

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 037**

51 Int. Cl.:

F03G 7/06 (2006.01)

F03G 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2014 E 14156758 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2770200**

54 Título: **Métodos y sistemas para estructuras de aleación con memoria de forma**

30 Prioridad:

26.02.2013 US 201313778093

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

17.03.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BROWN, JONATHAN K.;
BUSHNELL, GLENN SCOTT y
CLINGMAN, DAN J.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 606 037 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

Métodos y sistemas para estructuras de aleación con memoria de forma

Antecedentes

1) Campo de la divulgación

5 La divulgación se refiere en general a métodos y sistemas para procesar materiales de aleación con memoria de forma (SMA), de tal manera que cuando la SMA es sometida a ciclos o se transforma, produce un movimiento de distorsión. La descripción se refiere además a actuadores mecánicos que tienen aleaciones con memoria de forma a las que se ha aplicado el movimiento de distorsión y un método de uso de los actuadores mecánicos para influenciar o deformar la forma de una estructura tal como un perfil aerodinámico.

10 2) Descripción de la técnica relacionada

La capacidad de torsionar, doblar o deformar de manera controlable una superficie aerodinámica de un vehículo aéreo, tal como un ala de un avión, una pala de rotor de un giroavión, u otra superficie aerodinámica, durante varias fases del vuelo puede mejorar significativamente el rendimiento del vehículo aéreo. Una limitación para implementar actuadores mecánicos y / o electromagnéticos conocidos u otros dispositivos que están diseñados para torsionar, doblar o deformar un ala de un avión, una pala de rotor de un giroavión, u otra superficie aerodinámica, es que los actuadores u otros dispositivos utilizados para este propósito debe superar la rigidez estructural inherente del material utilizado para formar el ala, la pala de rotor, u otra superficie aerodinámica.

Los actuadores y componentes del sistema de actuación hechos de aleaciones con memoria de forma (SMA) y diseñados para su uso en vehículos aéreos son conocidos. Las aleaciones con memoria de forma (SMA) son un grupo de metales que tienen propiedades térmicas y mecánicas interesantes. Las aleaciones con memoria de forma pueden existir en una de varias fases distintas que dependen de la temperatura. Las más comúnmente utilizadas de las fases de este tipo son las denominadas fases martensítica y austenítica. Al calentar una aleación con memoria de forma a una temperatura transformacional, la aleación con memoria de forma cambia desde la fase martensítica a la fase austenítica. Si un componente hecho de un material de aleación con memoria de forma, por ejemplo, NiTiInol, es deformado mientras se encuentra en un estado martensítico (condición de baja fuerza de alargamiento) y a continuación se calienta a su temperatura de transición para alcanzar un estado austenítico, el material de la aleación con memoria de forma del componente volverá a su forma original (no deformada). La velocidad de retorno a la forma original depende de la cantidad y de la tasa de la energía térmica aplicada al componente. Cuando el calor es eliminado del componente, el mismo volverá al estado martensítico en el que el componente puede ser deformado de nuevo.

Las limitaciones conocidas de procesamiento termo-mecánico de actuadores y estructuras de SMA pueden incluir la deformación axial, la deformación de flexión, la deformación de torsión. Además, los componentes del sistema de actuador de SMA conocidos para actuadores conocidos pueden incluir cables de SMA que pueden ser adiestrados por tracción, y placas de SMA que pueden ser adiestradas por flexión. Sin embargo, el control de la actuación o de la forma de las superficies por tales componentes de sistemas de actuadores de SMA conocidos pueden ser difíciles de controlar. Por otra parte, la forma y el tamaño de tales componentes de sistemas de actuadores de SMA conocidos pueden hacer que sea difícil integrarlos en los actuadores conocidos u otros tipos de actuadores de SMA.

Además, los actuadores de SMA conocidos pueden incluir actuadores de tubo de torsión de SMA que aplican fuerzas y pares en uno o más lugares discretos a lo largo de una superficie aerodinámica y que pueden ser adiestrados por torsión. El material de SMA de tales actuadores de tubos de torsión de SMA conocidos puede tener un efecto de forma bidireccional para permitir que el actuador de tubo de torsión sea torsionado desde una forma original a una forma adiestrada y sea torsionado de nuevo desde la forma adiestrada a la forma original. Sin embargo, este tipo de actuadores de tubo de torsión de SMA conocidos puede requerir dos componentes del tubo de torsión de SMA que pueden requerir que se aplique energía eléctrica

de forma bidireccional para permitir que el actuador de tubo de torsión sea torsionado desde una forma original a una forma adiestrada y sea torsionado de nuevo desde la forma adiestrada a la forma original. Sin embargo, tales actuadores de tubo de torsión de SMA conocidos pueden requerir dos componentes de tubos de torsión de SMA que pueden requerir que la energía eléctrica se aplique continuamente a los elementos de calentamiento de cada miembro de SMA para mantener una posición rotacional cargada específica. Esto puede añadir peso y complejidad al sistema, así como requerir una potencia excesiva.

Por consiguiente, existe una necesidad en la técnica de mejorar los métodos y sistemas para las estructuras de aleación con memoria de forma (SMA) que proporcionen ventajas sobre los métodos y sistemas conocidos.

El documento US2012/0292155 A1 (Gunter) describe un conjunto de actuadores que comprende un alojamiento, un árbol, un tubo de torsión de aleación con memoria de forma (SMA), y cojinetes unidireccionales primero y segundo. El tubo de torsión SMA hace rotar al árbol.

Sumario

5 Esta necesidad de métodos y sistemas mejorados para las estructuras de aleación con memoria de forma (SMA) es satisfecha. Como se explica en la descripción detallada que sigue, las realizaciones de métodos y sistemas mejorados para los actuadores de aleación con memoria de forma (SMA) para su uso en vehículos aéreos pueden proporcionar ventajas significativas sobre los dispositivos, métodos y sistemas conocidos.

En una realización de la descripción, se proporciona un método de direccionar una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA). El método comprende la aplicación de un par de fuerzas a la pieza de trabajo de SMA para impartir un comportamiento transformacional generalmente plano a la pieza de trabajo de SMA para obtener una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada.

10 En otra realización de la descripción, se proporciona un sistema de adiestramiento capaz de realizar un trabajo. El sistema de adiestramiento comprende un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) que presenta un comportamiento transformacional generalmente plano. El sistema de adiestramiento comprende, además, uno o más elementos de calentamiento para transformar el actuador de SMA desde una forma original a una forma adiestrada, para realizar de esta manera el trabajo de comportamiento transformacional. La al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada se une a una estructura. La estructura es adaptable en respuesta a un cambio en temperatura de la al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada.

Las características, funciones y ventajas que se han explicado se pueden conseguir independientemente en varias realizaciones de la descripción o se pueden combinar en todavía otras realizaciones y más detalles de las mismas se pueden ver con referencia a la descripción y los dibujos que siguen.

20 **Breve descripción de los dibujos**

La divulgación se podrá entender mejor con referencia a la descripción detallada que sigue tomada en conjunto con los dibujos que se acompañan que ilustran realizaciones preferidas y ejemplares, pero que no están necesariamente dibujados a escala, en los que:

25 la figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de un avión conocido que puede incorporar una realización de un actuador de una aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada, que ha sido adiestrada por una de las realizaciones de un método de la divulgación;

la figura 2 es una ilustración de una vista en perspectiva de un giroavión conocido que puede incorporar una realización de un actuador de SMA adiestrada, que ha sido adiestrada por una de las realizaciones de un método de la divulgación;

30 la figura 3A es una ilustración de una vista en planta en perspectiva ampliada de una realización de una pieza de trabajo de SMA de la divulgación;

la figura 3B es una ilustración de una vista en planta en perspectiva ampliada de una realización de una pieza de trabajo de SMA adiestrada de la divulgación;

35 la figura 4 es una ilustración de una vista en perspectiva de un conjunto de aparatos de adiestramiento, que puede ser utilizado en una de las realizaciones de un método de la divulgación;

la figura 5 es una ilustración de una vista en planta en perspectiva ampliada de una realización de un actuador de SMA adiestrada y un sistema de control de temperatura de la divulgación;

40 la figura 6 es una ilustración de una vista en planta ampliada de una realización de un actuador de SMA unido a una estructura de material compuesto antes de la instalación en un conjunto de aparatos de adiestramiento de la divulgación;

la figura 7A es una ilustración de una vista en planta de una realización de una variante de adiestramiento de la divulgación;

la figura 7B es una ilustración de una vista en planta de otra realización de una variante de adiestramiento de la divulgación;

45 la figura 7C es una ilustración de una vista en planta de otra realización de una variante de adiestramiento de la divulgación;

la figura 7D es una ilustración de una vista en planta de todavía otra realización de una variante de adiestramiento de la divulgación;

50 la figura 7E es una ilustración de una vista en planta de todavía otra realización de una variante de adiestramiento de la divulgación;

la figura 7F es una ilustración de una vista lateral en despiece ordenado de todavía otra realización de una variante de adiestramiento de la divulgación;

la figura 7G es una ilustración de una vista lateral montada de la variante de adiestramiento de la figura 7F de la divulgación;

- 5 la figura 8A es una ilustración de una vista lateral en perspectiva ampliada de un conjunto de actuadores de aleación con memoria de forma (SMA) con una realización de un actuador de SMA adiestrada formado por una de las realizaciones de un método de la divulgación;

la figura 8B es una ilustración de una vista lateral en perspectiva ampliada del conjunto de actuadores SMA de la figura 8A integrado en un larguero estructural;

- 10 la figura 8C es una ilustración de una vista en perspectiva ampliada del círculo de puntos 8C de la figura 8A mostrando un módulo termoeléctrico (TEM);

la figura 8D es una ilustración de una vista en perspectiva parcial ampliada del círculo de puntos 8D de la figura 8A mostrando un conector térmico;

- 15 la figura 9A es una ilustración de una vista parcial ampliada de una de las realizaciones de una estructura de material compuesto y un actuador de SMA adiestrada formado por una de las realizaciones de un método de la descripción y mostrado antes de la fijación mecánica y la integración en un larguero estructural;

la figura 9B es una ilustración de una vista parcial ampliada de la estructura de material compuesto y el actuador de SMA adiestrada de la figura 9A que se muestra durante la fijación mecánica y la integración en un larguero estructural;

- 20 la figura 9C es una ilustración de una vista lateral de la estructura de material compuesto y el actuador de SMA adiestrada de la figura 9A que se muestra después de la fijación mecánica y la integración e integrado en un larguero estructural;

la figura 10 es una ilustración de una vista en planta ampliada de una realización de un actuador de forma ondulada de SMA de la divulgación;

- 25 la figura 11 es un diagrama de bloques de un sistema de adiestramiento que puede ser usado en una de las realizaciones de un método de la divulgación; y,

la figura 12 es un diagrama de bloques de flujo de una de las realizaciones descritas en la presente memoria descriptiva de un método para adiestrar una pieza de trabajo de SMA.

Descripción detallada

- 30 Las realizaciones divulgadas se describirán más completamente en la presente memoria descriptiva y a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos en los que se muestran algunas, pero no todas las realizaciones divulgadas. De hecho, se pueden proporcionar varias realizaciones diferentes y esto no se debe interpretar como limitación a las realizaciones expuestas en la presente memoria descriptiva. Por el contrario, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción sea minuciosa y transmita completamente el alcance de la divulgación a los
35 expertos en la técnica.

Haciendo referencia a continuación a las figuras, en las realizaciones tales como se describen en la presente memoria descriptiva, se proporciona un método 300 (ver la figura 12) para adiestrar una pieza de trabajo de "aleación con memoria de forma" (SMA) 60 (ver la figura 3A), tal como en forma de un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) 62 (ver la figura 3B), para obtener una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada 60a (ver la figura 3B), tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), para unirse a una estructura 164 (ver las figuras 6, 8B, 9C), tal como una estructura de material compuesto 165 (ver las figuras 6, 8B, 9C). El actuador de SMA adiestrada 62a puede estar unido a o incorporado en diversas estructuras 164 de sistemas mecánicos, estructurales, termo-mecánicos, termo-estructurales, electro-termo-mecánicos, y electro-termo-estructurales.

- 45 La figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de un vehículo aéreo 10, tal como un avión 11, que puede incorporar una realización del actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B) de la divulgación. Como se muestra en la figura 1, el avión 11 incluye un fuselaje 12, alas 14, 16 unidas al fuselaje 12, una o más unidades de propulsión 18, y un plano de cola 20. Cada ala 14, 16 tiene un revestimiento de ala superior 22, un revestimiento de ala inferior 24, una raíz de ala 26, una punta de ala 28, y al menos un larguero estructural 30 entre el revestimiento superior de
50 ala 22 y el revestimiento inferior de ala 24. Tal como se usa en la presente memoria descriptiva, "larguero estructural" significa un miembro estructural alargado que tiene la capacidad de soportar una o más cargas.

La figura 2 es una ilustración de una vista en perspectiva de un vehículo aéreo 10, tal como un giroavión 34, en forma de un helicóptero, que puede incorporar una realización del actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura

3B). Como se muestra en la figura 2, el giroavión 34 incluye un fuselaje 36, un tubo de cola 38, y una pluralidad de palas de rotor 40 acopladas a un núcleo 42. Cada pala de rotor 40 incluye al menos un larguero estructural 44 que se extiende desde una raíz de pala 46 a una punta de pala 48.

5 Aunque la aeronave 11 (ver la figura 1) y el giroavión 34 (ver la figura 2) son generalmente representativos de los vehículos aéreos 10 que pueden incorporar una o más realizaciones del actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), las enseñanzas de las realizaciones divulgadas se pueden aplicar a otros vehículos aéreos y otros tipos de vehículos, así como a otras estructuras adecuadas para la unión a, o la incorporación de una realización del actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B) de la divulgación.

10 En una realización de la divulgación, se proporciona un método 300 (ver la figura 12) de adiestramiento a una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) 60 (ver la figura 3A). La figura 12 es un diagrama de bloques de flujo de una de las realizaciones que se han divulgado en la presente memoria descriptiva del método 300 de adiestramiento de la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A). Como se muestra en la figura 12, el método 300 comprende la etapa 302 de aplicar un par de fuerzas 76 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A) para impartir un comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 para obtener una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) 60a (ver la figura 3B).

20 Como se usa en la presente memoria descriptiva, un "par de fuerzas" significa un par de fuerzas en oposición, tales como, por ejemplo, una primera fuerza en oposición 76a (ver la figura 3A) y una segunda fuerza en oposición 76b (ver la figura 3A), o una fuerza aplicada 244 (ver la figura 10) y una fuerza de reacción 246 (ver la figura 10), en las que las fuerzas en oposición son sustancialmente iguales en magnitud, sustancialmente dirigidas en sentidos opuestos, sustancialmente no colineales, generalmente coplanares, y desplazadas por una distancia sustancialmente perpendicular. Tal como se usa en la presente memoria descriptiva, "el comportamiento transformacional generalmente plano" se refiere a un movimiento en el plano que transforma o cambia la forma de una estructura de aleación con memoria de forma (SMA), tal como la pieza de trabajo de SMA 60, cuando se aplica un par de fuerzas a la estructura de SMA, tal como la pieza de trabajo de SMA 60.

30 La figura 3A es una ilustración de una vista en planta en perspectiva ampliada de una realización de una pieza de trabajo de SMA 60 de la divulgación. La figura 3B es una ilustración de una vista en planta en perspectiva ampliada de una realización de una pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a de la descripción. En una realización de la descripción, se proporciona la pieza de trabajo 60a formada de una aleación con memoria de forma (SMA) (ver la figura 3B). La pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a comprende una pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A). La pieza de trabajo de SMA 60 está hecha de una materia prima que es una aleación con memoria de forma de 61 (ver la figura 3A). Preferiblemente, la pieza de trabajo de SMA 60 es en forma de un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) 62 (ver la figura 3A) que tiene la configuración o la forma de una lámina o banda, y más preferiblemente, que tiene una forma plana tal como una forma rectangular 75a (ver la figura 3A). Como se muestra en la figura 3A, la forma de la pieza de trabajo de SMA 60 es la forma original 75 (ver la figura 3B), tal como en forma rectangular 75a (ver la figura 3B). Como se muestra en la figura 3A, la pieza de trabajo de SMA 60 comprende un primer extremo 64, un segundo extremo 66, un primer borde 68, un segundo borde 70, una primera superficie 72, tal como una superficie superior, y una segunda superficie 74, tal como una superficie inferior. Como se muestra además en las figuras 3A-3B, la primera fuerza en oposición 76a (ver la figura 3A) se aplica al primer borde 68 (ver la figura 3A) de la pieza de trabajo de SMA 60, y la segunda fuerza en oposición 76b (ver la figura 3A) se aplica al segundo borde 70 (ver la figura 3A) de la pieza de trabajo de SMA 60, para impartir el comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60. El comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11) puede ser impartido a la pieza de trabajo de SMA 60 al producir un movimiento de distorsión 79 indicada por la flecha entre las figuras 3A y 3B para cambiar la forma de la pieza de trabajo de SMA 60 y obtener la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B). La forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a es una forma adiestrada 77 (ver la figura 3B), tal como una forma de paralelogramo 77a (ver la figura 3B). La pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de actuador de SMA adiestrada 62a, comprende el primer extremo 64, el segundo extremo 66, el primer borde 68, el segundo borde 70, la primera superficie 72, tal como una superficie superior, y la segunda superficie 74, tal como una superficie inferior.

50 La etapa 302 (ver la figura 12) del método 300 (ver la figura 12) de la aplicación del par de fuerzas 76 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A) puede comprender la aplicación de fuerzas en oposición, tales como la aplicación de la primera fuerza en oposición 76a (ver la figura 3A) al primer borde 68 (ver la figura 3A) y la aplicación de la segunda fuerza en oposición 76b (ver la figura 3A) al segundo borde 70 (ver la figura 3A), de manera que unas cargas de distorsión 80 en la dirección del borde (ver la figura 11) se aplican a la pieza de SMA 60. Tal como se usa en la presente memoria descriptiva, la expresión "cargas de distorsión en la dirección del borde" significa cargas de una naturaleza que tienden a transformar un objeto o estructura de forma sustancialmente rectangular 75a (ver la figura 3A) a un objeto o estructura de forma sustancialmente de paralelogramo 77a (ver la figura 3B), o para transformar un objeto o estructura de forma sustancialmente cuadrada (no se muestra) a un objeto o estructura de forma sustancialmente de rombo (no se muestra).

Además, la etapa 302 de la aplicación del par de fuerzas 76 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A) puede comprender la aplicación de fuerzas en oposición, tales como la fuerza aplicada 244 (ver la figura 10) y la fuerza de reacción 246 (ver la figura 10), de tal manera que se produce una deformación en forma de onda 242 (ver la figura 10) en la pieza de trabajo de SMA 60, que se explicará en más detalle más adelante con respecto a la figura 10. Además, la etapa 302 de la aplicación del par de fuerzas 76 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A) puede comprender la aplicación de fuerzas en oposición, tales como la fuerza aplicada 244 (ver la figura 10) y la fuerza de reacción 246 (ver la figura 10), para impartir un comportamiento transformacional 247 generalmente de no ondulado a ondulado (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60, es decir, cambiando la forma de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, desde una forma original 75 (ver la figura 3A) o forma no ondulada a una forma ondulada 243 (ver la figura 10).

Como se muestra además en la figura 12, el método 300 puede comprender la etapa 304 de aplicación de ciclos térmicos 82 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62. La etapa 304 de aplicación de ciclos térmicos 82 puede comprender la aplicación del par de fuerzas 76 de una manera cíclica, impartiendo de este modo ciclos de deformación sustancialmente plana 84 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A), tal como en forma de un actuador de SMA 62, para hacer que la pieza de trabajo de SMA 60 tenga el comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11). La etapa 304 de aplicación de ciclos térmicos 82 puede comprender la aplicación de calor a la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, para producir el movimiento de distorsión 79 (ver las figuras 3A-3B) que cambia una forma de la pieza de trabajo de SMA 60 desde la forma original 75 (ver la figura 3A) que comprende la forma sustancialmente rectangular 75a (ver la figura 3A), a la forma adiestrada 77 (ver la figura 3B) que comprende la forma sustancialmente de paralelogramo 77a (ver la figura 3B). El movimiento de distorsión 79 que cambia la forma de la pieza de trabajo de SMA 60 desde la forma sustancialmente rectangular 75a a la forma sustancialmente de paralelogramo 77a conserva preferiblemente una base y una altura correspondientes de la pieza de trabajo de SMA 60.

La etapa 304 de aplicación de ciclos térmicos 82 puede comprender el procesamiento termo-mecánico de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, para impartir el comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 para obtener la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B), tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a. El procesamiento termo-mecánico puede comprender la aplicación de variaciones de temperatura 125 (ver la figura 11) usando un sistema de control de temperatura 123 (ver la figura 5), como se explicará en más detalle más adelante.

La materia prima 61 de la aleación con memoria de forma (SMA) (ver las figuras 3A-3B) puede incluir, pero no sin limitación, aleaciones con memoria de forma adecuadas tales como aleaciones basadas en níquel-titanio (NiTiInol), aleaciones basadas en níquel-titanio-platino, aleaciones basadas en indio-titanio, aleaciones basadas en níquel-aluminio, aleaciones basadas en níquel-aluminio-platino, aleaciones basadas en níquel-galio, aleaciones basadas en cobre, aleaciones basadas en oro-cadmio, aleaciones basadas en hierro-platino, aleaciones basadas en hierro-paladio, aleaciones basadas en plata-cadmio, aleaciones basadas en indio-cadmio, aleaciones basadas en manganeso-cobre, aleaciones basadas en rutenio-niobio, aleaciones basadas en rutenio-tántalo, aleaciones basadas en titanio, aleaciones basadas en hierro, y otras similares. Más preferiblemente, la aleación con memoria de forma es NiTiInol.

Preferiblemente, las aleaciones con memoria de forma utilizadas en realizaciones de la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A), tal como en forma de un actuador de SMA 62 (ver la figura 3B), que se han descrito en la presente memoria descriptiva pueden tener un efecto de forma de dos vías. El efecto de forma de dos vías, al que las aleaciones con memoria de forma se someten, comprende dos fases o condiciones, incluyendo una fase martensítica 86 (ver la figura 11) y una fase austenítica 88 (ver la figura 11). La fase martensítica 86 es una fase relativamente blanda y fácilmente deformable de las aleaciones con memoria de forma, que existe a temperaturas más bajas. Cuando la aleación con memoria de forma se calienta, sufre una transformación desde la fase martensítica 86 (forma original 75) a la fase austenítica 88 (forma adiestrada 77). En la fase austenítica 88, la aleación con memoria de forma "recuerda" la forma que tenía antes de ser deformada. Con un esfuerzo bajo y una temperatura baja, existe la fase martensítica 86, y a una temperatura más alta y un esfuerzo más alto, existe la fase austenítica 88. Las aleaciones con memoria de forma pueden sufrir grandes cantidades de deformación y, posteriormente, con el aumento de la temperatura o con la descarga, volver a su forma original 75.

Al calentar la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A), tal como en forma de un actuador de SMA 62, y después de la aplicación del par de fuerzas 76 (ver la figura 11), tal como en forma de la primera fuerza en oposición 76a y la segunda fuerza en oposición 76b, a la pieza de trabajo de SMA 60, el efecto de la forma de dos vías permite que la pieza de trabajo de SMA 60 sea adiestrada y pase desde la forma original 75 (ver la figura 3A), o fase martensítica 86 (ver la figura 11), a la forma adiestrada 77 (ver la figura 3B), o fase austenítica 88 (ver la figura 11), y vuelva desde la forma adiestrada 77 a la forma original 75. El par de fuerzas 76 se puede aplicar de una manera cíclica mediante la aplicación de un nivel de esfuerzo predeterminado, por ejemplo, de 1757,7 kg/cm² a 2460,7 kg/cm² (25 a 35 ksi), y preferiblemente de 2109,2 kg/cm² (30 ksi) (ksi = mil libras por pulgada cuadrada), y calentar repetidamente la pieza de trabajo de SMA 60 por lo menos 500-1000 ciclos, impartiendo de este modo los ciclos de deformación sustancialmente plana 84 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A), tal como en forma de un actuador de SMA 62 (ver la figura 3A). La pieza de trabajo de SMA 60 facilita el cambio de forma cuando se

calienta desde una primera temperatura, que corresponde a la fase martensítica 86 o forma original 75, a una segunda temperatura, que corresponde a la fase austenítica 88 o forma adiestrada 77. Cuando la pieza de trabajo de SMA 60 se calienta a la segunda temperatura, o por encima de una temperatura de transición, la pieza de trabajo de SMA 60 llega a la fase austenítica 88 (ver la figura 11) haciendo que la pieza de trabajo de SMA 60 se mueva y vuelva a su forma original 75. El adiestramiento que comprende el procesamiento termo-mecánico o el sometimiento a ciclos se puede realizar de una manera que mantiene estacionario el primer borde 68 (ver la figura 3A) de la pieza de trabajo de SMA 60 mientras que el segundo borde 70 (ver la figura 3A) se desplaza o recibe una carga de adiestramiento. Por lo tanto, el adiestramiento de la pieza de trabajo de SMA 60 puede comprender además la aplicación y la eliminación de una carga y el aumento y la disminución de una temperatura de la pieza de trabajo de SMA 60 de una manera cíclica mientras se mide y se controla la deformación.

Antes de que se realice cualquier adiestramiento en la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, la pieza de trabajo de SMA 60 puede tener una forma inicial 63 (ver la figura 11) rectangular, no deformada. Durante el adiestramiento de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, las cargas aplicadas 186 (ver la figura 11) se aplican preferiblemente a la pieza de trabajo de SMA 60 mientras se realiza la aplicación de ciclos térmicos 82 a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 11). En la fase martensítica 86 (ver la figura 11), la pieza de trabajo de SMA 60 tiene la forma original 75, que preferiblemente es una forma deformada, debido a las cargas aplicadas 186 (ver la figura 11) que se aplican a la pieza de trabajo de SMA 60 durante el adiestramiento. Cuando la pieza de trabajo de SMA 60 es sometida a carga mientras se mantiene fría en la fase martensítica 86, la pieza de trabajo de SMA se deforma desde la forma sustancialmente rectangular 75a (ver la figura 3A) a la 77a a la forma sustancialmente de paralelogramo (ver la figura 3B) (forma deformada). Cuando se aplica calor, la forma sustancialmente de paralelogramo 77a (forma deformada) vuelve a su forma parecida a la forma inicial 63, por ejemplo, la forma rectangular no deformada. Por medio de la realización de ciclos térmicos durante un período de tiempo eficaz, la pieza de trabajo de SMA 60 preferentemente es adiestrada a la forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B). Una vez adiestrada, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, que ya tiene la forma sustancialmente de paralelogramo 77a, se puede procesar de manera que el primer borde 68 (ver la figura 3B), el segundo borde 70 (ver la figura 3B), el primer extremo 64 (ver la figura 3B) y / o el segundo extremo 66 (ver la figura 3B) se pueden recortar a la forma original 75 (ver la figura 3A), por ejemplo, una forma de rectángulo 75a (ver la figura 3A). Cuando se calienta, la forma original 75 de la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 60) se transforma preferentemente en la forma adiestrada 77 (fase austenítica 88) de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B).

En otra realización de la divulgación, se proporciona un sistema de adiestramiento 90 (ver la figura 11) capaz de realizar un trabajo. La figura 11 es un diagrama de bloques del sistema de adiestramiento 90 que se puede usar en una de las realizaciones del método 300 (ver la figura 12) de la divulgación. Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) 60, tal como un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) 62, que presenta un comportamiento transformacional generalmente plano 78. El sistema de adiestramiento 90 comprende además uno o más elementos de calentamiento 124 (ver las figuras 5, 11) para la transformación de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, desde la forma original 75 (ver la figura 3A) a la forma adiestrada 77 (ver la figura 3B), realizando de esta manera un trabajo.

El actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B) puede comprender la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B) que presenta el comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11). El actuador de SMA adiestrada 62a puede comprender además la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B), en la que la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a es adiestrada por la aplicación de un par de fuerzas 76 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A) para impartir el comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60. El sistema de adiestramiento 90 preferiblemente es capaz de impartir un movimiento y de esta manera realizar un trabajo. Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende además un conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver también la figura 4) que tienen un dispositivo de aplicación de cargas 102 (ver también la figura 4) y un sistema de control de temperatura 123 (ver también la figura 5). El dispositivo de aplicación de cargas 102 es capaz de impartir un movimiento o transmitir el movimiento a una estructura que comprende un mecanismo o una articulación destinada a moverse y recibir el movimiento, tal como un dispositivo de deslizamiento 112 (ver las figuras 4, 11).

El dispositivo de aplicación de cargas 102 (ver la figura 4) aplica preferiblemente las cargas de distorsión en la dirección del borde 80 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62 (ver la figura 4). El sistema de control de temperatura 123 (ver la figura 5) controla preferiblemente el uno o más elementos de calentamiento 124 (ver la figura 5) y, preferentemente, aplica variaciones de temperatura 125 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, con el fin de producir el movimiento de distorsión 79 (ver las figuras 3A-3B) que modifica la forma de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, desde la forma original 75 (ver la figura 3A) que comprende la forma 75a sustancialmente rectangular (ver la figura 3A) a la forma adiestrada 77 (ver la figura 3B) que comprende la forma sustancialmente de paralelogramo 77a (ver la figura 3B).

El adiestramiento y el procesamiento termo-mecánico de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma del actuador de SMA 62, comprende preferiblemente la utilización del sistema de adiestramiento 90 (ver la figura 11) con el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver las figuras 4, 11), y preferiblemente incluye además un sistema de medición del rendimiento 92 (ver la figura 11) para determinar directa o indirectamente la deformación producida 94 (ver la figura 11) o una carga 96 (ver la figura 11) aplicada por el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 o generada por la pieza de trabajo de SMA 60. Unas aberturas de interfaz 158 (ver la figura 5) se pueden cortar en la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 5) si la pieza de trabajo de SMA 60 es para ser instalada en el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver la figura 4). Una interfaz de abertura de este tipo 158 se puede cortar en una forma y tamaño deseados con el fin de recibir elementos de retención 116 (ver la figura 4), tales como abrazaderas 118 (ver la figura 4), del conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver la figura 4).

La pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, puede ser cortada, procesada químicamente, y unida, tal como por medio de enlace, fijación mecánica, u otro proceso adecuado de unión, a una estructura 164 (ver la figura 6), preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver la figura 6). La estructura 164 puede ser mecanizada según sea necesario para quedar sujeta en el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver la figura 4).

La figura 4 es una ilustración de una vista en perspectiva del conjunto de aparatos de adiestramiento 100 que se puede utilizar para adiestrar la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62. El adiestramiento de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, puede comprender el montaje de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma del actuador de SMA 62 (ver la figura 4), en el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 y la aplicación de las cargas de distorsión en la dirección de los bordes 80, mientras se calienta y se enfría la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62. La pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 4), tal como en forma de un actuador de SMA 62 (ver la figura 4), está sujeta preferiblemente a lo largo del primer borde 68 (ver la figura 4) y a lo largo del segundo borde 70 (ver la figura 4). El segundo borde 70 (ver la figura 3A) es preferiblemente fijo y el primer borde 68 (ver la figura 3A) es preferiblemente libre de moverse linealmente a lo largo de un dispositivo de deslizamiento lineal 114 (ver la figura 4). Las cargas de distorsión en la dirección de los bordes 80 (ver la figura 11) pueden estar distribuidas uniformemente, distribuidas discretamente, o distribuidas de manera variable.

Como se muestra en la figura 4, el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 se puede situar y acoplar a una superficie sustancialmente plana 152 por medio de una estructura de acoplamiento de base 150. El conjunto de aparatos de adiestramiento 100 comprende el dispositivo de aplicación de cargas 102 (ver la figura 4). El dispositivo de aplicación de cargas 102 puede comprender un dispositivo empujador 104 (ver la figura 4) o un actuador lineal (ver la figura 11). El dispositivo de aplicación de cargas 102 puede estar acoplado a un dispositivo regulador 106 para regular el dispositivo de aplicación de cargas 102. El dispositivo regulador 106 puede ser en forma de un regulador de presión, un regulador energizado por fluido, un regulador energizado por electricidad, u otro dispositivo regulador adecuado.

Como se muestra en la figura 4, el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 puede comprender además el dispositivo de deslizamiento 112, tal como en forma de un dispositivo de deslizamiento lineal 114. El dispositivo de deslizamiento lineal 114 se acopla preferentemente al dispositivo de aplicación de cargas 102. Una o más cargas aplicadas 186 (ver la figura 11) pueden ser aplicadas al dispositivo de deslizamiento lineal 114 por el dispositivo de aplicación de cargas 102 (ver la figura 4).

Durante el adiestramiento, la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 4), tal como en forma de un actuador de SMA 62 (ver la figura 4), está montada preferiblemente en el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 con el segundo extremo 66 (ver la figura 4) más alejado del dispositivo de aplicación de cargas 102. Como se muestra en la figura 4, el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 puede comprender, además, dos o más elementos de retención 116, tales como en forma de abrazaderas 118. Los dos o más elementos de retención 116, tales como en forma de abrazaderas 118, pueden incluir orificios 120 (ver la figura 4) para recibir elementos de fijación, tales como tornillos (no mostrados), con el fin de retener la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, en el conjunto de aparatos de adiestramiento 100. Los elementos de retención 116 se pueden asegurar al conjunto de aparatos de adiestramiento 100 por medio de una estructura de soporte 122. La pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, se retiene preferiblemente sobre el primer borde 68 y el segundo borde 70 por los elementos de retención 116 (ver la figura 4), tales como en forma de pinzas 118 (ver la figura 4). Como se muestra en la figura 4, la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, se puede sujetar en el primer borde 68 y en el segundo borde 70, estando fijado el segundo borde 70 y estando libre el primer borde 68 para moverse linealmente a lo largo del dispositivo de deslizamiento 112. Los elementos de retención 116 pueden reaccionar a una o más cargas de reacción 188 (ver la figura 11) del dispositivo de deslizamiento lineal 114, como resultado de las una o más cargas aplicadas 186, que son aplicadas al dispositivo de deslizamiento lineal 114 por el dispositivo de aplicación de cargas 102, es decir, los elementos de retención 116 pueden reaccionar o impartir las cargas de distorsión en la dirección de los bordes 80 (ver la figura 11).

El conjunto de aparatos de adiestramiento 100 puede comprender además el sistema de control de temperatura 123 (ver las figuras 5, 11). La figura 5 es una ilustración de una vista en planta en perspectiva ampliada de una realización de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, por ejemplo, el actuador de SMA adiestrada 62a, que

puede ser adiestrada por una de las realizaciones del método 300 (ver la figura 12) de la divulgación y que muestra el sistema de control de temperatura 123. Como se muestra en la figura 5, el sistema de control de temperatura 123 puede comprender uno o más elementos de calentamiento 124 situados sobre la segunda superficie 74 de la pieza de trabajo de SMA, tal como en forma de un actuador de SMA 62. El uno o más elementos de calentamiento 124 pueden comprender uno o más de entre una banda flexible de calentamiento 126 (ver las figuras 5, 11), TEM (módulos termoelectrónicos) 214 (ver la figura 8C), lámparas de calor (no mostradas), pistolas de calentamiento (no mostradas), una corriente eléctrica (no mostrada) que pasa a través del material resistivo de la aleación con memoria de forma, u otro elemento de calentamiento adecuado para la generación o el control de calor.

Como se muestra en la figura 5, el uno o más elementos de calentamiento 124 se disponen preferiblemente adyacentes a la pieza de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, para facilitar el calentamiento de la aleación con memoria de forma para pasar de la fase martensítica 86 (ver la figura 11) a la fase austenítica 88 (ver la figura 11) cuando el actuador de SMA 62 se mueve en una dirección de cizallamiento. Durante el adiestramiento y cuando se calienta, la pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A), tal como en forma de un actuador de SMA 62 (ver la figura 3B), intenta transformarse desde la forma original 75 (ver la figura 3A) (forma deformada debido a las cargas de adiestramiento, fase martensítica 86 (ver la figura 11)), a la forma adiestrada 77 (ver la figura 3B) (próxima a la forma inicial 63 (ver la figura 11), la forma no deformada, fase austenítica 88 (ver la figura 11), y volver desde la forma adiestrada 77 a la forma original 75. Cuando la temperatura de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a se enfría, el material de aleación con memoria de forma vuelve de nuevo a la forma original 75, fase martensítica 86 (ver la figura 11). Cuando la pieza de trabajo de SMA 60 está siendo adiestrada, la fuerza aplicada durante el adiestramiento puede estar presente siempre y es sustancialmente de magnitud constante.

Como se muestra además en la figura 5, el sistema de control de temperatura 123 puede comprender uno o más sensores de temperatura 128 colocados en la primera superficie 72 del actuador de SMA adiestrada 62a, opuestos a los uno o más elementos de calentamiento 124 en la segunda superficie 74 del actuador de SMA adiestrada 62a. El sensor de temperatura 128 puede comprender un dispositivo de termopar 129 (ver la figura 5), u otro sensor de temperatura adecuado 128. La figura 5 muestra los uno o más elementos de calentamiento 124 conectados para calentar los cables 130 de los elementos y muestra además los sensores de temperatura 128, estando conectado cada uno de ellos a un cable de sensor separado 133. Como se muestra en la figura 5, los elementos de calentamiento 124 se colocan preferiblemente sobre la segunda superficie 74 de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a en un área de actuador activo 154. Como se muestra además en la figura 5, las aberturas de fijación 158 y las aberturas de interfaz 160 están posicionadas preferiblemente en una área de interfaz externa 156 de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a.

Como se muestra en la figura 4 y la figura 5, el sistema de control de temperatura 123 puede comprender además un dispositivo controlador 132 acoplado a los cables 130 de los elementos de calentamiento, de los elementos de calentamiento 124 del conjunto de aparatos de adiestramiento 100 por medio de un conector 131 y acoplado además a los cables sensores 133 de los sensores de temperatura 128. Como se muestra además en la figura 4 y la figura 5, el dispositivo controlador 132 puede comprender un dispositivo de ordenador 134 que puede incluir una unidad de procesamiento 136 para el funcionamiento y el procesamiento de software 138.

La temperatura de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, es controlada preferiblemente usando los elementos de calentamiento 124, los sensores de temperatura 128, y el dispositivo controlador 132. El conjunto de aparatos de adiestramiento 100 puede comprender además el sistema de medición de rendimiento 92 que comprende elementos de medición del rendimiento 140 (ver las figuras 4, 11). Los elementos de medición del rendimiento 140 pueden comprender uno o más sensores 142 (ver la figura 4), tales como en forma de sensores de posición de láser 144 (ver la figura 4). La figura 4 muestra dos conjuntos de sensores de posición de láser 144 conectados a los respectivos elementos de alojamiento 146. Los elementos de medición del rendimiento 140, por ejemplo en forma de sensores de posición de láser 144, miden preferiblemente el movimiento del primer borde 68 y el movimiento del segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62. La deformación producida 94 (ver la figura 11) por el movimiento puede ser medida por medio de los elementos de medición de rendimiento 140 (ver la figura 4). Cuando el adiestramiento se ha completado, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B) puede ser activada por calentamiento y enfriamiento, y el rendimiento 108 (ver la figura 11) de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a puede ser medido utilizando los elementos de medición de rendimiento 140. El adiestramiento puede provocar una deformación permanente, lo que resulta generalmente en un cambio ligero de la forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a con relación a una forma inicial 63 (ver la figura 11) de la pieza de trabajo de SMA 60. El conjunto de aparatos de adiestramiento 100 preferiblemente aplica cargas aplicadas 186 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 mientras calienta y enfría la pieza de trabajo de SMA 60.

Después del adiestramiento y del calentamiento, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, puede someterse a un procesamiento adicional. Por ejemplo, si la forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a después de el adiestramiento no es de una forma deseada debido a la deformación o a la deformación permanente que se puede producir durante el adiestramiento, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a puede someterse a una o más técnicas de procesamiento. Tales técnicas de procesamiento

pueden incluir una o más de entre mecanizado, procesamiento químico, corte, tratamiento de superficie, acabado de superficie, unión, revestimiento, chapado, pulido, u otra técnica de procesamiento adecuado.

Después del procesamiento, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B), tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), puede estar unida a una o más estructuras 164 (ver las figuras 6, 8A, 9B). Como se muestra en la figura 12, el método 300 puede comprender, además, la etapa 306 de unir opcionalmente la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (ver la figura 3B), tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), a una o más estructuras 164. Preferiblemente, las una o más estructuras 164 son capaces de cambiar de forma en respuesta a un cambio en la temperatura de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a. La etapa 306 de unir la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a, puede comprender la integración o la incrustación de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a en un larguero estructural 30 (ver la figura 1) o un larguero estructural 44 (ver la figura 2) de un vehículo aéreo 10 (ver la figura 1, la figura 2) para influenciar sobre la forma del larguero estructural 30 o del larguero estructural 44. Como se usa en la presente memoria descriptiva, "influenciar" significa e incluye, pero no se limita a, alabeo, desviar, producir la torsión, doblar, distorsionar o adaptar la forma de una estructura, por ejemplo, un larguero estructural 30 (ver la figura 1) o una porción de un larguero estructural 30, un larguero estructural 44 (ver la figura 2) o una porción de un larguero estructural 44, o un larguero estructural 224 (ver la figura 8B) o una porción de un larguero estructural 224. El actuador de SMA adiestrada 62a integrado se muestra también integrado en el larguero estructural 224 (ver las figuras 8B, 9C).

En otra realización de la divulgación, se proporciona una estructura 164 (ver las figuras 8B, 9C), tal como una estructura de adaptación. La estructura 164 (ver las figuras 8B, 9C), tales como una estructura de adaptación, comprende al menos una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) 60a (ver la figura 3B), tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), que tiene un comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11). La al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), se une a la estructura 164 (ver las figuras 8B, 9C), preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver las figuras 8B, 9C) o una estructura de metal u otra estructura adecuada. La estructura 164 es adaptable preferiblemente en respuesta a un cambio en la temperatura de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a.

La estructura 164, tal como la estructura de adaptación, preferiblemente comprende un larguero estructural 30 (ver la figura 1), un larguero estructural 44 (ver la figura 2), o un larguero estructural 224 (ver la figura 8B), en un vehículo aéreo 10 (ver las figuras 1, 2). El larguero estructural 30 (ver la figura 1), el larguero estructural 44 (ver la figura 2), o el larguero estructural 224 (ver la figura 8B) tienen preferiblemente una sección transversal cerrada, y como se muestra en la figura 8B, incluyen al menos dos piezas de trabajo de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) 60a, tales como los actuadores de SMA adiestrada 62a, en la que las piezas de trabajo de SMA adiestrada 60a, tales como los actuadores de SMA adiestrada 62a, están dispuestas sustancialmente una frente a la otra. La al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a comprende preferiblemente un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 8B) que está integrado en la estructura 164 (ver la figura 8B) y está configurado preferiblemente para influenciar en una superficie aerodinámica de la estructura 164. La al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a está integrada preferiblemente en un actuador de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) 62a (ver las figuras 8B, 9C) que puede estar unido (ver la figura 8B), sujeto mecánicamente (ver la figura 9C), soldado, fundido, o unido adecuadamente de otra manera a la estructura 164 y que influye en una forma de la estructura 164. La al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como un actuador de SMA adiestrada 62a, está adiestrada preferiblemente mediante la aplicación de un par de fuerzas 76 (ver la figura 11) a una pieza de trabajo de SMA 60 (ver la figura 3A), tal como un actuador de SMA adiestrada 62a, para impartir el comportamiento transformacional generalmente plano 78 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA adiestrada 62a, y por la aplicación de ciclos térmicos 82 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, para producir un movimiento de distorsión 79 (ver las figuras 3A, 3B) que cambia una forma de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, desde una forma sustancialmente rectangular 75a (ver la figura 3A) a una forma sustancialmente de paralelogramo 77a (ver la figura 3B).

Preferiblemente, la estructura 164, tal como la estructura de adaptación, tiene una superficie aerodinámica. La estructura 164 puede comprender uno de entre un larguero estructural 30 (ver la figura 1) o una porción de un larguero estructural 30 de un ala 14, 16 (ver la figura 1) de un vehículo aéreo 10 (ver la figura 1) tal como una aeronave 11 (ver la figura 1), una superficie de un ala 16 (ver la figura 1) de un vehículo aéreo 10 (ver la figura 1) tal como un avión 11 (ver la figura 1), un larguero estructural 44 (ver la figura 2) o una porción de un larguero estructural 44 de una pala de rotor 40 (ver la figura 2) de un vehículo aéreo 10 (ver la figura 2), tal como un giroavión 34 (ver la figura 2), una superficie de una pala de rotor 40 (ver la figura 2) de un vehículo aéreo 10 (ver la figura 2), tal como un giroavión 34, un plano de cola 20 (ver la figura 1) de una aeronave 11 (ver la figura 1), una superficie de un plano de cola 20 (ver la figura 1) de una aeronave 11 (ver la figura 1), una superficie de sustentación, u otras estructuras, componentes y elementos aerodinámicos y no aerodinámicos, incluyendo las estructuras de tierra y los vehículos basados en tierra, estructuras navales, y otros vehículos. El actuador de SMA adiestrada 62a integrado puede ejercer una fuerza sobre la estructura 164, y puede influenciar, conducir, o controlar la forma, tal como una forma accionada, de la estructura 164, tal como el larguero estructural 30 de las alas 14, 16 o el larguero estructural 44 de

la pala de rotor 40, respectivamente, que, a su vez, controla una forma actuada de las alas 14, 16 o de la pala de rotor 40. El actuador de SMA adiestrada 62a puede estar unido a la estructura 164 (ver la figura 6) o el actuador de SMA adiestrada 62a puede estar unido mecánicamente a la estructura 164 (ver las figuras 9A-9C).

5 La figura 5 muestra una pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, que ha sido adiestrada y que ha sido recortada para la integración en una estructura 164, tal como un larguero estructural 44 (ver la figura 2) de una pala de rotor 40 (ver la figura 2). Una pieza de bastidor de actuador 162 puede ser recortada de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a, y puede ser retirada de manera que la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a, puede estar unido, tal como por medio de fijación mecánica, a la estructura 164, tal como el larguero estructural 44 (ver la figura 2). La pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a, puede ser recortada y procesada también para la unión a la estructura 164 (ver la figura 6), preferentemente una estructura de material compuesto 165, una estructura de metal, u otra estructura adecuada.

15 La figura 6 es una ilustración de una vista en planta ampliada de una realización de una pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, unido a una estructura de material compuesto 164 para formar una estructura de material compuesto unida 165a (ver también la figura 11) antes de el adiestramiento y antes de la instalación en el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver la figura 4). Si la pieza de trabajo de SMA 60 ya se ha unido a la estructura 164 antes del adiestramiento, a continuación, la estructura 164 puede ser recortada para ser integrada en una parte componente. La figura 6 muestra la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, con el primer extremo 64, el segundo extremo 66, el primer borde 68, y el segundo borde 70 y muestra la estructura 164 que comprende una primera estructura 166a con un borde de unión 168a y un borde no de unión 170a, y que comprende una segunda estructura 166b con un borde de unión 168b y un borde no de unión 170b. Como se muestra en la figura 6, el primer borde 68 de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, puede estar unido al borde de unión 168a de la primera estructura 166a, y el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, puede estar unido al borde de unión 168b de la segunda estructura 166b. Cada una de las estructuras primera y segunda 166a, 166b puede comprender aberturas de interfaz de estructura 172. La figura 6 muestra además áreas de unión extendidas 174 en el que el primer extremo 68 y el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, se pueden extender más lejos a través de la estructura 164.

30 Las figuras 7A-7G muestran realizaciones de diversas variantes de adiestramiento 180, tal como en forma de variantes de adiestramiento 180a-180f. La figura 7A es una ilustración de una vista en planta de una realización de una variante de adiestramiento 180, tal como en forma de la variante de adiestramiento 180a de la divulgación. La figura 7A muestra un método de línea de base en el que el primer borde 68 y el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, son retenidos o sujetos por elementos de retención 116, como por ejemplo en forma de abrazaderas 118. Una primera área libre 182 y una segunda área libre 184 no son retenidas o sujetadas y son libres. Toda la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, se puede calentar durante el adiestramiento. La figura 7A muestra adicionalmente una fuerza aplicada 186a a lo largo del segundo borde 70 que está sujeto y se muestra una fuerza de reacción 188a a lo largo del primer borde 68 que está sujeto. La fuerza aplicada 186a durante el adiestramiento puede estar presente siempre y ser sustancialmente constante en magnitud. Como se muestra en la figura 7A, la segunda superficie 74 de la pieza de trabajo de SMA 60 está cubierta con elementos de calentamiento 124, incluyendo la primera área libre 182 y la segunda área libre 184. En el método de línea de base, la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, está adiestrada y cuando se incorpora en una estructura 164 (ver la figura 6), preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver la figura 6), la estructura 164 puede ser movida preferentemente de acuerdo con como la pieza de trabajo de SMA adiestrada, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), influencia o acciona la forma de la estructura 164. La fuerza aplicada 186a indica la fuerza aplicada al dispositivo de deslizamiento lineal 114 (ver la figura 4).

50 La figura 7B es una ilustración de una vista en planta de otra realización de una variante de adiestramiento 180, en forma de variante de adiestramiento 180b, de la divulgación. La figura 7B muestra una variante de adiestramiento 180b en la que el primer borde 68 y el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo un actuador de SMA 62, está retenido o sujeto por elementos de retención 116, tales como en forma de abrazaderas 118. En esta variante de adiestramiento 180b como se muestra en la figura 7B, la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, está cubierta con elementos de calentamiento 124 a excepción de la primera área libre 182 y de la segunda área libre 184 que no se calientan. Debido a que la primera área libre 182 y la segunda área libre 184 no se calientan durante el adiestramiento, la primera área libre 182 y la segunda área libre 184 y el primer extremo 64 y el segundo extremo 66 no pueden actuar tanto como la porción media que está cubierta con los elementos de calentamiento 124. La figura 7B muestra, además, una fuerza 186b aplicada a lo largo del segundo borde 70 que está sujeto y se muestra una fuerza de reacción 188b a lo largo del primer borde 68 que está sujeto. La fuerza aplicada 186b durante el adiestramiento puede estar presente siempre y ser sustancialmente constante en magnitud. En esta variante de adiestramiento 180b, el calor no se aplica a la primera área libre 182 y a la segunda área libre 184 para reducir la tensión en estas áreas libres y en la proximidad de las mismas.

La figura 7C es una ilustración de una vista en planta de otra realización de una variante de adiestramiento 180, en forma de la variante de adiestramiento 180c de la divulgación. La figura 7C muestra la variante de adiestramiento

180c que tiene un elemento de bastidor 194, tal como en forma de un material flexible 196, y en el que el primer extremo 64, el segundo extremo 66, el primer borde 68 y el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, son retenidos o sujetos por elementos de retención 116 que son rígidos, como por ejemplo en forma de abrazaderas 118, que forman una pinza adaptable alrededor del elemento de bastidor 194.

5 En esta variante de adiestramiento 180c, como se muestra en la figura 7C, toda la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, está cubierta con elementos de calentamiento 124, pero el elemento de bastidor 194 formado de un material adaptable 196 no se calienta. El elemento de bastidor 194 rodea la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, y el uno o más elementos de sujeción rígidos 116, tales como las abrazaderas rígidas 118, forman una pinza adaptable con todo el elemento de bastidor 194. Aunque toda la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, se puede calentar, la carga en la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, puede ser controlada por la abrazadera adaptable. La adaptabilidad proporciona un perfil de deformación deseado 98 (ver la figura 11) o coincide con un adaptabilidad de la estructura integrada. El material adaptable 196 puede ser utilizado con cualquiera de las realizaciones de las variantes de adiestramiento de 180, tal como en forma de la variantes de adiestramiento 180a-180f, como se muestra en las figuras 7A-7G. En algunas realizaciones, puede ser deseable aplicar las cargas de distorsión en la dirección del borde 80 de una manera no uniforme. Esto se puede realizar por la sujeción no uniforme de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62. Por ejemplo, las porciones discretas del primer borde 68 (ver la figura 3A), el segundo borde 70 (ver la figura 3A), el primer extremo 64 (ver la figura 3A), y / o el segundo extremo 66 (ver la figura 3A), pueden ser sujetos o no sujetos, y / o los materiales o estructuras que transmiten la fuerza aplicada 186 o carga, tales como en forma de fuerzas aplicadas o cargas 186a 186e (ver las figuras 7A-7E), durante el adiestramiento de la pieza de trabajo de SMA 60 de una manera no uniforme o adaptada se puede emplear.

La figura 7C muestra, además, una fuerza 186c aplicada a lo largo del segundo borde 70 que está sujeto y se muestra una fuerza de reacción 188c a lo largo del primer borde 68 que está sujeto. La fuerza 186c aplicada durante el adiestramiento puede estar siempre presente y ser sustancialmente constante en magnitud. La figura 7C muestra, además, una fuerza de reacción 190 a lo largo del primer extremo 64 y una fuerza de reacción 192 a lo largo de un segundo extremo 66. En la variante de adiestramiento 180c que se muestra en la figura 7C, aunque toda la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, se calienta, no se está aplicando la fuerza a través de los elementos de sujeción rígidos 116, tales como en forma de abrazaderas rígidas 118.

La figura 7D es una ilustración de una vista en planta de otra realización de una variante de adiestramiento 180, en la forma de la variante de adiestramiento 180d de la divulgación. En esta variante de adiestramiento alternativa 180d, la figura 7D muestra un método de línea de base en el que el primer borde 68 y el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, son retenidos o sujetos por elementos de retención 116, como por ejemplo en forma de abrazaderas 118. La primera área libre 182 y la segunda área libre 184 no son retenidas o sujetadas y son libres. Toda la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, se puede calentar pero la primera área libre 182 y la segunda área libre 184 pueden ser sobrecalentadas después de que el adiestramiento se haya completado para eliminar la actuación de la deformación desarrollada por el adiestramiento. La figura 7D muestra además una fuerza aplicada 186d a lo largo del segundo borde 70 que está sujeto y se muestra una fuerza de reacción 188d a lo largo del primer borde 68 que está sujeto. La fuerza aplicada 186d durante el adiestramiento puede estar presente siempre y ser sustancialmente constante en magnitud. En esta variante de adiestramiento 180d, la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62, está adiestrada y cuando se incorpora en una estructura 164 (ver la figura 6), preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver la figura 6), la estructura 164 se moverá preferiblemente de acuerdo con la manera con la que la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), influencia o acciona la forma de la estructura 164. La fuerza aplicada 186d indica la fuerza aplicada al dispositivo de deslizamiento lineal 114 (ver la figura 4).

La figura 7E es una ilustración de una vista en planta de otra realización de una variante de adiestramiento 180, en forma de la variante de adiestramiento 180e de la divulgación. La figura 7E muestra una variante de adiestramiento alternativa 180e en la que el primer extremo 64, el segundo extremo 66, el primer borde 68, el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, son retenidos o sujetos por elementos de retención 116, tal como en forma de abrazaderas 118. Sin embargo, las porciones de esquina 204 incluyen porciones de bisagra 198, que forman un enlace sustancialmente de cuatro barras. En esta realización, la carga se puede aplicar a lo largo de los extremos cortos, los bordes largos, o ambos extremos cortos y bordes largos de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62. La aplicación de la carga al extremo corto incluye la aplicación de cargas a los extremos cortos, tales como el primer extremo 64 (ver la figura 7E) y el segundo extremo 66 (ver la figura 7E). La aplicación de cargas al borde largo incluye la aplicación de la carga a los bordes largos, tales como el primer borde 68 (ver la figura 7E) y el segundo borde 70 (ver la figura 7E). La figura 7E muestra una fuerza 186e aplicada a lo largo del primer extremo 64 que está sujeto y se muestra una fuerza de reacción 188e a lo largo del segundo extremo 66 que está sujeto. Además, una fuerza de reacción 200 a lo largo del segundo borde 70 y una fuerza de reacción 202 a lo largo del primer borde 68 se muestran en la figura 7E. La fuerza aplicada 186e durante el adiestramiento puede estar presente siempre y ser sustancialmente constante en magnitud. La fuerza 186e aplicada o carga puede ser menor en esta variante alternativa de adiestramiento 180e, y la variante de adiestramiento alternativa 180e puede simplificar la construcción de una pieza de trabajo de SMA 60 muy larga, tal como un actuador de SMA 62. Esto puede ser deseable para adiestrar un actuador muy largo que requiere cargas

de adiestramiento muy grandes. Un método para el adiestramiento de un actuador largo se muestra en la figura 7E. Una carga más pequeña se puede usar, ya que se aplica en el lado más corto de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62. Las porciones de bisagra 198 y las abrazaderas 118 pueden ser utilizadas para restringir la pieza de trabajo de SMA 60, tal como un actuador de SMA 62.

5 La figura 7F es una ilustración de una vista lateral en despiece ordenado de otra realización de una variante de adiestramiento 180, en la forma de la variante de adiestramiento 180f de la divulgación. La figura 7G es una
 10 ilustración de una vista lateral montada de la variante de adiestramiento 180f de la figura 7F de la divulgación. La figura 7F muestra una variante alternativa de adiestramiento 180f, en la que la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, un actuador de SMA 62, está intercalada entre los limitadores de deflexión 206a, 206b, tales como en
 15 forma de placas de metal, platinas, u otros dispositivos adecuados para ser intercalados. Los limitadores de deflexión 206a, 206b proporcionan preferiblemente una desviación ondulante o de deflexión fuera de plano para limitar la altura o extensión de la ondulación o forma ondulada 243 (ver la figura 10) durante el adiestramiento de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62. Los limitadores de deflexión 206a, 206b acomodan el movimiento de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, y se apoyan sobre
 20 la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, antes de la formación de cualquier ondulación. Como se muestra en las figuras 7F, 7G, el limitador de desviación 206a está configurado para aplicar una fuerza aplicada (F aplicada) a la primera superficie 72 de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, cuando la variante de adiestramiento 180f está en una posición montada 208 (ver la figura 7G), y el limitador de desviación 206b está configurado para aplicar una fuerza aplicada (F aplicada) a la segunda superficie 74 de la pieza de trabajo de SMA 60, por ejemplo, el actuador de SMA 62, cuando la variante de adiestramiento 180f se encuentra en la posición montada 208 (ver la figura 7G). La fuerza aplicada (F aplicada) durante el adiestramiento puede estar presente siempre y ser sustancialmente constante en magnitud. Además, cualquiera de las realizaciones de la variantes de adiestramiento 180a-180e que se han explicado más arriba y que se muestran en las figuras 7A-7E, también se puede usar con los limitadores de deflexión 206a, 206b que se muestran en las figuras 7F, 7G.

En otra realización de la divulgación, se proporciona un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) 62 (ver la figura 3A) para una estructura 164 (ver la figura 6), preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver la figura 6). El actuador de SMA 62 puede comprender una pieza de trabajo 60a formada de aleación con memoria de forma (SMA) (ver la figura 3B). La pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a (figura 3B) comprende
 30 preferiblemente una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) 60 (ver la figura 3A) que ha sido preprocesada y que ha sido adiestrada por la aplicación de ciclos térmicos 82 (ver la figura 11) y ciclos de deformación 84 (ver la figura 11) a la pieza de trabajo de SMA 60 para impartir un comportamiento transformacional en la pieza de trabajo de SMA 60 mediante la producción de un movimiento de distorsión 79 (ver las figuras 3A-3B) para cambiar la forma de la pieza de trabajo de SMA 60 desde una forma sustancialmente de rectángulo 75a (ver la figura 3A) a una forma sustancialmente de paralelogramo 77a (ver la figura 3B). La pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a puede estar integrada en el actuador de SMA 62. El actuador de SMA 62 puede estar integrado en la estructura 164 para influenciar una forma de la estructura 164. Preferiblemente, la pieza de trabajo de SMA 60 pre-
 35 procesada (ver la figura 3A) está adiestrada por medio de procesamiento termo-mecánico, en el que los ciclos de deformación 84 (ver la figura 11) comprenden cargas de distorsión en la dirección del borde 80 (ver la figura 11) que imparten una deformación a la pieza de trabajo de SMA 60, en la que la deformación puede ser caracterizada generalmente como una deformación de cizallamiento. Preferiblemente, al menos un elemento de calentamiento 124 (ver la figura 5) está conectado térmicamente con al menos una porción de la pieza de trabajo de SMA 60 para cambiar una temperatura de la pieza de trabajo de SMA 60. El calor aplicado a la pieza de trabajo de SMA 60 hace que la pieza de trabajo de SMA 60 se mueva en el movimiento de distorsión 79.

45 La pieza de trabajo de SMA 60 puede ser pre-procesada por el tratamiento de calor y la conformación de la pieza de trabajo de SMA 60, el corte de la pieza de trabajo de SMA 60 a una forma y tamaño deseados, y someter la pieza de trabajo de SMA 60 a uno o más preprocesos de mecanizado, procesamiento químico, corte, tratamiento de superficie, acabado de superficie, unión, revestimiento, chapado, pulido, adición de aberturas de interfaz y aberturas de sujeción, u otros preprocesos adecuados. Preferiblemente, la estructura 164 comprende uno de entre un larguero estructural 30 (ver la figura 1) o una porción de un larguero estructural 30 de un ala 14, 16 (ver la figura 1) de una aeronave 11 (ver la figura 1), una superficie de un ala 16 (ver la figura 1) de una aeronave 11 (ver la figura 1), un larguero estructural 44 (ver la figura 2) o una porción de un larguero estructural 44 de una pala de rotor 40 (ver la figura 2) de un giroavión 34 (ver la figura 2), una superficie de una pala de rotor 40 (ver la figura 2) de un giroavión 34, un plano de cola 20 (ver la figura 1) de una aeronave 11 (ver la figura 1), una superficie de un plano de cola 20 (ver la figura 1) de una aeronave 11 (ver la figura 1), una superficie de sustentación, u otras estructuras, componentes y elementos aerodinámicos y no aerodinámicos, incluidas las estructuras de tierra y los vehículos basados en tierra, las estructuras acuáticas, y otros vehículos. Preferiblemente, la estructura 164 tiene una superficie aerodinámica. El actuador de SMA integrado 62 con la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a puede influenciar, accionar, o controlar la forma, tal como una forma actuada, de la estructura 164, tal como el larguero estructural 30 o el larguero estructural 44, de las alas 14, 16 o la pala de rotor 40, respectivamente, que, a su vez, controla una forma accionada de las alas 14, 16 o de la pala de rotor 40. El actuador de SMA 62 puede estar unido a la estructura 164 (ver la figura 6), el actuador de SMA 62 puede estar unido mecánicamente a la estructura 164 (ver las figuras 9A-9C) o el actuador de SMA 62 puede estar soldado, fundido, o unido adecuadamente de otro modo a la estructura 164.

En otra realización de la divulgación, hay un sistema 222 (ver la figura 8B) que influye en la forma de un ala 14, 16 (ver la figura 1) de una aeronave 11 (ver la figura 1) o de una pala de rotor 40 (ver la figura 2) de un giroavión 34 (ver la figura 2), u otra superficie de sustentación adecuada o superficie aerodinámica de un vehículo aéreo 10. El sistema 222 comprende un larguero estructural 224, como se muestra en la figura 8B, que se puede utilizar en las alas 14, 16 (ver la figura 1) de la aeronave 11 (ver la figura 1) o en la pala de rotor 40 (ver la figura 2) del giroavión 34 (ver la figura 2), o en otro vehículo aéreo 10 (ver las figuras 1, 2) o estructura. El larguero estructural 224 tiene preferiblemente uno o más conjuntos de actuador de aleación con memoria de forma (SMA) 210 (ver la figura 8A) que pueden estar integrados en el larguero estructural 224. Cada conjunto de actuadores de SMA 210 comprende al menos un actuador de SMA adiestrada 62a (ver las figuras 8A, 8B) integrado en al menos una estructura 164 (ver las figuras 8A, 8B), preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver las figuras 8A, 8B). El sistema 222 comprende, además, un sistema de control de temperatura 123 (ver las figuras 5, 11), tal como en forma de un módulo termoelectrico (TEM) 214 (ver las figuras 8A-8C) unido al larguero estructural 224 para controlar una temperatura del al menos un actuador de SMA adiestrada 62a. El sistema 222 comprende además al menos un elemento de calentamiento 124 (ver las figuras 5, 11) para aplicar calor a el al menos un actuador de SMA adiestrada 62a para hacer que el larguero estructural 224 influya en una forma de las alas 14, 16 (ver la figura 1) de la aeronave 11 (ver la figura 1) o en la pala de rotor 40 (ver la figura 2) del giroavión 34 (ver la figura 2). El al menos un actuador de SMA adiestrada 62a torsiona preferentemente las alas 14, 16 (ver la figura 1) o la pala de rotor 40 (ver la figura 2) para aumentar la elevación con baja velocidad de aire, y retira la torsión de las alas 14, 16 (ver la figura 1) o de la pala de rotor 40 (ver la figura 2) para mejorar el rendimiento del combustible durante el vuelo hacia adelante. Cada conjunto de actuadores de SMA 210 del sistema 222, como se explica en detalle a continuación, puede comprender el módulo termoelectrico (TEM) 214 (ver la figura 8C), un conector térmico 216 (ver la figura 8D) que conecta el TEM 214 al actuador de SMA adiestrada 62a, una o más porciones de elastómero 218 acopladas al TEM 214, y un disipador de calor 220 acoplado al TEM 214.

La figura 8A es una ilustración de una vista lateral en perspectiva ampliada de un conjunto de actuadores de aleación con memoria de forma (SMA) 210 con una realización de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a, adiestrada por una de las realizaciones del método 300 de la divulgación (ver la figura 12). La pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a, se muestra integrada en las ranuras 212 de las estructuras 164. La estructura 164, tal como en forma de una estructura de material compuesto 165, se puede mecanizar en una forma que permite la unión con un larguero estructural 224 (ver la figura 8B), tal como un larguero estructural activo de una pala de rotor 40 (ver la figura 2).

Como se muestra en las figuras 8A, 8C, el conjunto de actuadores de aleación con memoria de forma (SMA) 210 puede comprender, además, uno o más módulos termoelectricos (TEM) 214 que pueden ser utilizados para calentar y enfriar el material de aleación con memoria de forma, por ejemplo, NiTiInol, del actuador de SMA adiestrada 62a. La figura 8C es una ilustración de una vista en perspectiva ampliada del círculo de puntos 8C de la figura 8A que muestra el módulo termoelectrico (TEM) 214. Como se muestra en la figura 8C, el TEM 214 puede comprender una porción de termopar 228 de bomba de calor unida a las porciones de salida de corriente eléctrica 230. Como se muestra en la figura 8A, el TEM 214 puede estar unido a un disipador de calor 220 en un lado, y puede estar conectado térmicamente a la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, en el otro lado.

Como se muestra en las figuras 8A, 8D, el conjunto de actuadores de aleación con memoria de forma (SMA) 210 puede comprender, además, un conector térmico 216. El conector térmico 216 se puede usar para proporcionar conexión térmica y conducción de calor entre el TEM 214 y la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a. La figura 8D es una ilustración de una vista en perspectiva parcial ampliada del círculo de puntos 8D de la figura 8A que muestra el conector térmico 216. Como se muestra en la figura 8D, el conector térmico 216 puede comprender una porción de fibra 232 unida a un sustrato 236. La porción de fibra 232 puede comprender un material de fibra flexible 234, por ejemplo, un material de fibra de carbono, un material de carbono aterciopelado, u otro material de fibra flexible adecuado. El sustrato 236 puede estar compuesto de un material de vinilo, epoxi, material compuesto, metal u otro material de sustrato adecuado. El conector térmico 216 puede estar situado entre el material de aleación con memoria de forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a y el TEM 214 y permitir el movimiento entre ellos.

Como se muestra en la figura 8A, el conjunto de actuadores de aleación con memoria de forma (SMA) 210 puede comprender, además, una o más porciones de elastómero 218 u otras estructuras o materiales flexibles que se pueden utilizar para cerrar la parte superior del conjunto de actuadores de SMA 210. Alternativamente, puede ser beneficioso mover el TEM 214. Por ejemplo, el TEM 214 puede ser movido a la cara interior del material de aleación con memoria de forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a, o puede estar unido a la porción integrada de no movimiento del material de aleación con memoria de forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como el actuador de SMA adiestrada 62a.

La figura 8B es una ilustración de una vista lateral en perspectiva ampliada del conjunto actuador de SMA 210 de la figura 8A integrado en un larguero estructural 224 que se puede utilizar en una pala de rotor 40 (ver la figura 2) de un giroavión 34 (ver la figura 2) o que se pueden utilizar en un ala 14, 16 (ver la figura 1) de un avión 11 (ver la figura 1). El actuador de SMA adiestrada 62a puede producir la torsión de la pala de rotor 40 para conseguir una mayor elevación a baja velocidad de aire, y puede cancelar la torsión de la pala de rotor 40 para mejorar el rendimiento de

combustible durante el vuelo hacia adelante. Como se muestra en la figura 8B, una banda de abrasión 226 puede ser usada como disipador de calor 220 si el TEM 214 se mueve hacia la banda de abrasión 226, o puede ser añadida al disipador de calor 220. Los sensores de temperatura 128 (ver la figura 5) pueden estar unidos sobre el material de aleación con memoria de forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a o en la estructura 164 (ver la figura 6) en una área próxima al material de aleación con memoria de forma de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a. Si se requiere medir la deformación, los sensores de fibra óptica integrados (no mostrados) capaces de detectar la temperatura así como la deformación se pueden utilizar, así como medidores de deformación y termopares.

Un ejemplo de un estructura de material compuesto mecánico 165b unido mecánicamente se muestra en las figuras 9A-9C. La figura 9A es una ilustración de una vista parcial ampliada de una de las realizaciones de una estructura 164, preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver la figura 9A), tal como comprendiendo una primera estructura 166a y una segunda estructura 166b, y la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, antes de la fijación mecánica y la integración. La figura 9B es una ilustración de una vista parcial ampliada de la estructura 164, de tal manera que comprende una primera estructura 166a y una segunda estructura 166b, y la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, que se muestra durante la fijación mecánica y la integración por un operador de la instalación 238.

Como se muestra en las figuras 9A-9B, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, puede deslizarse a través de ranuras 212 de las estructuras 164 con la primera superficie 72 (ver la figura 9B) de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a que está adiestrada hacia arriba. La figura 9A muestra la segunda superficie 74 de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a con los elementos de calentamiento 124, los sensores de temperatura 128, y los cables de los elementos de calentamiento 130, así como las aberturas de sujeción 158 y las aberturas de interfaz 160. Como se muestra, además, en las figuras 9A-9B, las estructuras 164, tales como en forma de primera estructura 166a y segunda estructura 166b, tienen ranuras 212 y aberturas de interfaz de estructura 172. Como se muestra en la figura 9B, cuando la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, se une mecánicamente a las estructuras 164 para formar estructura de material compuesto mecánico unido mecánicamente 165b, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, se inserta preferiblemente a través de las ranuras 212 de las estructuras 164 y las aberturas de la interfaz 160 en el área de interfaz exterior 156 (ver la figura 9A) de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, están alineadas preferiblemente con las aberturas de interfaz de estructura 172 de las estructuras 164. Unos elementos de fijación mecánicos conocidos (no mostrados) pueden ser insertados a través de las aberturas de interfaz alineadas 160 (ver la figura 9A) y las aberturas de interfaz de la estructura 172 (ver la figura 9A) y pueden ser utilizado para fijar mecánicamente la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, a las estructuras 164 para formar una estructura de material compuesto mecánico unido mecánicamente 165b (ver la figura 9A). Tales elementos de fijación mecánicos conocidos pueden ser usados, además, para unir mecánicamente la estructura de material compuesto mecánico 165b unido mecánicamente a un larguero estructural 224 (ver la figura 9C).

La figura 9C es una ilustración de una vista lateral de las estructuras 164 y las piezas de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, que forman la estructura de material compuesto mecánico unido mecánicamente 165b de las figuras 9A-9B que se muestra después de la unión mecánica y la integración y se muestra integrado en el larguero estructural 224, tal como en un larguero compuesto estructural activo.

Para realizaciones de la pieza de trabajo de SMA 60 o pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tales como en forma de un actuador de SMA 62 o de un actuador de SMA adiestrada 62a, respectivamente, la forma de la pieza de trabajo de SMA 60 o la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, se puede cortar preferiblemente con un dispositivo de Mecanización por Descarga Eléctrica(EDM) en cualquier forma o tamaño (por ejemplo, rectangular, elíptica, u otra forma adecuada) para funcionar como un actuador. Esto se puede hacer después del procesamiento termo-mecánico o antes del procesamiento termo-mecánico, si se ha diseñado un sistema de adiestramiento adecuado 90 (ver la figura 11) con el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver la figura 4). Los dispositivos y procesos de corte EDM se pueden utilizar de manera preferible para minimizar los esfuerzos residuales en la pieza de trabajo de SMA 60 o en la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, en comparación con dispositivos o procesos de corte conocidos en los que una fuerza de corte grande pueden estar involucrada. Las fuerzas de actuación grandes pueden requerir piezas de trabajo de SMA 60 más grandes. Las piezas de trabajo de SMA 60 más grandes pueden requerir más potencia o un tiempo más largo para actuar. La forma en sección transversal de la pieza de trabajo de SMA 60 puede estar diseñada para reducir al mínimo el material de aleación con memoria de forma total requerido, para ajustarse en espacios reducidos o compactos, y para producir la fuerza de actuación y la deformación deseable. La pieza de trabajo de SMA 60 puede colocarse plana en la estructura 164 (ver la figura 9C), o moldearse para ajustarse a la forma de la estructura 164.

Otra realización de una pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, se muestra en la figura 10. La figura 10 es una ilustración de una vista en planta ampliada de una realización de un actuador de forma ondulada de SMA 240 y la estructura unida 164, preferiblemente una estructura de material compuesto 165. La

figura 10 muestra un actuador de SMA 240 de forma ondulada con la pieza de trabajo de SMA 60 que tiene una deformación en forma de onda 242, tal como en forma de una forma ondulada 243. Tal como se usa en la presente memoria descriptiva, "forma ondulada" significa un efecto de ondulación o arrugado. Cuando la carga se aplica a la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, produce la forma ondulada 243 del actuador de forma ondulada de SMA 240. Como se muestra en la figura 10, la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, se pueden unir a las estructuras 164 por medio de unión o sujeción mecánica u otros medios de sujeción adecuados. Como se muestra además en la figura 10, el primer borde 68 de la pieza de trabajo de SMA 60 puede estar unido a la primera estructura de material compuesto 166a, el segundo borde 70 de la pieza de trabajo de SMA 60 puede estar unido a la segunda estructura de material compuesto 166b. Además, una fuerza aplicada 244 es aplicada a lo largo del segundo borde 70 y de la segunda estructura de material compuesto 166b, y una fuerza de reacción 246 reacciona en sentido contrario a lo largo del primer borde 68 y de la primera estructura de material compuesto 166a.

Como se muestra en la figura 10, el rendimiento de deformación del actuador de forma ondulada de SMA 240 se puede medir como el porcentaje de actuación de deformación alcanzado mientras se trabaja en contra de una carga, tal como la fuerza aplicada 244. Una carga 96 (ver la figura 11) se puede aumentar mediante el aumento del grosor o de la longitud de la pieza de trabajo de SMA 60. Como se muestra en la figura 10, la producción de desplazamiento (ΔX) 248 se puede aumentar mediante el aumento de una anchura (w) 250 de la pieza de trabajo de SMA 60. El porcentaje de desplazamiento o deformación se puede aumentar mediante el uso de una sección transversal no uniforme, tal como el actuador de forma ondulada de SMA 240 que se muestra en la figura 10. Cuando el actuador de forma ondulada de SMA 240 se calienta, las ondas de la forma ondulada 243 (ver la figura 10) se aplanan parcialmente, produciendo un mayor movimiento. Este tipo de actuador de forma ondulada de SMA 240 puede estar formado mediante la colocación de la pieza de trabajo de SMA 60 bajo una carga elevada suficiente para producir pandeo, o puede ser formada durante el tratamiento de calor y conformación de la pieza de trabajo de SMA 60. Se pueden utilizar secciones transversales no rectangulares para construir una pieza de trabajo de SMA 60 que pueda soportar una carga mayor antes de pandear. Las aberturas de sujeción 158 (ver la figura 5) y las aberturas de interfaz 160 (ver la figura 5) también se pueden añadir al actuador de forma ondulada de SMA 240 para asegurar la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, en el conjunto de aparatos de direccionamiento 100 (ver la figura 4), o para asegurar la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, en la estructura 164, tal como un larguero estructural 30 (ver la figura 1), un larguero estructural 44 (ver la figura 2), un larguero estructural 224 (ver la figura 8B), u otra estructura adecuada.

El tiempo de respuesta de actuación de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, puede depender de la aplicación de calor y de la capacidad de la aleación con memoria de forma de conducir el calor. Las aleaciones con memoria de forma típicas conducen mínimamente el calor. Por ejemplo, la conductividad térmica de NiTiInol es aproximadamente 25 veces menor que la del aluminio. El tiempo de respuesta de la pieza de trabajo de SMA 60 puede ser más rápido para una entrada dada de energía térmica aplicada por unidad de área debido a que la masa de la pieza de trabajo de SMA 60 se puede distribuir en una hoja delgada. Es posible que haya más superficie para aplicar calor, y puede tomar menos tiempo para la transferencia de calor a la pieza de trabajo de SMA 60, ya que es delgada. La pieza de trabajo de SMA 60 preferiblemente puede ser porosa para mejorar la relación de fuerza a peso y esto puede reducir el tiempo de calentamiento / enfriamiento.

Una banda de calentamiento estrecha puede ser empleada para acelerar el tiempo de respuesta. Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "rango de calentamiento" significa el cambio de temperatura requerido para transformar completamente la fase martensítica 86 (ver la figura 11) a la fase austenítica 88 (ver la figura 11) en el dominio de la temperatura. La transformación más rápida de NiTiInol puede verse dentro de un rango de actuación del 20% al 80% que requiere sólo un pequeño aumento de la temperatura, ya que la mayor parte del calor se puede usar en la transformación de fase. Por lo tanto, si la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, se mantiene cerca de un régimen transformacional parcial del 10% al 20% hasta que se ordena la transformación completa, entonces se aplica calor rápidamente hasta que la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62 (ver la figura 4), alcanza una transformación del 80% al 90%, y se puede ver una actuación adecuada.

El control de forma del actuador de SMA adiestrada 62a se puede realizar mediante el uso de múltiples actuadores de SMA adiestrada 62a o por calentamiento / enfriamiento de solo una porción del material de aleación con memoria de forma. Por ejemplo, múltiples actuador de SMA adiestrada 62a colocados en la estructura 164 pueden ser accionados independientemente unos de los otros. Cada actuador de SMA adiestrada 62a puede producir una flexión o torsión local de la estructura 164 u otra estructura a la que se incorpora. Varias formas transformadas pueden ser producidas mediante la actuación de diferentes combinaciones de los actuadores de SMA adiestrada 62a. Alternativamente, un único actuador SMA adiestrada 62a se puede calentar de tal manera que las variaciones de temperatura 125 (ver la figura 11), tal como, por ejemplo, un gradiente de temperatura, se puede producir en el actuador de SMA adiestrada 62a. El grado de deformación producida 94 (ver la figura 11) en el actuador de SMA adiestrada 62a puede depender de la temperatura local. El control de las variaciones de temperatura 125, tal como en forma de gradiente de temperatura, puede permitir el control de un perfil de deformación 98 (ver la figura 11) por

medio del actuador de SMA adiestrada 62a. Esto puede permitir el control de la forma de la estructura 164 (ver la figura 11) u otra estructura en la que el actuador de SMA adiestrada 62a esté integrado.

Como se ha explicado más arriba, la figura 11 muestra el sistema de adiestramiento 90 que se puede usar en el adiestramiento de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, que tiene una carga 96 y un perfil de deformación 98. Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, una variante de adiestramiento 180 (ver también las figuras 7A-7G). Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, una estructura 164 (ver la figura 6), tal como una estructura de material compuesto 165, que puede incluir una estructura de material compuesto unido 165a (ver la figura 6) y una estructura de material compuesto mecánico 165b (ver la figura 9B). Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, el conjunto de aparatos de adiestramiento 100 (ver también la figura 4) que tiene el dispositivo de aplicación de cargas 102 (ver también la figura 4), tal como el dispositivo empujador 104 o actuador lineal 105. Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, el dispositivo de deslizamiento 112 (ver también la figura 4), tal como en forma del dispositivo de deslizamiento lineal 114 (ver la figura 4). Una o más cargas aplicadas 186 (ver la figura 11) pueden ser aplicadas al dispositivo de deslizamiento lineal 114 (ver la figura 4) por el dispositivo de aplicación de cargas 102 (ver las figuras 4, 11).

Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, dos o más elementos de retención 116, tales como en forma de abrazaderas 118 (ver la figura 4), para retener la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, en el conjunto de aparatos de adiestramiento 100. Los elementos de retención 116 pueden reaccionar a una o más cargas de reacción 188 (ver la figura 11) del dispositivo de deslizamiento lineal 114 (ver la figura 4), como resultado de las una o más cargas aplicadas 186 que son aplicadas al dispositivo de deslizamiento lineal 114 (ver la figura 4) por el dispositivo de aplicación de cargas 102.

Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, un sistema de control de temperatura 123 (ver también la figura 5) que comprende uno o más elementos de calentamiento 124 y para controlar las variaciones de temperatura 125 (figura 11) y los ciclos térmicos 82 (ver la figura 11). Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, un dispositivo controlador 132 (ver también la figura 5) que comprende un dispositivo de ordenador 134 que puede incluir una unidad de procesamiento 136 para el funcionamiento y el procesamiento de software 138.

Como se muestra en la figura 11, el sistema de adiestramiento 90 comprende, además, un sistema de medición de rendimiento 92 que comprende elementos de medición del rendimiento 140 (ver también la figura 4) que miden preferiblemente el movimiento y el rendimiento de la pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62. La deformación producida 94 (ver la figura 11) por el movimiento puede medirse mediante los elementos de medición de rendimiento 140. Cuando el adiestramiento se ha completado, la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, se puede activar por calentamiento y enfriamiento, y el rendimiento 108 (ver la figura 11) de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, se puede medir usando los elementos de medición de rendimiento 140 (ver la figura 11), y las mediciones de rendimiento 110 (ver la figura 11) pueden ser registradas y analizadas.

Cualquier número de otros sistemas pueden ser incluidos. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden ser aplicados a otras industrias, tales como la industria del automóvil.

Las realizaciones descritas del método 300 (ver la figura 12.) y del sistema de adiestramiento 90 (ver la figura 11), en comparación con los métodos y sistemas existentes, incluyen las siguientes características ventajosas: proporcionan una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada 60a (ver la figura 3B), tal como un actuador de SMA adiestrada 62a (ver la figura 3B), que puede estar unido a una estructura 164 (ver la figura 9C), preferiblemente una estructura de material compuesto 165 (ver la figura 9C), o que pueden estar integrado o incrustado en la estructura 164, en el que la estructura 164 puede comprender un larguero estructural 30 (ver la figura 1) o una porción de larguero estructural 30, un larguero estructural 44 (ver la figura 2) o una porción de larguero estructural 44, o un larguero estructural 224 (ver la figura 9C) o una porción de larguero estructural 224, alas 14, 16 (ver la figura 1), palas de rotor 40 (ver la figura 2), u otras superficies aerodinámicas con mínimo o ningún impacto en el tamaño y peso de la estructura; que proporcionan el control de la forma de las alas 14, 16 (ver la figura 1), las palas de rotor 40 (ver la figura 2), y otras superficies de control aerodinámico con un impacto mínimo o ningún impacto en el tamaño y peso de la estructura; que proporcionan la fabricación de piezas de trabajo de SMA adiestrada 60a, tales como un actuador de SMA adiestrada 62a que pueden influenciar en las estructuras; proporcionan métodos para integrar, distribuir y controlar la forma de las estructuras actuadas; proporcionan la integración de la pieza de trabajo de SMA adiestrada 60a, tal como en forma de un actuador de SMA adiestrada 62a, en superficies aerodinámicas; proporcionan tomar estructuras aerodinámicas y cambiar sus formas de una manera no lineal, y permiten la transformación de las estructuras aerodinámicas; proporcionan un sistema de adiestramiento 90 para el adiestramiento de una pieza de trabajo de SMA 60, tal como en forma de un actuador de SMA 62, y por lo tanto, el uso de actuadores electromagnéticos conocidos y actuadores de aleación con memoria de forma conocidos, tales como un actuador de tubo de torsión de SMA y / o un actuador o componentes para actuadores de SMA usando cables, tubos y placas adiestrados pueden ser evitados o reducidos al mínimo, lo que a su vez, puede disminuir el peso de la estructura del vehículo aéreo, lo que, a su vez, puede disminuir los costos de combustible incurridos por el vehículo aéreo durante la operación.

Además, la divulgación comprende realizaciones de acuerdo con las siguientes cláusulas:

Cláusula 1. Un método de adiestramiento de una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA), comprendiendo el método:

- 5 aplicar un par de fuerzas a una pieza de aleación con memoria de forma (SMA) para impartir un comportamiento transformacional generalmente plano de la pieza de trabajo de SMA para obtener una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada.

Cláusula 2. El método de la cláusula 1, en el que la aplicación del par de fuerzas comprende la aplicación de fuerzas en oposición de tal manera que las cargas de distorsión en el sentido del borde son aplicadas a la pieza de SMA.

- 10 Cláusula 3. El método de la cláusula 1 ó 2, en el que la aplicación del par de fuerzas comprende la aplicación de fuerzas en oposición de tal manera que se produce una deformación en forma de onda en la pieza de trabajo de SMA.

Cláusula 4. El método de cualquiera de las cláusulas 1 a 3, en el que la aplicación del par de fuerzas comprende la aplicación de fuerzas en oposición que imparten un comportamiento transformacional generalmente de no ondulado a ondulado a la pieza de trabajo de SMA.

- 15 Cláusula 5. El método de cualquiera de las cláusulas 1 a 4, que comprende, además, :

aplicar ciclos térmicos a la pieza de trabajo de SMA; y,

aplicar el par de fuerzas de una manera cíclica impartiendo de este modo los ciclos de deformación sustancialmente plana de la pieza de trabajo de SMA para hacer que la pieza de trabajo de SMA tenga el comportamiento transformacional generalmente plano.

- 20 Cláusula 6. El método de la cláusula 5, en el que la aplicación de los ciclos térmicos comprende la aplicación de calor a la pieza de trabajo de SMA para producir un movimiento de distorsión que cambia la forma de la pieza de trabajo de SMA desde una forma sustancialmente rectangular a una forma sustancialmente de paralelogramo.

Cláusula 7. El método de cualquiera de las cláusulas 1 a 6 que comprende, además, unir la pieza de trabajo de SMA adiestrada a una o más estructuras.

- 25 Cláusula 8. El método de la cláusula 7, en el que las una o más estructuras son capaces de cambiar de forma en respuesta a un cambio en la temperatura de la pieza de trabajo de SMA adiestrada.

Cláusula 9. El método de cualquiera de las cláusulas 1 a 8, que comprende, además, la integración de la pieza de trabajo de SMA adiestrada en un actuador de SMA e integrar el actuador de SMA en un larguero estructural de un vehículo aéreo para influenciar en una forma del larguero estructural.

- 30 Cláusula 10. Un sistema de adiestramiento capaz de realizar trabajo, comprendiendo el sistema:

un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) que presenta un comportamiento transformacional generalmente plano; y,

uno o más elementos de calentamiento para transformar el actuador de SMA desde una forma original a una forma adiestrada, realizando un trabajo de ese modo.

- 35 Cláusula 11. El sistema de la cláusula 10, en el que el actuador de aleación con memoria de forma (SMA) comprende, además, una pieza de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) que presenta un comportamiento transformacional generalmente plano.

- 40 Cláusula 12. El sistema de la cláusula 10 o 11 en el que el actuador de aleación con memoria de forma (SMA) comprende, además, una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada y en el que la pieza de trabajo de SMA adiestrada es adiestrada por la aplicación de un par de fuerzas a una pieza de trabajo de SMA para impartir el comportamiento transformacional generalmente plano de la pieza de trabajo de SMA.

Cláusula 13. El sistema de cualquiera de las cláusulas 10 a 12, en el que el sistema es capaz de impartir movimiento y de esta manera realizar un trabajo.

- 45 Cláusula 14. El sistema de cualquiera de las cláusulas 10 a 13, que comprende, además, un conjunto de aparatos de adiestramiento que tienen un dispositivo de aplicación de cargas y un sistema de control de temperatura, aplicando el dispositivo de aplicación de cargas las cargas de distorsión en el sentido de los bordes al actuador de SMA, y controlando el sistema de control de temperatura el uno o más elementos de calentamiento y aplicando las variaciones de temperatura al actuador de SMA, para producir un movimiento de distorsión que cambia la forma del actuador de SMA desde la forma original que comprende una forma sustancialmente rectangular a la forma adiestrada que comprende una forma sustancialmente de paralelogramo.
- 50

Cláusula 15. Una estructura que comprende:

5 al menos una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada que tiene un comportamiento transformacional generalmente plano, estando unida la al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada a una estructura, siendo adaptable la estructura en respuesta a un cambio en la temperatura de la al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada.

Cláusula 16. La estructura de la cláusula 15, en el que la estructura comprende un larguero estructural en un vehículo aéreo.

10 Cláusula 17. La estructura de la cláusula 16 en el que el larguero estructural tiene una sección transversal cerrada, e incluye al menos dos piezas de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada dispuestas sustancialmente una frente a la otra.

Cláusula 18. La estructura de cualquiera de las cláusulas 15 a 17, en la que la al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada comprende un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) adiestrada que está integrado en la estructura y está configurado para influenciar en una superficie aerodinámica.

15 Cláusula 19. La estructura de cualquiera de las cláusulas 15 a 18, en la que la al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada está integrada en un actuador de aleación con memoria de forma (SMA), estando el actuador de SMA ya sea unido o fijado mecánicamente a la estructura y configurado para influenciar en una forma de la estructura.

20 Cláusula 20. La estructura de cualquiera de las cláusulas 15 a 19 en la que la al menos un pieza de trabajo de SMA adiestrada es adiestrada por la aplicación de un par de fuerzas a una pieza de trabajo de SMA para impartir el comportamiento transformacional generalmente plano a la pieza de trabajo de SMA, y para la aplicación de ciclos térmicos para la pieza de trabajo de SMA para producir un movimiento de distorsión que cambia la forma de la pieza de trabajo de SMA desde una forma sustancialmente rectangular a una forma sustancialmente de paralelogramo.

25 Muchas modificaciones y otras realizaciones de la divulgación se le ocurrirán a un experto en la técnica a la que pertenece esta divulgación, teniendo el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y en los dibujos asociados. Las realizaciones descritas en la presente memoria descriptiva están destinadas a ser ilustrativas y no se pretende que sea limitantes o exhaustivas. Aunque en la presente memoria descriptiva se emplean términos específicos, se utilizan en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un método (300) que comprende:
 5 aplicar (302) un par de fuerzas (76) a una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma (SMA) (60) para impartir un comportamiento transformacional generalmente plano (78) a la pieza de trabajo de SMA para obtener una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) (60).
2. El método (300) de la reivindicación 1 en el que la aplicación (302) del par de fuerzas (76) comprende la aplicación de fuerzas en oposición de tal manera que se produce al menos una de las siguientes situaciones:
 las cargas de distorsión en la dirección del borde (80) son aplicadas a la pieza de trabajo de SMA (60);
 se produce una deformación en forma de onda (242) en la pieza de trabajo de SMA; o
 10 se imparte un comportamiento transformacional (247) generalmente de no ondulado a ondulado a la pieza de trabajo de SMA.
3. El método (300) de la reivindicación 1 que comprende, además, :
 aplicar (304) ciclos térmicos (82) a la pieza de trabajo de SMA (60); y,
 15 aplicar (302) el par de fuerzas (76) de una manera cíclica impartiendo de este modo ciclos de deformación sustancialmente plana (84) a la pieza de trabajo de SMA para hacer que la pieza de trabajo de SMA tenga el comportamiento transformacional generalmente plano (78).
4. El método (300) de la reivindicación 3 en el que la aplicación (304) de los ciclos térmicos (82) comprende la aplicación de calor a la pieza de trabajo de SMA (60) para producir un movimiento de distorsión (79) que cambia la forma de la pieza de trabajo de SMA de una forma sustancialmente rectangular (75a) a una forma sustancialmente de paralelogramo (77a).
 20
5. Una estructura (164) que comprende:
 al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada (60a) que tiene un comportamiento transformacional generalmente plano (78), estando adiestrada la al menos una pieza de trabajo adiestrada SMA usando cualquiera de los métodos (300) de las reivindicaciones 1 a 4, estando unida la al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada a una estructura, siendo adaptable la estructura en respuesta a un cambio en la temperatura de la al menos una pieza de trabajo de SMA adiestrada.
 25
6. La estructura (164) de la reivindicación 5, en la que la estructura comprende un larguero estructural (30, 44, 224) en un vehículo aéreo (10).
7. La estructura (164) de la reivindicación 6, en la que el larguero estructural tiene una sección transversal cerrada, e incluye al menos dos piezas de trabajo de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) (60a) dispuestas sustancialmente opuestas una a la otra.
 30
8. Un sistema (90) capaz de realizar un trabajo, comprendiendo el sistema:
 un actuador de aleación con memoria de forma (SMA) (62) que presenta un comportamiento transformacional generalmente plano (78); y,
 35 uno o más elementos de calentamiento (124) para transformar el actuador de SMA desde una forma original (75) a una forma adiestrada (77), con lo que realiza un trabajo.
9. El sistema (90) de la reivindicación 8 en el que el actuador de aleación con memoria de forma (SMA) (62) comprende, además, una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) (60a) que presenta el comportamiento transformacional generalmente plano (78).
10. El sistema (90) de la reivindicación 8, en el que el actuador de aleación con memoria de forma (SMA) (62) comprende, además, una pieza de trabajo de aleación con memoria de forma adiestrada (SMA) (60a), y en el que la pieza de trabajo de SMA adiestrada está adiestrada por la aplicación (302) de un par de fuerzas (76) a una pieza de trabajo de SMA (60) para impartir el comportamiento transformacional generalmente plano a la pieza de trabajo de SMA.
 40
11. El sistema (90) de la reivindicación 8, en el que el sistema es capaz de impartir movimiento y de esta manera realizar un trabajo.
 45
12. El sistema (90) de la reivindicación 8 que comprende, además, un conjunto de aparatos de adiestramiento (100) que tienen un dispositivo de aplicación de cargas (102) y un sistema de control de temperatura (123), aplicando el dispositivo de aplicación de cargas unas cargas de distorsión en la dirección del borde (80) al actuador

de SMA (62), y controlando el sistema de control de la temperatura los uno o más elementos de calentamiento (124) y aplicando variaciones de temperatura (125) al actuador de SMA, para producir un movimiento de distorsión (79) que cambia la forma del actuador de SMA desde la forma original (75) que comprende una forma sustancialmente rectangular (75a) a la forma adiestrada (71) que comprende una forma sustancialmente de paralelogramo (77a).

5

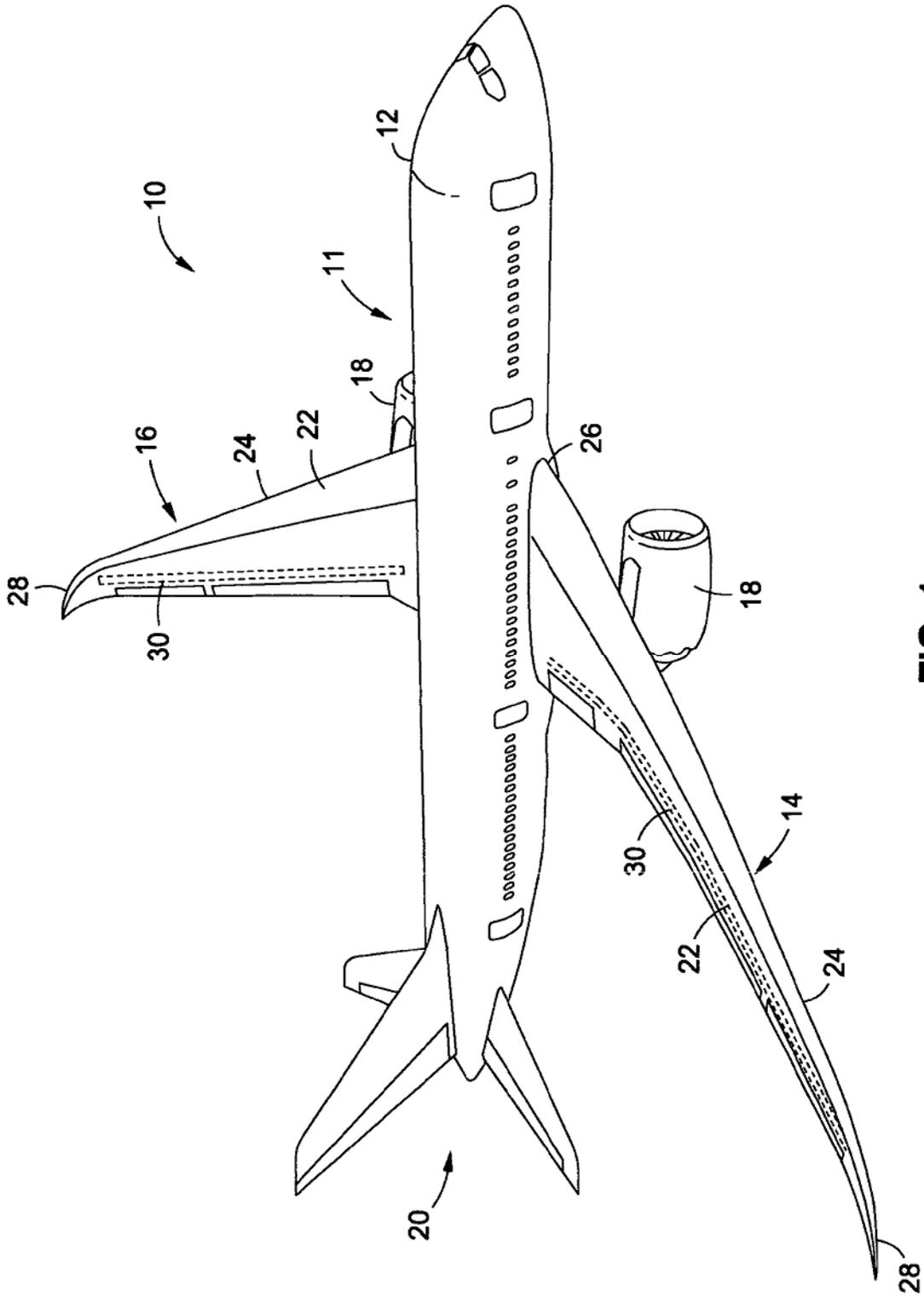


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

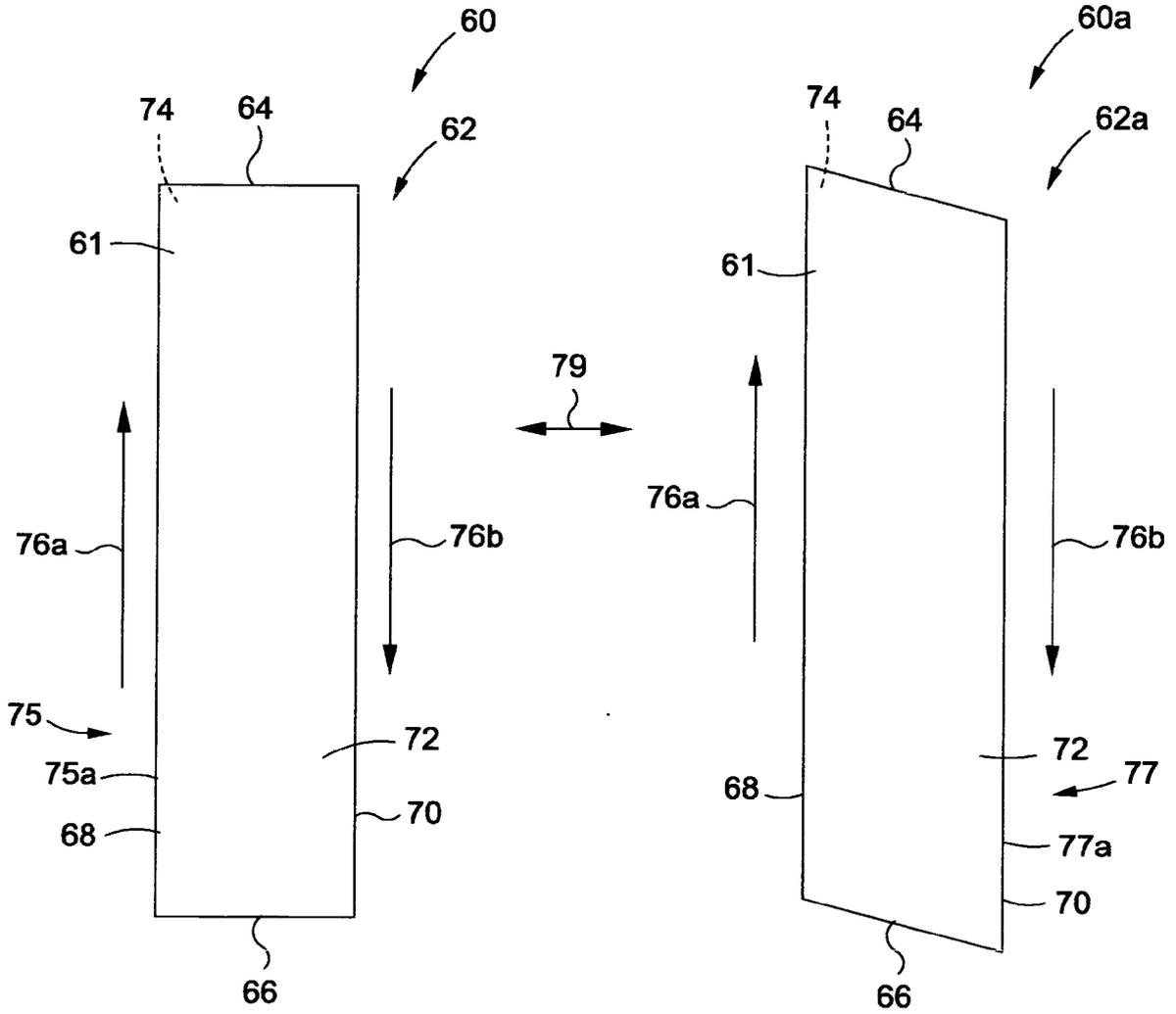


FIG. 3A

FIG. 3B

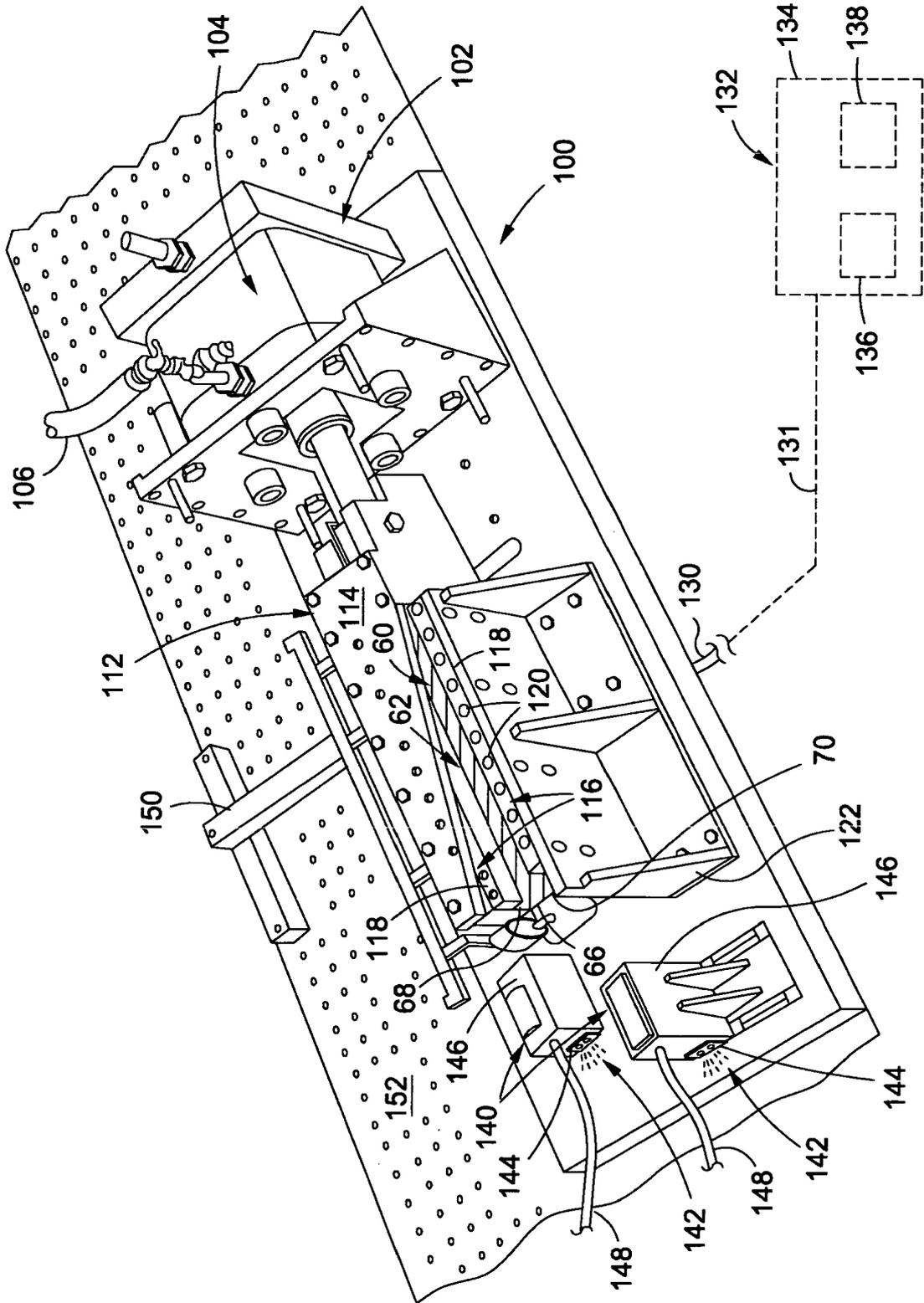


FIG. 4

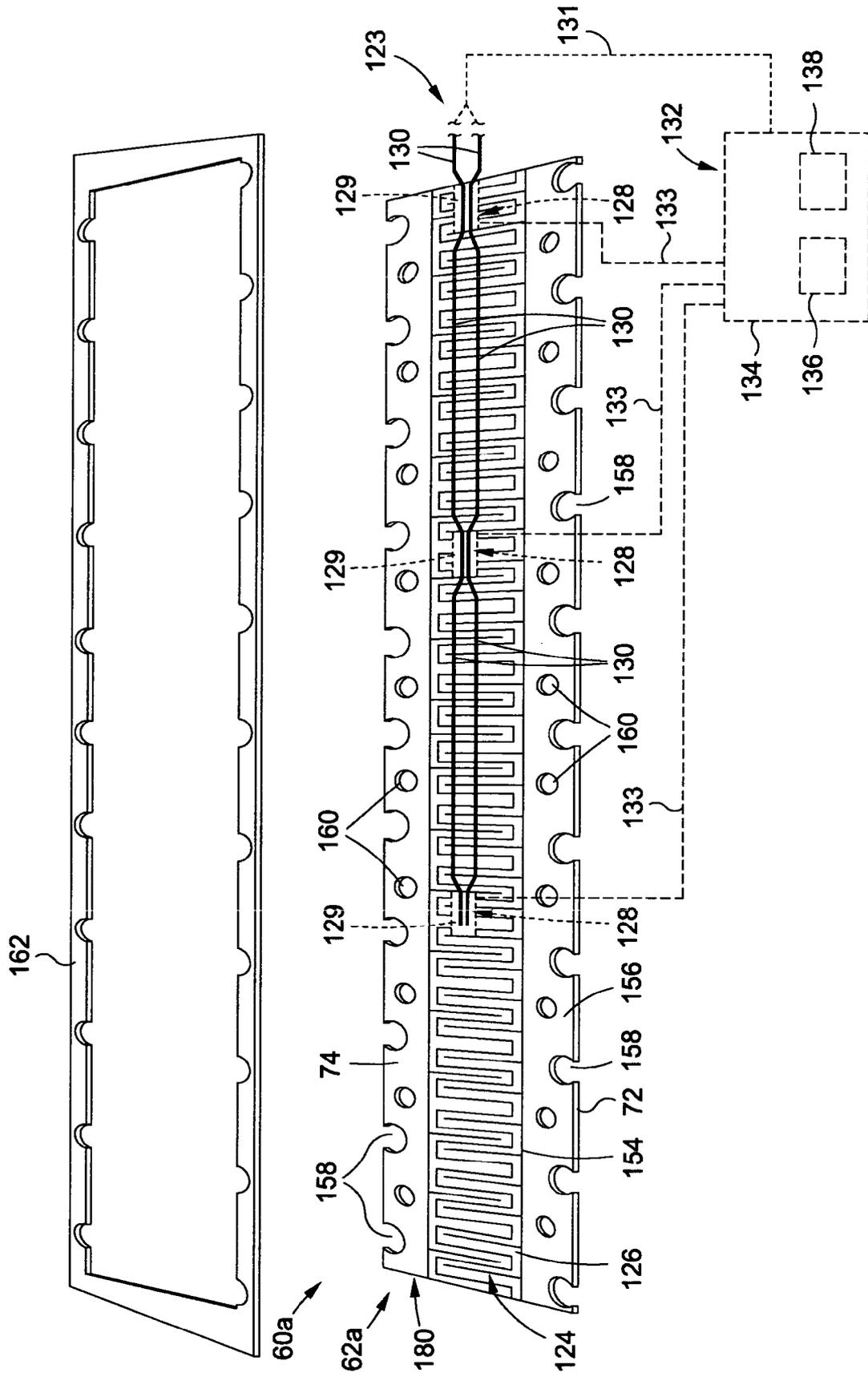


FIG. 5

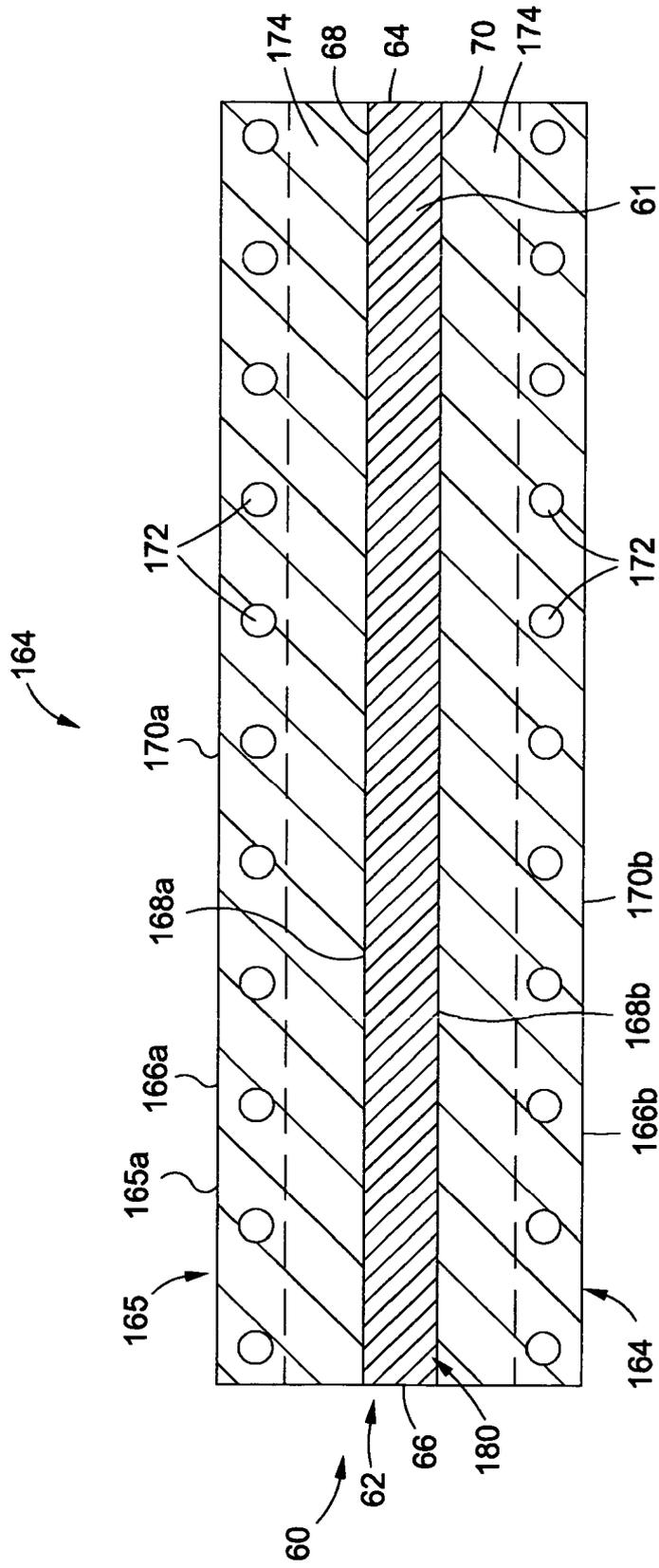


FIG. 6

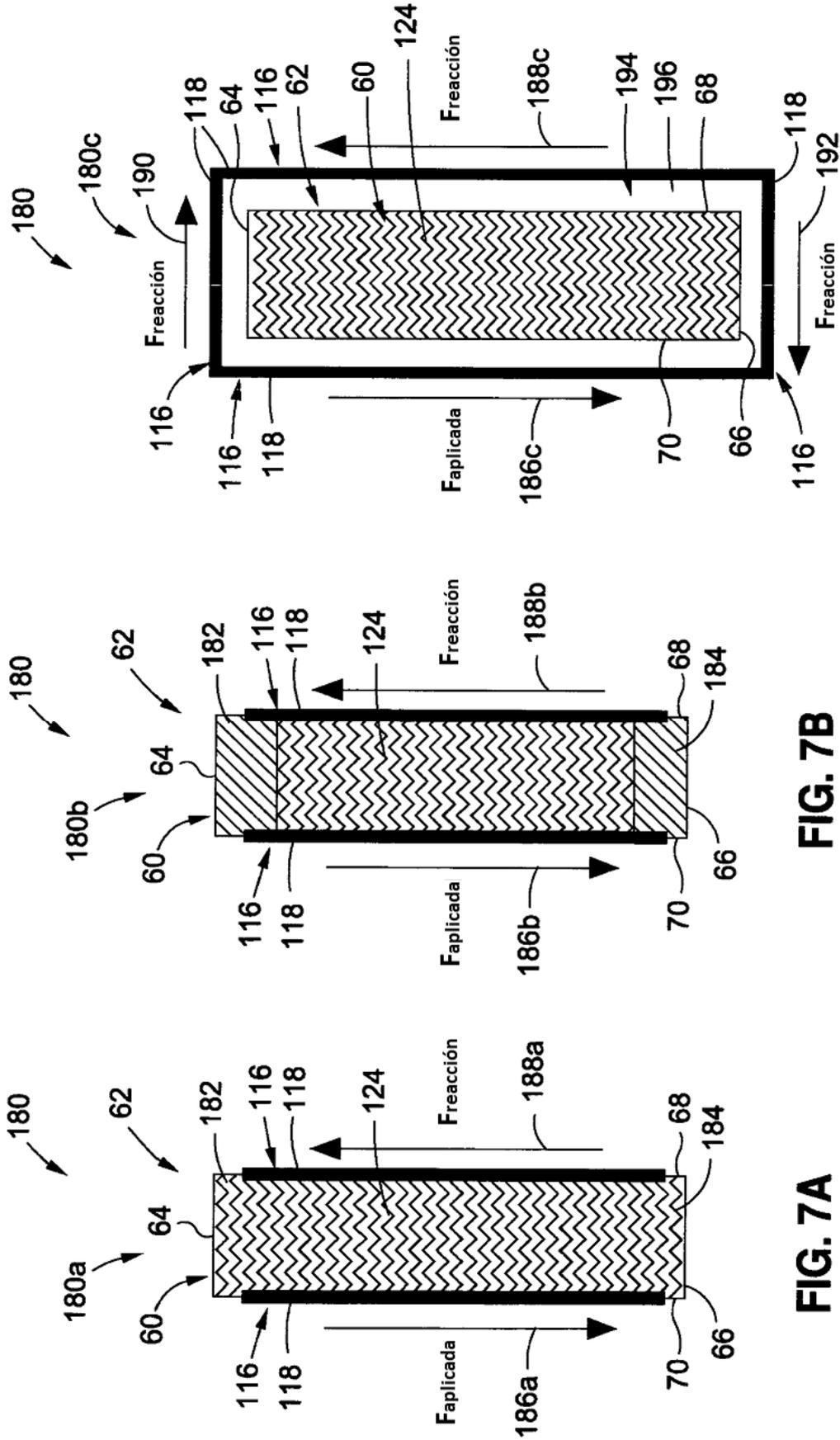


FIG. 7C

FIG. 7B

FIG. 7A

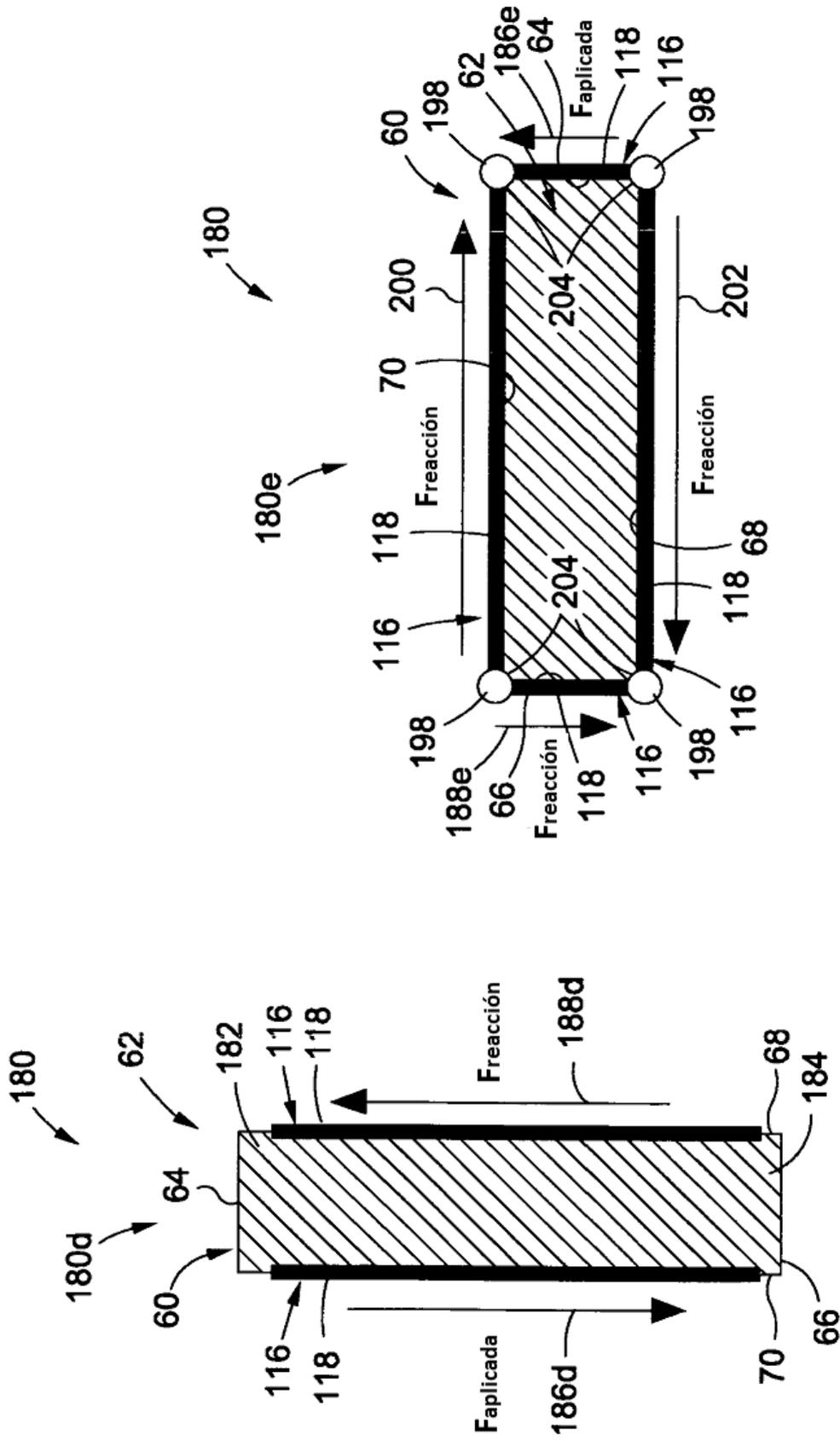


FIG. 7D

FIG. 7E

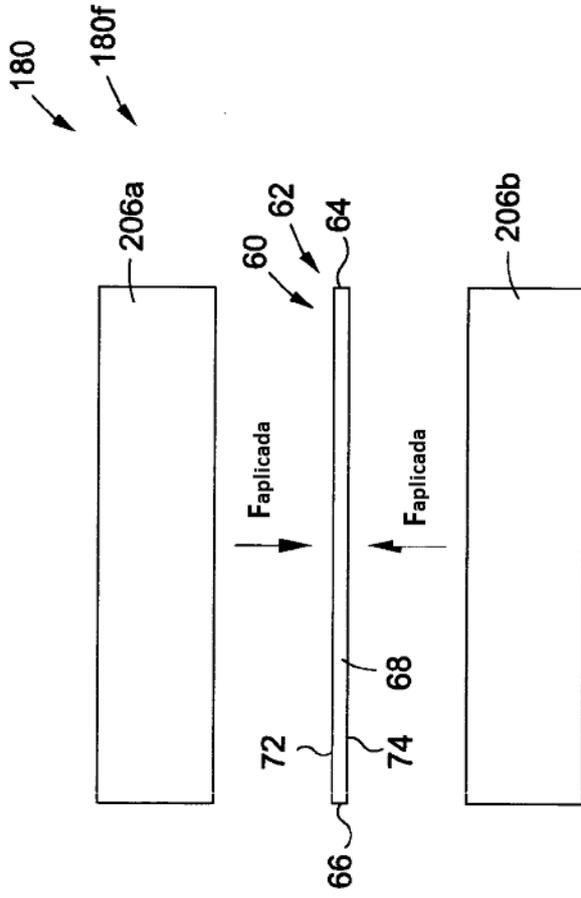


FIG. 7F

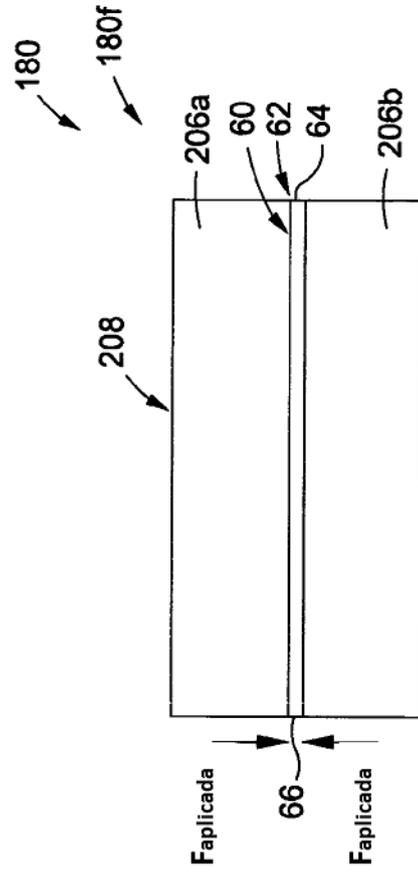


FIG. 7G

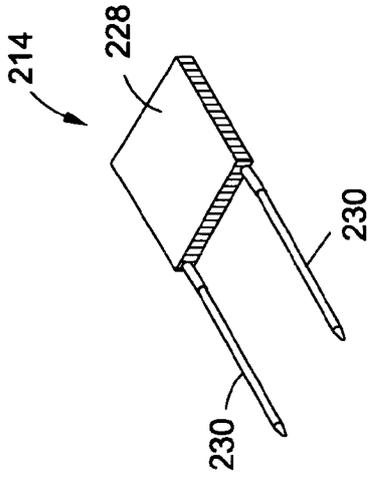


FIG. 8C

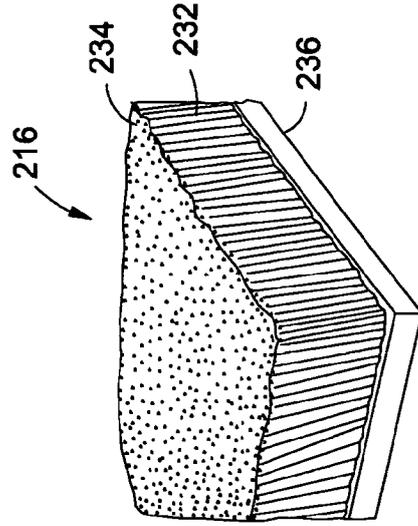


FIG. 8D

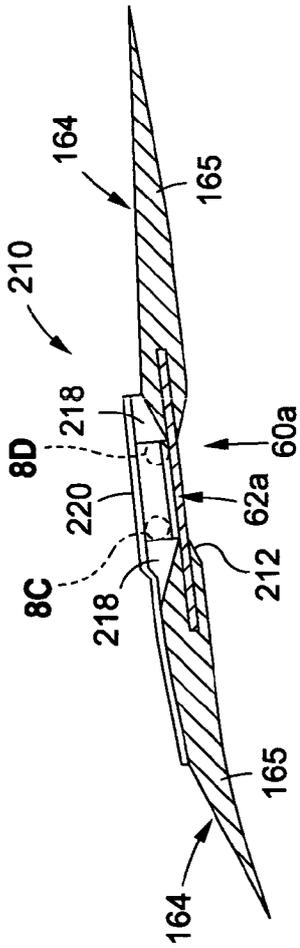


FIG. 8A

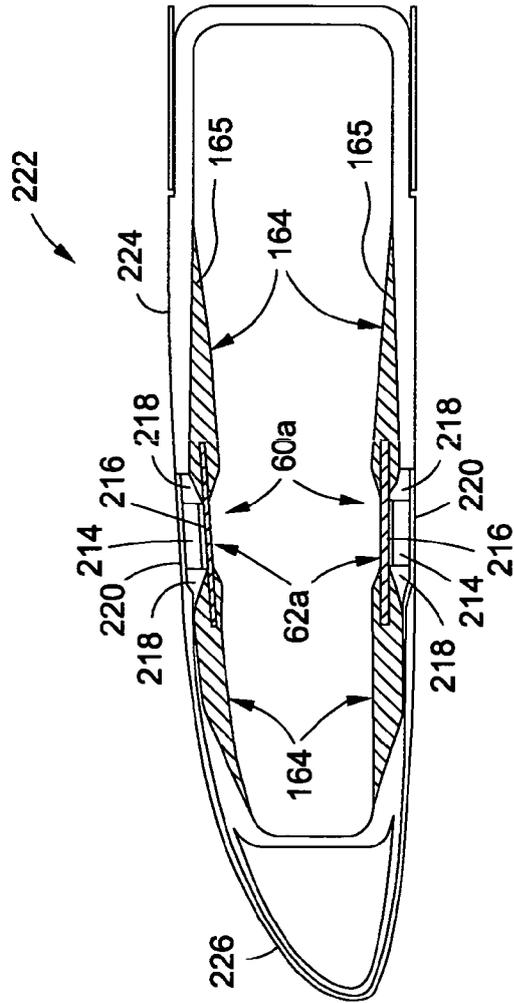


FIG. 8B

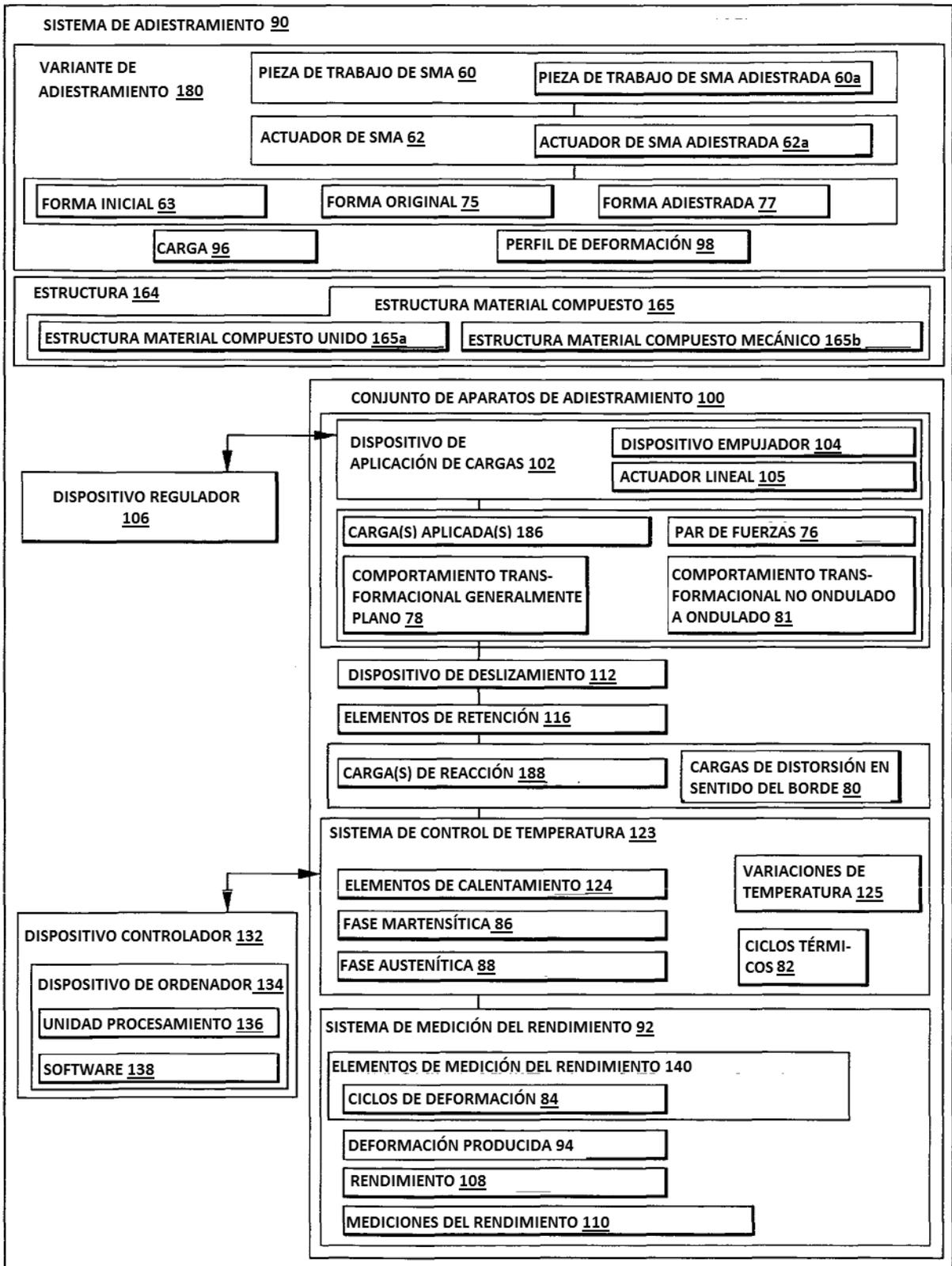


FIG. 11

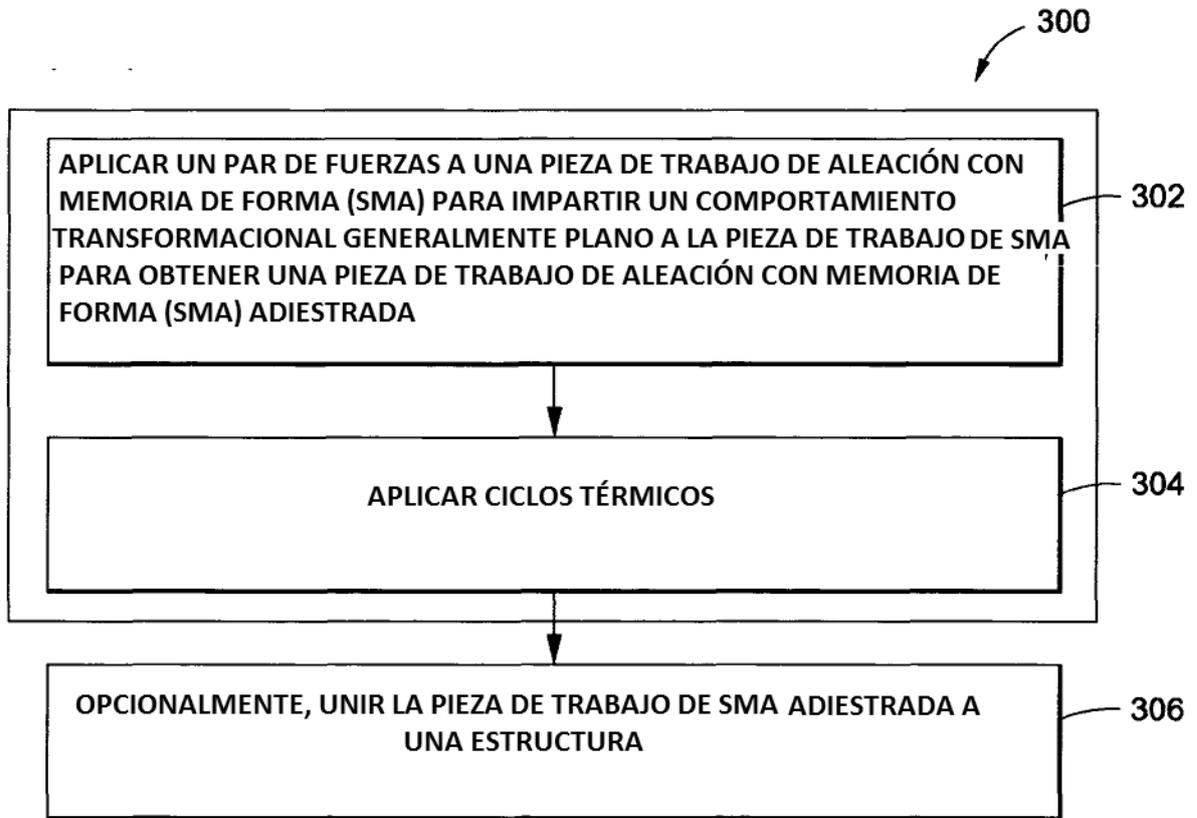


FIG. 12