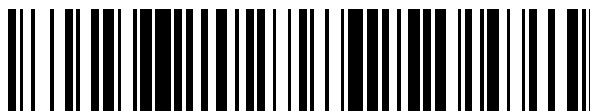


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 394**

51 Int. Cl.:

B64C 3/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2012 E 12180290 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2562080**

54 Título: **Cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable que utiliza materiales inteligentes optimizados**

30 Prioridad:

16.08.2011 US 201113210375

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

27.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SHOME, MOUSHUMI;
CALKINS, FREDERICK T.;
MABE, JAMES HENRY y
GRIMSHAW, MATTHEW TODD**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 610 394 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

Cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable que utiliza materiales inteligentes optimizados

Campo

5 Las realizaciones de la presente descripción se refieren generalmente al diseño fluido-dinámico. Más particularmente, las realizaciones de la presente descripción se refieren al diseño de las superficies de control fluido-dinámicas.

Antecedentes

10 En la aeronáutica y la ingeniería aeronáutica, la curvatura comprende una asimetría entre una superficie superior y una superficie inferior de un perfil aerodinámico. Una curvatura de un perfil aerodinámico puede ser definida por una línea de curvatura, que es la curva que está a medio camino entre la superficie superior y la superficie inferior del perfil aerodinámico. La curvatura es generalmente un factor contribuyente importante que determina una velocidad de pérdida de un avión. Un cambio en una curvatura de un perfil aerodinámico puede cambiar una velocidad de pérdida de un avión.

15 El documento FR 2 927 377 A1 muestra un método para deformar activamente por control por realimentación, un perfil aerodinámico que comprende un material elástico, aplicado a una parte de la superficie del perfil aerodinámico, estando dicho material elástico en contacto con un flujo de fluido; siendo dicho material elástico capaz de ser deformado por uno o más accionadores con memoria de forma situados en contacto con el material elástico, siendo dichos accionadores controlados por un ordenador conectado a sensores. Este método se aplica particularmente a una deformación de un perfil aerodinámico de un ala de un avión en vuelo, en particular subsónico.

20 El documento DE 41 13 504 A1 muestra un aparato para usar las propiedades de una aleación con memoria de forma, p. ej., para posicionar un flap de un ala de avión.

25 El documento US 5 114 104 A muestra una superficie de control articulada para control de vuelo utilizando una superficie de control moldeable que es conformada contrayendo y alargando aleaciones con memoria de forma embebidas dentro de la superficie de control. Las aleaciones con memoria de forma se contraen cuando son calentadas mediante la aplicación de una corriente eléctrica y se alargan cuando son enfriadas, i.e., la corriente eléctrica es eliminada. La superficie de control resultante es capaz de generar una superficie de control curvada sin ningún sistema de control electro/mecánico o hidráulico.

30 El documento EP 2 078 865 A2 muestra un ventilador, particularmente para enfriar motores de combustión interna para las máquinas de movimiento de tierra, cuyas palas tienen una estructura de material compuesto deformable elásticamente que incluye al menos una lámina de aleación con memoria de forma adaptada para ser calentada por medio de corriente eléctrica para variar la geometría de la pala.

El documento EP 2 147 856 A1 muestra un conjunto de flap de ala que comprende un flap hecho de una pluralidad de secciones de flap, en el que cada sección de flap está conectada a la precedente de una manera giratoria, y uno o más dispositivos de accionamiento adaptados para controlar el giro de las secciones de flap.

35 Compendio

Un método para configurar un cuerpo fluido-dinámico según la reivindicación 1 y un avión según la reivindicación 3 son descritos.

Un cuerpo fluido-dinámico es conformado en una primera configuración de curvatura, y el cuerpo fluido-dinámico es conformado en una segunda configuración de curvatura usando un accionador de aleación con memoria de forma.

40 En una realización, un método para configurar un cuerpo fluido-dinámico configura una curvatura de un cuerpo fluido-dinámico activando un accionador de aleación con memoria de forma acoplado al cuerpo fluido-dinámico.

45 En otra realización, un sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable comprende un cuerpo fluido-dinámico y un accionador de aleación con memoria de forma. El cuerpo fluido-dinámico es operable para adoptar una primera configuración de curvatura y una segunda configuración de curvatura. El accionador de aleación con memoria de forma es operable para configurar el cuerpo fluido-dinámico en la primera configuración de curvatura en respuesta a una primera temperatura de control. El accionador de aleación con memoria de forma es además operable para configurar el cuerpo fluido-dinámico en la segunda configuración de curvatura en respuesta a una segunda temperatura de control.

50 En otra realización más, un método para proporcionar un sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable proporciona un cuerpo fluido-dinámico operable para adoptar una primera configuración de curvatura y una segunda configuración de curvatura, y acopla un accionador de aleación con memoria de forma al cuerpo fluido-dinámico. El accionador de aleación con memoria de forma es operable para configurar el cuerpo fluido-dinámico en la primera

configuración de curvatura en respuesta a un primer control de temperatura, y configurar el cuerpo fluido-dinámico en la segunda configuración de curvatura en respuesta a una segunda temperatura de control.

5 Según un aspecto de la presente descripción se proporciona un método para configurar un cuerpo fluido-dinámico, comprendiendo el método: configurar una curvatura de un cuerpo fluido-dinámico activando un accionador de aleación con memoria de forma acoplado al cuerpo fluido-dinámico.

Ventajosamente la configuración comprende además: configurar el cuerpo fluido-dinámico en una primera configuración de curvatura; y configurar el cuerpo fluido-dinámico en una segunda configuración de curvatura usando el accionador de aleación con memoria de forma.

10 Preferiblemente el cuerpo fluido-dinámico comprende una primera estructura aerodinámica y una segunda estructura aerodinámica; el accionador de aleación con memoria de forma está acoplado a la primera estructura aerodinámica y a la segunda estructura aerodinámica; la primera configuración de curvatura comprende la primera estructura aerodinámica en un primer ángulo con respecto a la segunda estructura aerodinámica; y la segunda configuración de curvatura comprende la primera estructura aerodinámica en un segundo ángulo con respecto a la segunda estructura aerodinámica.

15 Ventajosamente la configuración comprende además: el curvado del cuerpo fluido dinámico usando una estructura de armadura de aleación con memoria de forma acoplada al cuerpo fluido-dinámico.

Ventajosamente el cuerpo fluido-dinámico comprende una primera capa estratificada de material compuesto y una segunda capa estratificada de material compuesto; y el accionador de aleación con memoria de forma está unido entre la primera capa estratificada de material compuesto y la segunda capa estratificada de material compuesto.

20 Ventajosamente el cuerpo fluido-dinámico comprende al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en: un perfil aerodinámico, un ala, un puntal, una aleta, un elevador, un timón, un alerón, y un elevón.

25 Según un aspecto adicional de la presente descripción se proporciona un sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable que comprende: un cuerpo fluido-dinámico operable para adoptar una primera configuración de curvatura y una segunda configuración de curvatura; y un accionador de aleación con memoria de forma operable para: configurar el cuerpo fluido-dinámico en la primera configuración de curvatura en respuesta a una primera temperatura de control; y configurar un cuerpo fluido-dinámico en la segunda configuración de curvatura en respuesta a una segunda temperatura de control.

30 Ventajosamente el accionador de aleación con memoria de forma comprende al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en: una articulación de aleación con memoria de forma, un panel de aleación con memoria de forma, y una estructura de armadura de aleación con memoria de forma acoplada al cuerpo fluido-dinámico.

35 Ventajosamente el cuerpo fluido-dinámico comprende una primera estructura aerodinámica y una segunda estructura aerodinámica; el accionador de aleación con memoria de forma está acoplado a la primera estructura aerodinámica y a la segunda estructura aerodinámica; la primera configuración de curvatura comprende la primera estructura aerodinámica en un primer ángulo con respecto a la segunda estructura aerodinámica; y la segunda configuración de curvatura comprende la primera estructura aerodinámica en un segundo ángulo con respecto a la segunda estructura aerodinámica.

Ventajosamente el cuerpo fluido-dinámico comprende una primera capa estratificada de material compuesto y una segunda capa estratificada de material compuesto; y el accionador de aleación con memoria de forma está unido entre la primera capa estratificada de material compuesto y la segunda capa estratificada de material compuesto.

40 Ventajosamente el cuerpo fluido-dinámico comprende al menos un miembro seleccionado entre el grupo que consiste en: un perfil aerodinámico, un ala, un puntal, una aleta, un elevador, un timón, un alerón, y un elevón.

45 Según un aspecto adicional de la presente descripción se ha proporcionado un método para proporcionar un sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable que comprende: proporcionar un cuerpo fluido-dinámico operable para adoptar una primera configuración de curvatura y una segunda configuración de curvatura; y acoplar un accionador de aleación con memoria de forma al cuerpo fluido-dinámico, el accionador de aleación con memoria de forma operable para: configurar el cuerpo fluido-dinámico en la primera configuración de curvatura en respuesta a una primera temperatura de control; y configurar el cuerpo fluido-dinámico en la segunda configuración de curvatura en respuesta a una segunda temperatura de control.

50 Además, la primera configuración de curvatura comprende preferiblemente la primera estructura aerodinámica en un primer ángulo con respecto a la segunda estructura aerodinámica; y la segunda configuración de curvatura comprende la primera estructura aerodinámica en un segundo ángulo con respecto a la segunda estructura aerodinámica.

Ventajosamente el cuerpo fluido-dinámico comprende al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en: un perfil aerodinámico, un ala, un fuselaje, un puntal, una aleta, un elevador, un timón, un alerón, y un elevón.

Este compendio es provisto para presentar una selección de conceptos de una manera simplificada que son adicionalmente descritos más adelante en la descripción detallada. Este compendio no pretende identificar características clave o características esenciales de la materia reivindicada, ni tampoco pretende ser usado como una ayuda en la determinación del alcance de la materia reivindicada.

5 Breve descripción de los dibujos

Una comprensión más completa de las realizaciones de la presente descripción se puede obtener mediante referencia a la descripción detallada y reivindicaciones cuando se considere en conjunción con las siguientes figuras, en donde números de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de las figuras. Las figuras son proporcionadas para facilitar la comprensión de la descripción sin limitar la amplitud, alcance, escala o aplicabilidad de la descripción. Los dibujos no están necesariamente hechos a escala.

La Figura 1 es una ilustración de un diagrama de flujo de una producción ejemplar de aviones y una metodología de servicio que forman un antecedente técnico de la actual invención.

La Figura 2 es una ilustración de un diagrama de bloques ejemplar de un avión.

La Figura 3 es una ilustración de un sistema ejemplar de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable según una realización de la descripción.

La Figura 4 es una ilustración de un perfil aerodinámico ejemplar de curvatura variable según una realización de la descripción.

La Figura 5 es una ilustración de una estructura ejemplar de curvatura variable que comprende una pluralidad de accionadores de aleación con memoria de forma de articulación que muestra perfiles de curvatura según una realización de la descripción.

La Figura 6 es una ilustración de una estructura ejemplar de curvatura variable que comprende una pluralidad de accionadores de aleación con memoria de forma de articulación que muestra líneas de cuerda según una realización de la descripción.

La Figura 7 es una ilustración de un panel ejemplar de material compuesto accionado de aleación con memoria de forma en un estado no-accionado no conforme a la invención.

La Figura 8 es una ilustración de un panel ejemplar de material compuesto accionado de aleación con memoria de forma que muestra el panel de material compuesto accionado de aleación con memoria de forma de la Figura 7 en un estado accionado no conforme a la invención.

La Figura 9 es una ilustración de un conjunto ejemplar de superficie de sustentación que comprende un accionador de armadura de aleación con memoria de forma no conforme a la invención.

La Figura 10 es una ilustración de una vista ampliada del accionador de armadura de aleación con memoria de forma de la Figura 9 no conforme a la invención.

La Figura 11 es una ilustración de un flujograma ejemplar que muestra un proceso de configuración de cuerpo fluido-dinámico según una realización de la descripción.

La Figura 12 es una ilustración de un flujograma ejemplar que muestra un proceso para proporcionar un sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable según una realización de la descripción.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es de naturaleza ilustrativa y no pretende limitar la descripción o la aplicación y usos de las realizaciones de la descripción. Las descripciones de dispositivos específicos, técnicas, y aplicaciones son proporcionadas solo como ejemplos. La presente descripción debería ser acordada como de alcance coherente con las reivindicaciones, y no limitada a los ejemplos descritos y mostrados en la presente memoria.

Las realizaciones de la descripción pueden ser descritas en la presente memoria en términos de componentes de bloque funcionales y/o lógicos y varios pasos de procesamiento. Debe apreciarse que tales componentes de bloque pueden ser realizados por cualquier número de componentes de hardware, software, y/o firmware configurados para desempeñar las funciones especificadas. En aras de la brevedad, técnicas convencionales y componentes relacionados con la aerodinámica, aleaciones con memoria de forma, estructuras de vehículos, dinámica de fluidos, sistemas de control de vuelo, y otros aspectos funcionales de los sistemas descritos en la presente memoria (y los componentes operativos individuales de los sistemas) pueden no ser descritos en detalle en la presente memoria. Además, aquellos expertos en la técnica apreciarán que las realizaciones de la presente descripción puedan ser puestas en práctica en conjunción con una variedad de hardware y software, y que las realizaciones descritas en la presente memoria son simplemente realizaciones ejemplares de la descripción. Realizaciones de la descripción son descritas en la presente memoria en el contexto de una aplicación práctica no limitativa, concretamente, un perfil

aerodinámico de avión. Las realizaciones de la descripción, sin embargo, no están limitadas a tales aplicaciones de perfil aerodinámico de avión, y las técnicas descritas en la presente memoria pueden también ser utilizadas en otras aplicaciones. Por ejemplo pero sin limitación, las realizaciones pueden ser aplicables a hidrodreslizadores, turbinas de viento, turbinas de energía mareomotriz, y similares.

5 Como sería aparente para un experto ordinario en la técnica después de leer esta descripción, lo siguiente son ejemplos y realizaciones de la descripción y no están limitados a operar de acuerdo con estos ejemplos. Haciendo referencia más particularmente a los dibujos, las realizaciones de la descripción pueden ser descritas en el contexto de una fabricación ejemplar de aviones y el método de servicio 100 (método 100) como se muestra en la Figura 1 y un avión 200 como se muestra en la Figura 2. Durante la pre-producción, el método 100 puede comprender especificación y diseño 104 del avión 200, y obtención del material 106. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjunto 108 (proceso 108) e integración del sistema 110 del avión 200. Después de eso, el avión 200 puede pasar la certificación y entrega 112 para ser puesto en servicio 114. Estando en servicio por un cliente, el avión 200 es planificado para mantenimiento rutinario y servicio 116 (que puede también comprender modificación, reconfiguración, restauración, etcétera).

15 Cada uno de los procesos del método 100 puede ser desempeñado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (p. ej., un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, cualquier número de fabricantes de aviones y subcontratistas de sistema principal; un tercero puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas, y proveedores; y un operador puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, una aerolínea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicios; y similares.

20 Como se muestra en la Figura 1, el avión 200 producido mediante el método 100 puede comprender un fuselaje 218 con una pluralidad de sistemas 220 y un interior 222. Ejemplos de sistemas de alto nivel de los sistemas 220 comprenden uno o más sistemas de propulsión 224, un sistema eléctrico 226, un sistema hidráulico 228, un sistema medioambiental 230, y un cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable que utiliza un sistema 232 de materiales inteligentes optimizados. Cualquier número de otros sistemas puede también ser incluido. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, las realizaciones de la descripción pueden ser aplicadas a otras industrias.

25 Aparatos y métodos realizados en la presente invención pueden emplearse durante uno o más de cualquiera de las etapas del método 100. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a la producción del proceso 108 pueden ser fabricados o manufacturados de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras el avión 200 está en servicio. Además, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas pueden ser utilizadas durante las etapas de producción del proceso 108 y la integración del sistema 110, por ejemplo, acelerando sustancialmente el montaje o reduciendo el coste de un avión 200. Similarmente, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas pueden ser utilizadas mientras el avión 200 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 116.

30 Una aleación con memoria de forma (shape memory alloy, SMA) recuerda su forma original después de haber sido deformada de esa forma original. Una SMA regresa a su forma original cuando es calentado (efecto de memoria de forma) o cuando la presión de deformación es eliminada (superelasticidad). Una SMA que regresa a su forma original cuando es calentado es una SMA de una dirección. Una SMA de dos direcciones recuerda dos formas diferentes: una forma a una temperatura relativamente baja, y otra forma a una temperatura relativamente alta. La configuración de las dos formas por proceso termo-mecánico es conocida como el "entrenamiento" de la SMA. Una SMA con las dos formas configuradas es conocida como una SMA "entrenada". Las propiedades de forma de una SMA entrenada resultan desde una transformación de fase martensítica iniciada por temperatura desde una estructura de cristal de baja simetría (martensita) hasta una muy simétrica (austenita).

35 Las temperaturas a las cuales la SMA cambia su estructura depende de una aleación particular, y puede ser ajustada variando una mezcla química y un proceso termomecánico. Algunos materiales comunes de SMA comprenden, por ejemplo pero sin limitación, cobre-zinc-aluminio, cobre-aluminio-níquel, níquel-titanio-platino, níquel-titanio-paladio, níquel-titanio-hafnio, níquel-titanio (NiTi o Nitinol), y similares. Las aleaciones SMA de NiTi tienen generalmente propiedades mecánicas superiores a las SMA basadas en cobre, pero generalmente son también más caras. Los accionadores de SMA según diversas realizaciones de la descripción pueden hacerse, por ejemplo pero sin limitación, de cualquiera de los materiales de SAM anteriormente mencionados.

40 La Figura 3 es una ilustración de un sistema ejemplar 300 de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable (sistema 300) según una realización de la descripción. El sistema 300 puede comprender un cuerpo fluido-dinámico 302 (perfil aerodinámico 302), un accionador 304 de aleación con memoria de forma (SMA), y un controlador 308. El perfil aerodinámico 302 y el accionador 304 de SMA pueden estar acoplados el uno al otro mediante diversos medios de acoplamiento 306. El cuerpo fluido-dinámico 302, un perfil aerodinámico 302 de curvatura variable, un cuerpo fluido-dinámico 302 de curvatura variable, y el perfil aerodinámico 302 pueden ser usados indistintamente en este documento.

- El perfil aerodinámico 302 comprende una curvatura variable y como tal también se denomina perfil aerodinámico 302 de curvatura variable. El perfil aerodinámico 302 de curvatura variable es operable para configurar una forma de una curvatura 414 (Figura 4) en una primera configuración de curvatura usando el accionador 304 de SMA en respuesta a una primera temperatura de control. El perfil aerodinámico 302 de curvatura variable es además operable para configurar una forma de la curvatura 414 (Figura 4) para reconformar la primera configuración de curvatura en una segunda configuración de curvatura usando el accionador 304 de SMA en respuesta a una segunda temperatura de control. De esta manera, el perfil de curvatura del perfil aerodinámico 302 de curvatura variable cambia de un perfil de curvatura fija previo al accionamiento del accionador 304 de SMA a un perfil de curvatura variable después del accionamiento del accionador 304 de SMA. La curvatura 414 (Figura 4) del perfil aerodinámico de curvatura variable 302 puede ser definida por una línea de curvatura media 410 (Figura 4), que es la curva que está a medio camino entre una superficie superior 420 (Figura 4) y una superficie inferior 422 (Figura 4) del perfil aerodinámico 302 de curvatura variable (perfil aerodinámico 400 en la Figura 4). Como se mencionó anteriormente, un cambio en la curvatura del perfil aerodinámico 302/400 de curvatura variable puede cambiar una velocidad de pérdida del avión 200.
- El perfil aerodinámico 302/400 de curvatura variable puede comprender una sección transversal de una superficie de sustentación y/o una sección transversal de una superficie de control de un cuerpo fluido-dinámico. La superficie de control puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, una aleta auxiliar, un alerón, una cola, un timón, un elevador, un flap, un deflector, un elevón, y similares. La superficie de sustentación puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, un ala, un timón a proa, un estabilizador horizontal, y similares.
- El accionador 304 de SMA es operable para variar una forma (i.e., curvar, desviar, cambiar de forma) de una curvatura en respuesta al calentamiento y/o enfriamiento. De esta manera, la curvatura 414 puede cambiar de forma para alterar un flujo sobre el perfil aerodinámico 302/400 de curvatura variable. En otra realización, el controlador 308 puede incluir o ser realizado como un controlador (conectado a los sistemas del avión), para facilitar el control de una deformación (i.e., cambiar la forma) de la curvatura 414 como se explica en más detalle más adelante.
- El accionador 304 de SMA según diversas realizaciones de la descripción puede hacerse, por ejemplo pero sin limitación, de cualquiera de los materiales de SMA mencionados anteriormente. Según las diversas realizaciones, el accionador 304 de SMA comprende una articulación de SMA 502/504/506/602/604 (Figuras 5-6), un panel 700 de material compuesto accionado de SMA (Figura 7), un panel de aleación con memoria de forma, una estructura de armadura de aleación con memoria de forma, y un accionador 902 de SMA de armadura (Figura 9) como se explica en más detalle más adelante. Sin embargo, el accionador 304 de SMA no está limitado a la articulación de SMA 502/504/506/602/604, el panel 700 de material compuesto accionado de SMA, y el accionador 902 de SMA de armadura y puede también comprender otras estructuras de SMA operables para variar una forma de la curvatura 414.
- Diversos medios de acoplamiento 306 pueden comprender cualquier tecnología de acoplamiento adecuada para el uso por el sistema 300. Los diversos medios de acoplamiento 306 pueden comprender, por ejemplo pero sin limitación, encolado, soldadura, y similares.
- El controlador 308 puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, un módulo de procesador 310, un módulo de memoria 312, y similares. El controlador 308 puede ser implementado como, por ejemplo pero sin limitación, una parte de un sistema del avión, un procesador de avión centralizado, un módulo de computación de subsistema dedicado al perfil aerodinámico 302 de curvatura variable, y similares.
- El controlador 308 está configurado para controlar térmicamente el accionador 304 de SMA para variar una forma de la curvatura 414 según diversas condiciones de operación. Las condiciones de operación pueden comprender, por ejemplo pero sin limitación, condiciones de vuelo, operaciones de tierra, y similares. Las condiciones de vuelo pueden comprender, por ejemplo pero sin limitación, despegue, crucero, aproximación, aterrizaje, y similares. Las operaciones de tierra pueden comprender, por ejemplo pero sin limitación, ruptura de aire tras el aterrizaje, y similares. El controlador 308 está situado a distancia del accionador 304 de SMA. El accionador 304 de SMA es controlable ajustando una temperatura entre las temperaturas de acabado de martensita y austenita de tal manera que las formas entre los estados accionados extremos pueden ser seleccionadas y mantenidas usando el controlador 308.
- En operación, el controlador 308 puede controlar el accionador 304 de SMA monitorizando la temperatura de los accionadores 304 de SMA y calentando y enfriando el accionador 304 de SMA según sea necesario. El calentamiento/enfriamiento del accionador 304 de SMA es proporcionado por los sistemas de refrigeración/calefacción del avión. De esta manera, el controlador 308 determina una temperatura basada en una condición de vuelo actual, y proporciona calentamiento/enfriamiento para activar/desactivar el accionador 304 de SMA. Esto permite al controlador 308 variar la forma de la curvatura 414 de acuerdo con las condiciones de vuelo actuales, p. ej., si un avión está aproximándose, aterrizando, despegando o en crucero. El controlador 308 puede ser usado para optimizar una forma de la curvatura 414 para el ruido, sustentación, arrastre, y similares.
- En una realización, el controlador 308 está configurado para cambiar la temperatura de los accionadores 304 de SMA de manera no uniforme. El controlador 308 puede variar temperaturas de respectivos segmentos del

accionador 304 de SMA por separado unas de otras, en donde cada una de las temperaturas es diferente una de otra. De esta manera, regiones diferentes del accionador 304 de SMA pueden ser calentadas a temperaturas diferentes mediante el controlador 308 para lograr diferentes niveles de cambio en la forma de la curvatura 414 en diferentes regiones del perfil aerodinámico 302 de curvatura variable. Por ejemplo, diferentes accionadores de SMA pueden ser calentados en diferentes magnitudes para mantener una forma deseada. El módulo de procesador 310 comprende lógica de procesamiento que está configurada para llevar a cabo las funciones, técnicas, y tareas de procesamiento asociadas con la operación del sistema 300. En particular, la lógica de procesamiento está configurada para soportar el sistema 300 descrito en la presente memoria. Por ejemplo, el módulo de procesador 310 dirige el accionador 304 de SMA para variar una forma de la curvatura 414 basada en diversas condiciones de vuelo.

El módulo de procesador 310 puede ser implementado, o realizado, con un procesador de propósito general, una memoria de contenido direccionable, un procesador de señal digital, un circuito integrado de aplicación específica, una matriz de puertas programable por campo, cualquier dispositivo de lógica programable adecuado, puerta discreta o lógica de transistores, componentes de hardware discretos, o cualquier combinación de los mismos, diseñados para desempeñar las funciones descritas en la presente memoria. De esta manera, un procesador puede ser realizado como un microprocesador, un controlador, un microcontrolador, una máquina de estados, o similares. Un procesador puede también ser implementado como una combinación de dispositivos de computación, p. ej., una combinación de un procesador de señal digital y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno más microprocesadores en combinación con un núcleo de procesador de señal digital, o cualquier otra configuración similar.

El módulo de memoria 312 puede comprender un área de almacenamiento de datos con memoria formateada para soportar la operación del sistema 300. El módulo de memoria 312 está configurado para almacenar, mantener, y proporcionar datos según se necesiten para soportar la funcionalidad del sistema 300. Por ejemplo, el módulo de memoria 312 puede almacenar datos de configuración de vuelo, datos de temperatura de control, y similares.

En realizaciones prácticas, el módulo de memoria 312 puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, un dispositivo de almacenamiento no volátil (memoria de semiconductor no volátil, dispositivo de disco duro, dispositivo de disco óptico, y similares), un dispositivo de almacenamiento de acceso aleatorio (por ejemplo, SRAM, DRAM), o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica.

El módulo de memoria 312 puede estar acoplado al módulo de procesador 310 y configurado para almacenar, por ejemplo pero sin limitación, una base de datos, y similares. Adicionalmente, el módulo de memoria 312 puede representar una base de datos de actualización dinámica que contiene una tabla para actualizar la base de datos, y similares. El módulo de memoria 312 puede también almacenar, un programa de ordenador que es ejecutado por el módulo de procesador 310, un sistema operativo, un programa de aplicación, datos provisionales usados en la ejecución de un programa, y similares.

El módulo de memoria 312 puede estar acoplado al módulo de procesador 310 de tal manera que el módulo de procesador 310 puede leer información del módulo de memoria 312 y escribir información en el mismo. Por ejemplo, el módulo de procesador 310 puede acceder al módulo de memoria 312 para acceder a una velocidad del avión, una posición de superficie de control de vuelo, un ángulo de ataque, un número Mach, una altitud, y similares.

Como ejemplo, el módulo de procesador 310 y el módulo de memoria 312 pueden residir en respectivos circuitos integrados de aplicación específica (ASIC). El módulo de memoria 312 puede también estar integrado en el módulo de procesador 310. En una realización, el módulo de memoria 312 puede comprender una memoria caché para almacenar variables temporales y otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones para ser ejecutadas por el módulo de procesador 310.

La Figura 4 es una ilustración de un ejemplo de perfil aerodinámico 400 de curvatura variable (perfil aerodinámico 400) según una realización de la descripción. El perfil aerodinámico 400 de curvatura variable puede comprender un borde de ataque 402, un borde de salida 404, una superficie superior 420, y una superficie inferior 422. El perfil aerodinámico 400 de curvatura variable comprende el accionador 304 de SMA (Figura 3). Como se explica en más detalle más adelante, el accionador 304 de SMA puede estar acoplado (p.ej., mediante medios de acoplamiento 306) de diversas maneras al perfil aerodinámico 400 de curvatura variable. El accionador 304 de SMA puede configurar el perfil aerodinámico 400 de curvatura variable en una primera configuración de curvatura 406 y una segunda configuración de curvatura 408. La primera configuración de curvatura 406 puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, un estado de SMA inactivo, un estado de SMA martensítico, un estado de SMA austenítico, y similares, del accionador 304 de SMA. La segunda configuración de curvatura 408 puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, un estado de SMA inactivo, un estado de SMA martensítico, un estado de SMA austenítico, y similares, del accionador 304 de SMA.

El perfil aerodinámico 400 de curvatura variable puede ser caracterizado por la línea de curvatura media 410 (línea de curvatura) y una línea de cuerda 412. La línea de curvatura 410 puede comprender una curva a mitad de camino entre la superficie superior 420 y la superficie inferior 422 del perfil aerodinámico 400 de curvatura variable caracterizando una asimetría entre la superficie superior 420 y la superficie inferior 422. La curvatura 414 del perfil

aerodinámico 400 de curvatura variable puede ser definida mediante una línea de curvatura 410. La curvatura 414 puede comprender las distancias entre la línea de curvatura 410 y la línea de cuerda 412 que definen una forma de la línea de curvatura 410.

5 La Figura 5 es una ilustración de una estructura ejemplar 500 de curvatura variable que comprende una pluralidad de articulaciones de SMA 502/504/506 que muestran perfiles de curvatura 508 y 510 (líneas de curvatura) según una realización de la descripción. La estructura 500 de curvatura variable es operable para acoplar el cuerpo fluido-dinámico 302 (Figura 3). La estructura 500 de curvatura variable comprende una primera articulación 502 de SMA , una segunda articulación 504 de SMA , una tercera articulación 506 de SMA , una primera estructura aerodinámica 518, una segunda estructura aerodinámica 520, y una tercera estructura aerodinámica 522.

10 La primera articulación 502 de SMA está acoplada a la primera estructura aerodinámica 518, y la segunda articulación 504 de SMA está acoplada a la primera estructura aerodinámica 518 y a la segunda estructura aerodinámica 520. La tercera articulación 506 de SMA está acoplada a la segunda estructura aerodinámica 520 y a la tercera estructura aerodinámica 522. La primera articulación 502 de SMA , la segunda articulación 504 de SMA , y la tercera articulación 506 de SMA son cada una operables para activar (p.ej., girar) en respuesta a una primera temperatura de control de activación de SMA, una segunda temperatura de control de activación de SMA, y una tercera temperatura de control de activación de SMA respectivamente. La primera articulación 502 de SMA , la segunda articulación 504 de SMA , y la tercera articulación 506 de SMA pueden ser controladas individualmente o en combinación. La primera temperatura de control de activación de SMA, la segunda temperatura de control de activación de SMA, y la tercera temperatura de control de activación de SMA pueden ser controladas individualmente (p.ej., a temperaturas individuales separadas) o en combinación (p.ej., dos o más pueden tener una temperatura en común).

25 La estructura de curvatura variable 500 es operable para cambiar una forma de la curvatura 414 (Figura 4) y por consiguiente una forma de una primera línea 508 de curvatura mediante el reconformado desde una primera configuración de curvatura 512 a una segunda configuración de curvatura 516 en respuesta a la activación de la primera articulación 502 de SMA , la segunda articulación 504 de SMA , y la tercera articulación 506 de SMA . La estructura de curvatura variable 500 comprende una primera línea 508 de curvatura en la primera configuración de curvatura 512, y una segunda línea de curvatura 510 en la segunda configuración de curvatura 516. La estructura 500 de curvatura variable es además operable para cambiar a varias formas tales como una tercera configuración de curvatura 514 entre la primera configuración de curvatura 512 y la segunda configuración de curvatura 516.

30 La Figura 6 es una ilustración de un ejemplo de estructura de curvatura variable 600 que comprende una pluralidad de articulaciones 602/604 de aleación con memoria de forma según una realización de la descripción. La estructura de curvatura variable 600 es operable para acoplarse al cuerpo fluido-dinámico 302 (Figura 3). La estructura de curvatura variable 600 comprende una primera articulación 602 de SMA , una segunda articulación 604 de SMA , una primera estructura aerodinámica 606, y una segunda estructura aerodinámica 608.

35 La primera articulación 602 de SMA está acoplada a la primera estructura aerodinámica 606, y la segunda articulación 604 de SMA está acoplada a la primera estructura aerodinámica 606 y a la segunda estructura aerodinámica 608. La primera articulación 602 de SMA puede también estar acoplada al cuerpo fluido-dinámico 302. La primera articulación 602 de SMA y la segunda articulación 604 de SMA son cada una operables para activar (p.ej., girar) en respuesta a una primera temperatura de control de activación de SMA y a una segunda temperatura de control de activación de SMA respectivamente. La primera articulación 602 de SMA y la segunda articulación 604 de SMA pueden ser controladas individualmente o en combinación. La primera temperatura de control de activación de SMA y la segunda temperatura de control de activación de SMA son controladas individualmente a temperaturas individuales separadas.

45 La estructura de curvatura variable 600 es operable para cambiar una forma de la curvatura 414 (Figura 4) mediante el reconformado desde una primera configuración de curvatura 610 a una segunda configuración de curvatura 612 en respuesta a la activación de la primera articulación 602 de SMA y la segunda articulación 604 de SMA . La primera configuración de curvatura 610 comprende la primera estructura aerodinámica 606 en un primer ángulo 618 en relación a la segunda estructura aerodinámica 608. La segunda configuración de curvatura 612 comprende la primera estructura aerodinámica 606 en un segundo ángulo 620 en relación a la segunda estructura aerodinámica 608. La estructura de curvatura variable 600 comprende una primera línea de cuerda 614 en la primera configuración de curvatura 610, y una segunda línea de cuerda 616 en la segunda configuración de curvatura 612.

55 En las realizaciones mostradas en las Figuras 5-6, hasta tres articulaciones de SMA son usadas en las estructuras de curvatura variable 500 y 600. Sin embargo, puede ser usado cualquier número de las articulaciones de SMA 502, 504, 506, 602, y 604 . Además, situar las articulaciones de SMA 502, 504, 506, 602, y 604 en diferentes ubicaciones de unión (p. ej., ubicaciones de unión compuestas) permite la transferencia eficiente de carga entre superficies de curvatura variable que comprenden las estructuras de curvatura variable 500 y 600. Las superficies de curvatura variable, pueden comprender, por ejemplo pero sin limitación, superficies de ala, superficies de control, la superficie superior 420, la superficie inferior 422, y similares. Las articulaciones de SMA 502, 504, 506, 602, y 604 pueden cada una necesitar ser cuidadosamente diseñadas entre paneles de material compuesto de las superficies de

curvatura variable para que el accionamiento de los paneles de material compuesto sea eficientemente habilitado durante un proceso de deformación.

La Figura 7 es una ilustración de un panel de material compuesto accionado ejemplar 700 de aleación con memoria de forma (panel 700 de SMA) en un estado no accionado 710. El panel de material compuesto accionado 700 de SMA puede comprender una primera capa estratificada 712 de material compuesto y una segunda capa estratificada 714 de material compuesto , y un accionador de SMA 704/706/708 (panel accionado de aleación con memoria de forma) unido entre la primera capa estratificada 712 de material compuesto y la segunda capa estratificada 714 de material compuesto . El accionador de SMA 704/706/708 puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, una capa de SMA, una varilla de SMA, una lámina de SMA, una malla de SMA, y similares.

La Figura 8 es una ilustración del panel de material compuesto accionado ejemplar 700 de SMA de la Figura 7 en un estado accionado 802. El panel de material compuesto accionado 700 de SMA puede ser accionado para conformar la curvatura 414 del perfil aerodinámico de curvatura variable 400 (Figura 4). En una realización, un revestimiento de material compuesto del perfil aerodinámico 400 de curvatura variable puede estar relleno con capas del material de SMA 704/706/708. El panel de material compuesto accionado 700 de SMA (accionador 304 de SMA) puede estar situado, por ejemplo pero sin limitación, entre bandejas de material compuesto como un estilo de recorte, un estilo de sándwich, y similares, para lograr una capacidad de deformación específica donde se desea una capacidad de cambio de forma para un perfil de curvatura variable final. Por ejemplo, múltiples capas de lámina de SMA pueden ser situadas en diversas ubicaciones del perfil aerodinámico de curvatura variable 400 donde se desea mayor deformación de las superficies que comprenden la superficie superior 420 y la superficie inferior 422.

La Figura 9 es una ilustración de un conjunto ejemplar 900 de superficie de sustentación que comprende el accionador 902 de SMA de armadura (estructura de armadura de aleación con memoria de forma). La Figura 10 es una ilustración de una vista ampliada 1000 del accionador 902 de SMA de armadura de la Figura 9. El conjunto 900 de superficie de sustentación comprende la superficie superior 420 (eliminada en la Figura 9 para mostrar el accionador 902 de SMA de armadura), y la superficie inferior 422 del perfil aerodinámico de curvatura variable 302/400. El accionador 902 de SMA de armadura puede estar situado, por ejemplo pero sin limitación, cerca de un borde de ataque 402 como se muestra en la Figura 9, un borde de salida 404 (Figura 4) del perfil aerodinámico de curvatura variable 302/400, y similares. En la realización mostrada en la Figura 9, el accionador 902 de SMA de armadura cambia la forma en respuesta a un cambio en la temperatura, lo cual curva el borde de ataque 402 (p. ej., borde de ataque del ala) variando la curvatura 414 (Figura 4). El accionador 902 de SMA de armadura puede hacerse grueso o delgado, más largo o más corto dependiendo del criterio de diseño de la curvatura variable, y puede estar situado en cualquier ubicación adecuada para la operación del sistema 300. Cualquier número de accionadores 902 de SMA de armadura pueden ser usados para moldear la curvatura 414.

Utilizando el accionador 902 de SMA de armadura , el perfil aerodinámico de curvatura variable 302/400 (Figuras 3-4) es operable para cambiar una forma de la curvatura 414 para reconformar una configuración de curvatura inicial (p.ej., primera configuración de curvatura 406 en la Figura 4) a una configuración de curvatura variable final (p.ej., segunda configuración de curvatura 408 en la Figura 4) usando el accionador 902 de SMA de armadura en respuesta a una primera temperatura de control y a una segunda temperatura de control respectivamente. De esta manera, un perfil de curvatura del perfil aerodinámico de curvatura variable 302 cambia desde un perfil de curvatura inicial (p.ej., primera línea de curvatura 508 en la Figura 5) previo a un accionamiento del accionador 902 de SMA de armadura a un perfil de curvatura variable final (p.ej., segunda línea 510 de curvatura) después del accionamiento del accionador 902 de SMA de armadura .

La Figura 10 es una ilustración de una vista ampliada del accionador 902 de SMA de armadura de la Figura 9.

La Figura 11 es una ilustración de un ejemplo de flujograma que muestra un proceso 1100 de configuración de cuerpo fluido-dinámico (proceso 1100) según una realización de la descripción. Las diversas tareas desempeñadas en relación con el proceso 1100 pueden ser desempeñadas mecánicamente, por software, hardware, firmware, software legible por ordenador, medio de almacenamiento legible por ordenador, o cualquier combinación de los mismos. Debe apreciarse que el proceso 1100 puede incluir cualquier número de tareas adicionales o alternativas, las tareas mostradas en la Figura 11 no necesitan ser desempeñadas en el orden ilustrado, y el proceso 1100 puede ser incorporado en un procedimiento más exhaustivo o proceso con funcionalidad adicional no descrito en detalle en la presente memoria.

Con fines ilustrativos, la siguiente descripción del proceso 1100 puede referirse a elementos mencionados anteriormente en relación con las Figuras 1-10. En realizaciones prácticas, partes del proceso 1100 pueden ser desempeñadas por diferentes elementos del sistema 300 tales como: el cuerpo fluido-dinámico 302, el accionador 304 de SMA , el controlador 308, etc. Debe apreciarse que el proceso 1100 puede incluir cualquier número de tareas adicionales o alternativas, las tareas mostradas en la Figura 11 no necesitan ser desempeñadas en el orden ilustrado, y el proceso 1100 puede estar incorporado en un procedimiento más exhaustivo o proceso con funcionalidad adicional no descrito en detalle en la presente memoria.

El proceso 1100 puede comenzar configurando una curvatura tal como la curvatura 414 de un cuerpo fluido-dinámico tal como el cuerpo fluido-dinámico 302 mediante la activación de un accionador de aleación con memoria de forma tal como el accionador 304 de SMA acoplado con el cuerpo fluido-dinámico 302 (tarea 1102).

5 El proceso 1100 puede continuar configurando el cuerpo fluido-dinámico 302 en una primera configuración de curvatura tal como la primera configuración de curvatura 406 (tarea 1104). El proceso 1100 puede continuar configurando el cuerpo fluido-dinámico 302 en una segunda configuración de curvatura tal como la segunda configuración de curvatura 408 usando el accionador de SMA 304 (tarea 1106).

10 El proceso 1100 puede continuar curvando el cuerpo fluido-dinámico 302 usando una estructura de armadura de aleación con memoria de forma tal como el accionador 902 de SMA de armadura acoplado al cuerpo fluido-dinámico 302 (tarea 1108).

15 La Figura 12 es una ilustración de un ejemplo de flujograma que muestra un proceso 1200 para proporcionar un sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable tal como el sistema 300 según una realización de la descripción. Las diversas tareas desempeñadas en relación con el proceso 1200 pueden desempeñarse mecánicamente, por software, hardware, firmware, software legible por ordenador, medio de almacenamiento legible por ordenador, o cualquier combinación de los mismos. Debe apreciarse que el proceso 1200 puede incluir cualquier número de tareas adicionales o alternativas, las tareas mostradas en la Figura 12 no necesitan ser desempeñadas en el orden ilustrado, y el proceso 1200 puede estar incorporado en un procedimiento más exhaustivo o proceso con funcionalidad adicional no descrito en detalle en la presente memoria.

20 Con fines ilustrativos, la siguiente descripción del proceso 1200 puede referirse a elementos mencionados anteriormente en relación con las Figuras 1-10. En realizaciones prácticas, partes del proceso 1200 pueden ser desempeñadas por diferentes elementos del sistema 300 tales como: el cuerpo fluido-dinámico 302, el accionador 304 de SMA, el controlador 308, etc. Debe apreciarse que el proceso 1200 puede incluir cualquier número de tareas adicionales o alternativas, las tareas mostradas en la Figura 12 no necesitan ser desempeñadas en el orden ilustrado, y el proceso 1200 puede estar incorporado en un procedimiento más exhaustivo o proceso con funcionalidad adicional no descrito en detalle en la presente memoria.

25 El proceso 1200 puede comenzar proporcionando un cuerpo fluido-dinámico tal como el cuerpo fluido-dinámico 302 operable para adoptar una primera configuración de curvatura tal como la primera configuración de curvatura 406 y una segunda configuración de curvatura tal como la segunda configuración de curvatura 408 (tarea 1202). El cuerpo fluido-dinámico 302 puede comprender, por ejemplo pero sin limitación, un perfil aerodinámico, un ala, un fuselaje, un puntal, una aleta, un elevador, un timón, un alerón, un elevón, y similares.

30 El proceso 1200 puede continuar acoplando un accionador de aleación con memoria de forma tal como el accionador 304 de SMA al cuerpo fluido-dinámico 302 (tarea 1204). El accionador de aleación con memoria de forma es operable para configurar el cuerpo fluido-dinámico 302 en la primera configuración de curvatura 406 en respuesta a una primera temperatura de control, y configurar el cuerpo fluido-dinámico 302 en la segunda configuración de curvatura 408 en respuesta a una segunda temperatura de control. El accionador 304 de SMA puede comprender, la articulación de SMA 502/504/506/602/604 (Figuras 5-6), el panel 700 de material compuesto accionado de SMA (Figura 7), y el accionador 902 de SMA de armadura (Figura 9) como se explicó anteriormente.

35 El proceso 1200 puede continuar acoplando el accionador 304 de SMA en una primera estructura aerodinámica tal como la primera estructura aerodinámica 606 y una segunda estructura aerodinámica tal como la segunda estructura aerodinámica 608 (tarea 1206).

40 El proceso 1200 puede continuar uniendo el accionador 304 de SMA entre una primera capa estratificada de material compuesto tal como la primera capa estratificada 712 de material compuesto y una segunda capa estratificada de material compuesto tal como la segunda capa estratificada 714 de material compuesto (tarea 1208).

45 De esta manera, las realizaciones de la descripción proporcionan diversos medios para configurar una curvatura de un cuerpo fluido-dinámico usando accionadores de SMA.

50 En este documento, los términos “producto de programa de ordenador”, “medio legible por ordenador”, “medio de almacenamiento legible por ordenador”, y similares pueden ser usados generalmente para referirse a medios tales como, por ejemplo, memorias, dispositivos de almacenamiento, o unidad de almacenamiento. Estas y otras formas de medios legibles por ordenador pueden estar implicados en el almacenamiento de una o más instrucciones para uso por el módulo de procesador 310 para causar que el módulo de procesador 310 desempeñe operaciones específicas. Tales instrucciones, generalmente denominadas “código de programa de ordenador” o “código de programa” (el cual puede ser agrupado en forma de programas de ordenador u otras agrupaciones), cuando se ejecutan, permiten métodos de planificación de utilización de potencia del sistema 700.

55 La descripción anterior se refiere a elementos o nodos o características que están “conectados” o “acoplados” juntos. Como se emplea en esta memoria, a menos que se indique expresamente otra cosa, “conectado” significa que un elemento/nodo/característica está directamente unido a (o comunica directamente con) otro elemento/nodo/característica, y no necesariamente mecánicamente. Asimismo, a menos que se indique

expresamente otra cosa, “acoplado” significa que un elemento/nodo/característica está directamente o indirectamente unido a (o comunica directamente o indirectamente con) otro elemento/nodo/característica, y no necesariamente mecánicamente.

5 Los términos y frases usados en este documento, y variaciones de los mismos, a menos que se indique expresamente otra cosa, se deben interpretar como de significado abierto en lugar de limitante . Como ejemplos de lo anterior: el término “incluyendo” debe ser leído con el significado “incluyendo, sin limitación” o similares; el término “ejemplo” es usado para proporcionar casos ejemplares del elemento de análisis, no una lista exhaustiva o limitante de los mismos; y adjetivos tales como “convencional”, “tradicional”, “normal”, “estándar”, “conocido” y términos de significado similar no deben ser interpretados como limitantes del elemento descrito a un periodo de tiempo dado o a un elemento disponible como de un tiempo dado, sino que deben ser leídos para abarcar tecnologías convencionales, tradicionales, normales, o estándar que pueden estar disponibles o ser conocidas ahora o en cualquier momento del futuro.

10 Además, aunque los artículos , elementos o componentes de la descripción pueden estar descritos o reivindicados en singular, el plural es contemplado en el alcance de los mismos a menos que sea específicamente indicada la limitación al singular. La presencia de palabras de ampliación y frases tales como “uno o más”, “al menos”, “pero no limitado a” u otras frases similares en algunos casos no será interpretado que significa que el caso más estricto es pretendido o requerido en casos donde tales frases de ampliación pueden estar ausentes.

15 Como se emplea en esta memoria, a menos que se indique expresamente otra cosa, “operable” significa que puede ser usado, apto, o listo para su uso o servicio, utilizable para un fin específico, y capaz de desempeñar una función deseada o referida descrita en la presente memoria. En relación a los sistemas y dispositivos, el término “operable” significa que el sistema y/o el dispositivo es completamente funcional y calibrado, comprende los elementos, y cumple los requisitos de operabilidad aplicables para desempeñar una función referida cuando está activado. En relación a los sistemas y circuitos, el término “operable” significa que el sistema y/o el circuito es completamente funcional y calibrado, comprende la lógica, y cumple los requisitos de operatividad aplicables para desempeñar una función referida cuando está activado.

20

25

REIVINDICACIONES

1. Un método (1100) para configurar un cuerpo fluido-dinámico (302) de un avión (200), que comprende el método:

5 configurar (1102) una curvatura (414) del cuerpo fluido-dinámico (302, 400) activando un accionador (304) de aleación con memoria de forma acoplado al cuerpo fluido-dinámico (302, 400), en donde el accionador (304) de aleación con memoria de forma comprende al menos una articulación (602, 604) de aleación con memoria de forma, y en donde un controlador (308) controla el accionador (304) de aleación con memoria de forma;

10 configurar (1104) el cuerpo fluido-dinámico (302) en una primera configuración de curvatura (610), en donde el cuerpo fluido-dinámico (302) está acoplado a una estructura de curvatura variable (600) que comprende una primera articulación (602) de aleación con memoria de forma , una segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma , una primera estructura aerodinámica (606) y una segunda estructura aerodinámica (608), en donde la primera articulación (602) de aleación con memoria de forma está acoplada al cuerpo fluido-dinámico (302) y la primera estructura aerodinámica (606), y en donde la segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma está acoplada a la primera estructura aerodinámica (606) y la segunda estructura aerodinámica (608), en donde la primera articulación (602) de aleación con memoria de forma y la segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma son cada una operables para retorcerse en respuesta a una primera temperatura de control de activación de aleación con memoria de forma y una segunda temperatura de control de activación de aleación con memoria de forma, respectivamente; y

20 configurar (1106) el cuerpo fluido-dinámico (302, 400) en una segunda configuración de curvatura (612) usando el accionador (304) de aleación con memoria de forma , en donde la primera articulación (602) de aleación con memoria de forma y la segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma son controladas individualmente, y en donde la primera temperatura de control de activación de aleación con memoria de forma y la segunda temperatura de control de activación de aleación con memoria de forma son controladas individualmente a temperaturas individuales separadas;

25 caracterizado porque el controlador (308) controla el accionador (304) de aleación con memoria de forma para variar la forma de la curvatura (414) según varias condiciones de vuelo y operaciones de tierra monitorizando la temperatura del accionador (304) de aleación con memoria de forma y calentando y enfriando el accionador (304) de aleación con memoria de forma , en donde el calentamiento y el enfriamiento es proporcionado por los sistemas de refrigeración y calefacción del avión, y en donde el controlador (308) está situado a distancia del accionador (304) de aleación con memoria de forma.

30 2. El método según la reivindicación 1, en donde el cuerpo fluido-dinámico (302, 400) comprende al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en:

un perfil aerodinámico, un ala, un puntal, una aleta, un elevador, un timón, un alerón, y un elevón.

3. Un avión (200) que comprende un sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable (300), el sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable (300) que comprende:

35 un cuerpo fluido-dinámico (302) operable para adoptar una primera configuración de curvatura y una segunda configuración de curvatura; y

un accionador (304) de aleación con memoria de forma operable para:

40 configurar el cuerpo fluido-dinámico (302, 400) en la primera configuración de curvatura en respuesta a una primera temperatura de control; y configurar el cuerpo fluido-dinámico (302, 400) en la segunda configuración de curvatura en respuesta a una segunda temperatura de control,

45 en donde el accionador (304) de aleación con memoria de forma comprende al menos una articulación (602, 604) de aleación con memoria de forma, y en donde el cuerpo fluido-dinámico (302) está acoplado a una estructura de curvatura variable (600) que comprende una primera articulación (602) de aleación con memoria de forma, una segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma, una primera estructura aerodinámica (606) y una segunda estructura aerodinámica (608),

50 en donde la primera articulación (602) de aleación con memoria de forma está acoplada al cuerpo fluido-dinámico (302) y la primera estructura aerodinámica (606), y en donde la segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma está acoplada a la primera estructura aerodinámica (606) y a la segunda estructura aerodinámica (608), en donde la primera articulación (602) de aleación con memoria de forma y la segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma son cada una operables para retorcerse en respuesta a la primera temperatura de control de activación de aleación con memoria de forma y a la segunda temperatura de control de activación de aleación con memoria de forma, respectivamente, y

en donde la primera articulación (602) de aleación con memoria de forma y la segunda articulación (604) de aleación con memoria de forma están configuradas para ser controladas individualmente, y en donde la primera temperatura

de control de activación de aleación con memoria de forma y la segunda temperatura de control de activación de aleación con memoria de forma son controladas individualmente a temperaturas individuales separadas,

5 y en donde el sistema de cuerpo fluido-dinámico de curvatura variable comprende además un controlador (308) configurado para controlar el accionador (304) de aleación con memoria de forma , caracterizado porque el controlador (308) está configurado para controlar el accionador (304) de aleación con memoria de forma para variar una forma de la curvatura (414) según diversas condiciones de vuelo y operaciones de tierra monitorizando la temperatura del accionador (304) de aleación con memoria de forma y calentando y enfriando el accionador (304) de aleación con memoria de forma , en donde el calentamiento y el enfriamiento es proporcionado por los sistemas de refrigeración y calefacción del avión, y en donde el controlador (308) está situado a distancia del accionador (304) de aleación con memoria de forma .

10 4. El avión según la reivindicación 3, en donde el cuerpo fluido-dinámico (302, 400) comprende al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en: un perfil aerodinámico, un ala, un puntal, una aleta, un elevador, un timón, un alerón, y un elevón.

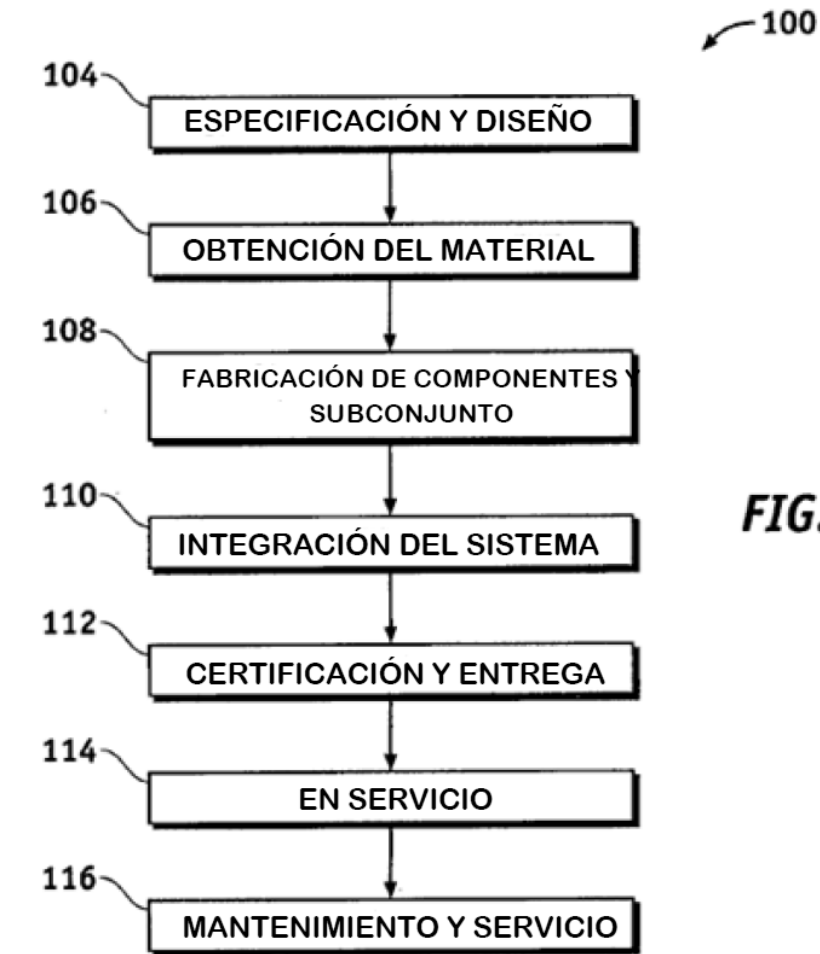


FIG. 1

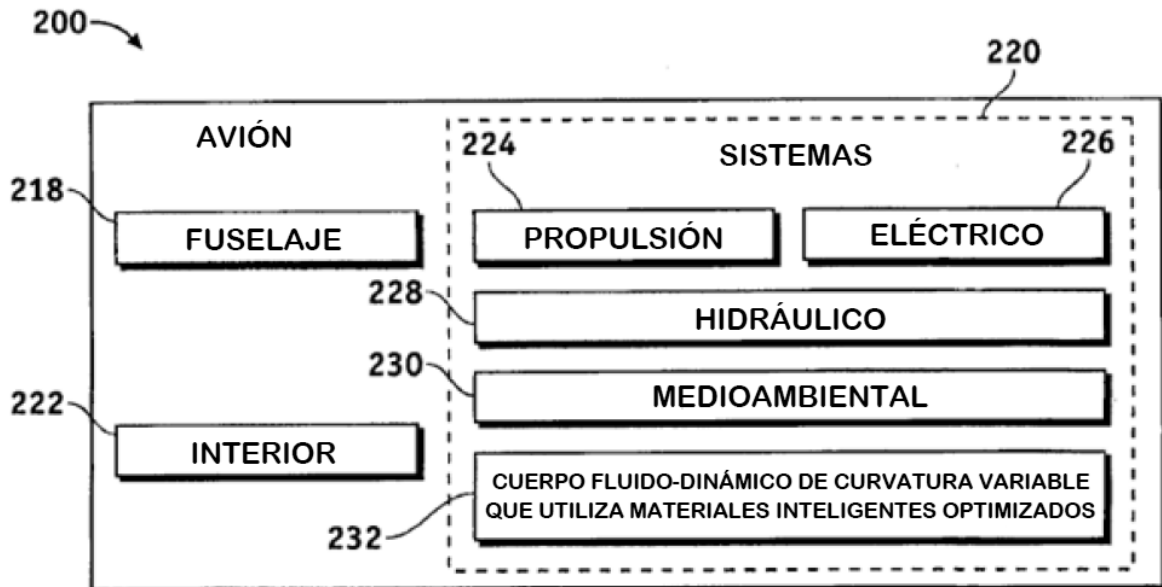


FIG. 2

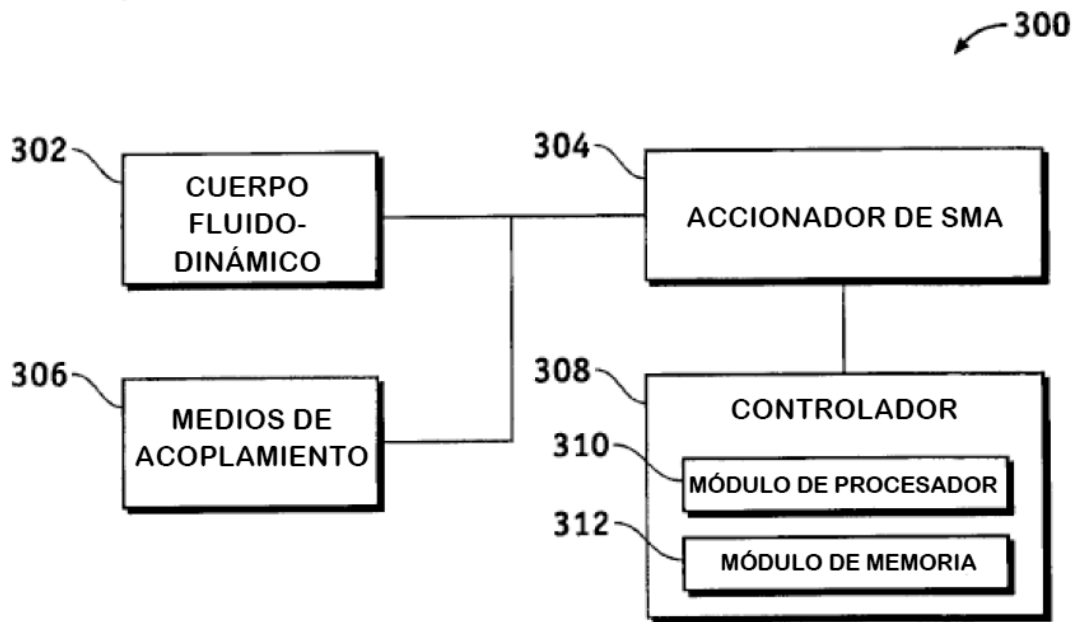


FIG. 3

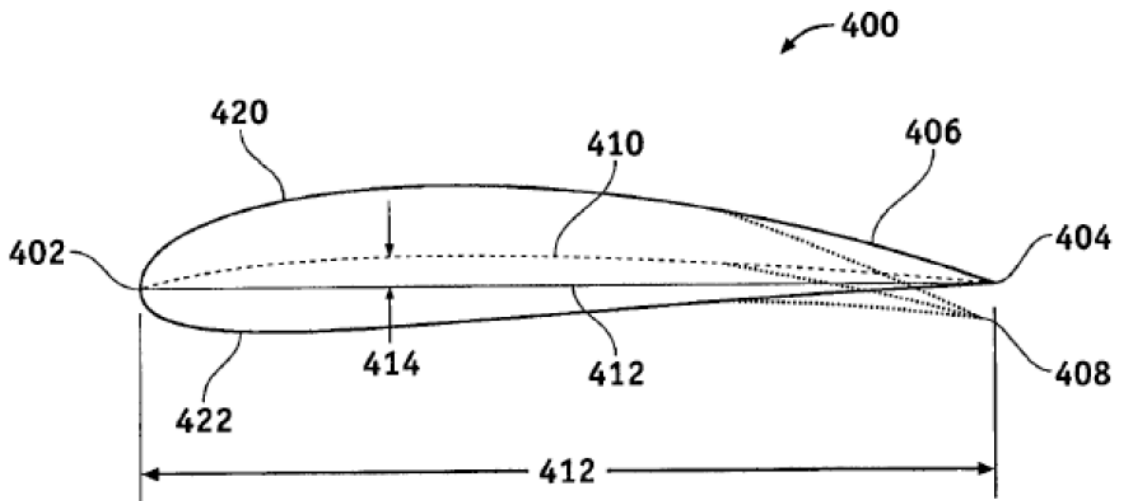
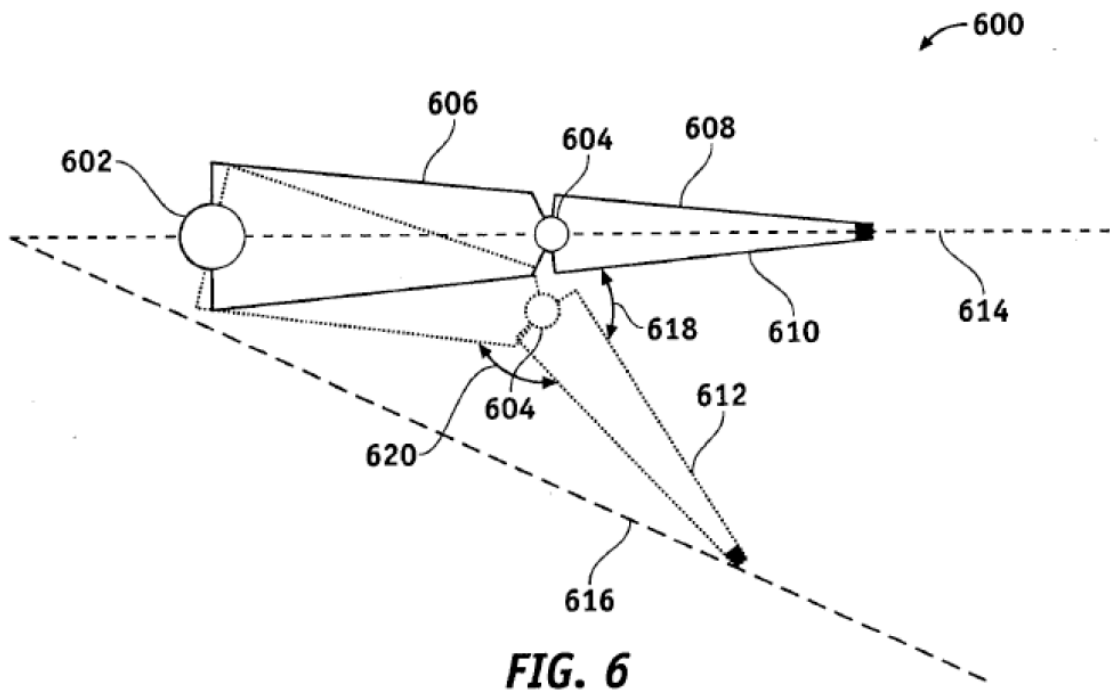
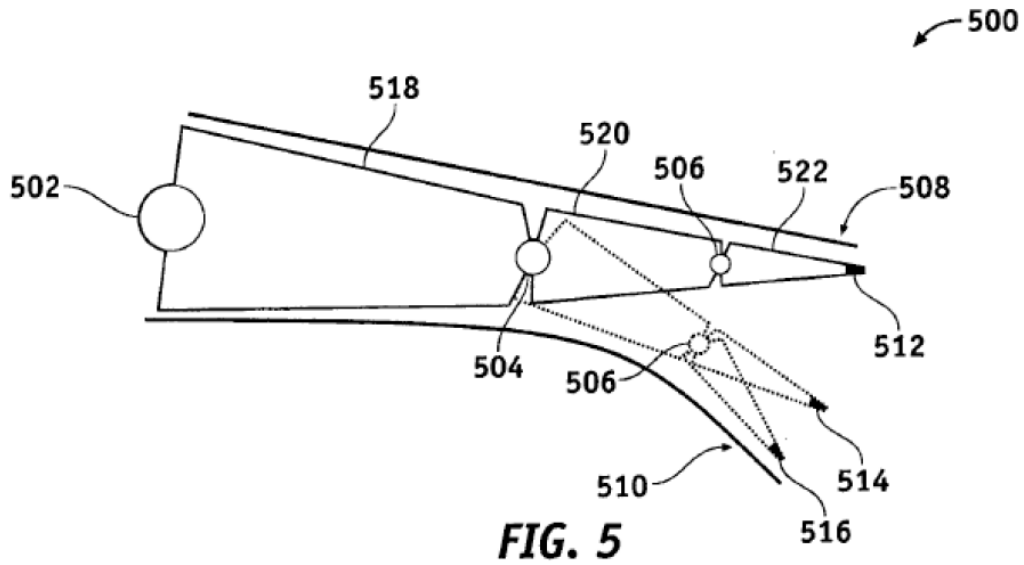
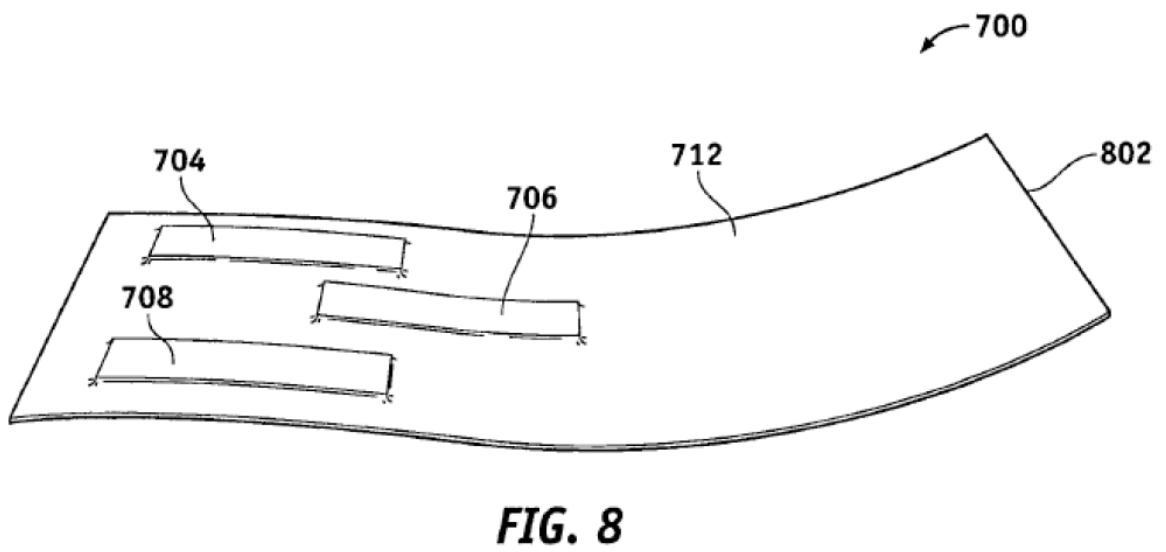
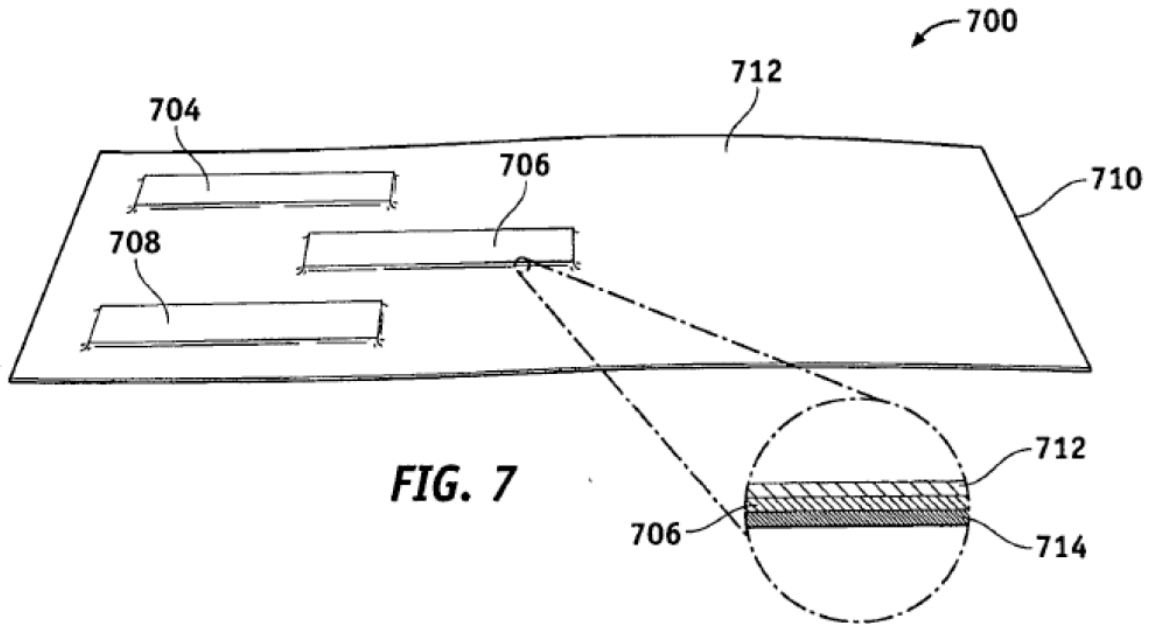


FIG. 4





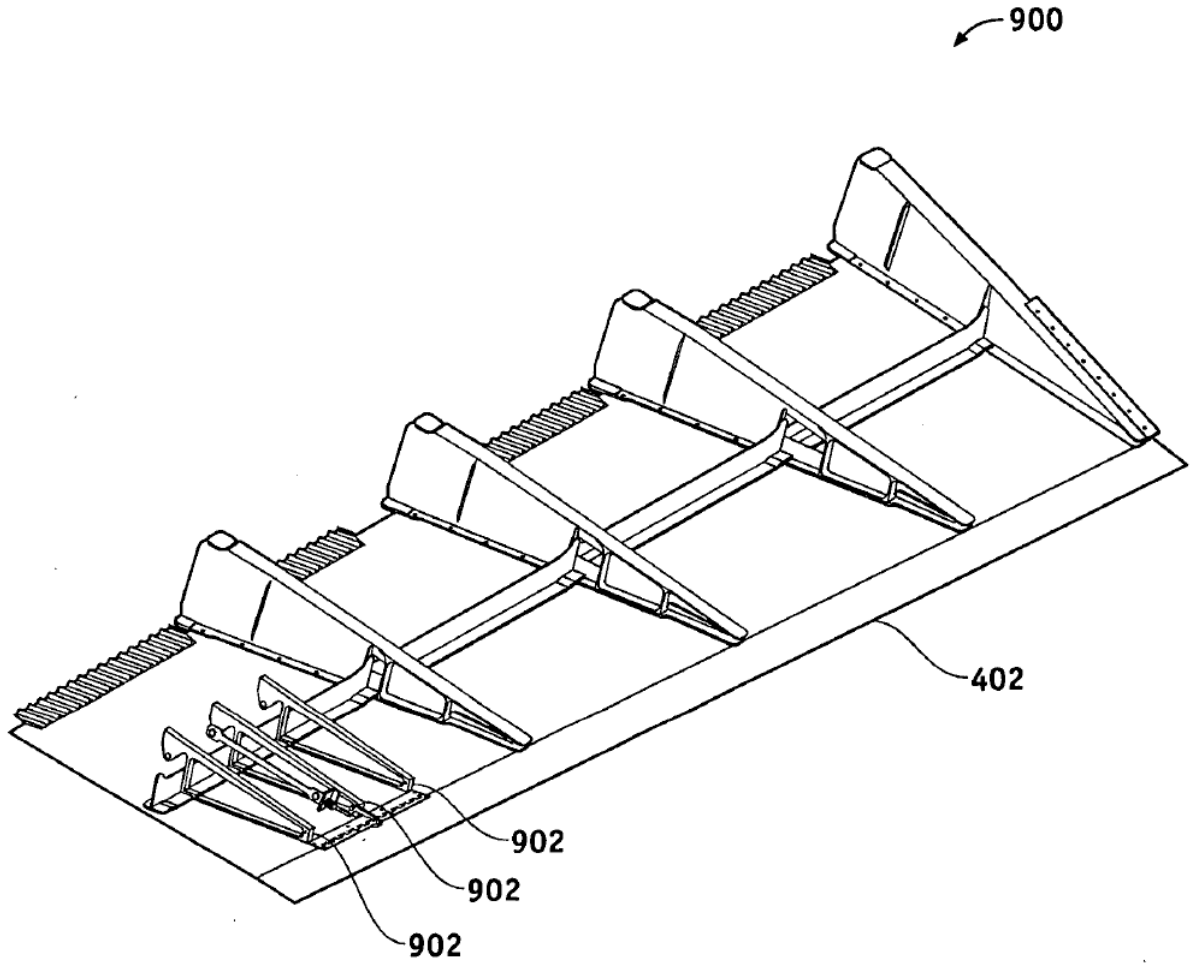


FIG. 9

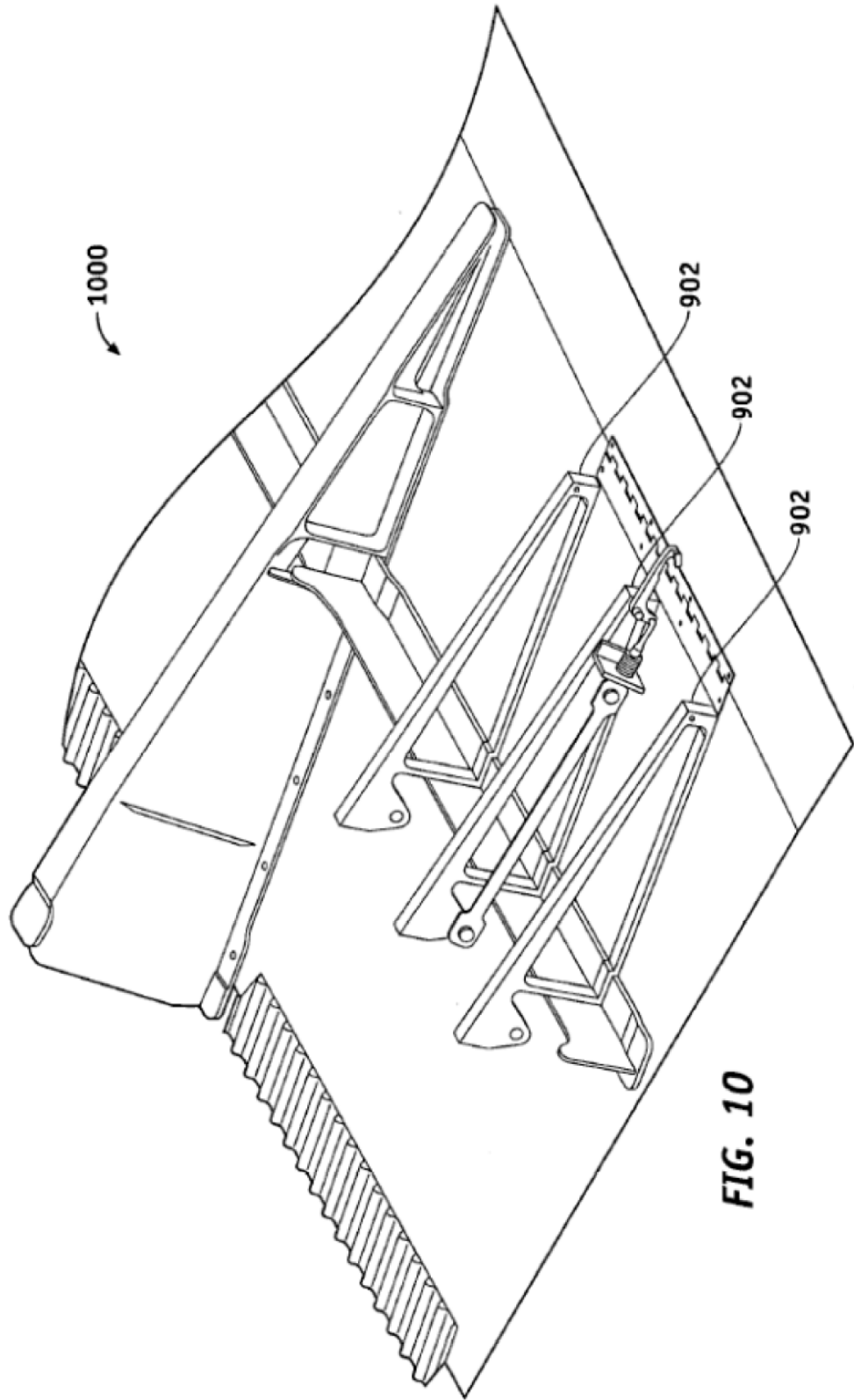


FIG. 10

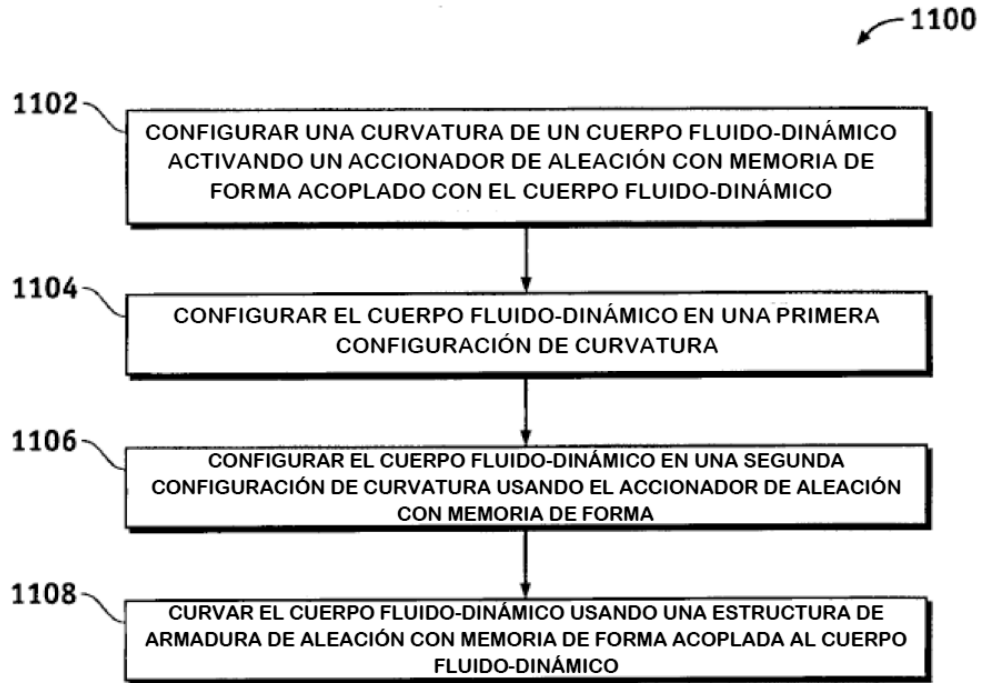


FIG. 11

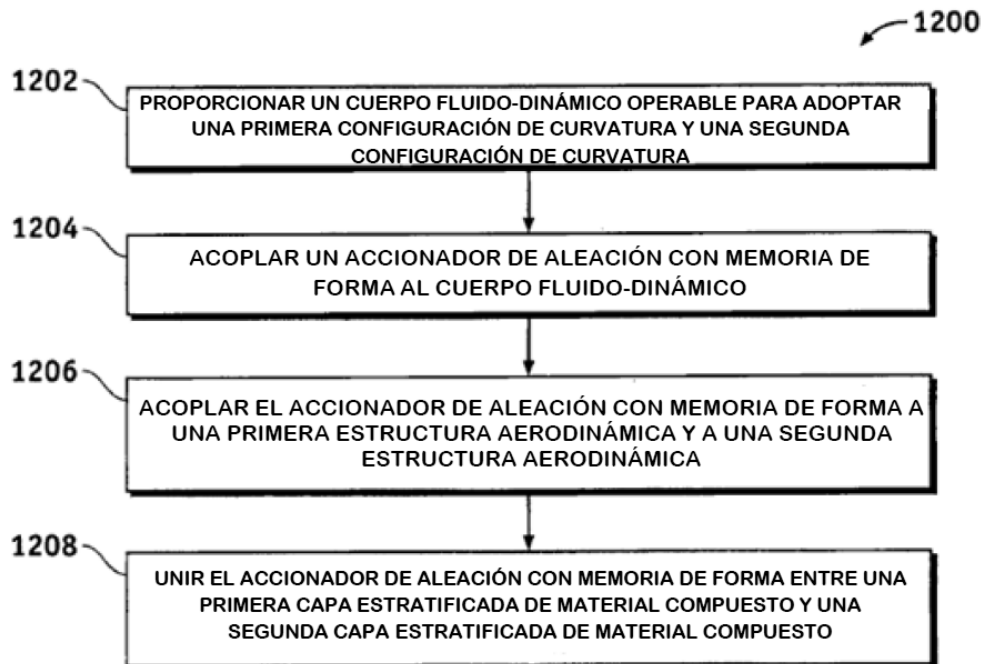


FIG. 12