a están acoplados a los miembros 3 de núcleo, aumentando la rigidez existente del accionador proporcional a 2δP/P.

En algunas aplicaciones, el núcleo 1 estructural adaptativo puede ser una parte de una estructura 28 de panel de transformación (figura 1) que se utiliza en la fabricación de revestimientos de aeronaves en las alas y otras superficies de una aeronave. Los accionadores 12, 12a se pueden unir a las celdas 2 de núcleo del núcleo 1 estructural adaptativo de tal manera que refuercen una dirección (o mecanismo) compatible de la estructura 28 del panel de transformación. Así, cuando los accionadores 12, 12a se activan de una manera 54 cooperativa (como movimiento 54 recíproco), como se muestra en la FIG. 4, cada celda 2 de núcleo y, por lo tanto, el núcleo 1 estructural adaptativo puede cambiar de forma, como lo indica la diferencia de la celda 2 de núcleo mostrada en líneas sólidas y fantasma. Esto puede inducir los cambios morfológicos deseados en el ala de la aeronave u otra superficie de la aeronave antes, después o durante el vuelo. Cuando los accionadores 12, 12a se activan de manera 55 antagónica (tal como movimiento 55 recíproco), como se muestra en la FIG. 5, el mecanismo 14, 15 de deformación está bloqueado debido a las acciones competitivas de los accionadores 12, 12a, lo que causa autoesfuerzo en los miembros 3 de núcleo y vuelve rígido el núcleo 1 estructural adaptativo y el ala de la aeronave u otra superficie de la aeronave antes, después o durante el vuelo. La estructura 28 del panel de transformación de la que forma parte el núcleo 1 estructural adaptativo, se puede utilizar junto con subestructuras adaptadas, esquemas de activación, retroalimentación sensorial y un sistema de control para transformar de manera reversible y controlable el ala de la aeronave a la forma deseada. En algunas aplicaciones, la estructura del panel 1 de transformación se puede retener en la configuración transformada bloqueando los accionadores 12, 12a en su lugar y apagando las bombas de presión hidráulica (no mostradas) que proporcionan presión hidráulica a los accionadores 12, 12a. En algunas aplicaciones, las bombas de presión hidráulica pueden permanecer encendidas para mantener la aplicación de presión hidráulica a los accionadores 12, 12a. El núcleo 1 estructural adaptativo puede adaptarse a una variedad de otras aplicaciones aeroespaciales que incluyen pero no se limitan a aletillas, aletas, puertas de bahía, sellos, compartimentos de tamaño variable y boquillas de entrada y salida de turbinas, así como aplicaciones no aeroespaciales.

Las ventajas del núcleo 1 estructural adaptativo pueden abordar la rigidez necesaria para la estabilidad aerodinámica y la baja energía (y, por lo tanto, baja masa de activación y fuente de energía) necesaria para controlar el desplazamiento estructural. La aeronave cambiante puede mejorar el control de vuelo, el tiempo de resistencia y la versatilidad de la aplicación durante todo el vuelo

El grosor 17 (figura 1) del núcleo 1 estructural adaptativo puede ser una fracción sustancial del grosor 18 total de la estructura 28 del panel de transformación y puede estar entre una y diez veces las láminas 29 frontales del panel de sándwich del grosor 19, por lo general, entre 0,508 mm (0,02 pulgadas) y 101,6 mm (4 pulgadas). Los accionadores 12 integrados pueden tener un diámetro o grosor 13 (FIG. 4) de entre 0.254 mm (0.01 pulgada) y 25.4 mm (1 pulgada) y pueden tener una longitud 13a (FIG. 5) lo suficientemente corta como para caber dentro de cada celda 2 de núcleo. En algunas aplicaciones, el núcleo 1 estructural adaptativo puede ser de 2.54 mm (0.10 pulgada) y los accionadores 12, 12a pueden tener 1.016 mm (0.04 pulg.) de diámetro 13. Para la aplicación del ala cambiante, la masa y el grosor del revestimiento de la aeronave puede ser una pequeña fracción del espesor total del componente (por ejemplo, el ala). El tamaño de celda y la unidad de repetición de la distancia del núcleo pueden estar en el mismo orden que el grosor del núcleo, con limitaciones razonables en el grosor para lograr la fidelidad de forma suficiente como se indicó aquí anteriormente.

Las figs. 8 y 9 ilustran una celda 2 unitaria ampliada del núcleo 1 estructural adaptativo con los accionadores 12, 12a antagónicos y las constantes de rigidez asociadas (rigidez = Δ fuerza 58/Δ desplazamiento 59). La FIG. 8 es un gráfico 60 de líneas que ilustra la presurización 61 diferencial de un primer accionador 12 a 862 kPa (125 psi) en comparación con la presurización 62 de un segundo accionador 12a a ~69 kPa (~10 psi), lo que arroja una rigidez de 13.9 N/mm. La FIG. 9 es un gráfico 64 de líneas que ilustra la presurización 65 diferencial de un primer accionador 12 a 862 kPa (125 psi) en comparación con la presurización 66 de un segundo accionador 12a a 862 kPa (125 psi), lo que da una rigidez de 19,4 N/mm.

Con referencia a las FIGS. 10 y 11, se muestran las capacidades de deformación en plano de la estructura 28 del panel de transformación en la implementación de una realización ilustrativa del núcleo 1 estructural adaptativo. La FIG. 10 ilustra la capacidad 68 de deformación por torsión global diferencial en el plano de la estructura 28 del panel de transformación. Con los ejes conformes de la estructura 28 orientados en un ángulo 71 positivo (en sentido antihorario) y en un ángulo negativo (en el sentido de las manecillas del reloj) con respecto al eje 70 de envergadura, el diseño reversible de la deformación por corte puede permitir torcer el ala en una geometría 73 de superficie de sustentación cerrada por la deformación diferencial del ángulo 71 en las manecillas del reloj con respecto al ángulo 72 de las agujas del reloj alrededor de toda la geometría 73 cerrada. Este cambio en la forma permite un giro 68 resultante alrededor del eje 70 de envergadura como se muestra en la FIG. 10. La Fig. 11 ilustra la capacidad de deformación por corte diferencial en el plano 76 de la estructura 28. Cuando la deformación 76 diferencial ocurre simétricamente entre la parte 77 superior y la parte 78 inferior de la estructura 28, puede ocurrir un cambio 79 de barrido y un cambio fraccional correspondiente en la cuerda y la envergadura. La relación de aspecto (cambio de cuerda/curvado o cambio de área) en la forma plana se puede lograr con el diseño de deformación 76 de corte haciendo que la deformación diferencial descrita anteriormente sea simétrica al espejo con respecto al plano 80 de cambio de área.

Con referencia a las Figs. 12 y 13, en algunas aplicaciones, el núcleo 1 estructural adaptativo se puede utilizar en el revestimiento 25 del ala de una aeronave 24. La FIG. 13 es una gráfica 82 de contorno de la rigidez torsional de semienvergadura efectiva, GJ, (numeral de referencia 83 en la FIG. 13) en función del módulo de revestimiento efectivo y del grosor 84 del revestimiento 25 del ala que utiliza el núcleo 1 estructural adaptativo en la FIG. 12. El requisito de

solicitud de estudio es 594 Pa-m^4. Combinando las características de torsión de la estructura 85 del panel en sándwich del revestimiento 25 de la aeronave con la activación 86 antagónico en el núcleo 1 estructural adaptativo, se puede cumplir la rigidez 83 torsional en el revestimiento 25 del ala.

El núcleo 1 estructural adaptativo puede fabricarse ensamblando los miembros 3 de núcleo en una celda 2 de núcleo con geometría de rombos con dos accionadores 12, 12a dentro de cada celda 2 de núcleo. Con un colector de distribución fluídica unido (no mostrado), los accionadores 12, 12a en ambas orientaciones puede presurizarse utilizando un sistema neumático o hidráulico. El número de grados de libertad plana independientes puede depender directamente del número de circuitos neumáticos o hidráulicos independientes que se forman. En algunas aplicaciones, se puede requerir un mínimo de dos circuitos neumáticos o hidráulicos independientes para activar el modo de activación antagónico necesario para el control de la activación de corte o la mejora de la rigidez. Más de dos circuitos neumáticos o hidráulicos independientes pueden agregar confiabilidad, redundancia, zonas planas para diferentes grados de libertad espacial, pero pueden requerir hardware y software más sofisticados (y voluminosos). Con los circuitos neumáticos o hidráulicos presurizados y cuando se desea una deformación por corte, se puede lograr una activación cooperativa despresurizando un accionador ligeramente mientras se aumenta ligeramente la presión en el otro accionador. Para un efecto de rigidez adicional, ambos accionadores 12, 12a pueden no estar presurizados diferencialmente, pero deben mantener o aumentar sus respectivas presiones de manera que no se produzcan desplazamientos o deformaciones por corte. Esto puede colocar fuerzas de compresión adicionales en los miembros 3 de núcleo, lo que aumenta la resistencia y la rigidez del núcleo 1 estructural adaptativo. Esta forma de operación antagónica puede ceñir la celda 2 de núcleo de la unidad de repetición en forma de rombo. Es posible que se requieran sensores (no mostrados) para validar las operaciones de deformación por corte, operaciones de ceñimiento y para proporcionar una señal de retroalimentación para un sistema de control de software.

Se pueden conectar dos circuitos diferentes de señal de control del accionador a los miembros 3 de núcleo de manera que, cuando se activan, la celda 2 de núcleo sea estáticamente indeterminada (hay un estado de autoesfuerzo en todos los miembros 3 de núcleo). La señal de control puede proporcionarse a través de conductos eléctricos o fluidos, como colectores y válvulas, o circuitos flexibles electrónicos acoplados a los miembros 3 de núcleo. Los sensores pueden ser sensores de presión, celdas de carga, sensores de desplazamiento o ángulo o potenciómetros lineales o angulares.

Con referencia a la FIG. 14, se muestra un diagrama 1400 de flujo de una realización ilustrativa de un método de núcleo estructural adaptativo. En la Fig. 1402, se proporcionan miembros 3 de núcleo. En el bloque 1404, un núcleo 1 estructural adaptativo se forma al disponer los miembros 3 de núcleo en un patrón repetitivo. En el bloque 1406, los puntos de unión del accionador 8 están provistos en los miembros 3 de núcleo. En el bloque 1408, se proporcionan los accionadores 12, 12a. En el bloque 1410, los accionadores 12, 12a están unidos a los puntos 8 de unión del accionador en los miembros 3 de núcleo. En el bloque 1412, al menos una lámina 29 compuesta está provista en el núcleo 1 estructural adaptativo. En el bloque 1414, en algunas aplicaciones, la forma del núcleo 1 se puede cambiar operando los accionadores 12 de manera 54 cooperativa. En el bloque 1416, en algunas aplicaciones el núcleo 1 se puede reforzar operando los accionadores 12, 12a de manera 55 antagónica. En algunas aplicaciones aeroespaciales, un operador de aeronaves puede elegir una forma de transformación para el revestimiento 25 del ala (FIG. 12) que utiliza el núcleo 1. El operador de aeronaves puede operar los accionadores 12, 12a en cada celda 2 de núcleo del núcleo 1 para cambiar la forma de cada celda 2 de núcleo, como se describió hasta ahora con respecto a la FIG. 4. El núcleo 1 puede cambiar o transformar la forma del revestimiento 25 del ala. Se pueden tomar medidas para que el operador de la aeronave confirme si la forma seleccionada para el revestimiento 25 del ala se ajusta a la forma que fue seleccionada por el operador de la aeronave.

Con referencia a la FIG. 14A, se muestra un diagrama 1400 de flujo a que ilustra un método de adaptación de un núcleo estructural de una estructura de panel de transformación. En el bloque 1402a, se puede proporcionar un núcleo 1 estructural adaptativo que tiene miembros 3 de núcleo de intersección y celdas 2 de núcleo definidas por los miembros 3 de núcleo. En el bloque 1404a, al menos un accionador 12, 12a puede proporcionarse en cada celda 2 de núcleo. En algunas realizaciones, un par de accionadores 12, 12a puede proporcionarse en relación diagonal e intersectante entre sí en cada celda 2 de núcleo. En el bloque 1406a, los accionadores 12, 12a pueden estar unidos a los miembros 3 de núcleo. En el bloque 1408a, el núcleo estructural 1 puede adaptarse mediante la activación 54, 55 de los accionadores 12, 12a. Los accionadores 12, 12a pueden accionarse de una manera 55 antagónica para endurecer las celdas 2 de núcleo. Los accionadores 12, 12a pueden accionarse de manera 54 cooperativa para cambiar la forma de las celdas 2 de núcleo.

Con referencia a las FIGS. 15-17, se muestra una estructura 31 ilustrativa de panel de transformación en la FIG. 15. La estructura 31 del panel de transformación puede incluir un núcleo 34 estructural adaptativo que se muestra en la FIG. 16. El núcleo 34 estructural adaptativo puede incluir una red de miembros 35 de núcleo de intersección que definen múltiples filas y columnas de celdas 36 de núcleo. El núcleo 34 estructural adaptativo puede montarse en un marco 32 de núcleo que puede estar equipado con aberturas 33 de montaje de marco para facilitar la unión del marco 32 de núcleo a una estructura (no mostrada) utilizando pernos u otros sujetadores (no mostrados). Dos conjuntos de accionadores 37 McKibben pueden extenderse diagonalmente a través de cada celda 36 del núcleo del núcleo 34 estructural adaptativo en relación de intersección entre sí. En algunas realizaciones, cada accionador 37 McKibben puede ser continuo a través de múltiples celdas 36 de núcleo, como se muestra en la FIG. 17. Como se muestra en la FIG. 15, se puede proporcionar una lámina 38 compuesta en al menos una superficie del núcleo 34 estructural

adaptativo. En algunas realizaciones, el núcleo 34 estructural adaptativo puede estar en sándwich entre un par de láminas 38 frontales compuesta provistas en superficies opuestas del núcleo 34 estructural adaptativo.

Con referencia a las FIGS. 18 y 19, las realizaciones de la divulgación se pueden usar en el contexto de un método 78 de fabricación y servicio de aeronave como se muestra en la FIG. 18 y una aeronave 94 como se muestra en la FIG. 19. Durante la preproducción, el método 78 de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 80 de la aeronave 94 y la adquisición 82 de material. Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación 84 de componentes y subensamblajes y la integración 86 del sistema de la aeronave 94. Posteriormente, la aeronave 94 puede pasar por la certificación y la entrega 88 para ser puesta en servicio 90. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 94 puede programarse para el mantenimiento y servicio 92 de rutina (que también puede incluir modificaciones, reconfiguraciones, renovación), etc.).

Cada uno de los procesos del método 78 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

Como se muestra en la FIG. 19, la aeronave 94 producida por el método 78 de ejemplo puede incluir un fuselaje 98 de aeronave con una pluralidad de sistemas 96 y un interior 100. Ejemplos de sistemas 96 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 102 de propulsión, un sistema 104 eléctrico, un sistema 106 hidráulico, y un sistema 108 ambiental. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, como la industria automotriz. Se puede proporcionar un revestimiento 40 de ala en el fuselaje 98 de aeronave. Al menos una estructura 28 de panel de transformación puede incorporarse en el revestimiento 40 de ala.

El aparato realizado en el presente documento puede emplearse durante una o más de las etapas del método 78 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subensamblajes correspondientes en la etapa 84 de producción pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subensamblajes producidos mientras la aeronave 94 está en servicio. También se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos durante las etapas 84 y 86 de producción, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 94. De manera similar, una o más realizaciones de aparatos pueden utilizarse mientras la aeronave 94 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 92.

Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones de ejemplos, debe entenderse que las realizaciones específicas son con fines ilustrativos y no limitativos, ya que a los expertos en la técnica se les ocurrirán otras variaciones, dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un núcleo (1) estructural adaptativo para estructuras de paneles de transformación, que comprende:

una pluralidad de miembros (3) de núcleo dispuestos en un patrón de repetición y en donde dicha pluralidad de miembros de núcleo define una pluralidad de celdas (2) de núcleo teniendo cada una una pluralidad de paredes (4) de celda;

una pluralidad de puntos (8) de unión del accionador provisto en dicha pluralidad de miembros (3) de núcleo; y

al menos un accionador (12, 12a) que acopla dicha pluralidad de puntos (8) de unión del accionador y es continuo a través de muchas celdas (2) de núcleo en el núcleo (1) estructural adaptativo.

2. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 1, en donde dicha pluralidad de miembros (3) de núcleo está dispuesta en un patrón de repetición plana.

3. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 2, en donde dicho patrón de repetición comprende un patrón de rombo.

4. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 2, en donde dicho patrón de repetición comprende un patrón de paralelogramo.

5. El núcleo (1) estructural adaptativo de la reivindicación 1, en donde dicha pluralidad de puntos (8) de unión del accionador comprende un par de puntos de unión del accionador provisto en unos opuestos de dicha pluralidad de paredes (4) de celda de cada una de dichas celdas de núcleo.

6. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 5, en donde cada una de dicha pluralidad de puntos (8) de unión del accionador comprende una abertura de unión del accionador.

7. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de accionadores (12, 12a) unida a los opuestos de dicha pluralidad de paredes (4) de celda de cada una de dicha pluralidad de celdas (2) de núcleo.

8. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 7, en donde cada una de dicha pluralidad de accionadores (12, 12a) está configurada para ejercer fuerzas sobre dichas paredes (4) de celda de una manera cooperativa.

9. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 7, en donde cada una de dicha pluralidad de accionadores (12, 12a) está configurada para ejercer fuerzas sobre dichas paredes (4) de celda de una manera antagónica.

10. El núcleo estructural adaptativo de la reivindicación 1, en donde dicha pluralidad de miembros de núcleo comprende una pluralidad de miembros (3) de núcleo de metal o miembros de núcleo compuestos.

11. Un método de núcleo estructural adaptativo, que comprende:

proporcionar una pluralidad de miembros (3) de núcleo;

disponer dicha pluralidad de miembros (3) de núcleo en un patrón de repetición, en donde dicha pluralidad de miembros de núcleo define una pluralidad de celdas (2) de núcleo teniendo cada una una pluralidad de paredes (4) de celda;

proporcionar una pluralidad de puntos (8) de unión del accionador en dicha pluralidad de miembros de núcleo; y

proporcionar al menos un accionador (12, 12a) que acople dicha pluralidad de puntos (8) de unión del accionador y es continua a través de muchas celdas (2) de núcleo.

12. El método de la reivindicación 11, en donde dicha provisión de una pluralidad de puntos (8) de unión del accionador en dicha pluralidad de miembros (3) de núcleo comprende la provisión de puntos de unión en los opuestos de dicha pluralidad de paredes (4) de celda, respectivamente.

13. El método de la reivindicación 12, que comprende además proporcionar un par de accionadores (12, 12a) en cada una de dicha pluralidad de celdas (2) de núcleo y unir dicho par de accionadores (12, 12a) a dichos puntos (8) de unión, respectivamente.

14. El método de la reivindicación 11, que comprende además al menos una lámina (29) frontal compuesta en dicha pluralidad de miembros (3) de núcleo.

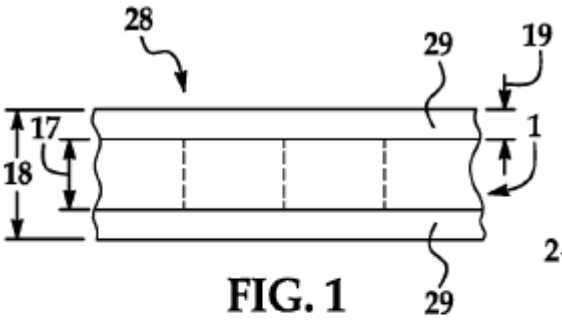


FIG. 1

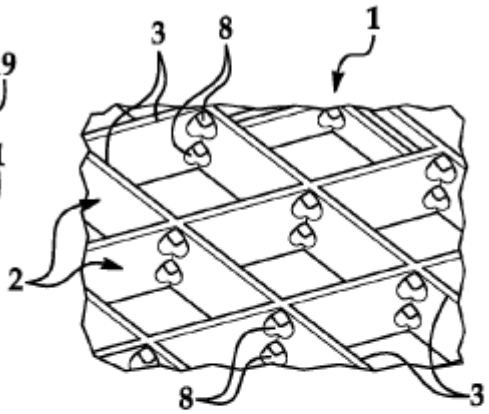


FIG. 2

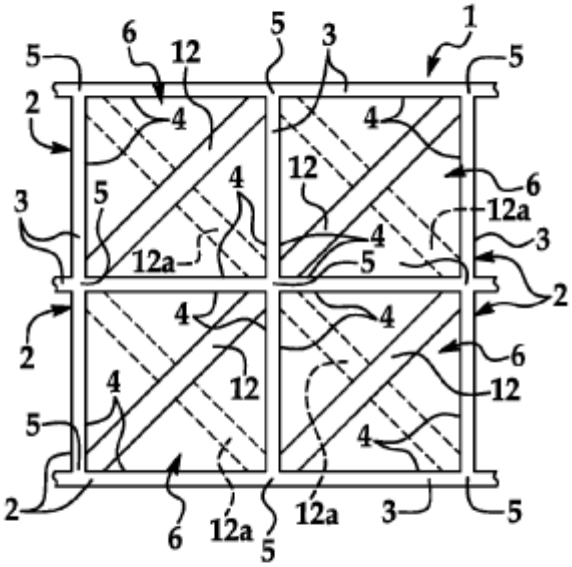


FIG. 3

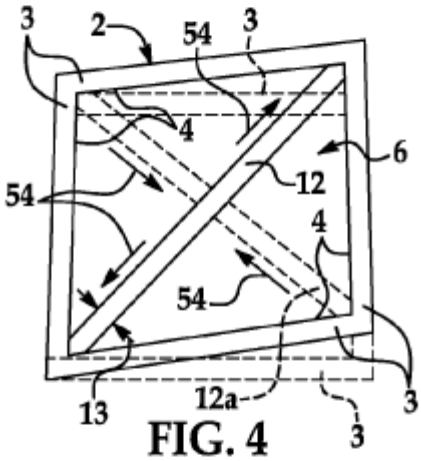


FIG. 4

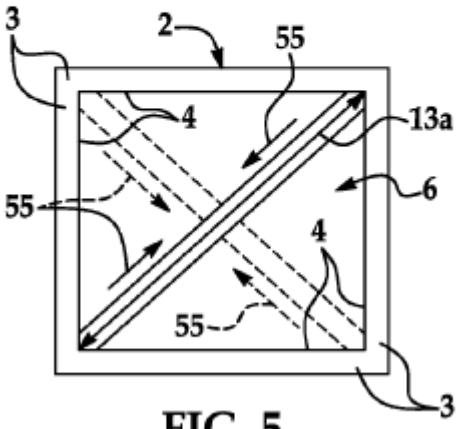


FIG. 5

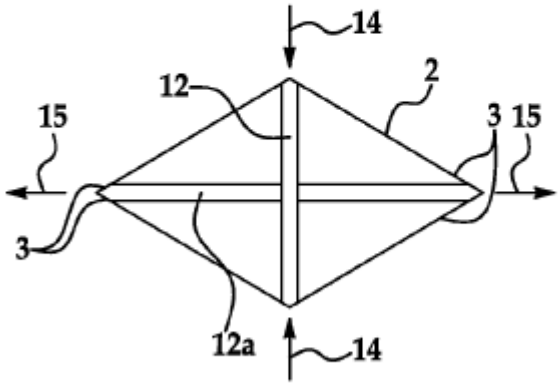


FIG. 6

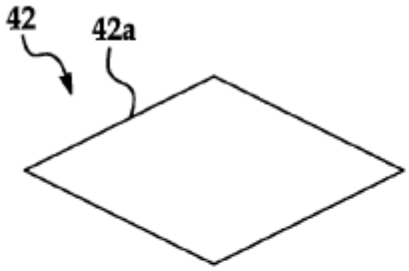


FIG. 6A

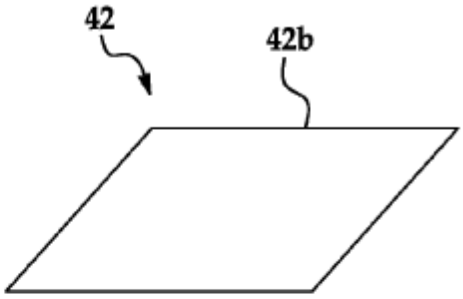


FIG. 6B

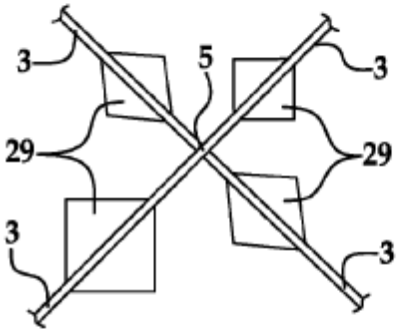


FIG. 6C

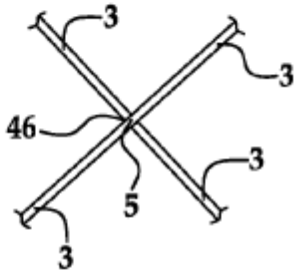


FIG. 6D

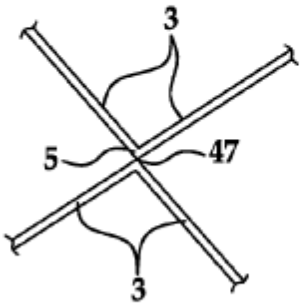


FIG. 6E

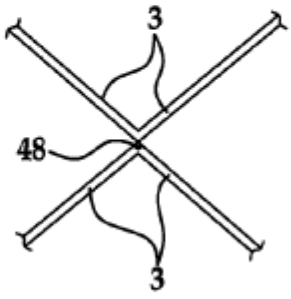


FIG. 6F

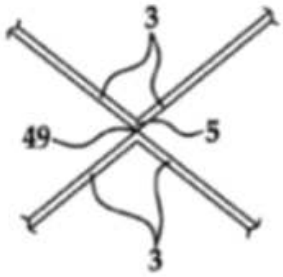


FIG. 6G

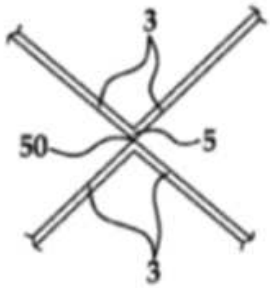


FIG. 6H

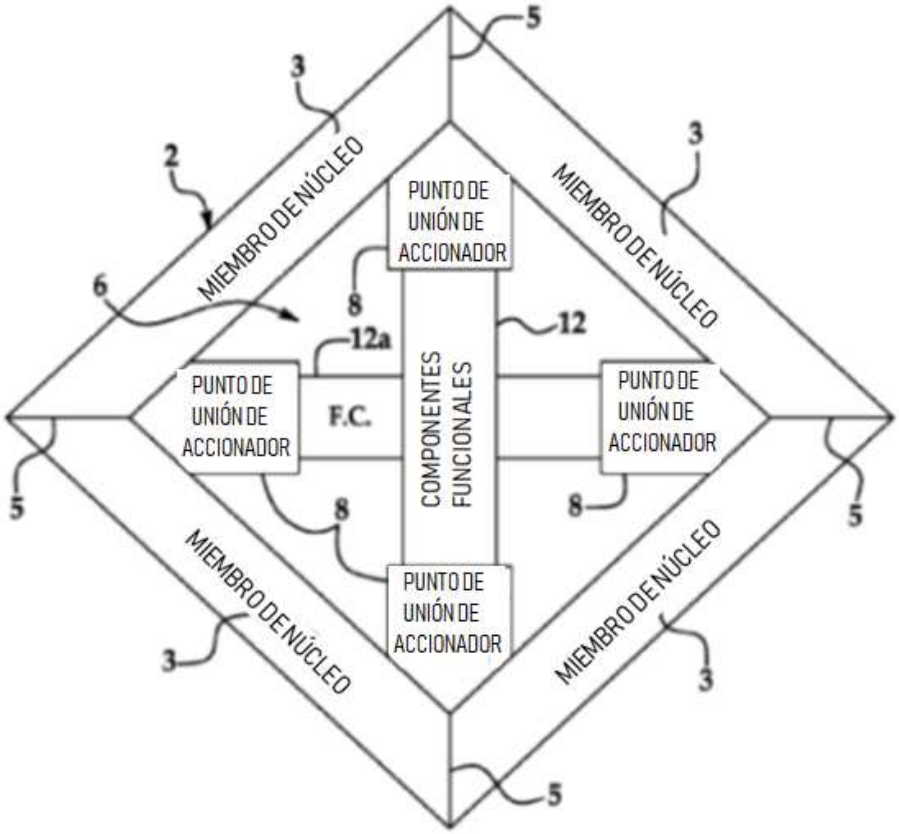


FIG. 6I

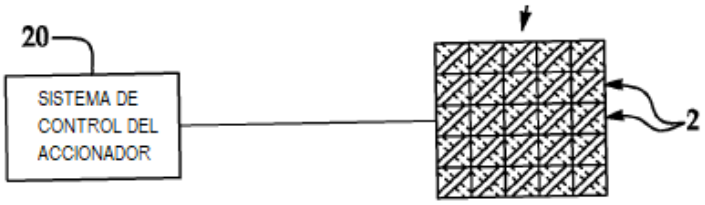


FIG. 7

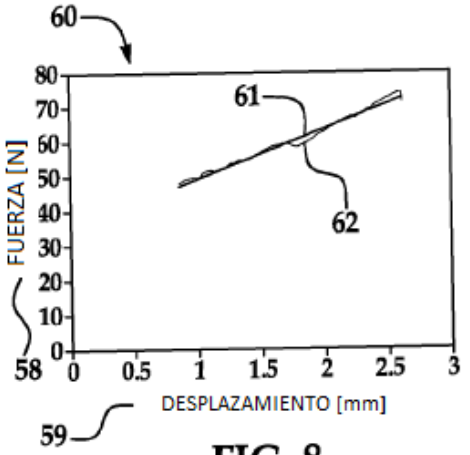


FIG. 8

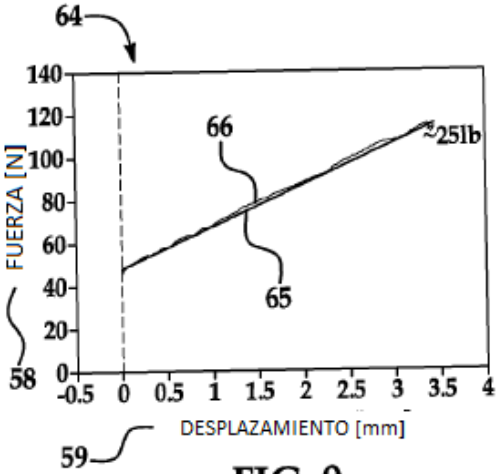


FIG. 9

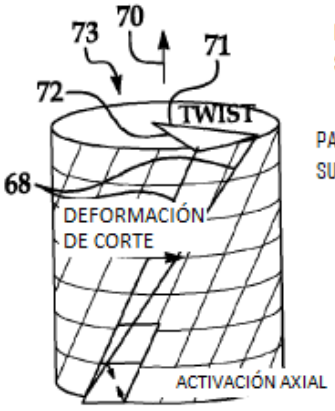


FIG. 10

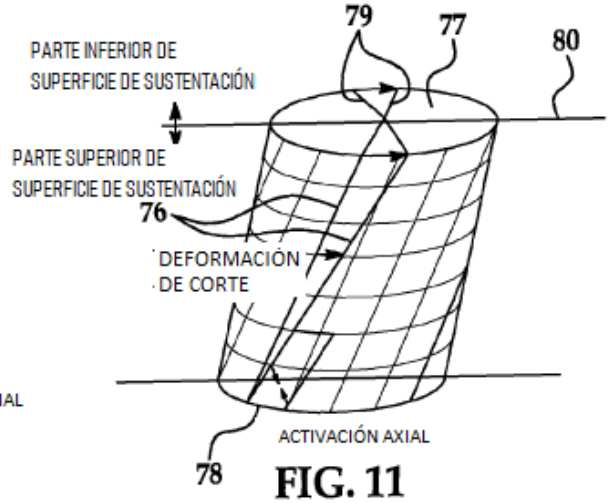


FIG. 11

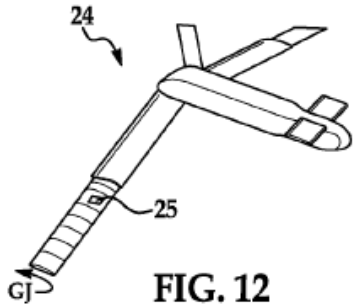


FIG. 12

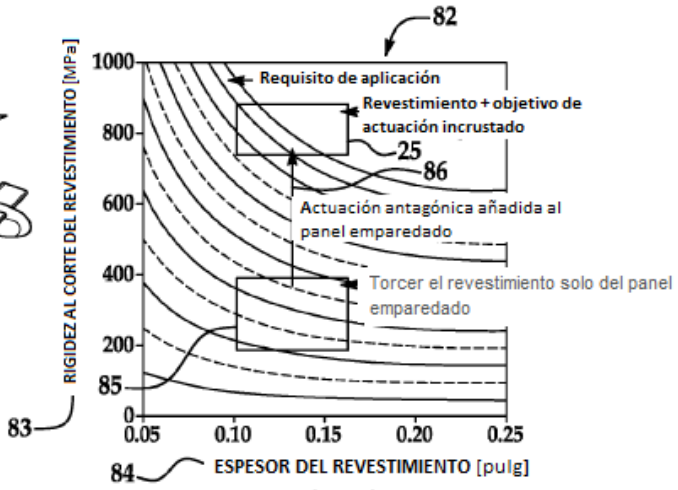


FIG. 13

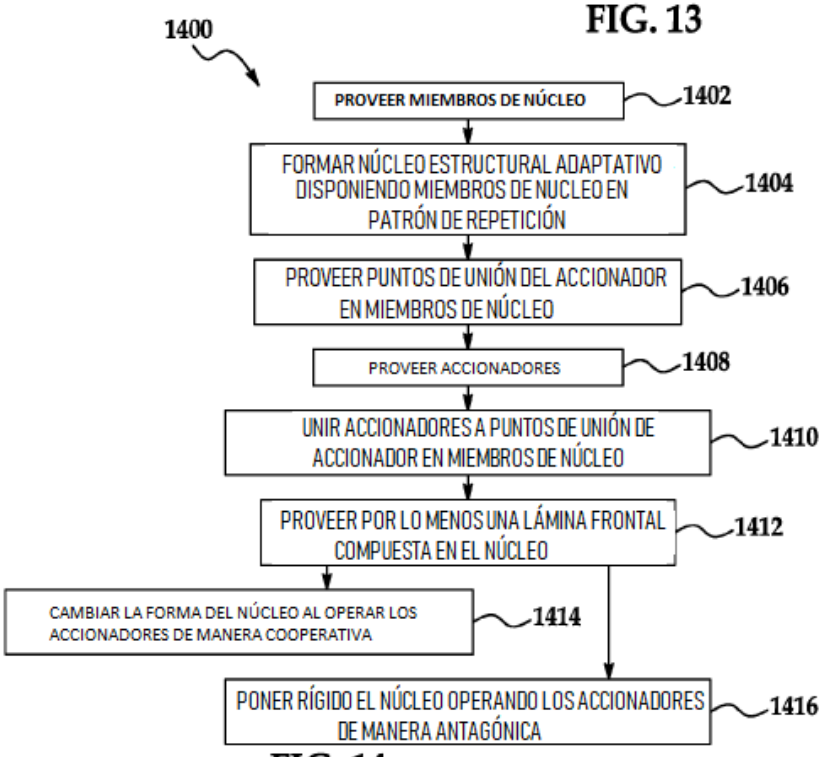


FIG. 14

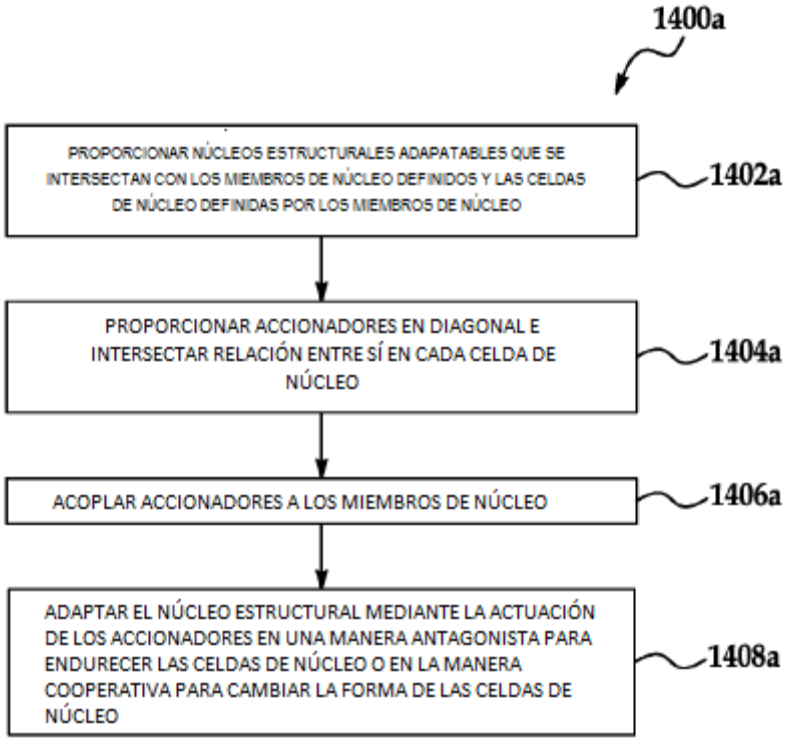


FIG. 14A

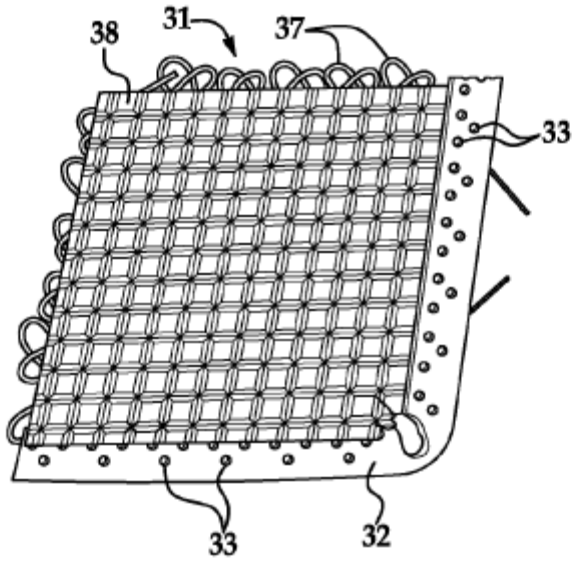


FIG. 15

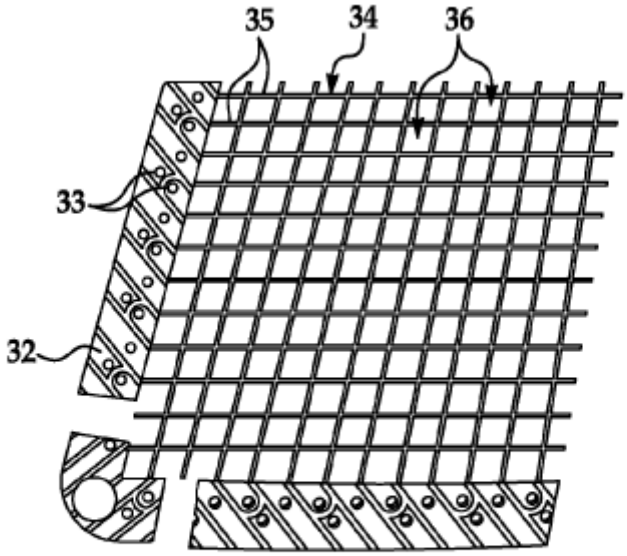


FIG. 16

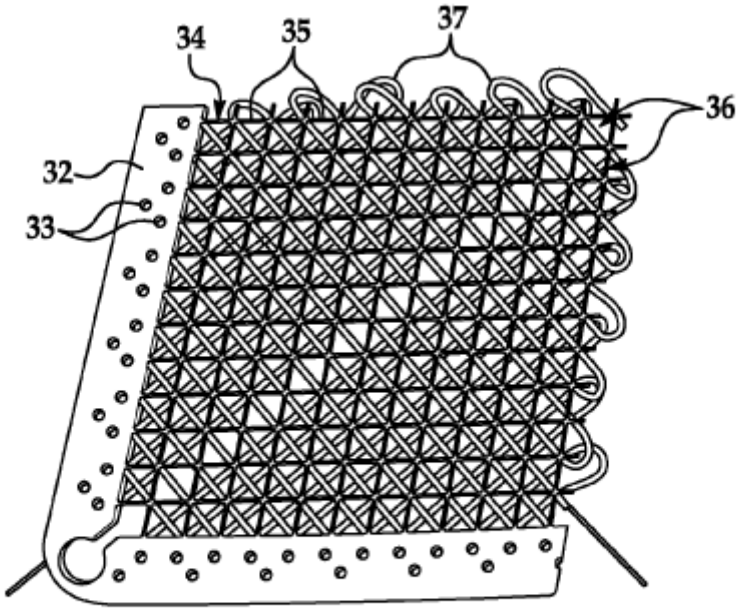


FIG. 17

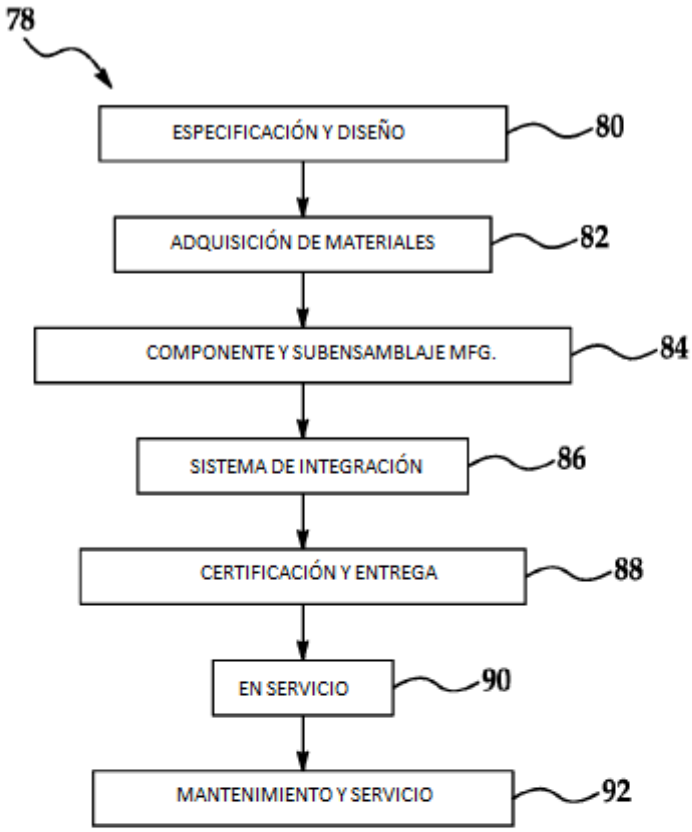

78
ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO
80
ADQUISICIÓN DE MATERIALES
82
COMPONENTE Y SUBENSAMBLAJE MFG.
84
SISTEMA DE INTEGRACIÓN
86
CERTIFICACIÓN Y ENTREGA
88
EN SERVICIO
90
MANTENIMIENTO Y SERVICIO
92

FIG. 18

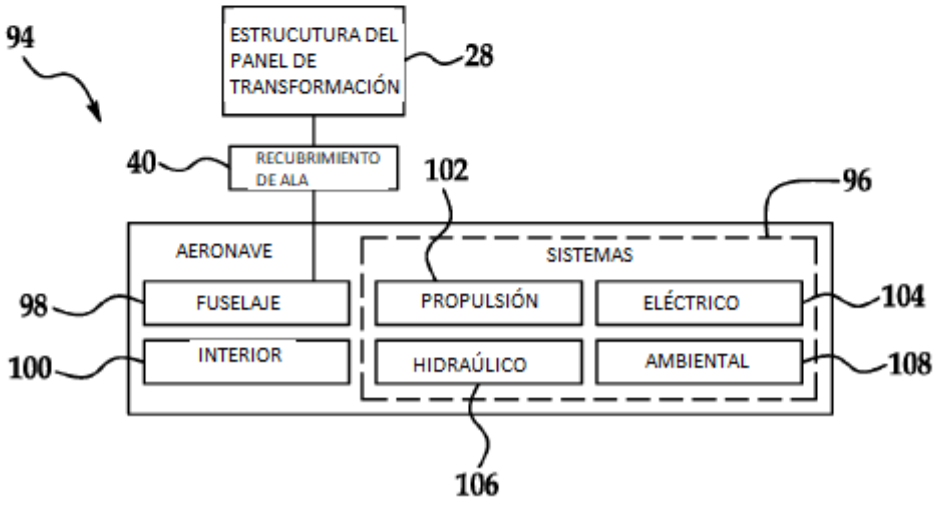

94
ESTRUCUTURA DEL PANEL DE TRANSFORMACIÓN
28
40
RECUBRIMIENTO DE ALA
102
96
AERONAVE
SISTEMAS
98
FUSELAJE
PROPULSIÓN
ELÉCTRICO
104
100
INTERIOR
HIDRAÚLICO
AMBIENTAL
108
106

FIG. 19